

JTI-rapport

Lantbruk & Industri

362

Aska från halm och spannmål – kemisk sammansättning, fysikaliska egenskaper och spridningsteknik

Christina Marmolin
Joakim Ugander
Ingemar Gruvaeus
Gunnar Lundin



JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik

2008

Aska från halm och spannmål – kemisk sammansättning, fysikaliska egenskaper och spridningsteknik

Ash from Straw and Grain - Chemical Composition, Physical Properties and Technique for Spreading

Christina Marmolin
Joakim Ugander
Ingemar Gruvaeus
Gunnar Lundin

I samarbete med:



© JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik 2008

Citera oss gärna, men ange källan.

Innehåll

Förord.....	5
Sammanfattning	7
Summary	8
Bakgrund.....	10
Regelverk och lagstiftning	10
Askspridning.....	10
Transport.....	14
Tvårvillkor	15
Fysikaliska egenskaper och spridningsteknik	15
Projektbeskrivning	16
Mål	16
Genomförande.....	16
Projektredovisning	17
Kemiska egenskaper.....	17
Fysikaliska egenskaper.....	19
Spridningsförsök	20
Avvikelser och problem	24
Resultat	24
Resultat från askprovtagning, kemisk analys.....	24
Resultat från askprovtagning, fysikalisk analys.....	31
Observationer för de båda askor som användes vid spridningsförsöken..	32
Resultat av spridartest	33
Diskussion och effekter	37
Slutsatser.....	39
Förslag på fortsatta insatser	40
Referenser	41
Bilaga 1a. Spridning av fuktig aska med kalkspridare av fabrikat Bredal	43
Bilaga 1b. Spridning av torr aska med kalkspridare av fabrikat Bredal	45
Bilaga 1c. Spridning av fuktig aska med fastgödselspridare av fabrikat Bergmann.....	47
Bilaga 1d. Spridning av torr aska med fastgödselspridare av fabrikat Bergmann.....	49

Förord

Denna rapport är resultatet av ett samarbete mellan Hushållningssällskapet Skaraborg och JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik. Finansiering har skett med LBU-medel från Jordbruksverket som har sökts av Energigården, ett västsvenskt initiativ med Agroväst som huvudman.

HS har varit projektledare och svarat för analys av de kemiska egenskaperna, växtnäringsaspekter, regelverk och lagstiftning medan JTI svarat för kartläggning av lämplig hanteringsteknik, spridningstester och analys av de fysikaliska egenskaperna. Från HS har Christina Marmolin, miljökonsult, och Ingemar Gruvaeus, forsknings- och utvecklingschef, arbetat med projektet och från JTI har biträdande forskare Joakim Ugander och forskare Gunnar Lundin medverkat.

Till alla som bidragit till undersökningens genomförande riktas ett varmt tack. Ett särskilt tack till alla på de värmeanläggningar som välvilligt har ställt upp med aska och tillhörande uppgifter liksom till spridarentreprenörerna Mikael Pettersson och Pär Johansson. Tack även till Peter Norberg från Högskolan i Gävle som ordnade med hampasorter för bränsledata och Jan Burvall, SLU i Rönåkersdalen, för uppgifter om rörflen.

Rapporten publiceras i HS:s och JTI:s respektive rapportserier.

Uppsala och Skara i februari 2008

Lennart Nelson

VD för JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

Carl-Anders Helander

VD för Hushållningssällskapet Skaraborg

Sammanfattning

Aska är ett oorganiskt fast material som kan ha olika fysikaliska egenskaper beroende på hur god förbränningen har varit samt om det är fråga om flygaska eller bottenaska.

Askor från 23 värmeanläggningar med framförallt spannmål men också halm och havreskal har analyserats på innehåll av växtnäring, tungmetaller och organiska föroreningar i form av polycykliska aromatiska kolväten (PAH). PAH är den största grupp av cancerogena ämnen som vi känner till idag.

De provade askorna från havre har undantagslöst visat sig ha mycket låga halter av tungmetaller och PAH. Citratlösligt fosfor visar på andelen tillgänglig fosfor. Aska från havre har en fosfortillgänglighet på ca 70 %.

Växtnäringsinnehållet är mycket högt och askan kan här närmast jämföras med en mineralgödsel med ett innehåll av 10 % fosfor (P) 10 % kalium (K) och 4 % magnesium (Mg). Kalkverkan är generellt sätt liten av aska från spannmål.

