

Kunskapsöverföring från skogssektorn till jordbrukssektorn angående askåterföring

Johanna Olsson och Eva Salomon

Kunskapsöverföring från skogssektorn till jordbrukssektorn angående askåterföring

Knowledge Transfer from the Forestry Sector to the Agricultural Sector concerning Ash Recycling

Johanna Olsson och Eva Salomon

E06-609

VÄRMEFORSK Service AB
101 53 STOCKHOLM · Tel 08-677 25 80
Februari 2009
ISSN 1653-1248

Förord

Projektet syftade till att identifiera erfarenheter och kunskap inom skogsbranschen som kan appliceras direkt på lantbruket samt att kartlägga kunskapsluckor och behov av forskning och utveckling inom området askåterföring till åkermark.

Arbetet med projektet har utförts vid JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, huvudsakligen av Johanna Olsson. Martin Sundberg utförde en del i projektet. Eva Salomon har varit projektledare.

Stort tack till alla som har ställt upp på att medverka i telefonintervjuer och som generöst har delat med sig av sin kunskap och erfarenhet. Tack även till referensgruppen som utgjordes av Claes Ribbing (Svenska EnergiAskor AB), Camilla Åhlund (ENA Energi AB) och Ola Palm (JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik).

Uppsala februari 2009

Eva Salomon

Abstract

I projektet identifierades erfarenheter och kunskap inom skogsbranschen som kan appliceras direkt på lantbruket. Studien resulterade även i identifierade kunskapsluckor och behov av forskning och utveckling inom området askåterföring till åkermark. Askan måste bli attraktiv för jordbruket för att återföring av aska ska öka. Lantbrukaren behöver information om hur askan fungerar som gödselmedel samt hur den ska spridas på bästa sätt och bör därför ställa kravet på en innehållsdeklaration av växtnäring och tungmetaller. Ansvariga myndigheter måste formulera krav eller rekommendationer för återföringen av aska till åkermark, där bl.a. delar av Skogsstyrelsens rekommendationer för återföring till skogsmark kan komma till nytta.

Sammanfattning

Odling av energigrödor på åkermark ökar i Sverige, där mer än hälften kan gå till förbränning vilket ökar mängden aska som skulle kunna återföras till åkermarken. Aska är ett intressant gödselmedel för spridning på åkermark, men det behövs mer kunskap för att askan ska kunna spridas och hanteras på ett kontrollerat sätt. Inom skogssektorn finns det erfarenhet och kunskap kring återföring av aska som kan överföras till jordbrukssektorn.

Målet med projektet var att hitta vägar för askproducenterna att få en säker och långsiktig avsättning för askan samt att förbättra kretsloppet av växtnäringsämnen. Projektet syfte var att identifiera erfarenheter och kunskap inom skogsbranschen som kan appliceras direkt på lantbruket samt till att kartlägga kunskapsluckor och behov av forskning och utveckling inom området askåterföring till åkermark. Projektanalysen resulterade i förslag på rekommendationer angående hur en ökad askåterföring kan underlättas.

I studien sammanställdes litteratur med fokus på förutsättningar för askspridning på åkermark och befintlig kunskap om askåterföring till skogsmark. Balansberäkningar av fosfor, kadmium, zink och koppar gjordes för återföring av aska från biobränslen till åkermark. Erfarenheter inom området askspridning, främst på skogsmark, samlades in genom telefonintervjuer.

Det är viktigt att arbeta med att göra askan attraktiv för lantbruket för att askspridningen ska bli ett realistiskt alternativ till handelsgödsel. Exempelvis kan man genomföra forsknings- och demonstrationsprojekt där man visar på askans påverkan på avkastning och kvalitet hos olika grödor. Olika biobränsleaskor ger aska med olika egenskaper. Det innebär att olika askor har olika användningsområden inom jordbruket och kan spridas i olika stora givor. Exempelvis har ren halmaska en låg fosforhalt samt kadmiumhalt och är främst ett kalium- och kalkningsmedel. I de balansberäkningar som genomfördes var bottenaska från förbränning på rost av GROT med 2-5% salix den aska som bäst lämpade sig för spridning på åkermark.

Det finns både skillnader och likheter mellan spridning av askan på åkermark och skogsmark. Några viktiga skillnader är odlingsperioden, trädens tillväxtperiod är 70-80 år medan åkergrödor huvudsakligen är ett- till treåriga. Salix är 25-årig. På åkermarken tillförs växtnäring mer kontinuerligt än i skogen, som sällan gödslas. På skogssidan finns det ett system för kvalitetssäkring av askan, något som saknas på jordbrukssidan och där kan kunskapen från skogssidan tillämpas. Idag sameldas ofta olika typer av biobränslen, t.ex. GROT-flis och salix. En viktig aspekt att beakta är hur blandaskor kan påverka askåterföringen. Det kan bl.a. skapa problem med ökade kadmiumhalter i askan. För att få till stånd en återföring av aska till åkermark måste ansvariga myndigheter, t.ex. Jordbruksverket och Naturvårdsverket, formulera krav eller rekommendationer för återföringen som även inkluderar blandaskor. Ett sätt att arbeta med kvalitetssäkring av askhanteringen är att ta fram en innehållsdeklaration för askan som ska spridas på åkermark. Myndigheter bör öka samarbetet för att främja

utvecklingen av kretsloppssystem där askan från biobränslen återförs till den mark där biobränslen odlades.

Nyckelord: Askåterföring, åkermark, skogsmark, energigrödor, kretslopp

Summary

Cultivation of energy crops on arable land is increasing in Sweden. More than half these crops can be used for combustion, increasing the amount of ash that can be recycled to arable land. Ash is an interesting agricultural fertiliser, but more knowledge is needed before it can be applied and handled in a controlled way. Knowledge and experience concerning recycling of ash within the forest sector can be transferred to the agricultural sector.

This project examined ways for ash producers to ensure safe long-term disposal of ash and to improve plant nutrient recycling. The overall aims were to identify experiences and knowledge within forestry that could be applied in agriculture; to identify gaps in knowledge and research requirements regarding ash recycling to arable land; and to produce recommendations on how to increase ash recycling.

Literature describing the conditions for ash application to arable land and existing knowledge about ash recycling to forestry were reviewed. Nutrient balances were drawn up for phosphorus, cadmium, zinc and copper, which are relevant in biofuel ash recycling to agriculture. Data on ash application, mainly on forest land, were collected through telephone interviews.

For ash to be more attractive for farmers, the ash product must be a realistic alternative to artificial fertilisers. Research and demonstration projects are needed to study the effects of ash on yield and quality in different crops. Different biofuel ash products have differing qualities and can thus have different fields of application within agriculture and can be applied in varying amounts. For example, clean straw ash has a low P and Cd content and mainly supplies potassium and lime. The balance calculations showed that the highest quality ash for arable land is bottom ash from grate combustion of forest trash with 2-5 % of willow.

There are both differences and similarities between ash application in agriculture and forestry. An important feature is the cultivation period, which is generally 70-80 years for trees (25 years for willow), but 1-3 years for arable crops. Nutrients are supplied more continuously in agriculture than in forestry, which is rarely fertilised.

There is an existing quality assurance system for ash application in forestry, and the knowledge available there could be applied in a corresponding system for agriculture. Different types of biofuels are combusted together today, e.g. forest trash and willow chippings. It is important to determine how mixing different ash types can affect ash recycling, e.g. by increasing the levels of Cd in the product. To enable ash recycling to arable land, the relevant authorities, e.g. the Swedish Board of Agriculture and the

Swedish Environmental Protection Agency, will have to formulate requirements or recommendations for all ash recycling, including mixed ash. One quality assurance approach for ash recycling is to have a declaration of content system for ash intended for application on arable land. The authorities should also promote the development of circulation systems where biofuel ash is returned to the land where the biofuel crops were grown.

Key words: Ash recycling, arable land, forestland, energy crops, recycling

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	BAKGRUND	1
1.2	BESKRIVNING AV FORSKNINGSSOMRÅDET	1
1.3	FORSKNINGSUPPGIFTEN OCH DESS ROLL INOM FORSKNINGSSOMRÅDET	2
1.4	MÅL OCH MÅLGRUPP	2
2	MATERIAL OCH METODER	3
2.1	LITTERATURSTUDIE	3
2.2	BALANSBERÄKNINGAR	3
2.3	ERFARENHETSINSAMLING	10
2.4	IDENTIFIERING AV BEGRÄNSNINGAR OCH UTVECKLINGSMÖJLIGHETER	10
3	RESULTAT	12
3.1	LITTERATURSTUDIE	12
3.2	BALANSBERÄKNINGAR	29
3.3	ERFARENHETSINSAMLING	34
4	BEGRÄNSNINGAR OCH UTVECKLINGSMÖJLIGHETER.....	40
4.1	REKOMMENDATIONER ELLER REGELVERK FÖR ASKÅTERFÖRING	40
4.2	INNEHÅLLSDEKLARATION FÖR ASKA	41
4.3	ÖKA EFTERFRÅGAN PÅ ASKAN	41
4.4	FLASKHALSAR VID ÖKAD ASKÅTERFÖRING TILL ÅKERMARK	41
4.5	EKONOMISKA ASPEKTER VID ÅTERFÖRING AV ASKA TILL JORDBRUKSMARK	42
5	SLUTSATSER OCH FÖRSLAG PÅ REKOMMENDATIONER	43
5.1	SLUTSATSER	43
5.2	FÖRSLAG PÅ REKOMMENDATIONER.....	43
6	FÖRSLAG TILL FORTSATT FORSKNINGSGÄRBE	44
7	LITTERATURREFERENSER	45

Bilagor

- A FÖRKLARING FACKTERMER**
- B INTERVJUPERSONER**
- C INTERVJUFRÅGOR**
- D DEKLARATION FÖR ASKA FRÅN DANMARK**
- E RESULTAT BALANS ZINK OCH KOPPAR**

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Inom jordbrukssektorn återförs idag aska från eldning av huvudsakligen salix, halm och spannmålskärna om kvaliteten är tillräckligt god. Enligt ett energiscenario för år 2020 beräknas den långsiktiga potentialen för den samlade energiproduktionen från jordbruket öka från drygt 1 TWh idag till 30 TWh år 2020 [34]. För att uppnå en hållbar utveckling i samband med en ökning av produktionen av energigrödor från åkern till förbränning krävs en fungerande kedja alltifrån odling till spridning av aska samt en kvalitetssäkring av förbränningsprocessen och askan. Den kraftiga prisökningen på handelsgödsel fosfor som skett den senaste tiden (2007/08) kan leda till att lantbrukare börjar titta efter billigare gödselmedel, där aska är ett intressant alternativ.

1.2 Beskrivning av forskningsområdet

Inom skogssektorn finns det stor kunskap om återföring av aska. Exempelvis har många studier genomförts inom området i Värmeforsks Askprogram [2]. Flera av studierna i Askprogrammet har visat att askgödsling av skogsmark kan vara en lönsam investering [38], [28]. Forskningen har handlat mycket om att hitta billigare och effektivare sätt att återföra aska till skogsmark.

Den aska från energigrödor som spridits inom jordbruket kommer huvudsakligen från mindre värmeverk och gårdsanläggningar där askan spridits i samband med övrig gödselhantering på gården. Enligt de spridningsförsök med aska som gjordes av Marmolin m.fl. [18] var det nästan omöjligt att sprida askan jämnt och i givor anpassade till grödans behov. Askan från energigrödor som odlats på åkermark har överlag flera goda egenskaper som gör den till ett bra gödselmedel, vilket gör det intressant att undersöka möjligheterna för en förbättrad askspridning. Här finns en möjlighet för anläggningarna att hitta en avsättning för askan som gödselmedel. En genomtänkt och tillräckligt jämn spridning av askan ger möjlighet att reducera givorna av främst fosfor- och kaliumhandelsgödsel. Det är också bra för lantbrukaren att känna till mängden aska som sprids på fältet varje år för att kunna räkna med växtnäringstillförseln i växtodlingsplanen. Genom att räkna med askan som ett gödselmedel i växtodlingsplanen kommer man ifrån att se askan som ett kvittblivningsproblem.

Det finns både många likheter och skillnader mellan askåterföring inom skogsbruk och jordbruk. Exempel på två metoder som utvecklats inom skogsbruket som skulle kunna appliceras på jordbruksmark är granulering och valspelletering av aska. Lantbrukaren kan med dagens spridningsteknik sprida maxgivor enligt den lagstiftning för spridning av slam och stallgödsel som kan användas som riktvärde för spridning av aska. Men för att lantbrukaren ska kunna dosera askan efter grödans årsbehov (låga doser) och kunna sprida jämnt är granulering eller pelletering en förutsättning med avseende på befintlig spridningsteknik. En annan väg, istället för att processa askan, är att utveckla spridningstekniken. Spridaren ska kunna sprida gödselmedlet med en så konstant giva som möjligt längs kördraget och spridaren ska också vara lätt att ställa in till önskad giva.

1.3 Forskningsuppgiften och dess roll inom forskningsområdet

Projektets roll inom forskningsområdet är att sammanställa och överföra kunskap om återföring av aska till skogsmark till jordbruket. En viktig uppgift i projektet är identifiering av kunskapsluckor samt behov av forskning och utveckling inom området askåterföring till åkermark.

1.4 Mål och målgrupp

Projektets mål var att identifiera erfarenheter och kunskap inom skogsbranschen som kan appliceras direkt på lantbruket samt till att kartlägga kunskapsluckor och behov av forskning och utveckling inom området askåterföring till åkermark. Även förslag på rekommendationer togs fram till lantbrukare, askproducenter och myndigheter angående hur man kan underlätta en ökad askåterföring.

Projektet syftade till att ge energiindustrin ökade möjligheter att förbättra kretsloppet tillbaka till åkern, samt att göra askan mer attraktiv för jordbruket.

2 Material och metoder

Projektets delar utgjordes av en litteraturstudie, balansberäkningar, en erfarenhetsinsamling samt en identifiering av begränsningar och utvecklingsmöjligheter. Resultaten sammanfattades i förslag på rekommendationer till lantbrukare, askproducenter och myndigheter angående hur man kan underlätta en ökad askåterföring. I bilaga A finns en ordlista över förbrännings- och jordbrukstermer.

2.1 Litteraturstudie

I litteraturstudien sammanställdes resultat från forskningsstudier samt från rekommendationer och information från myndigheter (huvudsakligen från Skogsstyrelsen). Fokus låg på förutsättningar för askspridning på åkermark och befintlig kunskap om askåterföring till skogsmark. De åkerbränslen som studerades närmare var huvudsakligen halm, salix och rörflen. Spannmål inkluderades också i studien även om det inte är lika aktuellt att elda idag (2008) med tanke på de höga spannmålspriserna. Området askåterföring till skogsmark delades upp i delområdena askhanteringen på förbränningsanläggningen, kvalitetssäkring, lagring, behandling och förädling, spridning samt miljöpåverkan. En jämförelse gjordes även av förutsättningarna mellan skog och åker med avseende på askhalt, kalkning och gödsling.

2.2 Balansberäkningar

Vid tillförsel av aska till åkermark bör ej mer växtnäring och spårelement tillföras än vad som förs bort med skörden. Återföringen är en kretsloppsåtgärd och det bör ej ske en nettotillförsel av fosfor eller tungmetaller till åkermarken.

2.2.1 Balanser för fosfor och tungmetaller

På fältnivå kan tillförsel och bortförsel beräknas med hjälp av en växtnärbalans. Vi får då kännedom om flödenas storlek och riktning på fältet. En växtnärbalans definieras enligt:

$\sum \text{Inflödet av växtnärbalansämnet} - \sum \text{Utflödet av växtnärbalansämnet} = \text{Förändring i totala mängden av växtnärbalansämnet som lagras i, och/eller förloras från systemet}$

De ämnen som inkluderades i balansberäkningen i projektet var fosfor (P), koppar (Cu), kadmium (Cd) och zink (Zn). Fälthalansen ställdes upp enligt tabell 1.

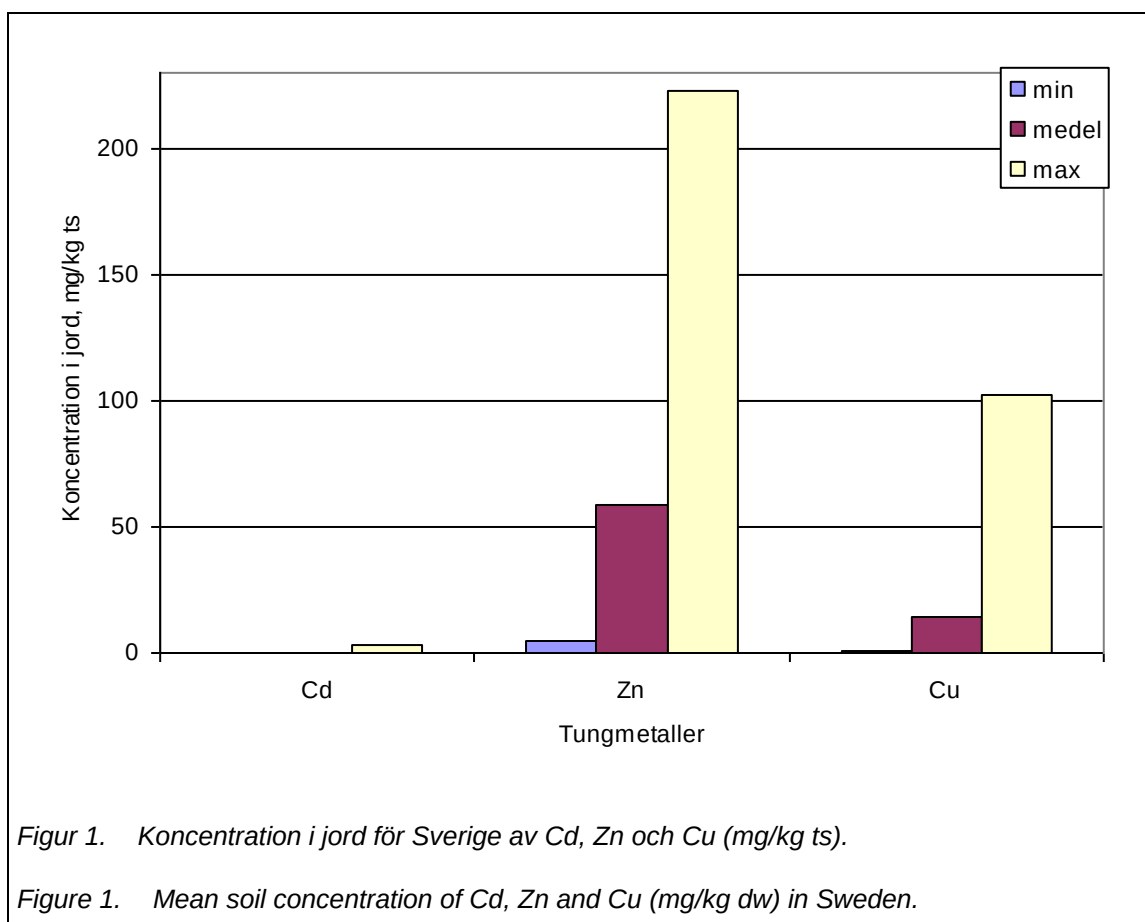
Tabell 1. Strukturen på fälthalansen som användes i studien.

Table 1. Structure of the field balance used in the study.

	P	Cu	Cd	Zn
Inflöde aska	+	+	+	+
Utflöde med skörd	-	-	-	-
Inflöde – Utflöde = Balans	+/-	+/-	+/-	+/-

En fältbalans kan även inkludera mer diffusa in- och utflöden som t.ex. vittring, atmosfärisk deposition, biologisk kvävefixering och läckage av växtnäringssämnen. Men eftersom detta projekt gjordes på en generell nivå är det svårt att inkludera dessa i balansberäkningarna. Av den atmosfäriska depositionen av Cd, Cu och Zn gjordes dock en uppskattning som både inkluderades och exkluderades ur balansberäkningarna.