Tillförsel av aska som gödselmedel bör inte ske med mer än ca 1 till 2 ton ts per hektar för att inte få alltför höga växtnäringskoncentrationer och för att utnyttja denna resurs på bästa sätt. I ett långsiktigt perspektiv kan återföring av aska motsvarande den skördade mängden spannmål vara en lämplig strategi. Som exempel ger 5 ton havre ca 150-200 kg aska.

Övriga askor från korn, vete och havreskal samt halm från raps och vete har följt resultatet från aska från havre väl. Halmaskan har naturligt lägre halter av fosfor. Tungmetallerna eller PAH-nivåerna ställer inte heller här till några problem för användning som gödselmedel. Tillgängligheten för fosfor i askorna från raps-halm bör dock undersökas närmare för att klargöra möjligheten för fosfor att frigöras.

Flygaskorna har inte uppvisat sådan förhöjning av tungmetaller att det motiverar särbehandling utan de kan blandas med bottenaska utan kvalitetsförsämringar.

Vi har inte hittat några problem för återförande av spannmåls- eller halmaskor till odlingsmark beträffande innehåll av oönskade ämnen. En förutsättning för gott utnyttjande är att de kan spridas i tillräckligt små mängder.

Aska från ett havreeldat värmeverk ägt av Sala Heby Energi, SHE, med effekten 3,5 MW samt från en gårdspanna på 20 kW utvärderades med avseende på fraktionsstorleksfördelning, rymdvikt, vattenhalt och rasvinkel. Askorna från värmeverket användes också i spridartest med dels en kalkspridare, dels en tvåstegs fastgödselspridare.

De fysikaliska egenskaperna påverkas i stor utsträckning av vattenhalten. Torr aska direkt från en panna bestod till ca 70 % av partiklar mindre än 0,4 mm och var mycket dammbenägen. Aska som lagrats ute och höll en vattenhalt på ca 32-35 % bestod dels av stora block och finare grusaktig aska då vattnet binder de fina askpartiklarna till större aggregat. Denna aska var helt dammfri.

Vid spridningen, som skedde i fält, samlades prov i lådor med ytmåten 0,5 x 0,5 m med 1-2 m mellanrum tvärs kördraget. För att nå så låga hektargivor som möjligt hölls en hög körhastighet om ca 15 km/h. Resultaten visade att aska är ett svårt material att hantera både i torrt och fuktigt tillstånd.

Kalkspridaren hade med fuktig aska svårigheter att ge en jämn utmatning över tiden vilket gav en stor variation av giva. Dessutom påverkades spridningsjämnheten i sidled av den varierande utmatningstakten. Det är därför tydligt att askan måste blandas om och klumpar sönderdelas ordentligt för att spridningen ska bli acceptabel. Det kan också vara värt att täcka askan om den lagras utomhus för att förhindra bildning av klumpar och block. Den provade kalkspridaren begränsades av att utmatningshastigheten ej gick att reglera oberoende av spridartallrikarnas varvtal. Med sänkt utmatningshastighet hade lägre givor kunnat nås och möjliggjort en lägre framkörningshastighet som ger jämnare spridning längs med körriktningen.

Med torr aska erhöles med kalkspridaren en M-formad spridningsbild, troligtvis p.g.a. att rotationsriktningen hos spridartallrikarna var anpassad för fuktigt material. Annars är problemet med den torra askan att kastvidden begränsas till ca 10 meter vilket beror på att askan består av mycket små partiklar. Efter överlappning kan arbetsbredden då bli i minsta laget för praktiskt bruk. Dammet är också ett problem ur arbetsmiljösynpunkt.

Fastgödselspridaren var mindre känslig för stora klumpar men dock måste utmatningsjämnheten vid låga givor utredas mer då bottenmattan bestod av medbringare som skulle kunna ge en stötvis utmatning. Under detta test var det ej möjligt att nå tillräckligt låga givor i kombination med en jämn spridning. Dock är resultaten något bättre än de som uppnåddes vid test av stallgödselspridare år 1995.

Med noggranna inställningar och moderna spridare med styrutrustning för utmatningshastighet samt att askan är homogen innan lastning så går det förmodligen att uppnå bättre resultat än vad som åstadkommits i föreliggande studie. Vid ytterligare tester bör dessa utföras i provningshall där uppsamlingstråg kan placeras utefter hela spridarens arbetsbredd inklusive där ekipagets hjul normalt skulle passera. I detta försök var antalet uppsamlingstråg för litet för att ge en säker bild av spridningsjämnheten i sidled.