Vid balansberäkningar är det också viktigt att känna till den grundnivå av de olika elementen som finns i åkermarken. Detta styr också hur stor tillförseln av element kan vara. I beräkningarna utgjordes grundnivån av medelvärdet för ämnena i svensk åkermark, figur 1 [8].

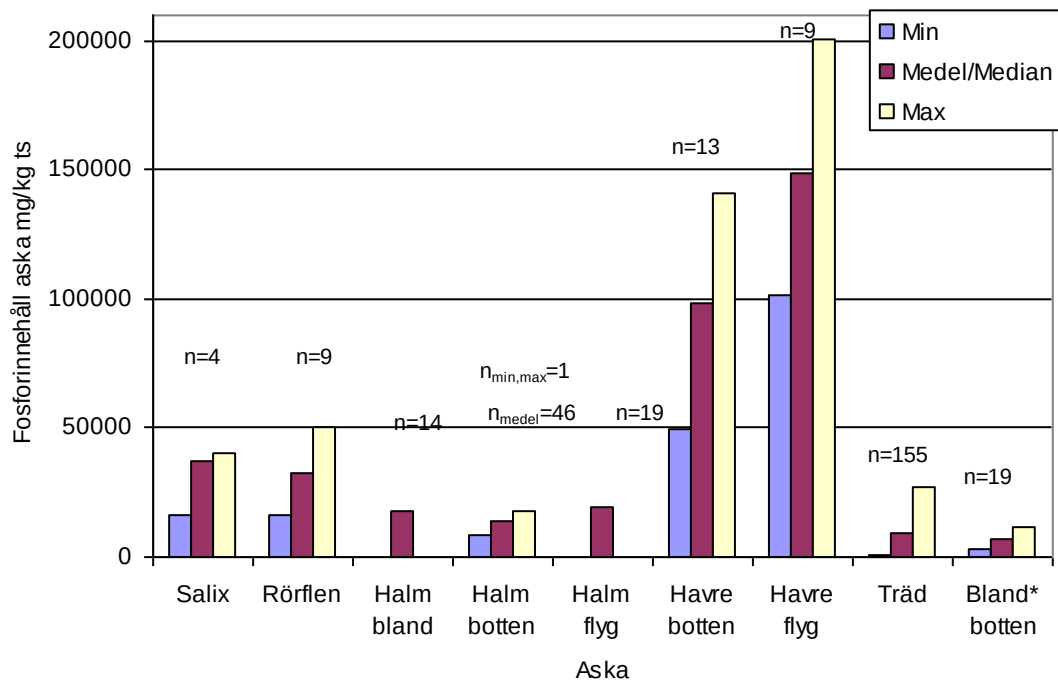


2.2.1.1 Inflöde i balansberäkningarna

Askorna som inkluderades i beräkningarna utgjorde exempel på vad olika askor kan innehålla av P, Cd, Zn och Cu, men siffrorna är något osäkra eftersom innehållet i askan varierar mycket bl.a. mellan olika pannor och beroende på växtplats. De olika typer av askor som togs med var salix-, rörflens-, halm-, havre-, trädbränsle- och en blandbränsleaska. De analysvärden för askorna som användes i beräkningarna redovisas i figur 2-5. Analysvärdena på salixaskan, rörflen hämtades från Bränslehandboken [37]. Alla analysvärden från Bränslehandboken [37] är bränsleanalyser. Analysvärdena på trädbränslet hämtades från Nilsson & Steenari [22], för fosfor finns inte redovisat asktyp

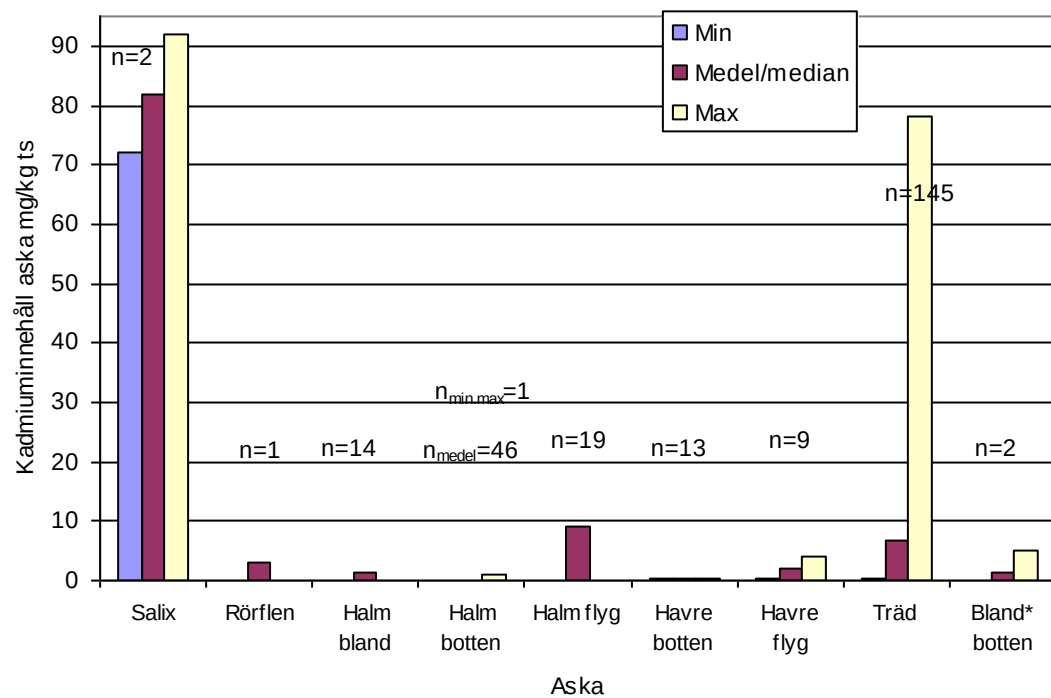
men för övriga ämnen är asktypen blandaska. De analyserade trädaskorna kommer från verkliga anläggningar i Sverige och Finland. För halmaskan inhämtades medelvärdena från Sander & Andrén [25] samt min- och maxvärdena från Marmolin m.fl. [18] liksom analysvärdena på spannmålsaskan. De analysvärden för aska från halm och spannmål som användes i beräkningarna kom från verkliga pannor. Analysvärdena på blandaskan inhämtades från Ribbing pers. medd. [41]. Blandaskan kom från en verklig panna och utgjordes av 2-5 % salix på årsbasis och resten var GROT-flis. Förbränningsprocessen skiljer sig mellan bränsleanalys och eldning i en verklig panna, vilket medför att askan har olika kvalitet. Vid en bränsleanalys strävar man efter att påverka bränslet så lite som möjligt. Bränsleanalysen går till så att biobränslet inaskas vid 550 °C, för att undvika att flyktiga ämnen som exempelvis K, Na, Cl och S ger sig iväg. Efter inaskningen finns ett pulver kvar som huvudsakligen består av oorganiska oxider och karbonater etc. Detta pulver kan analyseras bl.a. m.a.p. metaller och spårämnen. Vid en eldning i panna blir temperaturerna högre än 550 °C, beror bl.a. på typ av panna.

Askgivan sattes maximalt till 3 ton/ha (för en 5-årsperiod) i beräkningarna dels för att det är en giva som är vanligt förekommande vid praktisk spridning på åkermark samt att det är den maxgiva som får spridas på skogsmark. Det innebar att den genomsnittliga askgivan per år blev 0,6 ton/ha för höstvetete och 2,4 ton/ha och omdrev för salix (1 omdrev = 4 år). Spridning av aska på åkermark är ej reglerat i miljölagstiftningen, men spridning av stallgödsel och slam är reglerat. I avsaknad på särskild lagstiftning för askspridning kan de gränsvärden som finns för gödsel och slam användas för aska. Om något ämne överskred gränsvärdet enligt SNFS 1994:2 [33] och SJVFS 2005:74 [29] beräknades maximal giva för att inte överskrida gränsvärdet. Både medel-, max- och minvärden togs med i beräkningarna i mån av dataunderlag.



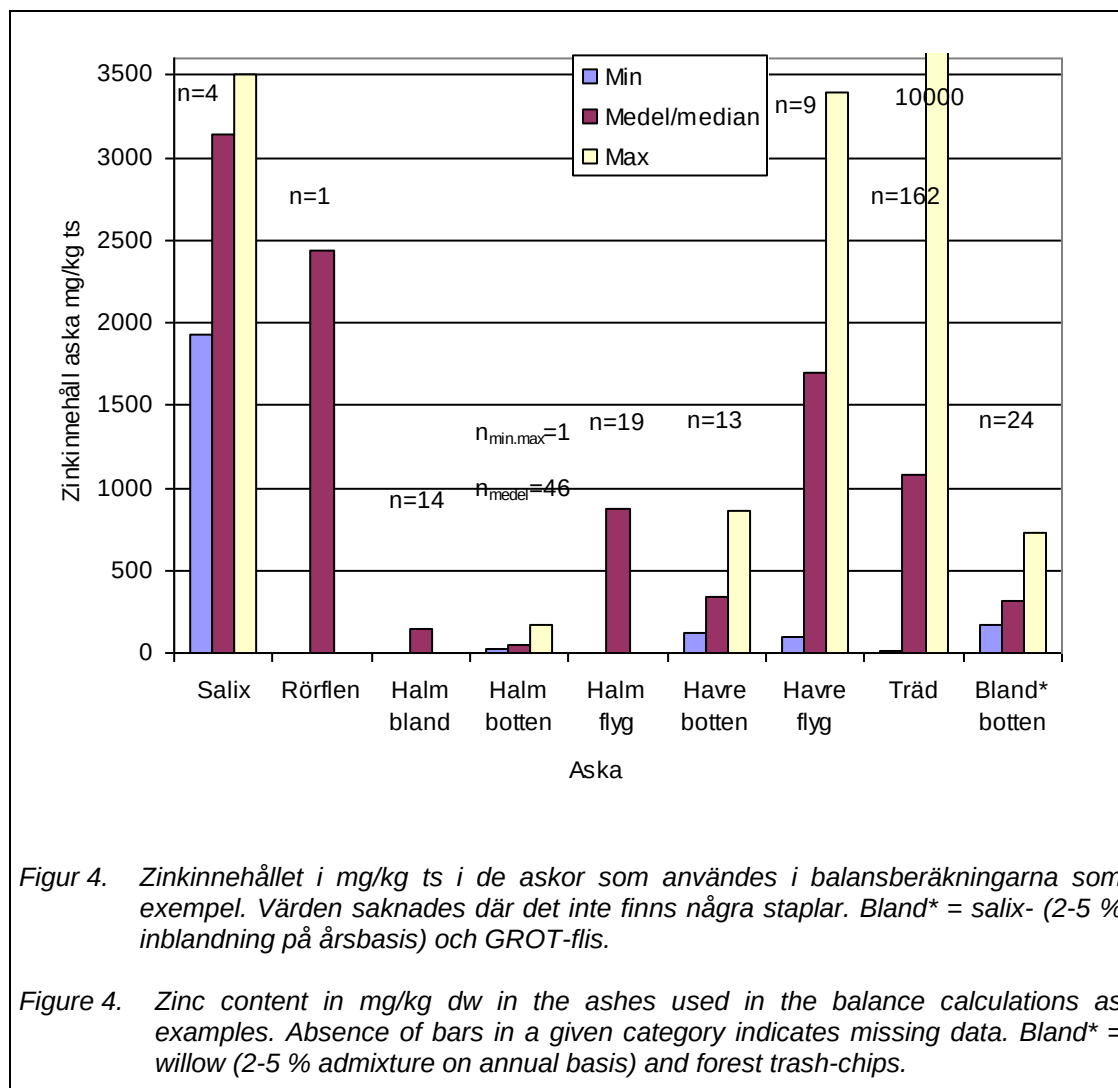
Figur 2. Fosforinnehållet i mg/kg ts i de askor som användes i balansberäkningarna som exempel. Värden saknades där det inte finns några staplar. Bland* = salix- (2-5 % inblandning på årsbasis) och GROT-flis.

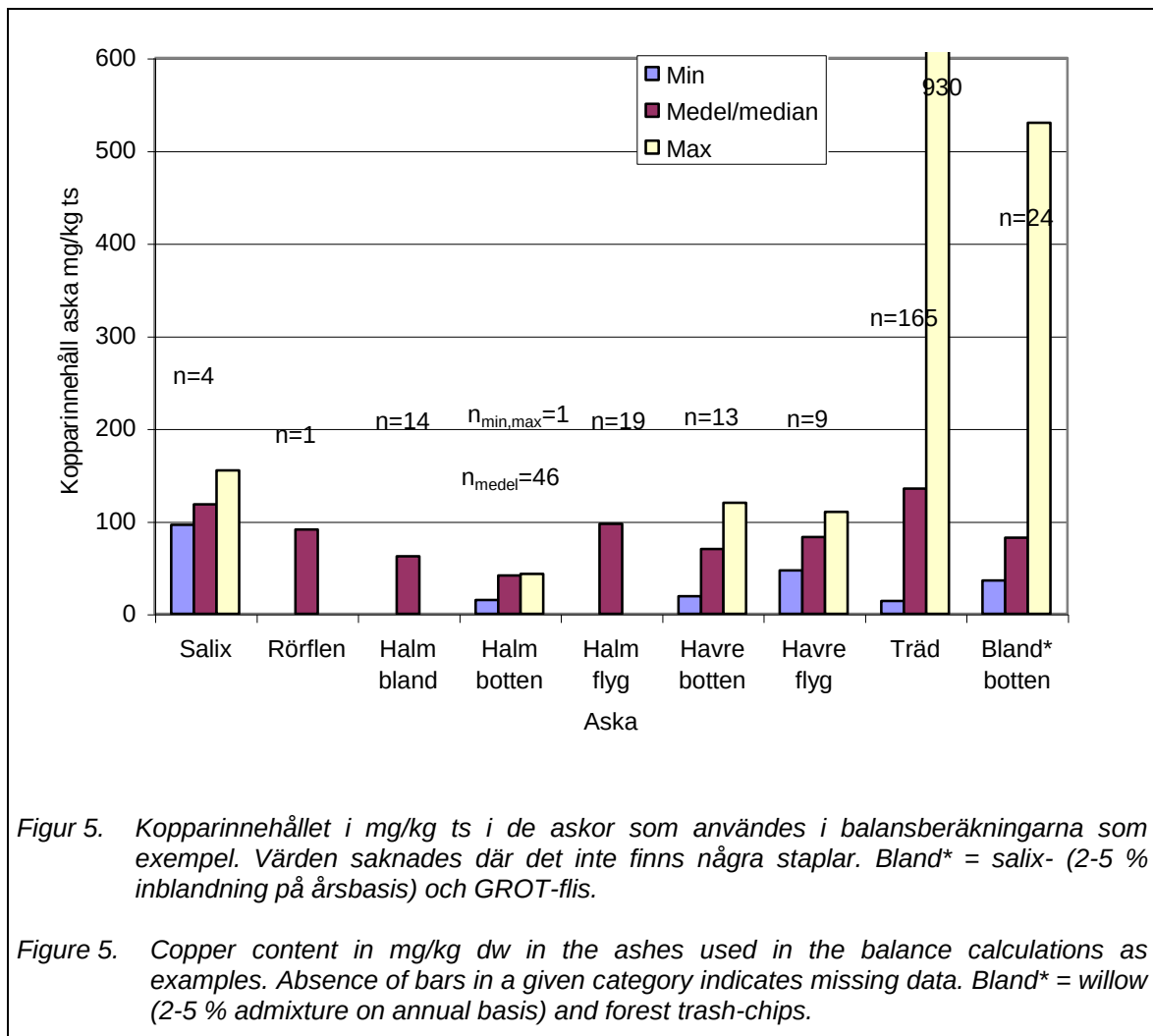
Figure 2. Phosphorus content in mg/kg dw in the ashes used in the balance calculations as examples. Absence of bars in a given category indicates missing data. Bland* = willow (2-5 % admixture on annual basis) and forest trash-chips.



Figur 3. Kadmiuminnehållet i mg/kg ts i de askor som användes i balansberäkningarna som exempel. Där det inte finns några staplar saknades värden eller så var halterna för låga för att synas i diagrammet. Bland* = salix- (2-5 % inblandning på årsbasis) och GROT-flis.

Figure 3. Cadmium content in mg/kg dw in the ashes used in the balance calculations as examples. Absence of bars in a given category indicates missing data or that collected values are too low to be shown in the chart. Bland* = willow (2-5 % admixture on annual basis) and forest trash-chips.





2.2.1.2 Utflöde i balansberäkningarna

Balansberäkningarna gjordes när antingen höstvetete eller salix odlades efter tillförsel av aska. Dessa grödor valdes för att de representerar två olika typer av odlingssystem. Medel-, min- och maxvärden på skördenivåer framgår i tabell 2. Skördenivåerna för salix var bearbetade värden från Mola-Yudego & Aronsson [21]. För höstvetete gjordes balansberäkningen för ett år och för salix för ett omdrev (tiden mellan två skördar). Halmen lämnades kvar på fältet i beräkningsexemplet. För koncentrationen av P, Cd, Zn och Cu i grödorna användes ett medelvärde per gröda, tabell 3.

Tabell 2. Skördenivåer för höstvetekärna i kg ts/ha och år [26] och för salix i kg/ha och omdrev [21].

Table 2. Yield for winter wheat cereals in kg dw/hectare and year [26] and willow in kg/hectare and cutting cycle [21].

Gröda	Skörd (kg/ha)		
	Medel	Min	Max
Höstvete	5270	2782	6788
Salix	20 000	14 000	25 500

Tabell 3. Koncentration i grödan av P, Cd, Zn och Cu för höstvete [9] och salix [1] i mg/kg ts.

Table 3. Concentration of P, Cd, Zn and Cu in winter wheat [9] and willow [1].

Gröda	Koncentration i grödan (mg/kg ts)			
	P	Cd	Zn	Cu
Höstvete	3 600	0,04	30	4
Salix	684	0,84	42,6	2,8

2.2.1.3 Balansen

Balansen mellan tillförd och bortförd mängd beräknades för de inkluderade ämnena. För att visa vilka ämnen som begränsar tillförseln av aska under 3 ton/ha beräknades den maximala givan av aska för de olika askorna med avseende på gränsvärden enligt SJVFS 2005:74 för fosfor (110 kg/ha får maximalt tillföras som engångsgiva räknat för 5 år) samt med avseende på SNFS 1994:2, tabell 5.

2.3 Erfarenhetsinsamling

Erfarenheter inom området askspredning främst på skogsmark, men även på åkermark samlades in genom telefonintervjuer med anställda vid värmeverk (4 intervjuer), entreprenörer som sprider aska (1 intervju från skogssidan och 1 från jordbrukssidan), forskare (7 intervjuer), myndigheter (2 intervjuer) och företag (2 intervju), se bilaga B. Erfarenhetsinsamlingen skedde via telefon och e-mail. Frågor förbereddes separat till de olika intervjugrupperna, se bilaga C. Intervjusvaren sammanställdes separat för de olika intervjugrupperna.

2.4 Identifiering av begränsningar och utvecklingsmöjligheter

Resultaten från litteraturstudien och från erfarenhetsinsamlingen analyserades med avseende på nedanstående punkter:

- Vilken kunskap från askspredning i skogsbruket som kan appliceras på jordbruksmark
- Möjliga flaskhalsar som kan dyka upp då större mängder aska ska återföras till jordbruket, förslag på hur flaskhalsarna kan undvikas/lösas

- Vilka ekonomiska aspekter måste tas hänsyn till vid återföring av aska till jordbruksmark
- Kunskapsluckor inom området askåterföring till åkermark
- Identifiering av var det finns behov av vidare forskning och utveckling

Analysen resulterade i ett förslag på rekommendationer till lantbrukare, askproducenter och myndigheter angående hur man kan underlätta en ökad askåterföring.

3 Resultat

3.1 Litteraturstudie

3.1.1 Förutsättningar för askspridning på jordbruksmark

Sveriges jordbruksareal uppgår totalt till 3,2 miljoner hektar, varav knappt 2,7 miljoner hektar är åkermark och resten betesmark. Detta kan jämföras med skogsmarken som uppgår till 22,7 miljoner hektar. År 2006 användes uppskattningsvis knappt 3 procent av Sveriges åkermark (70 000 hektar) för odling av grödor som utnyttjades för energiproduktion [34]. På de 70 000 hektaren odlades spannmål (havre) för förbränning på 5 000 hektar, halm för eldning (biprodukt vid spannmålseldning), salix för eldning på 14 000 hektar samt rörflen för eldning på 600 hektar, vilket gav en summa på 19 600 hektar.

Mängden aska som spreds på åkermark i Sverige 2006 var 2 000 ton torrsvikt (osäker siffra) [41] enligt statistiken, förmodligen spreds betydligt större mängder. Askan utgjordes av rostbottenaska. Motsvarande mängd aska som spreds på skogsmark var 28 000 ton torrsvikt. Askhalter i halm, salix, rörflen och spannmål är betydligt högre än i träpellets, tabell 4.

Tabell 4. Askhalter i grödan (% torrt) för de vanligaste energigrödorna.

Table 4. Ash content in crop (% dry) for the most common energy crops.

Bränsle	Askhalt (% torrt)	Källa
Halm	3-10	[4]
Salix	2-4	[37]
Rörflen	3-10	[24]
Spannmål	1-3	[37]
Träpellets	0,4-0,8	[37]

Enligt Hadders & Flodén [11], är den mängd aska som bildas vid förbränning av åkerbränslet som regel för liten för att den på ett rationellt sätt ska kunna återföras till hela den areal vilken den tagits från. Det årliga behovet av fosfor och kalium skulle inte täckas, åtminstone inte för halm som ju endast utgör en del av det material som förts bort från fältet. Därför bör askan återföras till en mindre areal än vad den odlats på. Askan måste spridas i samband med plöjning, på oöväxt mark eller omedelbart efter skörd för fleråriga grödor.

3.1.1.1 Gränsvärden

I Sverige finns det ingen lagstiftning som reglerar spridning av aska från åkergrödor. Som utgångspunkt vid spridningen kan man dock använda de gränsvärden som finns för spridning av slam på åkermark, tabell 5.

I nuläget är det tillåtet att använda aska från förbränning av halm, spannmål, ved och torv i ekologisk odling. I KRAVs regler [13] finns bestämmelser för den högsta tillåtna genomsnittliga totala tillförseln (under ett femårsomlopp) av tungmetaller, tabell 5.

Tabell 5. Maximal tillförsel med slam (SNFS 1994:2) samt maximal tillförsel oberoende av gödselslag enligt KRAV av sju olika tungmetaller per år och av P per år räknat över totalt 5 år.

Table 5. Maximum allowable application rate for 7 different heavy metals (measured per year) and for phosphorous (measured per five-year period) with sludge application (top row, (SNFS 1994:2)) and with application of fertiliser of any type (bottom row) according to KRAV.

Gränsvärde	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	P
Maximal tillförsel med slam (g/ha och år)	25	0,75	300	40	1,5	25	600	22 000
Maximal tillförsel enl. KRAV (g/ha och år)	50	0,75	500	50	1	50	700	-

Det finns även gränsvärden för halterna av sju tungmetaller i åkermarken där slam inte kan tillföras till åkermark med högre koncentration av dessa tungmetaller än gränsvärdena (SNFS 1994:4), se tabell 6.

Tabell 6. Gränsvärde för halten metaller i åkermark vid användning av avloppsslam för sju tungmetaller (SNFS 1994:4).

Table 6. Maximum allowable application rate for 7 different heavy metals for sludge application to arable land (SNFS 1994:4).

Gränsvärde	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn
Innehåll åkermark (mg/kg torrs substans)	40	0,4	40	60	0,3	30	100

I Danmark finns en förordning om bibränsleaskor vid spridning på åkermark (BEK nr 818 af 21/07/2008). En ny förordning föll i kraft den 15 augusti år 2008, där ändamålet var att göra förordningen mer användarvänlig. I den nya förordningen bestäms mängden aska som får återföras till åkermarken efter kadmiumhalten i askan. Maximalt får 0,8 g kadmium tillföras per hektar och år [20]. För skogen gäller en maximal tillförsel på 1,0 g kadmium per hektar och år i Danmark. I den nya förordningen ställs krav på att en innehållsdeklaration fylls i och används vid återföring av aska, se bilaga D. Tidigare fick askproducenten själv ta fram deklarationen. Det har också tagits fram en speciell deklaration för bottenaska där syftet är att underlätta askåterföringen för askproducenterna eftersom bottenaskan ofta har sådan god kvalitet att den kan spridas direkt.

3.1.1.2 Avfallsskatt

Aska betraktas som avfall i avfallsförordningen (2001:1063). Vid spridning av aska på åkermark ska detta anmälas till närmsta kommun. Förbränningsanläggningar som producerar mer än 50 ton aska per år som deponeras inom anläggningen eller förvaras

där under längre tid än tre år ska betala en avfallsskatt (Lag 1999:673). Skatten uppgår till 435 kronor per ton avfall. Förbränningsanläggningen kan istället för att lämna askan på deponi välja att sprida askan på skogs- eller åkermark, eller välja någon annan användning för askan.

3.1.1.3 Halm

Halm svarar för ungefär hälften, eller 0,5 TWh, av jordbrukets energileverans [39], [4]. Enligt SCB [27] användes ca 0,1 miljoner ton bränslehalm i Sverige år 2002, men den praktiska potentialen är troligen ca 1 miljon ton, vilket motsvarar 4 TWh [4]. Av de ca 0,1 miljoner ton halm som förbrändes i Sverige år 2002 eldades ett tiotal tusen ton halm i värmeverk och nästan 82 000 ton i mindre pannor ute på ett hundratal gårdar eller små anläggningar [27].

Halmaska är främst ett kaliumgödsel- och kalkningsmedel då fosforhalten är låg, tabell 7. Innehållet av kalium i halmaska varierar mycket och påverkas bl.a. av om halmen utsätts för regn eller ej innan den tas in samt av hur mycket K som grödan tog upp från marken [10]. Flygaskan från halm i tabell 7 överskred gränsvärdet för gödselmedel (100 mg Cd per kilo P) eftersom det innehöll 473 mg Cd/kg P.

Tabell 7. Analysvärden för halmaska baserat på torrsubstanshalt [10].

Table 7. Straw ash composition based on dry matter content [10].

Parametrar	Bottenaska	Flygaska
P, %	1,4	1,9
K, %	13,1	22,4
CaO, %	21,1	19,2
Cr, mg/kg ts	42,5	28,6
Ni, mg/kg ts	17,7	16,5
Cu, mg/kg ts	41,4	97,1
Zn, mg/kg ts	52,7	872,3
Pb, mg/kg ts	3,4	139,2
Cd, mg/kg ts	0,10	9,0

Halmaskans sammansättning beror bl.a. av spannmålsslag, gödsling, användning av kemiska bekämpningsmedel, jordart och årsmån [10], [11]. Andra faktorer som kan påverka askans sammansättning är tröskteknik, strängtjocklek, vädret under bärningssäsongen, mängd jord på halmens yta och lagringsförhållanden [10].

3.1.1.4 Salix

Salix förbränns huvudsakligen tillsammans med något annat bränsle, exempelvis träflis. En blandning med 10-15 % salix bör gå att elda i de flesta pannor utan att problem med påslag och sintringar uppkommer enligt Bränslehandboken [37]. Det är möjligt att elda 100 % salix i vissa pannor.

Det finns få studier där aska från enbart salix har analyserats, men i bränslehandboken [37] finns analyser från ett fåtal prover, tabell 8. Salix förmåga att ta upp tungmetaller

medför att tungmetallinnehållet i salixaskan kan vara så högt att det kan vara nödvändigt med en behandling av framförallt flygaskan innan den deponeras. De askor som analyserades i bränslehandboken [37] överskred gränsvärdet för gödselmedel (100 mg Cd per kilo P) eftersom de innehöll 4500 (min) respektive 2244 (max) mg Cd/kg P.

Tabell 8. Analysvärden för salixaska baserat på torrsbstanshalt [37].

Table 8. Willow ash composition based on dry matter content [37].

Parametrar	Min	Max	Antal
P, %	1,6	4,1	4
K, %	3,8	15,9	4
Ca, %	13,4	27,5	4
Cr, mg/kg ts	16	249	3
Ni, mg/kg ts	21	79	3
Cu, mg/kg ts	96	155	4
Zn, mg/kg ts	1930	3500	4
Pb, mg/kg ts	9	12	2
Cd, mg/kg ts	72	92	2

3.1.1.5 Rörflen

Aska från rörflen har en speciell karaktär. Den är voluminös, vilket gör att det kan bildas valv och att brännbart material kan stängas inne utan att förbrännas [6]. Analysvärdena i tabell 9 visade på låg halt av fosfor hos rörflensaska. Askhalten i rörflen är starkt beroende av växtplatsen. Vid odling på mullrika jordar kan askhalten vara ca 2 % och på styva lerjordar kan askhalten gå upp till ca 16 % [37]. Analysvärdena för rörflensaskan i tabell 9 visar att innehållet av både fosfor och kalium kan variera mellan olika prover. Cd/P-kvoten för rörflensaskan i tabell 9 låg långt under gränsvärdet för gödselmedel, det innehöll 59 mg Cd/kg P.

Tabell 9. Analysvärden för rörlensaska baserat på torrsubstanshalt [37].

Table 9. Reed canary grass ash composition based on dry matter content [37].

Parametrar	Exempel pellets	Median	Min	Max	Antal
P, %	5,1	3,2	1,6	5,1	9
K, %	5,7	13,0	5,7	18,9	9
Ca, %	9,9	6,6	4,1	9,9	9
Cr, mg/kg ts	34	-	-	-	1
Ni, mg/kg ts	10	-	-	-	1
Cu, mg/kg ts	91	-	-	-	1
Zn, mg/kg ts	2432	-	-	-	1
Pb, mg/kg ts	51	-	-	-	1
Cd, mg/kg ts	3	-	-	-	1

3.1.1.6 Spannmål

Halterna av fosfor och kalium i havreaska är höga, tabell 10. Dock varierar fosforinnehållet mycket mellan olika prov [18]. Havreaskans kalkverkan är mycket låg. Cd/P-kvoten för havreaskan i tabell 10 låg mycket långt under gränsvärdet för gödselmedel, det innehöll 5 mg Cd/kg P.

Tabell 10. Analysvärden för havreaska baserat på torrsubstanshalt [18].

Table 10. Oat ash composition based on dry matter content [18].

Parametrar	Bottenaska
P, %	9,8
K, %	10,0
CaO, %	7,9
Cr, mg/kg ts	8
Ni, mg/kg ts	20
Cu, mg/kg ts	70
Zn, mg/kg ts	345
Pb, mg/kg ts	4,8
Cd, mg/kg ts	< 0,5

Marmolin m.fl. [18] drog slutsatsen att innehållet i spannmålsaska av fosfor och kalium nästan kan jämföras med innehållet i handelsgödsel samt att fosfors tillgänglighet är ganska god. De rekommenderade en giva på kring 1-2 ton ts/ha per gödsling som motsvarar grödans fosforbehov för 4-8 år. En förutsättning för att växtnäringen i askan ska kunna utnyttjas optimalt av växten är att askorna kan spridas i tillräckligt små mängder enligt Marmolin m.fl. [18].

3.1.1.7 Olika spridare

Vid spridning av aska fungerar olika typer av spridare olika bra, tabell 11. Den spridare som gav bäst resultat i studien av Marmolin m.fl. [18] var kalkspridaren lastad med torr aska, vilket var den enda spridare som lyckades ge så låga givor som 1-2 ton/ha och med en acceptabel spridningsjämnhet. Ur arbetsmiljösynpunkt är en fuktig aska bättre än en torr aska, då torra askor dammar mycket. Bäst spridningsjämnhet gav en stallgödselspridare med fuktig aska. Mängden spridd aska var dock hög, över 8 ton ts/ha.

Tabell 11. Egenskaper hos olika spridare m.a.p. spridning av aska.

Table 11. Performance of different types of spreaders for ash spreading.

Spridare	Egenskaper
Handelsgödselspridare	Materialet måste vara i granulerad form för att det ska gå att sprida, oförädlad aska fungerar ej att sprida
Stallgödselspridare	Mängderna stallgödsel som sprids ligger ofta kring 20-30 ton våtvikt, ts-halterna ligger mellan 5 och 40 %. Enligt Hadders & Flodén [11] är det stallgödselspridaren som ligger närmast till hands för lantbrukaren vid spridning av aska eftersom den är så vanligt förekommande. I praktiken blandas troligtvis askan med stallgödsel före spridningen ute på gårdarna.
Kalkspridare	Fungerar för att sprida aska, med risk för en för stor giva

I Danmark utvecklades en typ av spridningsutrustning för torr aska i slutet av 90-talet [23]. Spridningsutrustningen var frontmonterad, hade en spridningsbredd på 4 meter med 14 utlopp för askan. Vid en körhastighet på 6 km/timme blev givan 200 kg/ha. Spridningsförsöken i full skala visade på en bra spridningsjämnhet.

3.1.2 Askåterföring till skogsmark

3.1.2.1 Askhantering på förbränningsanläggningen

Askutmatningen från pannan påverkar askans fortsatta användning. Askan kan matas ut både som torr och våt. Den torrutmatade askan är lätt att förädla vidare men kan vara svårhanterad. Våtutmatad aska är enkel att hantera, men kan vara svår att vidareförädla om hårdningen startar spontant. Vad gäller området askhantering på anläggningen finns det inte mycket litteratur att tillgå. En enkätundersökning av Liss [15] i Dalarna och Gävleborgs län visade att det fanns en variation bland värmeverken vad gäller om askan var våt- eller torrutmatad. Enligt resultaten våtutmatades i stort sett hela produktionen (98 %) av aska från värmeverken i Dalarna, medan i Gävleborgs län stod torrutmatningen för hela 62 % av årsproduktionen. Drygt 1 % av värmeverken i Dalarna blandade botten- och flygaskan i samband med utmatningen. Motsvarande siffra i Gävleborg var 40 %. En stor del av askan (52 %) lagrades tillfälligt i egen regi för att sedan användas vid olika typer av restaurerings- och anläggningsarbeten eller återföras till skogs- och jordbruksmark.

3.1.2.2 Skogsstyrelsens rekommendationer

Skogsstyrelsen har satt upp ett mål för askåterföring till år 2010 som säger att den areal som erhåller aska ska vara minst lika stor som den areal där avverkningsrester (GROT)

skördas. För att uppnå målet arbetar man med information och rekommendationer. År 1985 kom det första regelverket kring uttag av avverkningsrester [31]. Därefter tillkom en föreskrift med kompletteringar år 1998. Dessa båda skrifter låg bland annat till grund för Skogsstyrelsens nuvarande rekommendationer. År 2001 gjordes en komplettering av skrifterna med askmängder, kvalitetskrav och kvalitetskontroll av askprodukter som används vid kompensation för bortförsel av växtnäring. Därefter har det tillkommit mer kunskap och Skogsstyrelsen har uppdaterat rekommendationerna. Den senaste versionen av rekommendationerna återfinns i Skogsstyrelsens meddelande nr 2 2008 [31]. Som det ser ut idag läggs mycket av skogsaskan på deponi, medan samhällets strävan är att minska deponeringen av avfall, bl.a. genom deponiskatten.

Några av de viktigaste punkterna i Skogsstyrelsens rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring [31]:

- Har GROT-uttag skett eller planerats bör uttaget kompenseras med aska
- Askan bör i första hand komma från eldning av skogsbränslen
- Askan bör vara väl härdad och långsamupplöslig
- Högst 3 ton torrsubstans aska bör spridas per hektar och 10-årsperiod och högst 6 ton TS aska per hektar under en omloppstid
- Askan bör spridas jämnt i beståndet

Det är viktigt att kategorisera askor efter ursprung och innehåll när möjligheterna för att återföra aska till skogsmark diskuteras. Skogsstyrelsens anser att bränslets ursprung bör dokumenteras, de anser även att askan ska uppfylla ett antal krav när det gäller det kemiska innehållet för att vara lämplig för beredning av en spridningsbar produkt, tabell 12. Omräknat i gram per hektar och år blir gränsvärdet för kadmium 9 g/ha och år. Enligt Skogsstyrelsen [30] kontrolleras askans kvalitet med jämna mellanrum av värmeverken. Askan analyseras på dess innehåll av näring, tungmetaller, cesium och polyaromatiska kolväten. Därefter görs bedömningen om askan är lämplig att återföra till skogen. I Värmeverkens tillstånd finns krav på val av mellanlagringsplats och kontroll av metall- och näringsinnehåll i askan.

Tabell 12. Rekommenderade min- och maxhalter av ämnen i askprodukter avsedda för spridning till skogsmark [31].

Table 12. Recommended minimum and maximum concentrations of different elements in ash products intended for spreading on forest soil [31].

Substanser	Riktvärden	
	Min	Max
Ca, g/kg TS	125	
Mg, g/kg TS	15	
K, g/kg TS	30	
P, g/kg TS	7	
B, mg/kg TS		800
Cu, mg/kg TS		400
Zn, mg/kg TS	500	7000
As, mg/kg TS		30
Pb, mg/kg TS		300
Cd, mg/kg TS		30
Cr, mg/kg TS		100
Hg, mg/kg TS		3
Ni, mg/kg TS		70
V, mg/kg TS		70

En provtagningsstandard bör användas vid provtagningen av askan. Askan som ska provtas ska vara heterogen och härröra från olika delar av eldningssäsongen med olika bränsleblandning. Det finns två standarder för provtagning, Nordtests metod NT ENVIR 004 för provtagning av fast partikulärt avfall och Svensk Standard SS 18 71 13 för biobränslen och torv [7]. Enligt Skogsstyrelsens Meddelande 2 2008 [31] bör provtagningen ske för poster om 250-500 ton aska/färdig produkt eller minst en gång per eldningssäsong. Provtagningen av askan bör ske genom att minst 15 delprover om vardera 1 liter tas ut för att provet ska vara representativt för hela askpartiet då de blandas samman till ett generalprov. Det är en fördel om delproverna tas ut i ett flöde. Om delproverna tas ut i en hög bör prover tas ut på olika djup och i olika delar. Referensprover, av varje generalprov, bör sparas minst 3 år tillsammans med analysvärdena. Kemiska analyser bör göras av ackrediterade laboratorier. Analyser som bör göras är; makronärings- och spårämnen, halt extraherbara makronärings- och spårämnen, mätning av ledningstal (konduktivitet) i vattenextrakt samt lakning av vedaska enligt Skogsstyrelsen [30].

3.1.2.3 Lagring

En aska måste oftast, av både praktiska och behandlingsmässiga skäl, lagras innan den kan spridas på skogsmarken. Tillstånd måste sökas hos Länsstyrelsen för att få lagra askan om mängden aska är mer än 10 000 ton enligt 9 kap 6 § miljöbalken. Är mängden mindre än 10 000 ton ska motsvarande aktiviteter anmälas till kommunen. Lagring av aska som ska återföras till skogsmark måste ske under ordnade förhållanden så att den reagerar på ett önskvärt sätt.

Hur askan reagerar vid lagringen beror på askans kvalitet. En viktig faktor under lagringen är om askan fortfarande är blöt eller utsätts för fukt. Lagringsförhållandena styr bl.a. hur mycket makronärs- och spårämnen som lakas ut ur askan och hur askprodukten förändras med tiden. Under lagringen sänks askans pH när koldioxid absorberas från luften [12].