Summary

Ash is an inorganic solid material with physical properties that are highly dependent upon how well the combustion has progressed and where in the furnace the ash is produced (fly ash or bottom ash).

Ash samples from 23 heating plants fuelled by mainly grain but also straw were analysed with respect to their content of plant nutrients, heavy metals and organic pollutants such as polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), the largest group of carcinogens known today.

Overall, the ash samples showed a high content of crop nutrients on a level comparable with artificial fertiliser, with a content of 10% phosphorus (P), 10% potassium (K) and 4% magnesium (Mg). The liming effect was relatively low.

The analysis of ash from oats showed consistently low levels of heavy metals and PAH, while 70% of the phosphorus present was in the form of readily soluble phosphate.

Ash from barley and wheat grain and oilseed rape and wheat straw showed similar results to those for oats. Ash from straw contained lower levels of phosphorus, which was expected. The low levels of heavy metals and PAH did not impose

any restrictions on the use of the ash as a crop fertiliser. However, the plant availability of phosphorus in ash from rape straw needs further investigation.

The ash samples contained no undesirable substances that could affect the recycling of ash from grain or straw. The fly ash contained higher levels of heavy metals than the bottom ash but not to such extent that the two fractions would have to be handled separately.

Uniform distribution of the ash and relatively low application rates per hectare are prerequisites for a high use efficiency of the crop nutrients available. Doses of ash should not exceed a rate of 1-2 tons/hectare at any one time since that would lead to excessive amounts of phosphorus and potassium in the soil profile. In a long-term perspective, applying an amount of ash equivalent to the amount of grain removed is the most appropriate strategy. For example, five tons of oats produce 150-200 kg of ash.

Ash from combusted oats from a 3.5 MW power plant in the region of Uppsala and ash from a 20 kW on-farm plant were analysed with respect to particle size distribution, bulk density, moisture content and angle of repose. The ash from the large power plant was also used in a practical spreading test in which a lime spreader and a manure spreader were evaluated.

Moisture content of the ash had a great impact on physical properties. Dry ash directly from the furnace consisted to 70% of particles smaller than 0.4 mm and the ash was very dusty. Ash that had been stored outdoors had a moisture content of about 32-35% and contained large clods up to 40 cm in length and also aggregates of finer particles similar to moist gravel. This ash was dust-free.

In the evaluation of the spreaders, the ash was collected using boxes measuring 0.5 x 0.5 m and placed with a c-c spacing of 1-2 m across the full spreading width of the spreaders. The results showed that the ash was difficult to handle in both dry and moist condition. The lime spreader had difficulties in achieving a uniform material flow when presented with the moist ash. The uneven flow from the loading bin to the spreader discs also caused variations in the spreading width. It was evident that appropriate mixing and crushing of large clods in the ash before spreading was crucial if acceptable uniformity of spreading were to be achieved. The lime spreader had a major drawback in that the speed of the spreading discs was synchronised with the speed of the feeder belt from the loading bin. It was therefore impossible to reduce the spreading rate without affecting the spreading width.

Using dry ash with the lime spreader produced an M-shaped spreading pattern that was probably caused by the direction of rotation of the spreading discs, which were set for moist material. Another problem with spreading of dry ash with the lime spreader was that the casting width was limited to 10 m, and the effective working width after overlaps was just 4 m.

The manure spreader was less sensitive to large clods in the ash but the uniformity of flow at lower rates must be investigated further since a lower speed of the bottom chains might give uneven flow of material. During the test it was not possible to reach sufficiently low spreading rates in combination with acceptable uniformity of spread. However, the results proved better than those achieved in a similar test with manure spreaders in 1995.

With precise settings and modern spreaders equipped with controllers for spreading rate and properly mixed ash, it should be possible to further improve the outcome.

Bakgrund

Efterfrågan på biobränslen har ökat i takt med stigande energipriser och kunskap om växthuseffektens. Jordbruket är en viktig leverantör av bioenergi odlad på åkermark. För en hållbar utveckling krävs en fungerande kedja alltifrån odling till spridning av aska samt kvalitetssäkring av förbränning och aska. För att kunna öka produktionen av råvara från åkermark för eldning måste vi på ett trovärdigt sätt kunna redogöra för restprodukten aska och dess innehåll av ev. miljöskadliga ämnen och värde som gödslings- och kalkningsmedel. Vi måste också ge rekommendationer för hur askan ska spridas till åkermark.