3.1.2.4 Behandling och förädling av aska

Aska som ska spridas på skogsmark måste behandlas innan den sprids. En obehandlad aska skadar vegetation och markfauna eftersom den är mycket reaktiv och har ett högt pH. Vid behandling av askan stabiliseras den och blir långsamlöslig. Det finns huvudsakligen tre tekniker för stabilisering av aska, självhärdning med siktning, valspelletering och granulering. Det finns ett riktvärde för stabilitet i Skogsstyrelsens rekommendationer [31]. Den teknik för behandling av aska som testats mest är självhärdning eftersom det är en billig och enkel metod. Granulerad och valspelleterad aska har den fördelen att de är homogena och mer stabila än den självhårdade askan.

Aska som behandlats genom självhärdning kallas för krossaska. Askans transporteras från värmeverket till en lagringsstation där torrutmatad aska fuktas i en blandare och våtutmatad aska lämnas som den är. Askans läggs på hög och får självhärda en tid (1-3 månader). Vattnet och luften gör att askan självhärdat varvid oxider övergår till hydroxider och så småningom karbonater. I samband med härdningen av askan stelnar den. Askans måste därför krossas i någon typ av krossutrustning när den härdat färdigt. Krossningen sker i ett krossverk eller med en traktorburen skopa med roterande piggvalsar i botten som slår sönder askan. Efter krossningen siktas askan för att den ska få en lämplig storleksfraktion. Enligt handboken ”Från skogsbränsleuttag till askåterföring” [7] bör kornstorleken vara sådan att vid våtsiktning passerar högst 30 % via en sikt med 0,25 mm maskvidd.

Egenskaperna hos den härdade askan beror på porstrukturen och mängd tillsatt vatten. I en välhårdad aska ska vattenhalten ha sjunkit betydligt. Askans ska ha bildat stora stycken och den ska klara stabilitetstestet i Skogsstyrelsens rekommendationer. En självhårdad aska får en bättre och jämnare kvalitet om den packas i samband med härdningen. Vissa askor är svåra att härda, bl.a. om halten oförbränt är för hög eftersom de organiska ämnena kan verka hämmande på härdningen. Tiden som askan behöver för att härda är årstidsberoende. Härdningen stannar av då det är minusgrader och ökar med stigande temperatur.

Vid spridningen av krossaskan bör den återfuktas så att den inte dammar vid spridningen. Den ungefärliga kostnaden för att producera krossaska är 60-100 SEK/ton för vatteninblandning och 40-60 SEK/ton för krossning och siktning [7].

Valspelletering innebär att den fuktade askan pressas till strängar genom valsar. Vid pressningen kan bindemedel som exempelvis cement tillsättas för att ge stabila produkter. Efter pressningen kapas strängarna till önskad längd. I ett flertal projekt har valspelletering av aska testats och utvärderats. I ett av de projekten ”Kretsloppsanpassning av bioaskor”, som drevs av AssiDomän och Stora Enso, testades fullskalig valspelletering vid två massa- och pappersbruk och lakningsegenskaperna hos

slutprodukten studerades [17]. Erfarenheterna kring valspelletering i projektet var överlag goda. Tekniken fungerade bra i stor skala. De pellets som tillverkades uppvisade en mycket långsam utlakning av växtnäringssämnen. Totalt producerades 1 500 ton pellets som i huvudsak bestod av aska. Produktionskapaciteten var 10 000 ton per år. Den färdiga produkten fick efterhärda i en månad och kunde skottas samt omlastas utan att gå sönder mer än till en acceptabel nivå. Driftskostnaderna var enligt rapporten förhållandevis låga och uppgick till 61 kr/ton (30 % vattenhalt).

Granulering ger enhetligare och homogenera produkter. Askprodukten blir också stabilare och blir lättare att sprida. Granuleringen innebär att askan blandas med vatten och rullas i en trumma. De bildade granulerna självtorkar eller torkas i varmluft. Olika produkter kan tillsättas under granuleringen för att påverka egenskaperna hos granulerna, exempelvis för att göra slutprodukten ännu stabilare. Askans egen reaktivitet påverkar valet av bindemedelstyp. De system som finns idag för produktion av granuler kan producera 15-30 ton granuler/timme [7]. Granulernas storlek styrs av bl.a. blandningshastighet, fuktkvot, partikelsammansättning, bindemedel och bladvinkel.

Det har gjorts en hel del arbete och forskning om att rena askor från för höga halter av oönskade ämnen. Men det har visat sig vara svårt att åtgärda till en överkomlig kostnad. Det finns tekniker för rening av aska. En teknik som testats i försök är termisk rening av askor. I dagsläget är deponeringskostnaderna relativt låga vilket gör att det inte finns ekonomiska förutsättningarna för termisk rening av askor. Utveckling av nya enklare och mer effektiva tekniker tillsammans med högre deponeringskrav och skatter skulle dock kunna medföra att termiska behandlingsprocesser för aska blir ekonomiskt konkurrenskraftiga enligt Wikman m.fl. [40]. En teknik som är lämplig att börja med är våt rening. Den är enklare och billigare än termisk rening men mindre effektiv [5]. En viss överskridelse av den rekommenderade halten av ett visst ämne med 5-10 % kan i vissa fall accepteras om askan härstammar från rena skogsbränslen [31].

3.1.2.5 Spridning av aska

Spridning av aska till skogsmark sker antingen med en markgående spridare eller med en helikopterburen spridare. Markspridning är betydligt vanligare och billigare än spridning med helikopter. Där traktorn inte kan komma fram kan askan spridas med hjälp av en helikopter. Spridningskapaciteten för en helikopter är hög, drygt 40 ton/timme, men kostnaden är mycket högre.

Idag används såväl större som mindre maskiner i konventionell drift för askspridning. Markspridarna utgörs ofta av ombyggda skotare som kan vara 2,60 m breda och lasta upp till 6 ton per lass med en spridningsbredd på ca 25 m [7]. Denna typ av skotare klarar av att sprida 40-80 ton per dag. Även mindre traktorer används för markspridning av aska, det är ofta jordbrukstraktorer av olika slag, med en lastningskapacitet på 2-3 ton, en bredd på 1,8 m och en spridningsbredd på 18-20 m. Själva spridningsutrustningen består av en behållare med ett matarband i botten, där matarbandet avslutas vid en lucka där askan släpps ner på en eller två spridartallrikar. Vid spridning på skogsmark ska askan spridas jämnt och mer än dubbel giva får hamna på högst 25 % av den gödslade marken [30].

3.1.2.6 Miljöpåverkan från hantering och användning

Återföringen av aska i skogen måste ske så att den inte stör växter och djur, samtidigt som den gör nytta för att motverka växtnäringsutarmningen av mark och träd. Av askans växtnäringsämnen löses kalium ut snabbt, kalcium och magnesium betydligt långsammare medan fosfor löses ut långsamt. Det har gjorts flera uppföljande effektstudier på växter, mossor, lavar, markdjur och svampar av askåterföring där både kort- och långtidseffekterna undersökts. Obehandlad aska har en hög löslighet och ger snabbt ett högt pH. Långsamlösliga askor ger betydligt mindre förändringar i pH och orsakar små eller inga påvisbara biologiska effekter.

3.1.3 Jämförelse av förutsättningarna mellan skog och åker

FAKTARUTA

	Åkermark	Skogsmark
Markprofil	25-30 cm matjord överst (plöjs), under plogsulan kommer alven som går ner till den ostörda C-horisonten, figur 6.	Podsolen är den vanligaste typen av svensk skogsmark. Överst finns ett mosskikt, därunder förna, humus (5-10 cm), blekjord, rostjord och underst opåverkad grå morän, figur 7.



Figur 6. Markprofil åkermark [3].

Figure 6. Soil profile arable land [3].



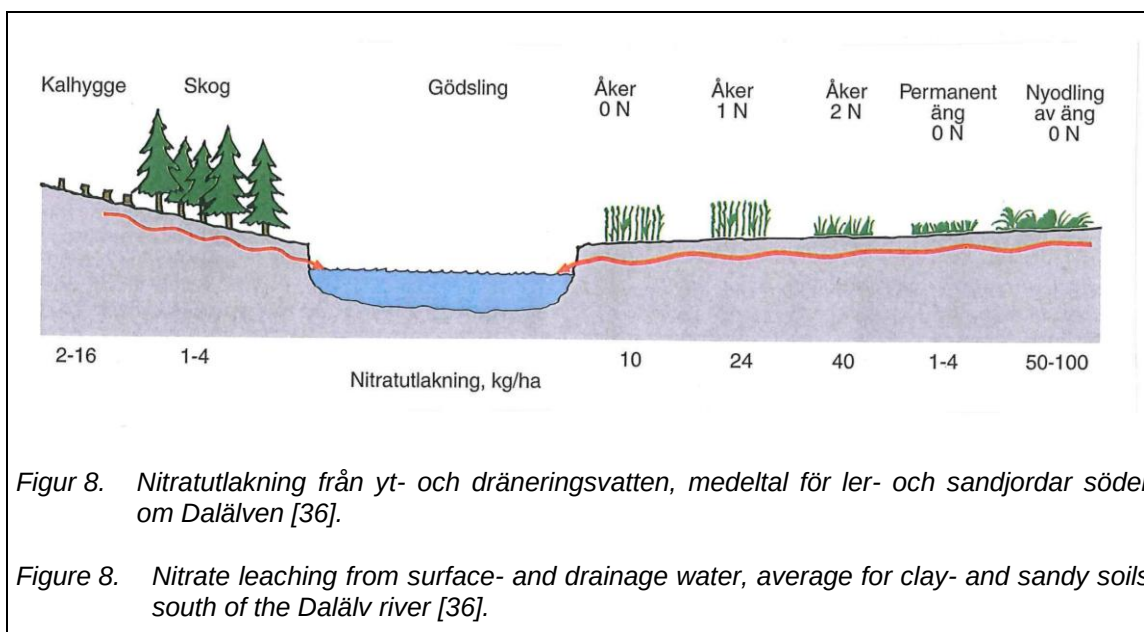
Figur 7. Markprofil skogsmark [16].

Figure 7. Soil profile forest land [16].

pH	6,3 [8]	4,7-5,5 [19]
Grödor	Ettåriga, fleråriga (ex. vall 2-4 år, salix <25 år)	Träd (60-100 år)
Gödsling	Växtnäring tillförs till varje gröda både m.a.p. skörd och markförhållanden	Gödsling ej vanligt, både m.a.p. N och P
- Fosfor	Mycket lite finns löst i markvätskan och är tillgängligt för växten; median 8,1 mg/100 g jord (lättlösligt P). Mycket av fosfor är bundet, icke tillgänglig för växten; median 74 mg/100 g jord (förrådsfosfor). Sedan 50-talet har ca 300-1 800 kg P/ha lagrats upp i marken. Behovet hos en normal gröda: ca 22 kg/ha.	Totalhalt 500 mg/kg i morän. Upptag sker genom den enhet som mykorrhizasvampar och dess mycel bildar med trädens finrotspetsar.

- Kväve Matjordslagret kan innehålla mellan För merparten av skogsmarken är
ca 4-8 ton per hektar. Kvävegödsling kväve den begränsande faktorn.
måste anpassas efter det enskilda
året.

Utlakning av kväve sker från all mark, figur 8. I figur 8 visas en principbild över nitratutlakningen för olika odlingssystem. För åkermark finns tre nivåer av kvävegödsling med i figuren; 0 N (inget N), 1 N (optimal N-giva) och 2 N (överskottsgödsling av N, 2 x optimal giva). Storleken på kväveläckaget beror främst på hur mycket nitrat som finns tillgängligt i marken under den tid på året då det inte finns någon efterfrågan från grödorna.



Figur 8. Nitratutlakning från yt- och dräneringsvatten, medeltal för ler- och sandjordar söder om Dalälven [36].

Figure 8. Nitrate leaching from surface- and drainage water, average for clay- and sandy soils south of the Dalälven river [36].

3.1.3.1 Askhalt

Energigrödor från åkermark har ofta högre askhalt än trädbränslen, tabell 13. På grund av de lägre askhalterna i trädbränslen blir koncentrationerna av olika spårämnen höga i aska från trädbränslen. I aska från åkerbränslen blir halterna mer utspädda. Aska från åkerbränslen har mycket högre halter av fosfor och kalium och är därför en viktig resurs.

Tabell 13. Analysvärden för trädbränsle baserat på torrsubstanshalt [37].

Table 13. Wood fuel composition based on dry matter content [37].

Parametrar	Exempel pellets	Median	Min	Max	Antal
Askhalt, % torrt	0,6	0,6	0,5	2	13
P, %	1,0	1,2	1,0	10,0	9
K, %	8,3	8,1	6,7	9,0	9
Ca, %	19,3	23,9	9,9	26,2	9
Cr, mg/kg TS	88	80,6	40	118	7
Ni, mg/kg TS	18	56,5	11,7	147	7
Cu, mg/kg TS	165	97,7	67,7	165	7
Zn, mg/kg TS	1867	2570	1867	3130	7
Pb, mg/kg TS	67	-	-	-	1
Cd, mg/kg TS	25	-	-	-	1

3.1.3.2 Kalkning

Det genomsnittliga pH-värdet i matjorden på åkermark är 6,3 [8]. Jordmånen i en barrskog är däremot sur av naturen. Med tanke på barrträden är jordmånen lämpligaste pH ungefär 4,7–5,5 [19]. Att pH är högre på åkermark än i skogsmark beror dels på att många åkrar kalkas. På skogsmark sker en naturlig förurningsprocess då träden tar upp växtnäringsämnen. Kalkning på åkermark görs för flera år åt gången, det är en av grundinvesteringarna i jordbruket för att skördarna ska bli jämna och höga.

3.1.3.3 Gödsling

På åkermark är tidsperspektiven i odlingen betydligt kortare än i skogen, vilket påverkar strategin vid gödslingen. Gödsling på åkermarken sker efter det behov som årets gröda har. Man tar också hänsyn till tidigare års tillförsel av växtnäring och vad som bortförts med skörd, den s.k. ersättningsprincipen, för att undvika att ett överskott av växtnäring tillförs. Dessutom måste man ta hänsyn till markförhållandena på det enskilda fältet. Fosfor bör i första hand tillföras till varje gröda för varje enskilt odlingsår. Förrådsgödsling bör undvikas. Vid tillförsel av stallgödsel kan det av praktiska skäl vara aktuellt att gödsla för mer än ett år. Inom skogen ska enbart stabiliserad (kemiskt/fysikaliskt) och långsamlösliga askor användas. Med stabiliserad aska avses granulerad, pelleterad eller självhårdad/sönderdelad aska. Riktmärket är att askprodukterna ska lösas upp under en period av 5-25 år i fält. Det är även viktigt att den initiala upplösningshastigheten är långsam så att det inte uppstår några oönskade effekter efter spridningen. Det finns olika metoder för att bedöma en askprodukts egenskaper i fält, se Skogsstyrelsen [30].

Inom skogsbruket sker kompensationsgödsling som innebär en tillförsel av växtnäringssämnen för att kompensera för bortförsel av näring och/eller kalkverkan vid uttag av biomassa. Det sker även vitaliseringsgödsling där tillförsel av en ”allsidig ämnessammansättning” sker bl.a. för att motverka markförsurning som också motverkas genom skogsmarkskalkning. Träaska är lämpligt att använda för kompensationsgödsling. Den mängd aska som är aktuell för både kompensationsgödsling och vitaliseringsgödsling är 1-3 ton per hektar under en skogsgeneration [12]. I största möjliga mån bör de askor som håller höga halter av näringsämnen, framförallt fosfor (> 1 % P) och har hög kalkverkan användas för återföring till skog.

Forskning på tillväxteffekterna i skogen av gödsling med aska visar att aska oftast ger en liten eller ingen tillväxtökning på kort sikt på de flesta skogsjordar. Men på dikad torvmark ger den alltid tillväxtökning och den kan ge tillväxtökning på kväverika skogsmarker i södra Sverige.

Eftersom aska innehåller mycket små mängder kväve görs ingen jämförelse mellan skog och åker vad gäller kvävegödsling.

Askåterföring till dikad torvmark ger vanligtvis stora tillväxteffekter på skogen. Tillväxteffekterna beror på att torvmarkerna ofta innehåller mycket kväve och små mängder av fosfor och kalium som askan är rik på.

3.1.4 Ursprung och typ av aska som sprids på åkermark idag

I figur 9 sammanfattas askans ursprung samt vanligt förekommande pannor och askfraktioner.

Idag sameldas ofta olika typer av biobränslen, exempelvis GROT-flis och salix samt torv och trädbränslen. En viktig aspekt att beakta är hur sameldning med andra bränslen kan påverka askåterföringen. Blandbränslen som utgörs av åker- och trädbränslen kan exempelvis skapa problem för återföring till åkermark eftersom träd tar upp mer kadmium än åkergrödor. Därmed innehåller även askan mer tungmetaller.

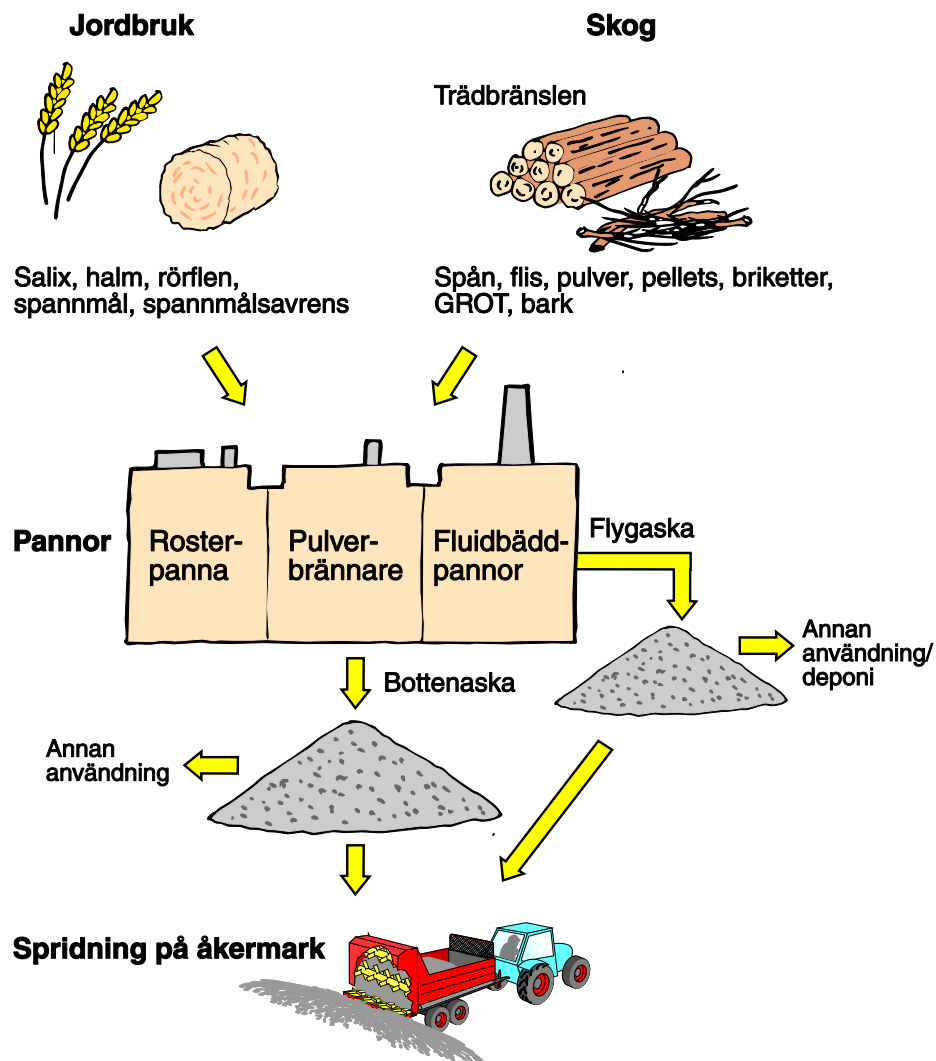
Även hushållsavfall kan klassas som biobränsle, men måste enligt förordningen om avfallsförbränning (2002:1060) eldas i avfallsförbränningspannor med rökgasrening. Aska från avfallsförbränning är ej aktuellt att återföra till åkermark. Med blandbränslen menas därför i denna rapport sameldning av de biobränslen som ej klassas som avfall.

Olika biobränslen är aktuella för de tre olika pannorna som visas i figur 9. Åkerbränslen eldas huvudsakligen i rosterpannor. Fluidbäddpannorna är speciellt lämpade för förbränning av fuktiga bränslen, t.ex. skogsbränslen. I pulverbrännarpannan sprutas ett fint trä- eller torvpulver in i brännaren.

Ur pannan kommer både flyg- och bottenaska, se bilaga A. Ibland sprids en blandning av flyg- och bottenaska, ibland enbart bottenaska eller enbart flygaska. Exempel på

annan användning för aska än spridning på skogsmark är till väg- och ytkonstruktion och som konstruktionsmaterial på deponier.

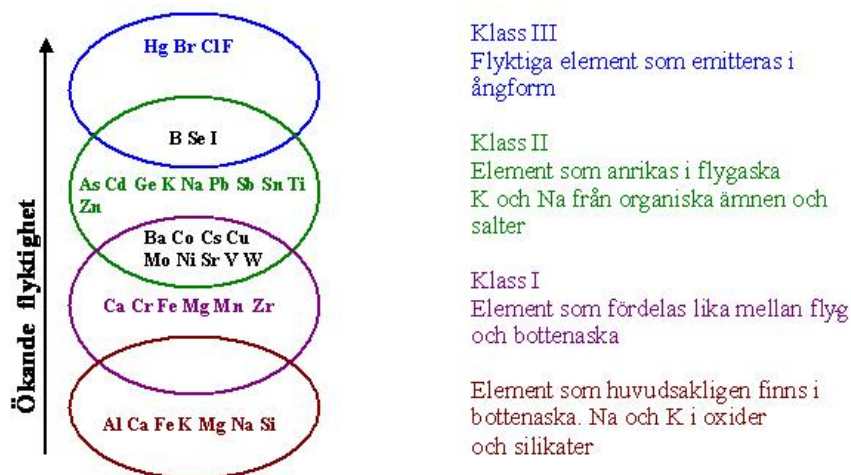
De askor som är lämpligast för återföring till skogsmark är fluidbäddflygaskor. De fluidbäddaskor som ej är utspädda av bäddsand samt rostbottenaskor är särskilt lämpliga. Rost- och pulverflygaskor är även de lämpliga om de ej har för höga tungmetallhalter och/eller för hög andel oförbränt för att de ska kunna härda till krossaska eller pelleteras. Rena biorostbottenaskor är även lämpliga som kalkgiva för jordbruk.



Figur 9. Olika typer och ursprung för askor som sprids på åkermark.
Illustratör: Kim Gutekunst.

Figure 9. Different types and origins for ashes spread on arable land.
Illustrator: Kim Gutekunst.

Halten av växtnäringssämnen i bibränsleaskor varierar mycket. Likaså varierar fördelningen mellan botten- och flygaska vilket beror både på typ av panna och på typ av bränsle. En stor del av tungmetallerna återfinns i flygaskan, figur 10, vilket kan leda till för höga tungmetallhalter och att flygaskan måste deponeras.



Figur 10. Fraktionering mellan bottenaska och flygaska. Steenari, pers. medd. [42].

Figure 10. Fractionation between bottom ash and fly ash. Steenari, personal communication [42].

3.1.5 Aska som kalkgiva

Vissa askor som t.ex. trä- och halmaska har ett bra kalkvärde, se tabell 14. Jämfört med exempelvis kalksten har vissa träaskor endast ca 10 % lägre kalkverkan i % CaO.

Tabell 14. Kalkverkan hos olika kalkningsmedel och askor i % CaO.

Table 14. Lime effect of different lime products and ashes in % CaO.

Kalkningsmedel/askor	CaO-halt, % CaO	Källa
Kalksten	> 45	[35]
Dolomit	> 48	[35]
Bränd kalk	> 85	[35]
Släckt kalk	> 65	[35]
Träaska	25-34	[32]
Halmaska - botten	21,1	[25]
Spannmålsaska - botten	7,9	[18]

3.2 Balansberäkningar

De indata som användes i balansberäkningarna var i många fall bristfälliga och det var svårt att få tag på representativa data.

3.2.1 Inflödet i balansberäkningarna

I tabell 15 och 16 redovisas inflödet i balansberäkningarna för tungmetallerna vid odling av höstvet (0,6 ton aska per hektar) respektive salix (2,4 ton aska per hektar). De askor som tillförde störst mängder fosfor var de från salix, rörflen och framförallt havre. För kadmium saknades en del värden för min- och maxtillförseln. Den aska som tillförde störst mängd kadmium var salixaskan.

Tabell 15. Inflöde i balansberäkningarna vid spridning av aska vid odling av höstvet i kg/ha och år.

Table 15. Material inflow in balance calculations for winter wheat cultivation in kg/hectare and year.

Aska	P (kg/ha)			Cd (g/ha)			Zn (kg/ha)			Cu (kg/ha)		
	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
Salix	22	10	24	49,2	43,2	55,2	1,9	1,2	2,1	0,07	0,06	0,09
Rörflen	19	10	30	1,8	*	*	1	*	*	0	*	*
Halm												
- botten	8	5	11	0,1	0,1	0,5	0,03	0,02	0,10	0,02	0,01	0,03
- flyg	11	*	*	5,4	*	*	0,52	*	*	0,06	*	*
- bland	11	*	*	0,9	*	*	0,08	*	*	0,04	*	*
Havre												
- botten	59	30	85	0,3	0,3	0,3	0,21	0,07	0,52	0,04	0,01	0,07
- flyg	89	61	120	1,3	0,3	2,5	1,02	0,06	2,04	0,05	0,03	0,07
Träd												
- bland	5	1	16	4,1	0,1	46,8	0,65	0,01	6,0	0,08	0,01	0,56
Bland												
- botten	4	2	7	0,8	0,3	3	0,19	0,10	0,44	0,05	0,02	0,32

* = värde saknas

Tabell 16. Inflöde i balansberäkningarna vid spridning av aska vid odling av salix i kg/ha och omdrev.

Table 16. Material inflow in balance calculations for willow cultivation in kg/hectare and cutting cycle.

Aska	P (kg/ha)			Cd (kg/ha)			Zn (kg/ha)			Cu (kg/ha)		
	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
Salix	89	38	97	196,8	172,8	220,8	7,5	4,6	8,4	0,28	0,23	0,37
Rörflen	78	39	122	7,2	*	*	6	*	*	0	*	*
Halm												
- botten	34	21	43	0,2	0,2	2,1	0,13	0,07	0,41	0,10	0,04	0,10
- flyg	46	*	*	21,6	*	*	2,09	*	*	0,23	*	*
- bland	43	*	*	3,6	*	*	0,34	*	*	0,15	*	*
Havre												
- botten	236	120	338	1,2	1,2	1,2	0,83	0,29	2,06	0,17	0,05	0,29
- flyg	358	243	482	5,0	1,2	9,8	4,07	0,24	8,16	0,20	0,11	0,26
Träd												
- bland	22	2	65	16	0,5	187	2,60	0,03	24,0	0,32	0,03	2,23
Bland												
- botten	16	8	29	3,2	1,1	12,0	0,76	0,41	1,75	0,20	0,09	1,27

* = värde saknas

3.2.2 Utflödet i balansberäkningarna

Bortförseln med skörden av fosfor var något lägre för salix än för höstveten medan salix bortförde större mängder tungmetaller än vad höstveten gjorde, tabell 17.

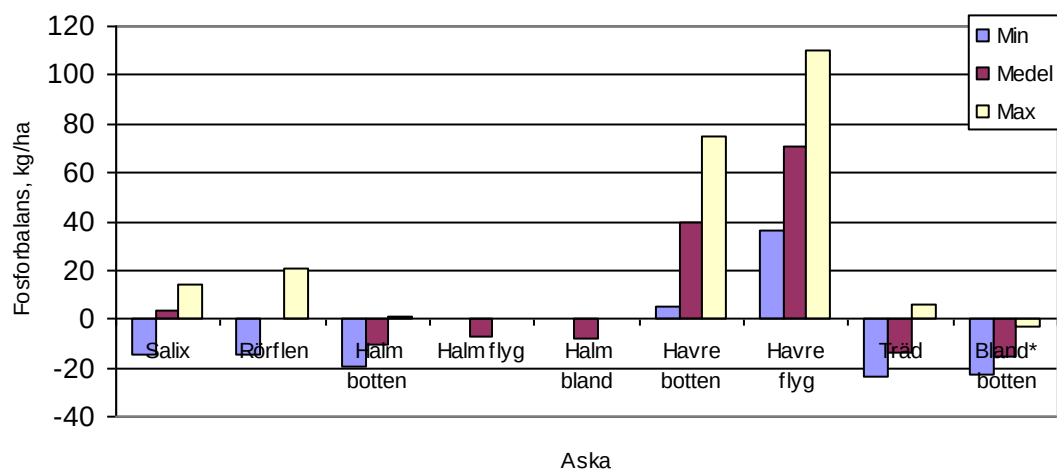
Tabell 17. Bortförseln av P, Cd, Zn och Cu med skörden av höstveten i kg/ha och år och salix i kg/ha och omdrev.

Table 17. P, Cd, Zn and Cu material removal by harvest of winter wheat in kg/hectare and year and willow in kg/hectare and cutting cycle.

Aska	P (kg/ha)			Cd (kg/ha)			Zn (kg/ha)			Cu (kg/ha)		
	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
Höstveten	19,0	24,4	10,0	0,0002	0,0003	0,0001	0,16	0,20	0,08	0,02	0,03	0,01
Salix	13,7	17,4	9,6	0,0168	0,0214	0,0118	0,85	1,09	0,60	0,06	0,07	0,04

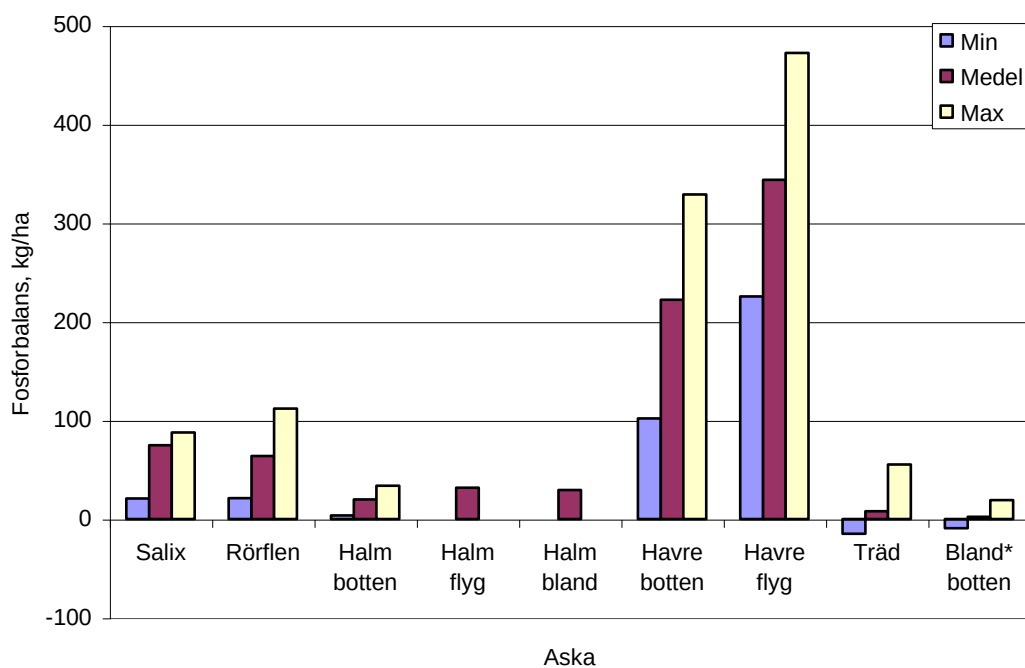
3.2.3 Totala balansen

Balansberäkningarna visade att vid tillförsel av aska från förbränning av spannmål skedde den största förrådsgödslingen av P av de askor som inkluderades i beräkningarna, figur 11 och 12. Fosforbalansen var mer positiv för salix än för höstveten. Balansberäkningen för höstveten beräknades för ett år och för salix för ett omdrev vilket påverkade resultaten.



Figur 11. Fosforbalans för höstvet i kg/ha och år.

Figure 11. Phosphor balance for winter wheat in kg/hectare and year.

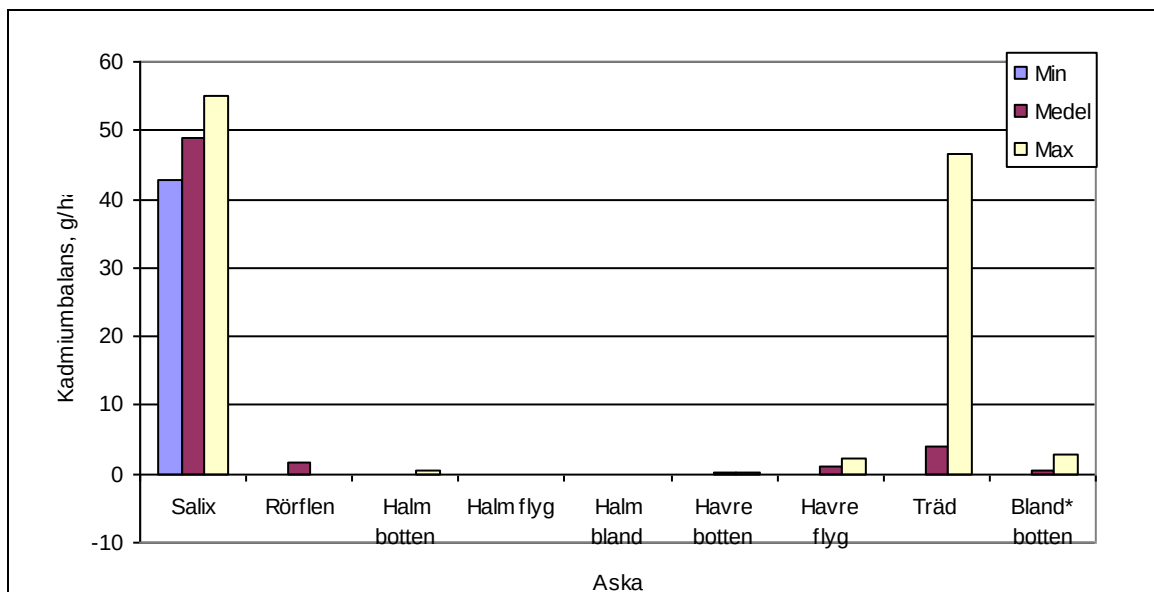


Figur 12. Fosforbalans för salix i kg/ha och omdrev.

Figure 12. Phosphor balance for willow in kg/hectare and cutting cycle.

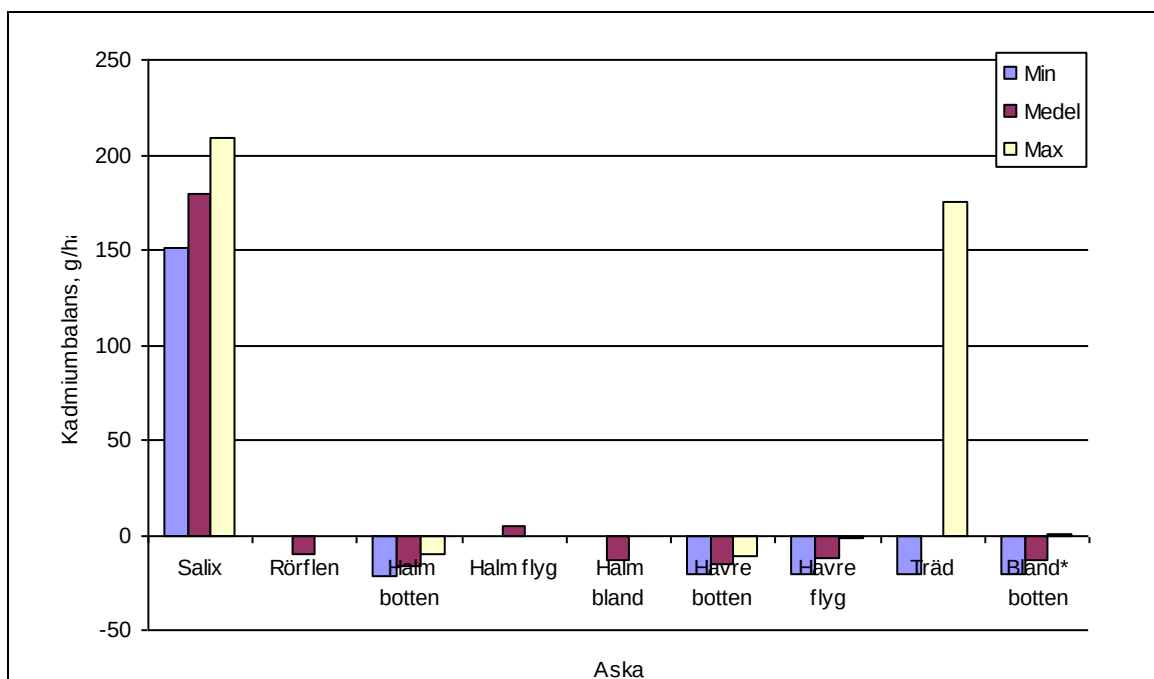
Kadmiumbalanserna, figur 13 och 14, visade att salix bortförde mer kadmium än höstvet. Salixen bortförde mer kadmium än vad som tillfördes med askan. De askor

som gav det största nettotillskottet av kadmium var salixaskan och trädaskan (maxvärdet).



Figur 13. Kadmiumbalans för höstvet i g/ha och år.

Figure 13. Cadmium balance for winter wheat in g/hectare and year.



Figur 14. Kadmiumbalans för salix i g/ha och omdrev.

Figure 14. Cadmium balance for willow in g/hectare and cutting cycle.

Resultaten från balansberäkningarna för Zn och Cu redovisas i bilaga E.

I tabell 18 redovisas givorna maximerat till 3 ton/ha räknat per fem år. För havreaskorna begränsades givan främst av fosformängden, havreflygaskan begränsades även av kadmium- och zinktillförseln med askan. Askgivan för halmaskan och blandaskan kunde överlag ligga kring 3 ton/ha utan att den begränsades av värdena i slamregelverket. Hos både salix- och träaskorna begränsades givan av de höga kadmiumhalterna. För träaskan begränsades även givan av höga zink- och kopparhalter vid tillförsel av aska med maxvärdena.

Tabell 18. Maximal giva enligt SJVFS 2005:74 för P och SNFS 1994:2 för tungmetallerna räknat på fem år i ton/ha, givan är maximerad till 3 ton/ha.

Table 18. Maximum ash application calculated for five year period in tonnes/hectare according to SJVFS 2005:74 for P and SNFS 1994:2 for heavy metals. Maximum ash application rate set at 3 tonnes/hectare.

Aska	P (ton/ha)			Cd (ton/ha)			Zn (ton/ha)			Cu (ton/ha)		
	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
Salix	3,0	3,0	2,7	0,05	0,05	0,04	0,95	1,55	0,86	3,00	3,00	3,00
Rörflen	3,0	3,0	2,2	1,25	*	*	1,23	*	*	3,00	*	*
Halm												
- botten	3,0	3,0	3,0	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
- flyg	3,0	*	*	0,42	*	*	3,00	*	*	3,00	*	*
- bland	3,0	*	*	2,50	*	*	3,00	*	*	3,00	*	*
Havre												
- botten	1,1	2,2	0,8	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
- flyg	0,7	1,1	0,5	1,79	3,00	0,91	1,77	3,00	0,96	3,00	3,00	3,00
Träd												
- bland	3,0	3,0	3,0	0,55	3,00	0,05	2,77	3,0	0,30	3,0	3,0	1,61
Bland												
- botten	3,0	3,0	3,0	2,80	3,00	0,75	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,83

* = värde saknas

3.3 Erfarenhetsinsamling

3.3.1 Förbränningsanläggningar

Totalt intervjuades fyra förbränningsanläggningar. Två av anläggningarna var värmeverk och två av anläggningarna var mindre förbränningsanläggningar. Bränsleanvändningen i anläggningarna var GROT-flis, bark, spån och stamvedsflis, träpellets, pelleterat aspirationsdamm samt halm.

3.3.1.1 Askutmatning

Utmatningen av askan var våt på tre av anläggningarna och torr på en av anläggningarna. På tre av anläggningarna spreds askan på åkermark och på en anläggning på skogsmark. Alla utom en anläggning spred askan som krossaska, den andra anläggningen spred askan som torr på åkermark. Askas spreds både som enbart flygaska, enbart bottenaska och en blandning av botten- och flygaska. Övriga ändamål för flygaskan än återföring till skogs- eller åkermark var deponi och betongtillverkning.

3.3.1.2 Kvalitetssäkring av aska

Askprover tas ut för analys på samtliga anläggningar från två gånger per år till vartannat år. Anläggningarna står för analyskostnaderna av askan förutom i det fallet då askan sprids i skogen då både anläggningen och entreprenören som sprider askan gör analyser på askan.

3.3.1.3 Lagring

Var askan lagras är olika hos de olika förbränningsanläggningarna. På tre av anläggningarna lagrades askan på anläggningen fram tills det att askan hämtades av användaren. Lagringen sker dels i betongfickor och dels inomhus i ett magasin eller i en silo. Tiden som askan lagrades varierade från minst 1 månad och upp till ett år. All aska lagrades i vått tillstånd. På en av anläggningarna transporterades askan från anläggningen av en lantbrukare, som hämtade aska direkt från den container där askan matas ut från pannan.

3.3.1.4 Kontrakt

Ett av värmeverken skrev kontrakt med en entreprenör som sprider all aska i skogen. Det andra värmeverket skrev kontrakt med lantbrukarna som bl.a. innehåller information om hur mycket aska som får spridas på åkermarken. Lantbrukarna fick olika mycket betalt för att ta emot askan beroende på om de spred askan själv eller om värmeverket hyrde in en entreprenör som spred. Spridningen av askan skedde med en fastgödselspridare med stående valsar.

Den ena förbränningsanläggningen skrev inga kontrakt med de lantbrukare som tog emot askan för att sprida den på åkermark. Det gjorde de tidigare då lantbrukarna betalade för askan. Lantbrukarna måste själva betala för transporten från anläggningen och spridningen. Anläggningen sammanställer hur mycket aska lantbrukarna hämtat per år och för in dessa värden i sin miljörapport. Den andra anläggningen skrev kontrakt som var antingen 2- eller 5-åriga, lantbrukarna förband sig att ta emot den och sprida den mängd aska som producerades av den halm som de levererat till anläggningen.

3.3.1.5 Övrigt

De anställda på värmeverken fick frågan om de ansåg att det finns några kunskapsluckor vad gäller askhanteringen på anläggningen. En av de intervjuade ansåg att det finns mycket som behöver göras inom området. Bland annat att det är viktigt att visa att aska inte är farligt. Han menade också att kommunikationen mellan olika myndigheter måste bli bättre. De fick även frågan om de ser askan som ett kvittblivningsproblem eller som en resurs. Båda värmeverken försöker se askan som en resurs.

3.3.2 Entreprenör som sprider aska inom skogen

En entreprenör som sprider aska inom skogen intervjuades.

3.3.2.1 Lagring

Askan lagrades på ett av flera mellanlager där askan härdas, krossas och siktas. Askentreprenören hade ca fem upplag som låg högst fem mil från värmeverken samt nära skogen. Huvudsakligen hanterades våtutmatad aska, som innehöll 25-30 % vatten. Allt vatten gick åt under härdningsprocessen och entreprenören måste tillsätta vatten innan spridningen. Om vatten inte tillsätts innan spridningen var risken stor för blästringsskador. När entreprenören fick torr aska tillsattes vatten till askan innan lagringen. Askan brukade ligga minst tre månader och härda. Sedan krossades och siktades askan för att bli spridningsbar.

3.3.2.2 Spridning

I samråd med Skogsstyrelsen valdes lämpliga skogsbestånd för spridning av aska ut. Området kartlades och behandlingsmetoden samt mängden aska bestämdes. Entreprenören spred huvudsakligen aska från skogsbränslen, oftast skogsflis men även exempelvis träpellets. Askan spreds som krossaska.

Askan kom till skogen på lastväxlarflak som ställdes av i nära anslutning till spridningsobjektet. Därefter spreds askan med markgående och skotardraget aggregat på stickvägar eller med beståndsgående maskin. Skogsägaren fick ett analysprotokoll på spridet material före eller efter spridning. Normalt spreds tre till fyra ton per hektar enligt Skogsstyrelsens normer.

Resultaten av spridningen syntes ganska omedelbart i marken, enligt entreprenören. Den övre delen av marken har fått ett förhöjt pH, vilket minskade giftverkan av bl.a. aluminium på trädrötterna. Kalium och spårämnen i askan kan utnyttjas av träden, vilket gynnar utvecklingen och vitaliteten. Träden mår bättre och i vissa bestånd kan man få tillväxteffekter enligt entreprenören. Det stämmer med litteraturen att vissa bestånd kan få tillväxteffekter, det gäller torvmark och i vissa fall kväverika skogsmarker i södra Sverige, ingen effekt uppvisas på de flesta skogsjordar.

Spridningen av askor i skogen har behövt en inkörningsperiod på tio år enligt entreprenören. Askspridningen fungerar olika i olika län. I vissa län fungerar det bra, medan det möter ett större motstånd i andra län.

3.3.2.3 Kontrakt

Askproducenten och entreprenören tecknade ett ömsesidigt avtal där entreprenören skötte hela kedjan från askutmatning till dess att askan var ute i skogen. Entreprenören arbetade endast med Skogsstyrelsen.

3.3.2.4 Övrigt

Enligt entreprenören kommer spridning av kväve och fosfor att bli mer vanligt i skogen i framtiden. Eventuellt kommer detta att kombineras med askspridning vilket skulle kunna öppna upp för granulering och valsplettering av aska som det inte finns någon ekonomi för idag.

3.3.3 Entreprenör som sprider aska inom jordbruket

En entreprenör som sprider aska på åkermark intervjuades.

3.3.3.1 Lagring

Askan, både våt och torr, tippades i en hög på fältet där den lagrades fram till spridning. Lagringstiden kan vara allt från en vecka och upp till ett år. Enligt entreprenören var det viktigt att se till att askan lades upp i en konform så att det inte blev vattenfickor i den. Om det bildades vattenfickor kan det bl.a. börja växa ogräs i askan, vilket kan ge problem vid spridningen.

3.3.3.2 Spridning

Entreprenören använde en kalkspridare med tallrikar vid spridningen av askan. Enligt entreprenören slet askspridningen väldigt hårt på tallrikarna i spridare. Askan spreds med en arbetsbredd på 12 meter. Entreprenören tyckte att jämnheten på spridningen måste förbättras och trodde att arbetsbredden skulle behöva minskas till 6 meter. Då sprids askan med ett dubbelt överlapp och man får en bättre jämnhet. Ett annat problem som entreprenören nämnde som orsak till svårigheterna med att sprida askan jämnt var att storleken på askpartiklarna kan variera mycket inom en sats med aska. Entreprenören tyckte att härdad aska var bäst att sprida och spred mest härdad aska. Askan spreds mestadels på hösten på stubben. Man eftersträvade en giva på 3 ton/ha.

3.3.4 Forskare

Sju forskare, som arbetat med askspridning på skogsmark, intervjuades.

3.3.4.1 Lagring

Det forskningsområde som flera forskare lyfte fram som det område som man fokuserat mest på inom askåterföring till skogen var askans omvandling vid lagring, d.v.s. när den sintrar och härdar. En av forskarna menade att det saknas metoder för lagring av aska i praktiken. Exempelvis tyckte forskaren att det skulle behövas en färdig modellbeskrivning för uppfuktningen av askan vid preparering av krossaskan. Enligt en annan forskare pågick det mycket arbete kring lagring och spridning av aska i praktiken men inte så mycket på forskningssidan.

Idag sker mellanlagringen av aska på hårdgjorda ytor. Detta skapar problem, enligt en forskare, eftersom högarna ofta är för stora för att askan ska kunna härda tillräckligt

mycket inne i högen. Forskaren trodde att det skulle vara bättre, billigare och enklare att lagra askan i små högar direkt inne i skogen.

När det gäller askans kemiska egenskaper har det inte gjorts så många studier på åkerbränslen. Enligt en forskare behövdes det mer studier kring fosforkemin hos aska från åkerbränslen, bl.a. med avseende på om man får ut tillräckligt med fosfor och inom den tid man sprider för. Samma forskare trodde inte att det gör någon skillnad om askan är härdad eller inte vid spridning på åkermark. Detta eftersom additiv ofta tillsätts vid eldning av åkerbränslen för att höja asksmälttemperaturen. Additiven utgörs av någon form av kalk och fosfor binds hårt till kalcium redan i pannan, vilket gör att den lakas ut långsamt i åkermarken. Forskaren menade också att lakningsstudier behöver göras på kalium för att se hur snabbt det lakas ut under lagringen.

3.3.4.2 Spridning

Ett problem inom askspridningen idag enligt en forskare var att argumenten för varför aska bör tillföras till skogsmark hela tiden har växlat och i efterhand har blivit svagare. Enligt forskaren var anledningen till svagare argument att det varit svårt att mäta upp en minskad förurningseffekt efter askspridning. Att minska förurningseffekten har varit ett av de viktigaste argumenten för att sprida aska i skogen. En annan forskare tog upp det faktum att det är pedagogiskt svårt att visa på nyttan med askspridning i skog eftersom det tar lång tid innan man kan se effekten av askgödslingen.

Den spridningsutrustning som sprider aska i skogen ger inte den spridningsjämnhet som eftersträvas på åkermark. Det har inte varit intressant att studera detta vidare menade en forskare eftersom det inte är lika viktigt med spridningsjämnhet på skogsmark. Om man skulle hitta en mätbar effekt skulle det bli mer aktuellt att studera. En annan jämförelse som en forskare gjorde mellan spridning av aska på åkermark och skogsmark är att inom skogen används aska som kompensation, man värderar ej växtnäringsämnen, vilket däremot är viktigt vid askspridning på åkermark.

En forskare pekade på att det finns behov av mer forskning och utveckling kring att hitta billigare och enklare spridning. Även logistiken behöver förbättras för att askspridningen verkligen ska bli av.

3.3.4.3 Övrigt

Flera forskare menade att det är ett problem att Skogsstyrelsens rekommendationer är just rekommendationer och ej bindande och att det därför ej har skett något stort genombrott vad gäller askåterföring. De tycker samtidigt att rekommendationerna har varit bra eftersom de har gjort många skogsägare uppmärksamma på att det förs bort näringsämnen vid GROT-uttaget. Samtidigt pekade en forskare på att det är ett problem att detta ej har uppmärksamats tidigare. Nu måste många års GROT-uttag kompenseras. Forskaren tyckte att det är ett viktigt argument för att överväga en hårdare reglering av askåterföringen till skog. Ytterligare ett argument som togs fram av en forskare för att regelverket kring aska ska förändras var att det är ett problem idag att aska används till andra ändamål än att återföras till skogen. Forskaren menade att det är ett problem att få tag i tillräcklig mängd aska att sprida då det inte är svårt att hitta

spridningsareal. Staten skulle behöva ändra skattereglerna och differentiera skattesatserna för att gynna askåterföring till skog jämfört med övrig askanvändning.

3.3.5 Myndigheter

Två personer som arbetar vid Jordbruksverket (SV) och Skogsstyrelsen intervjuades.

Enligt Skogsstyrelsen finns det 5-10 entreprenörer som sprider aska på skogssidan och när information ska samlas in från dessa ringer man runt till entreprenörerna.

Skogsstyrelsen fick frågan om varför rekommenderade min- och maxmängder för vissa ämnen hos aska som ska återföras till skogsmark beräknas per kilo aska och ej per spridd giva per hektar. Anledningen till detta var enligt Skogsstyrelsen bl.a. att de har angivit en maximal giva på 3 ton.

Idag finns det inget regelverk och inga rekommendationer för askåterföring till åkermark. Den person som kontaktades vid SV tyckte att det behövs ett nytt regelverk eller nya rekommendationer omgående för att främja återföringen av aska och sluta kretsloppet från början. Troligtvis bör gränsvärdena för återföring av aska till åkermark vara samma som slamgränsvärdena enligt personen vid SV. Vidare nämndes att det pågår diskussioner kring svenska rekommendationer med anledning av Lund Energis planer på halmförbränning.

3.3.6 Företag

Två företag intervjuades, ett som tillverkar valsplelleringsmaskiner och ett som arbetar med gödselmedel till skog.

3.3.6.1 Valsplellering

Ett företag som producerar valsplelleringsmaskiner intervjuades angående utvecklingen av tekniken och marknaden idag för valsplellerad aska. Totalt har företaget sålt två valsplelleringsmaskiner. Enligt företaget finns det idag inga ekonomiska incitament för att återföra valsplellerad aska och det finns inget intresse i att investera i denna typ av teknik.

I valsplelleringsprocessen som företaget tagit fram pelleras askan med press och tryckvals. Askan befuktas först med tillsatsmedel och vatten innan den går in i pressen och tryckvals. Efter kompakteringen har pelletsens en låg vattenhalt vilket ger en effektiv och snabb genomhårdning av pelletsens. Systemet är slutet och dammfritt. Pelletsens är cirka 0,5 cm³ stora och går att hantera både som lös vara eller på säck.

3.3.6.2 Granulering

Ett företag med ambitionen att ta fram ett fullgödselmedel till skog med aska som ett av utgångsmaterialen intervjuades. Idag spred företaget krossaska i kombination med kvävegödning i skogen och arbetade med att ta fram en färdig produkt med aska och kväve. Företaget har hittat ett sätt för att återföra aska och kväve i granuler utan någon ammoniakavgång, men tekniken är hemlig.

Enligt företaget finns det en marknad för gödsling med kväve i skogen och att om man vill styra tillförseln av växtnäring går det ej att arbeta med krossaska eller pellets utan då måste man hitta ett system för att göra växtnäringsämnena lösliga snabbare. Då kan inte askgranulerna se ut som idag. Företaget tyckte att det var viktigt att utveckla tekniken för produktifiering av askan.

4 Begränsningar och utvecklingsmöjligheter

Mängden aska från åkerbränslen kommer troligtvis att öka då flera förbränningsanläggningar som eldar bibränslen håller på att byggas. Enligt kretsloppsprincipen så bör man ersätta bortförslens av växtnäringsämnen i skördade åkerbränslen med växtnäringsämnen som återförs till åkermarken med aska. För att lantbruket ska kunna värdera askan som gödselmedel behövs ett nytt regelverk eller nya rekommendationer för att främja återföringen av aska och sluta kretsloppen.

Det har varit relativt svårt i projektet att få en tydlig övergripande bild över kunskapsläget inom forskning och utveckling när det gäller återföring av aska till skogsmark. Detta beror på att många av de intervjuade forskarna har arbetat med forskning på aska men det har varit enstaka projekt. Dessutom arbetar inte alla med forskning på aska idag eller så arbetar de samtidigt med andra forskningsområden.

De indata som användes i balansberäkningarna var i många fall bristfällig och det var svårt att få tag på representativa data. Detta medförde att det var svårt att göra en rättvis tolkning av resultaten. I en framtida studie kan det vara intressant att inkludera kalium i balansberäkningar för tillförsel av aska, det är särskilt intressant för lätta jordar.

4.1 Rekommendationer eller regelverk för askåterföring

När det gäller aska från skogsbränslen har Skogsstyrelsen och Naturvårdsverket satt upp mål för återföring av aska till skog. Detta har resulterat i att Skogsstyrelsen har tagit fram rekommendationer för askåterföring till skog. Delar av rekommendationerna för skog är också intressanta för spridning av aska på åkermark. Bland annat bör man även inom jordbruket rekommendera att det sker en kvalitetskontroll av askan. Kvalitetskontrollen bör innehålla provtagningsstandarder för aska så att t.ex. uttag av prov sker enligt standardprocedurer. Som en del i kvalitetssäkringen för skogsbränslen finns i värmeverkens tillstånd ett krav på kontroll av tungmetall- och växtnäringsinnehåll i askan samt val av mellanlagringsplats. Detta bör också tillämpas på åkerbränslen.

För att få till stånd en återföring av aska till åkermark måste ansvariga myndigheter, exempelvis Jordbruksverket och Naturvårdsverket, sätta upp mål för återföringen. Därefter kan myndigheterna formulera rekommendationer eller krav som säkerställer en långsiktig askåterföring av god kvalitet. Ett sådant arbete bör inkludera en översyn av vilka gräns- eller riktvärden som bör användas vid askåterföring på åkermark. För närvarande kan de gränsvärden som är framtagna för slamspridning på åkermark användas som riktvärden för spridning av aska på åkermark.

Sameldning av olika bibränslen är vanligt och kommer så att vara även framöver. När rekommendationer eller krav tas fram för återföring av aska till åkermark är det viktigt att inkludera kvalitetskontroll av blandaskor. Eftersom vi kan förvänta oss en stor andel blandaskor samt att det redan finns rekommendationer och krav för askor från skogsbränslen är det viktigt att Skogsstyrelsen finns med i arbetet.

4.2 Innehållsdeklaration för aska

Ett exempel på hur man kan arbeta med kvalitetssäkring av askhanteringen och samtidigt samla in kunskap är att ta fram en innehållsdeklaration som askproducenten kan fylla i och som sedan används vid askåterföring, se exempel i bilaga D. Den samlade kunskapen från innehållsdeklarationen kan bl.a. leda till en ökad medvetenhet om hur olika biobränslen in i pannan påverkar askans egenskaper liksom olika förbränningsprocesser.

Det behövs även en innehållsdeklaration för lagrad aska. På skogssidan har man erfarenhet av hur askans egenskaper förändras vid olika typer av lagring. Själva lagringen av askan och de omvandlingsprocesser som sker under lagringen kan sägas vara själva nyckeln till hur askor kan användas. Hur askan lagrats och förändrats påverkar t.ex. sådant som möjligheterna att sprida askan jämnt.

4.3 Öka efterfrågan på askan

Flera av de intervjuade forskarna tog upp styrmedel som ett medel för att öka askåterföring till skogen. Exempelvis genom en differentiering av skattesatserna som skulle främja en askåterföring till skog framför andra billigare användningsområden där man också slipper betala deponiavgiften. Inom skogsbruket har det varit svårt att visa på någon tillväxteffekt av askspridningen, dels pga. den långa omloppstiden för skog. På lantbrukssidan där många grödor är ettåriga finns det goda möjligheter att genomföra forsknings- och demonstrationsprojekt och visa på askans egenskaper som gödsel- och kalkningsmedel. Exempelvis kan man visa hur askan påverkar avkastning och kvalitet hos olika grödor. Det är viktigt att arbeta med att göra askan attraktiv för lantbruket för att askspridningen ska bli ett realistiskt alternativ till handelsgödsel för lantbrukarna.

4.4 Flaskhalsar vid ökad askåterföring till åkermark

Idag finns det ingen lagstiftning och inga mål som reglerar återföring av aska från åkerbränsle, vilket kan skapa problem då större mängder aska ska återföras till åkermark. Det är viktigt att kommunikationen mellan de ansvariga myndigheterna (SJV, Naturvårdsverket och Skogsstyrelsen) och förbränningsanläggningarna fungerar för att hanteringssystemet för de ökade mängderna aska ska fungera så bra som möjligt. En viktig del i detta är att myndigheterna får till stånd ett regelverk eller rekommendationer kring askåterföring, som nämndes ovan.

En annan möjlig flaskhals är det faktum att askan i huvudsak måste spridas på hösten i samband med plöjning av åkrarna. Detta kan skapa långa lagringstider för askan. För att undvika att lagringen leder till problem vid spridningen måste fler lagringsstudier genomföras med avseende på de egenskaper hos askan som eftersträvas vid spridning på åkermark.

Olika biobränslen ger aska med olika egenskaper. Detta innebär att askkvaliteten påverkar vilket användningsområde inom jordbruket som är lämpligt, samt hur stora mängder aska som kan spridas per hektar. Exempelvis så har ren halmaska en låg fosforhalt och är främst ett kaliumgödsel- och kalkningsmedel. Ren havreaska har däremot en hög fosforhalt och kan mer ses som ett fosforgödselmedel.

4.5 Ekonomiska aspekter vid återföring av aska till jordbruksmark

I dagsläget är det inte ekonomiskt lönsamt att återföra aska i form av granuler eller pellets till åkermark eller skogsmark.

Med tanke på att priset på handelsgödsel har ökat mycket den senaste tiden (2007/08) har jordbruket blivit mer intresserat av att hitta restprodukter med ett högt växtnäringsinnehåll, såsom t.ex. aska.

5 Slutsatser och förslag på rekommendationer

5.1 Slutsatser

- En kvalitetssäkring av askhanteringen ska inkludera en innehållsdeklaration av askan. Det behövs även en innehållsdeklaration för lagrad aska.
- Det saknas allmänna rekommendationer för askåterföring till åkermark.
- Askan måste bli attraktiv för jordbruket för att återföringen av aska ska öka.
- Det saknas kunskap om askan som gödselmedel och dess påverkan på åkermark. Likaså finns lite erfarenhet av kretsloppssystem för återföring av aska till åkermark.
- Hanteringen av aska från biobränslen bör bedömas som ett kretslopp.
- Den typ av aska som har bäst kvalitet för spridning på åkermark är rostbottenaska, fluidbäddaskor sprids ej eftersom bäddmaterialet är olämpligt att sprida på åkermark.
- Vid återföring till ettåriga grödor krävs utveckling av spridningsteknik samt kvalitetssäkring av aska.

5.2 Förslag på rekommendationer

En innehållsdeklaration av askan och dess egenskaper är viktig för att säkerställa askans kvalitet, bl. a som gödselmedel. Det finns exempel på hur myndigheter och aktörer arbetar med kvalitetssäkring och certifieringssystem av t.ex. avloppsslam och rötrest från biogasanläggningar för återföring till åkermark.

Ansvariga myndigheter, exempelvis Jordbruksverket och Naturvårdsverket, behöver sätta upp mål för askåterföring till åkermark. Därefter kan myndigheterna formulera allmänna rekommendationer som säkerställer en långsiktig återföring av aska med god kvalitet.

För att askan ska vara intressant för jordbruket behöver bonden veta dess innehåll av växtnäring och spårelement såsom t.ex. Cd. Bonden behöver också information om hur askan fungerar som gödselmedel samt hur den ska spridas på bästa sätt och bör därför ställa kravet på en innehållsdeklaration av växtnäring och tungmetaller.

I jordbruket kan ökad kunskap och information om askans effekt på grödans avkastning och kvalitet göra aska mer intressant. Myndigheter och aktörer bör öka samarbetet för att främja utvecklingen av kretsloppssystem där askan från biobränslen återförs till den mark där biobränslena odlades.

6 Förslag till fortsatt arbete

Idag sker askåterföring till åkermark i liten skala. Det finns därmed inte mycket forskning eller dokumenterad erfarenhet inom området. Därför krävs det stora insatser för att skapa en kunskapsbas.

- Ett viktigt område där forskning behöver sättas in är hur askornas egenskaper förändras under lagring och vad som påverkar förändringen. Studier behöver göras både i laboratorieskala och i större skala såsom i fält och på anläggningar.
- Utveckling av en spridningsteknik som ger en bra spridningsjämnhet och samtidigt sprider en tillräckligt liten mängd aska. Ojämn spridning av gödselmedel på åkermark påverkar bl. a. grödans avkastning, kvalitet, vattenhalt samt risken för växtnäringsläckage. Spridningstekniken måste även vara bra ur arbetsmiljösynpunkt. Exempelvis så dammar en torr aska mer än en fuktig aska.
- Det behövs även studier av hur tillgänglig fosfor i askan är för grödan, då additiv tillsätts i pannan. Det behövs studier i laboratorieskala men framförallt i fält på åkermark eftersom åkermark har helt andra egenskaper än skogsmark.
- En framställning av ett fullgödselmedel där aska är utgångsmaterial kan ge en mer attraktiv produkt än icke processad aska. Fördelen kan vara en väl definierad produkt vad gäller kvalitet och innehåll av växtnäring och som är lätt att transportera, hantera, lagra och sprida.
- Det finns ett stort behov av metodbeskrivningar för hur aska som ska återföras till åkermark ska behandlas efter förbränning för att få en aska med rätt egenskaper.
- Myndigheter bör underlätta en utveckling av kretsloppssystem som förbättrar logistik och hantering av aska som kan återföras till åkermark. Detta kan t.ex. vara att tillhandahålla aktuell och relevant information till de olika aktörerna.

7 Litteraturreferenser

- [1] Adler, A., Dimitriou, I., Aronsson, P., Verwijst, T. & Weih, M.; "Wood fuel quality of two *Salix viminalis* stands fertilised with sludge, ash and sludge-ash mixtures", *Biomass and Bioenergy* 32914-925, 2008
- [2] Askprogrammet, www.askprogrammet.com, 2008
- [3] Avdelningen för markkemi och jordmånslära vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), <http://mk.mv.slu.se>, 2008
- [4] Bernesson, S. & Nilsson, D.; "Halm som energikälla, Översikt över existerande kunskap.", Institutionen för biometri och teknik vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), Uppsala 2005
- [5] Bjurström, H. & Steenari, B-M.; "Våt rening av askor, metodöversikt", Värmeforsk, Stockholm, oktober 2003
- [6] Burvall, J.; "Rörflen som bränsleråvara", Informationsavdelningen vid SLU, Uppsala 1997
- [7] Emilsson, S.; "Handbok från skogsbränsleuttag till askåterföring", Skogsstyrelsen, Jönköping 2006
- [8] Eriksson, J., Andersson, A. & Andersson, R.; "Tillståndet i svensk åkermark", Naturvårdsverket, Stockholm 1997
- [9] Eriksson, J, Stenberg, B., Andersson, A. & Andersson, R.; "Tillståndet i svensk i svensk åkermark och spannmålsgröda och jordartens betydelse för mark-egenskaperna, samband markfaktorer och elementhalter i kärna", Naturvårdsverket, Stockholm 2000
- [10] Hadders, G.; "Förändringar under skördeperioden av bränsleegenskaperna hos halm", JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala 1994
- [11] Hadders, G. & Flodén, S.; "Spridning av aska från stråbränslen på åkermark. Förutsättningar och rekommendationer", JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala 1997
- [12] Hjalmarsson, A-K., Bjurström, H. & Sedendahl, K.; "Handbok för restprodukter från förbränning", Fjärrvärmeföreningen och ÅF-Energikonsult Stockholm AB, 1999
- [13] KRAV. Regler för KRAV-certifierad produktion JULI 2008. KRAV ekonomisk förening, Uppsala, juli 2008.
- [14] Larfeldt, J. & Zinti, F.; "Påslag och högttemperaturkorrosion – ett välkänt begrepp", Svensk Fjärrvärme, Stockholm 2004
- [15] Liss, J-E.; "Produktion av träaska vid anläggningar i W- och X-län – resultat från en enkätundersökning", Avdelningen för Skog och Träteknik Högskolan Dalarna, Garpenberg 2002
- [16] Länsstyrelsen Västmanlands län, <http://www.u.lst.se/u/amnen/Miljo/Milj%C3%B6%C3%B6vervakning/Skog/>, 2008

-
- [17] Lövgren, L., Lundmark, J-E. & Jansson, C.; "Rapport Etapp 1 – Kretsloppsanpassning av bioaskor. Utvärdering av ny teknik för pelletering av bioaska med avseende på dels driftsegenskaper, dels miljöeffekter i skogen av askåterföring", Statens energimyndighet, Stora Enso Environment och AssiDomän AB, Falun 2000
- [18] Marmolin, C., Ugander, J., Gruvaeus, I. & Lundin, G.; "Aska från halm och spannmål – kemisk sammansättning, fysikaliska egenskaper och spridningsteknik", Hushållningssällskapet Skaraborg, Energigården och JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala 2008
- [19] Miljöministeriet Finland, <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=175173&lan=SV>, 2008
- [20] Miljøstyrelsen i Danmark, www.mst.dk, 2008
- [21] Mola-Yudego, B. & Aronsson, P.; "Yield models for commercial willow biomass plantations in Sweden. Biomass and bioenergy 32, 829-837, 2008
- [22] Nilsson, C. & Steenari, B-M.; "Karakterisering och behandling av träaska – askåterföring till skogsmark", Rapport 1996:15, Naturvårdsverket, NUTEK och Skogsstyrelsen, 1996
- [23] Olsen, J.; "Slutrapportering for projektet: Udbringning af tasp og bioaska – udvikling af nyt system for udbringning af pulverformige materialer på landbrugsjord uden støvgener", Agri Contact, Hundested, Danmark 1999
- [24] Paulrud, S., Nilsson, C. & Öhman, M.; "Reed canary-grass ash composition and its melting behaviour during combustion", Fuel 80, pp. 1391-1398, 2001
- [25] Sander, M. L. & Andrén, O.; "Ash from cereal and rape straw used for heat production: Liming effect and contents of plant nutrients and heavy metals", Water, Air and Soil Pollution, vol 93, issue 1-4, pp. 93-108, Dordrecht 1997
- [26] SCB; "Jordbruksstatistisk årsbok 2008", Statistiska Centralbyrån och Statens Jordbruksverk, Örebro och Jönköping 2008
- [27] SCB; "Energiundersökning för jordbruket avseende 2002. Farm energy survey 2002", Statistiska centralbyrån, Stockholm och Örebro 2003
- [28] Sikström, U., Ernfors, M., Jacobson, S., Klemedtsson, L., Nilsson, M. & Ring, E.; "Tillförsel av aska i tallskog på dikad torvmark i södra Sverige – effekter på skogsproduktion, avgång av växthusgaser och vattenkemi". Värmeforsk, Stockholm, april 2006
- [29] SJFS (Statens jordbruksverks författningssamling); "Föreskrifter om ändring i Statens jordbruksverks föreskrifter (SJVFS 2004:62) om miljöhänsyn i jordbruket vad avser växtnäring", SJVFS 2005:74, Jönköping 2005
- [30] Skogsstyrelsen, www.skogsstyrelsen.se, 2008
- [31] Skogsstyrelsen; "Rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring", Skogsstyrelsen, Jönköping 2008
- [32] Skogsstyrelsen; "Effekter av skogsbränsleuttag och askåterföring – en litteraturstudie", Rapport 6 Skogsstyrelsen, Jönköping 1997

-
- [33] SNFS (Svenska naturvårdsverkets författningssamling); "Kungörelse med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken när avloppsslam används i jordbruket", SNFS 1994: 2, Stockholm 1994
 - [34] SOU (Statliga offentliga utredningar); "Bioenergi från jordbruket – en växande resurs", Jordbruksdepartementet, Stockholm 2007
 - [35] Statens Jordbruksverk (SJV); "Riktlinjer för gödsling och kalkning 2008", Statens jordbruksverk rapport 2007:22, Jönköping 2008
 - [36] Steineck, S., Gustafson, A., Richert, A., Salomon, E., Myrbeck, Å., Albihn, A. & Sundberg, M.; "Växtnäring i kretslopp", Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala 2000
 - [37] Strömberg, B.; "Bränslehandboken", Värmeforsk, Stockholm 2004
 - [38] Thelin, G.; "Askåterföring till gran- och bokbestånd – effekter på näring, tillväxt, kvävedynamik och kolbalans", Värmeforsk, Stockholm, mars 2006
 - [39] Westin, J.; "Förnybar energi på frammarsch bland Sveriges bönder", SCB, Valfärd nr 1, sid. 20-21, 2007
 - [40] Wikman, K., Berg, M., Bjurström, H. & Nordin, A.; "Termisk rening av askor", Värmeforsk, Stockholm, april 2003

7.1 Personligt meddelande

- [41] Claes Ribbing, Svenska EnergiAskor AB, 2008
- [42] Britt-Marie Steenari, Chalmers, 2008

Bilagor

A Förklaring facktermer

Fackterm	Förklaring
Förbränningsanläggning	
Blandaska	Det råder en viss begreppsförvirring kring detta ord. Vid en förbränningsanläggning menas bottenaska+flygaska.
Bottenaska	Askas som tas ut i botten av pannan.
Fluidbäddpanna (Bubblande/ cirkulerande)	I en fluidbäddpanna matas bränslet in i en sandbädd (bäddmaterial) som tillsammans med bränslet svävar i en luftström. Man skiljer mellan bubblande bädd eller BFB, där gashastigheten är jämförelsevis låg och bädden stannar på plats, och cirkulerande bädd eller CFB, där gashastigheten är så pass hög att hela bädden rycks med. I det senare faller avskiljs bädden i en cyklon längre ner i rökgasströmmen och förs tillbaka till eldstaden. Askas från en fluidbäddpanna består av dels bränslets aska och dels bäddmaterialet.
Flygaska	Askas som på grund av storlek eller densitet följer med rökgaserna och faller ut i olika delar i pannan och rökgasreningssystemet, är generellt finkornigare än bottenaskan. Exempel på utrustning som används för att avlägsna flygaskan ur rökgasen är cykloner och elfilter.
GROT	GRenar Och Toppar (avverkningsbränsle, skogsflis)
Påslag	Kan uppträda på överhettare och eldstadsväggar, bildas från bränslets askkomponenter och varierar i sammansättning [14]
Rostbottenpanna	Den vanligaste och äldsta typen av panna för fastbränslen. I en rosterpanna skjuts bränslet in på ett sluttande plan eller galler (rostret) och förbränningsluft tillförs underifrån, genom rostret. Bränslet förbränns på rostret som kan luta eller rotera för att bränslet ska förflyttas under förbränningen och nytt bränsle kan tillföras. Bränslestyckena till en roster är större än de som skall till en fluidbädd. Askas från en rosterpanna består enbart av bränslets aska.
Sintring	Innebär att askpartiklarna då de upphetas till höga temperaturer börjar reagera med varandra och växer samman så att en fast kropp bildas. Problemen med sintring kan minskas om man väljer en panna med rörligt roster.
Träbränsle	Spån, flis, pulver, pellets och briketter
Jordbruk	
Biologisk kvävefixering	Innebär att luftens kvävgas reduceras till ammonium med hjälp av enzymet nitrogenas. Endast ett fåtal bakterier kan utföra detta, finns i rotknölar hos baljväxter.
Blandaska	Det råder en viss begreppsförvirring kring detta ord. Inom jordbruket menas aska från sameldning av olika typer av biobränslen, exempelvis GROT-flis och salix, samt torv och trädbränslen.
Kalkverkan	Innehåll av CaO
Slam	Kommunalt avloppsslam från reningsverk
Årsmån	Med årsmån avses inverkan på växtodlingen av olika väderleksbetingelser, såsom temperatur, ljus, nederbörd, vind och växtsjukdomar.

B Intervjupersoner

B.1 Förbränningsanläggningar

Visby Energi, Kaj Pettersson (Rostpanna)

Öresundskraft, Bengt Jönsson (Pulverpanna)

Lantmännens siloanläggning i Ystad, Bertil Olsson (Rostpanna)

Agrobränsle i Skurup, Sven Olle Wallin (Rostpanna)

B.2 Entreprenörer som sprider aska inom skogen

Askungen vital, Bo Pedersen

B.3 Entreprenörer som sprider aska inom jordbruket

Per Hanssons maskinstation, Per Hansson

B.4 Forskare

Tord Magnusson, Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU)

Ulf Sikström, Skogforsk

Folke Bohlin, SLU

Gunnar Thelin, Lunds Universitet

Britt-Marie Steenari, Chalmers

Robert Samuelsson, SLU Umeå

Henrik Bjurström, ÅF

B.5 Myndigheter

Christel Gustavsson, SJV

Hillevi Eriksson, Skogsstyrelsen

B.6 Företag

John Nordström Nordströms, Konstruktionsbyrå

Gunnar Thelin, EkoBalans

C Intervjufrågor

C.1 Förbränningsanläggningar

- Hur lagras askan?
- Hur länge lagras askan?
- Vilken spridningsteknik använder ni?
- Vad eldar ni för bränsle?

Askhantering

- Hur ser er askhantering ut idag (ex. torr- eller våtutmatning)?
- Vilka analyser görs på askan (askhalt, element mm?)

Kvalitetssäkring av aska

- När i processen görs kvalitetssäkringen?
- Vilken askfraktion kvalitetssäkras?
- Vilken del står ni för och vilken del står entreprenören som sprider askan för?

Lagring

- Hur lagras askan?
- Hur länge lagras askan hos er?

Övrigt

- Kunskapsluckor och behov av forskning och utveckling?
- Ser ni askan som ett kvittblivningsproblem eller som en resurs?
- Vilken kontakt har ni med entreprenören?
- Hur långa kontrakt skriver ni?

För de som eldar åkerbränslen

- Vad har ni för panna som ni eldar åkerbränslet i?
- Eldar ni en typ av åkerbränslen eller blandningar av olika åkerbränslen?
- Vilka blandningar? Andel av varje typ i blandningen?
- Har ni haft några problem med för höga halter av tungmetaller i askan?

C.2 Entreprenörer som sprider aska inom skogen

- Hur lagras askan?
- Hur länge lagras askan?
- Vilken spridningsteknik använder ni?
- Vad behöver förbättras idag (vad gäller spridning, hantering och lagring)?
- Vilken form sprider ni askan i och från vilka bränslen?
- Hur mycket aska per hektar sprider ni?
- När sprider ni askan?
- Vilken är kostnaden för spridningen av askan?

C.3 Entreprenörer som sprider aska inom jordbruket

- Hur lagras askan?
- Hur länge lagras askan?
- Vilken lagring tycker du är bäst för att spridningen ska bli optimal?
- Vilken spridningsteknik använder ni?
- Vad behöver förbättras idag (vad gäller spridning, hantering och lagring)?

- Vilken form sprider ni askan i och från vilka grödor?
- När sprider ni askan?
- Hur beräknar ni givan, tar ni någon hänsyn till de gränsvärden som finns för slam och som kan användas som utgångspunkt vid spridning av aska?
- Vilken är kostnaden för spridningen av askan?
- Tar ni ut några prover för analys?

C.4 Forskare

- Var finns det fortfarande behov av vidare utveckling vad gäller spridning, hantering och lagring av aska?
- Finns det något annat område där du anser att det finns ett behov av vidare forskning och utveckling?
- Vilka forskningsområden har man fokuserat mest på vad gäller askåterföring?
- Vilka är de viktigaste kunskapsluckorna inom området askåterföring till skogsmark?
- Vad är på gång inom forskningen idag?
- Finns det tillräckligt med kunskap idag om askkemi att om man har ett antal parametrar kända så vet man hur askan kommer att reagera vid lagringen?
- Omvandlingsprocesser i askan kan sägas vara själva nyckeln till hur askor kan användas – kan du ge några exempel på hur en viss omvandlingsprocess påverkar användningen?
- Hur askan reagerar vid lagringen beror på askans kvalitet, har man studerat blandaskors lagringsegenskaper?
- Vad pågår inom forskningen idag vad gäller lagring av aska inför spridning på skogsmark?
- Var finns det behov av mer forskning vad gäller lagring av aska inför spridning på skogsmark?
- Lagringsförhållandena styr bl.a. hur mycket som lakas ut ur askan och hur askprodukten förändras med tiden – är det mycket ämnen som lagras ur askan under lagringen?
- Tror du att askan bör självhärddas innan den sprids på åkermark?
- Möjliga flaskhalsar som kan dyka upp då större mängder aska ska återföras till jordbruket, förslag på hur flaskhalsarna kan undvikas/lösas?

C.5 Myndigheter

- Tycker ni att det system som finns idag för askåterföring till åkermark fungerar som det ska, eller skulle det behövas bättre kontroll?
- Mängden aska från åkerbränslen kommer mycket troligt att öka inom en relativt snar framtid, när kommer ett regelverk/rekommendationer för askåterföring till åkermark att bli nödvändiga?
- Hur förhåller ni er till blandbränslen?
- Tror du att askan bör självhärddas innan den sprids på åkermark?
- Tror du att det behövs andra gränsvärden för återföring av aska till åkermark än de som används idag, alltså slamgränsvärdena?

- Vilket samarbete finns mellan Jordbruksverket och Skogsstyrelsen vad gäller askåterföring?
- Hur ser ni på att askåterföring till skogen är reglerad med en rekommendation och ej med lagtext?
- Varför är enheten för gränsvärdena för spridning av aska till skogsmark mg/kilo aska och ej beräknad som maximal tillförsel per hektar?

C.6 Företag

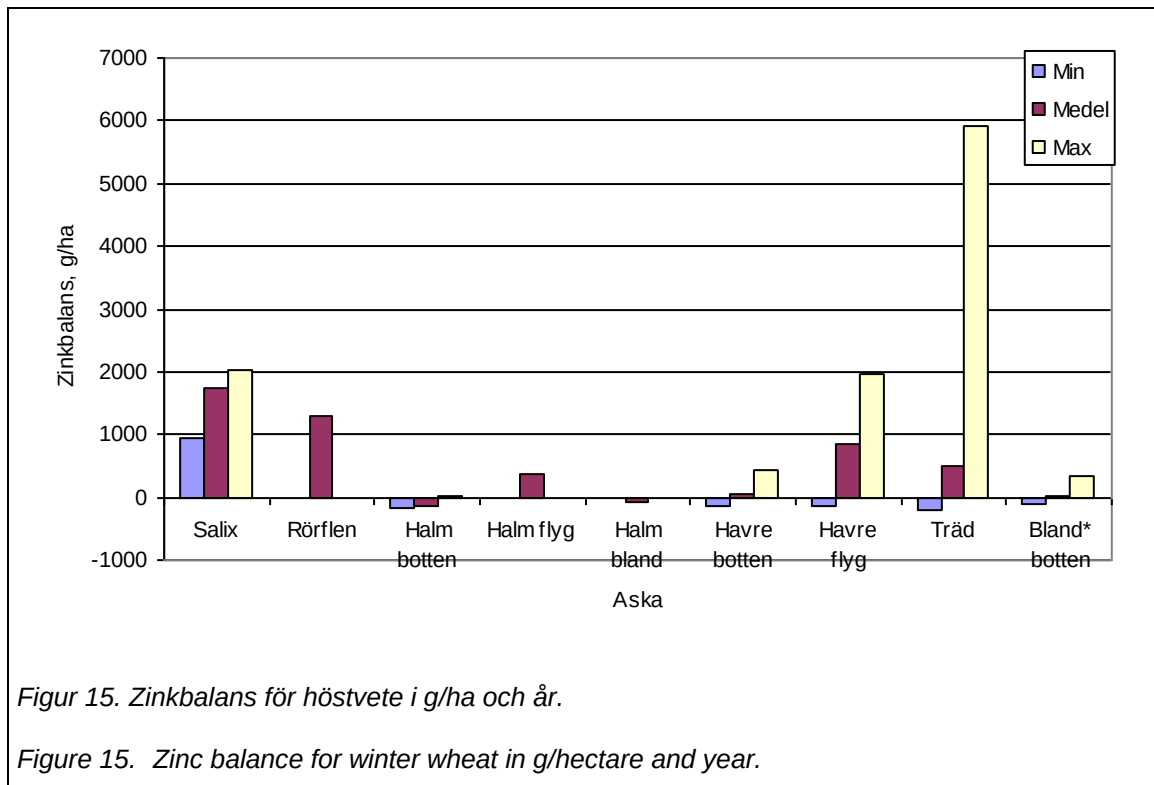
- Vad gör ni idag på ert företag?
- Hur ser er kontakt ut med värmeverken?
- Hur ser marknaden ut för er idag vad gäller efterfrågan på valspelleteringsmaskiner?
- Hur ser ni på möjligheten i framtiden vad gäller granulering och valspelletering av aska?
- Hur tror ni att man kan utveckla tekniken för granulering/valspelletering vidare för lantbrukssidan?

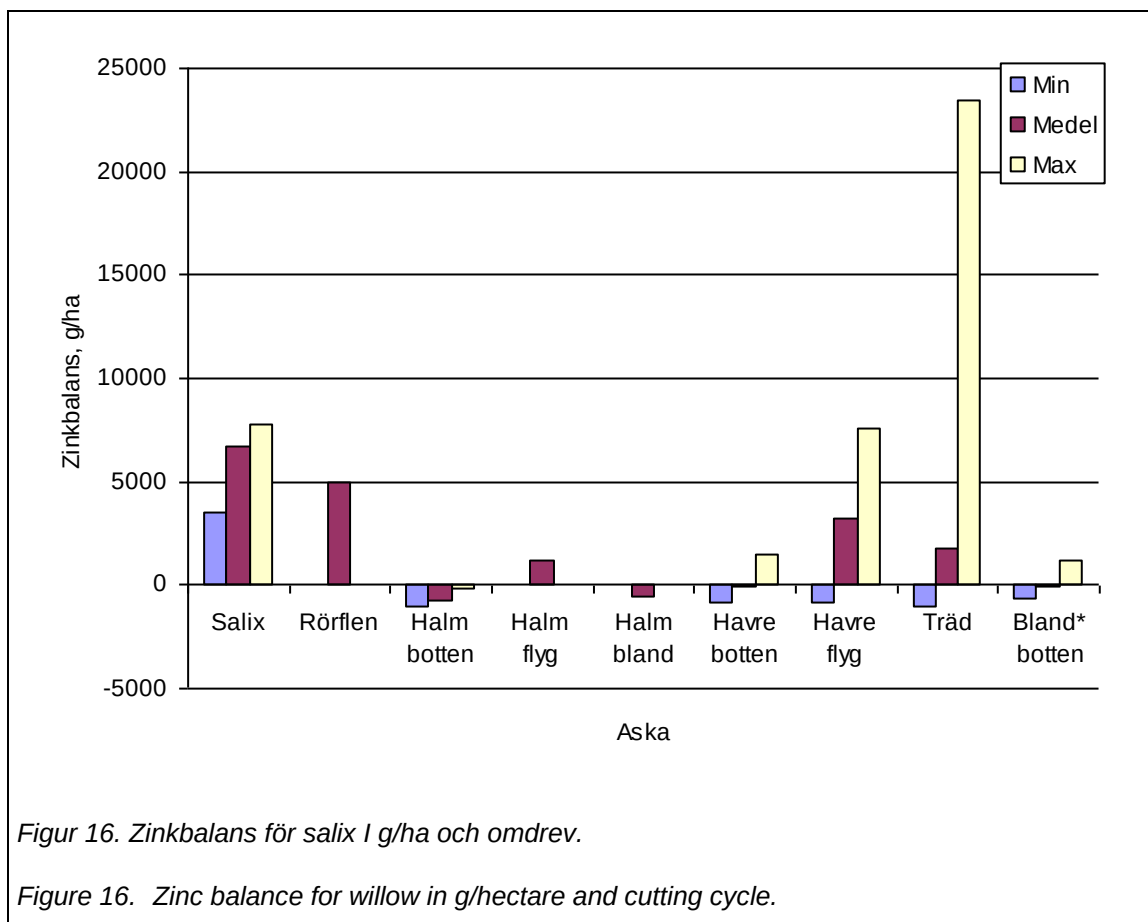
D Deklaration för aska från Danmark [20]

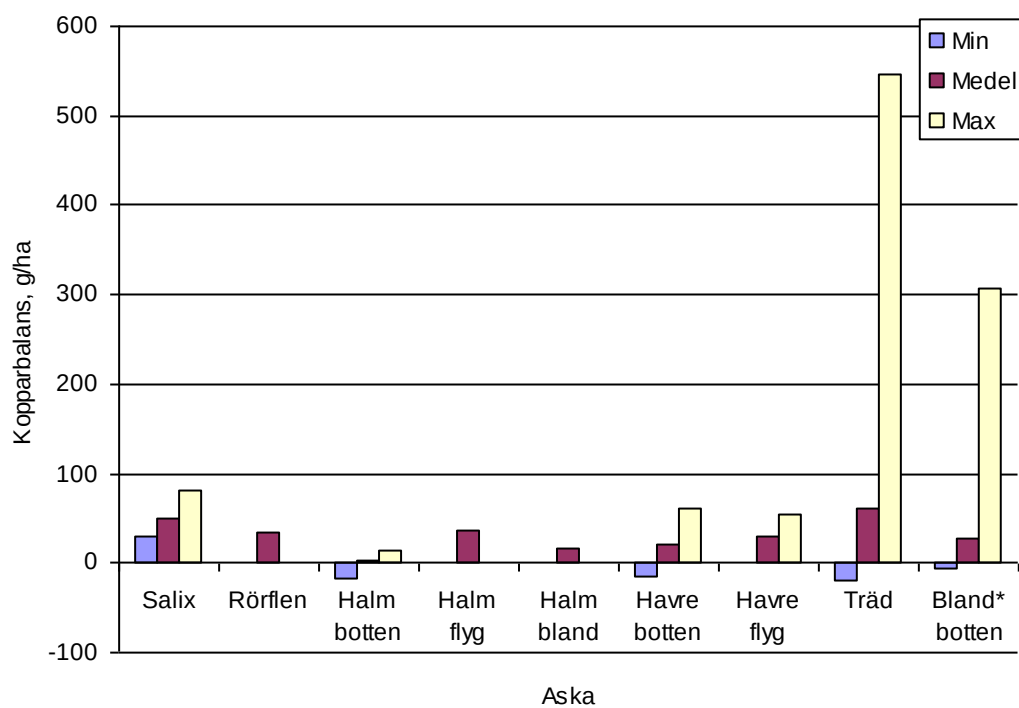
DEKLARATION for BIOASKE og regler for opbevaring og anvendelse			
Askeproducent (navn, adresse og produktionssted):			
Oprindelse (anvendt brændsel, jf. bioaskebekendtgørelsens bilag 1)		☐ A. Råtræ ☐ B. Rent træ ☐ C. Affaldstræ, maks. 1% lim ☐ D. Halm	
Asketype		☐ Bundaske/slagge ☐ Flyveaske ☐ Blandingsaske ☐ Andet: _____	
Askemængde		_____ ton TS, i alt _____ tons	
Analyseparametre			
Nedenstående analyseresultater er baserede på: Prøve, udtaget (dato/termin): _____ Tilhørende analyserapport (dato): _____			
Parameter	Enhed	Indhold	Grænseværdi
Tørstof (TS)	vægt%	_____	
Totalfosfor (P)	vægt% i TS	_____	
	kg/ton TS	_____	
	kg/ton aske	_____	
Kalium (K)	vægt% i TS	_____	
	kg/ton TS	_____	
	kg/ton aske	_____	
Cadmium (Cd)	mg/kg TS	_____	5 (halmaske) 20 (træaske)
Kviksølv (Hg)	mg/kg TS	_____	0,8
Bly (Pb)	mg/kg TS	_____	120 250 (træaske anvendt i skovbrug)
Nikkel (Ni)	mg/kg TS	_____	60
Chrom (Cr)	mg/kg TS	_____	100
Ledningsevne (for aske til udspreddning i skov)	mS/m	_____	
pH (ved vandige ekstrakter)		_____	6-8
Analyseparametre			
Nedenstående analyseresultater er baserede på: Prøve, udtaget (dato/termin): _____ Tilhørende analyserapport (dato): _____			
Er CO målt kontinuert i røggassen under: Halm: 625 mg CO/m ³ (10 % O ₂). Flis: 313 mg CO/m ³ (10 % O ₂)			
☐ Ja – gå til "opbevaring" ☐ Nej – udfyld nedenstående om PAH			
Parameter	Enhed	Indhold	Afskæringsværdi
ΣPAH	mg/kg TS	_____	12

Opbevaring	
Hos bruger:	- i henhold til foreliggende tilladelse efter miljøbeskyttelsesloven; - overdækket anlæg jf. regler for opbevaring i Bekendtgørelse for husdyrbrug og dyrehold for mere end tre dyreenheder, husdyrgødning, ensilage mv.; - lukket container, big-bag eller lignende; - behandlet aske til udspreddning i skov opbevaret midlertidigt i stak overdækket af presenning;
På udspreddningsarealer:	opbevaring må ikke overstige 14 dage.
Udspreddning	
Landbrugsarealer, juletræs- og pyntegrøntproduktion Der må maksimalt tilføres 0,8 g Cd/ha/år til landbrug som gennemsnit over fem år. Der må maksimalt tilføres 30 kg totalfosfor pr. ha pr. år. Fosfordoseringen kan beregnes som et gennemsnit over tre år. Det betyder, at der må spredes op til 90 kg totalfosfor på en gang, under forudsætning af at der ikke udspreddes de efterfølgende to år. Kravene til de udbragte mængder skal overholdes indenfor hver 12 måneders periode eller 36 måneders periode. Uanset ovenstående regler om tilførsel af totalfosfor og cadmium må der ikke tilføres landbrugsjord, juletræs- og pyntegrøntproduktion mere end 5 tons asketørstof pr. ha over en periode på fem år. Der må ikke doseres mere aske end planternes gødningsbehov (ofte vil kalium være retningsgivende for mængden).	
Skovarealer Der må maksimalt tilføres 60 g Cd/ha/75 år til skovbrug. Der må maksimalt tilføres 30 kg totalfosfor pr. ha pr. år. Fosfordoseringen kan beregnes som et gennemsnit over tre år. Det betyder, at der må spredes op til 90 kg totalfosfor på en gang, under forudsætning af, at der ikke udspreddes de efterfølgende to år. Kravene til de udbragte mængder skal overholdes indenfor hver 12 måneders periode eller 36 måneders periode. Udspreddningsmængden skal baseres på askens ledningsevne og overholde følgende: Indtil 2800 mS/m: maks. 3 tons TS/ha/10 år 2800-3200 mS/m: maks. 2 tons TS/ha/10 år 3200-3600 mS/m: maks. 1 tons TS/ha/10 år Uanset ovenstående regler om tilførsel af totalfosfor, cadmium og askens ledningsevne må der ikke tilføres skovarealer mere end 3 tons asketørstof pr ha pr 10 dog maksimalt 3 udspreddninger pr. 75 år. Der må ikke doseres mere aske end planternes gødningsbehov (ofte vil kalium være retningsgivende for mængden).	
Eventuel behandling: _____ (f.eks. granulering eller aktiv hærkning)	
Dato og underskrift	_____
Andre informationer fra producent til bruger	

E Resultat balans zink och koppar

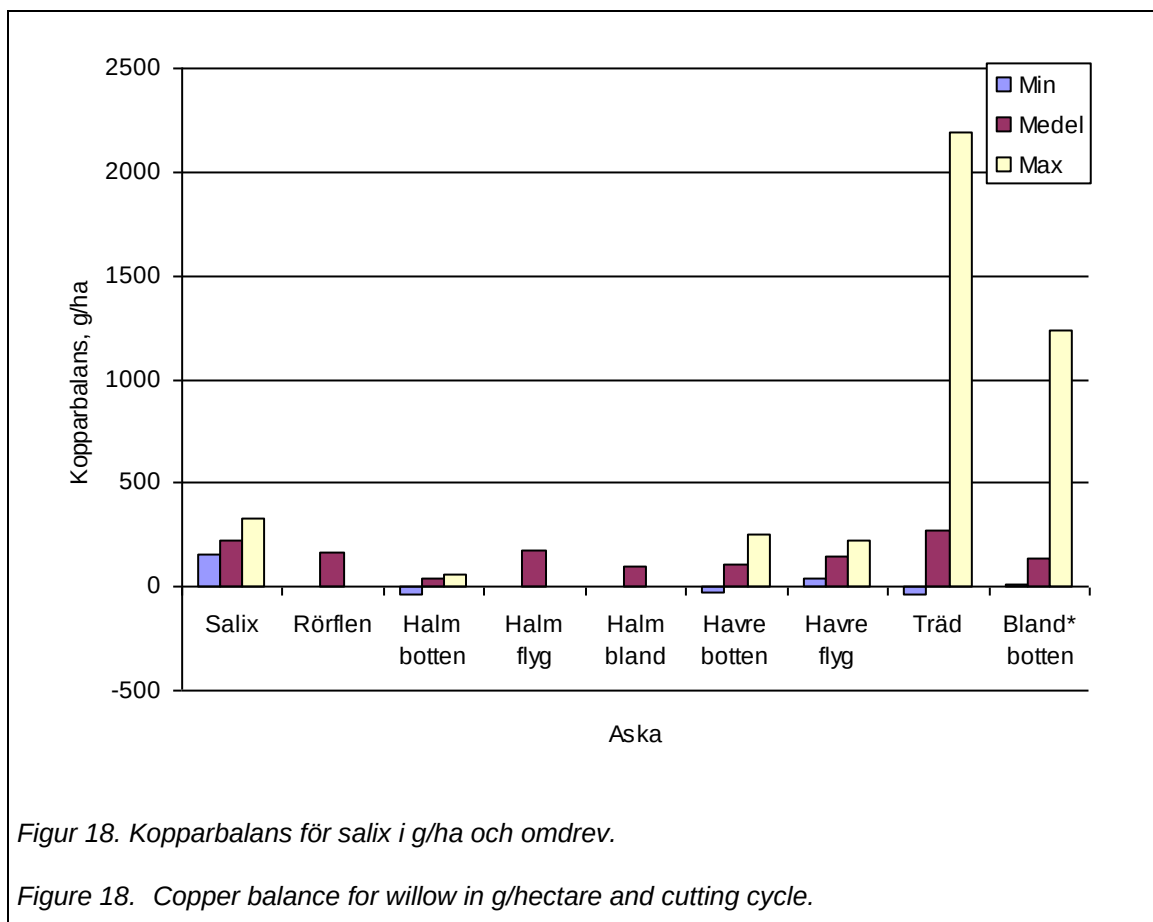






Figur 17. Kopparbalans för höstvet i g/ha och år.

Figure 17. Copper balance for winter wheat in g/hectare and year.



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

Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Elforsk
- Svenska Fjärrvärmeföreningen
- Skogsindustrin
- Övrig industri

VÄRMEFORSK SAMARBETAR MED
STATENS ENERGIMYNDIGHET

VÄRMEFORSK SERVICE AB
101 53 Stockholm
Tel 08-677 25 80
Fax 08-677 25 35
www.varmeforsk.se

Beställning av trycksaker
Fax 08-677 25 35