Aska från eldning med bioenergi odlad på åkermark kan vara en betydande växt-näringsresurs om kvaliteten är tillräckligt god. Om kvaliteten är för dålig kan kostnaden för att deponera aska bli en belastning för lönsamheten. Återföring av aska till åkermarken är ett led i att sluta kretsloppet.

Halm och Salix har sedan länge använts till bränsle. Under de senaste åren har en snabb utveckling av att elda med spannmål skett. Havre har varit vanligast då prisbild för foder/grynhavre varit låg men även beroende på att havre har något högre värmevärde, är lättantändlig och har liten sintringsbenägenhet. Odling av hampa och gräs för bioenergi är under utveckling samt även olika varianter av helsäd m.m. Vid all förbränning får vi mer eller mindre aska, se tabell 1.

Tabell 1. Askinnehåll i viktprocent av ts, data från Värmeforsks Bränslehandbok.

Bränsleslag	Aska (vikt-% av ts)
Spannmål	2-4
Halm	4-10
Rörflen	3-7
Hampa	2-4
Salix	1-5
Träpellets	0,4-0,8

Askvärdet vid eldning av havre motsvarande energivärdet i 1 m³ eldningsolja blir dryga 80 kg. Största andelen spannmålsaska kommer idag ifrån mindre gårdsanläggningar där askan sprids ut i samband med övrig gödselhantering. Vid större värmeanläggningar kan askvärdet bli betydande.

Aska är ett oorganiskt fast material som kan ha olika fysikaliska och kemiska egenskaper. Kunskapen om askans innehåll av växtnäring, tungmetaller, övriga ämnen och spridningsteknik från bioenergi odlad på åkermark förutom Salix är begränsad.

Regelverk och lagstiftning

Askspridning

Spridning av aska från bioenergi odlad på åkermark är inte reglerat i miljölagstiftningen. Det är verksamhetsutövaren som är ansvarig för att askan inte innehåller några farliga ämnen enligt hänsynsreglerna i Miljöbalkens 2 kap.

Spridning av gödsel och slam på åkermark är dock reglerat. I avsaknad av särskilda rekommendationer för återföring av aska från bioenergigrödor odlade på åkermark kan som utgångspunkt de gränsvärden som finns för gödsel och avloppsslam användas.

Vid spridning av aska på åkermark bör man därför ta hänsyn till de regelverk som berör spridning av gödsel, SJVFS 2004:62 med tillhörande allmänna råd 2005:1, om miljöhänsyn i jordbruket och föreskrift om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket, SNFS 1994:2. Följer man motsvarande regler som för slam och gödsel i övrigt vid askspridning kan man anta att man har iakttagit de försiktighetsåtgärder som idag finns.

Då aska betecknas som ett avfall i avfallsförordningen skall man vid spridning av aska anmäla detta till sin kommun. Se under rubrik, Avfallsförordning 2001:1063.

Skogsstyrelsen har tillsammans med Naturvårdsverk upprättat gränsvärden för återföring av skogsaska. Skogsstyrelsens regler om spridningen av aska från skoglig råvara i skogsmark, Meddelande 2001:2.

Miljöbalken

För att skydda naturen har Miljöbalken i 2 kap. allmänna hänsynsregler som **alla** ska följa.

Hänsynsreglerna innebär till exempel att alla måste vidta nödvändiga skyddsåtgärder och försiktighetsmått. Hänsynsreglerna ska gälla för all verksamhet som påverkar miljön och betyder att den som orsakar skada eller olägenhet ansvarar för att förebygga eller avhjälpa den. Övrigt i Miljöbalken som berör aska är 12 kap paragraf 7 – 10 om miljöhänsyn i jordbruket och kapitel 15 om hantering av avfall.

Miljöhänsyn i jordbruket vad avser växtnäring

I föreskriften om miljöhänsyn i jordbruket avseende växtnäring (SJVFS 2004:62, 2005:74) finns det regler för tillförsel och spridning av stallgödsel och andra organiska gödselmedel.

Regler som antas beröra spridning av aska på åkermark är för;

Fosfor: Stallgödsel eller andra organiska gödselmedel får under en femårsperiod inte tillföras i större mängd än vad som motsvarar 22 kg totalfosfor per hektar spridningsareal och år, räknat som ett genomsnitt för företagets hela spridningsareal per år under perioden.

Dokumentation: Jordbruksföretag som tar emot stallgödsel eller andra organiska gödselmedel ska anteckna gödselslag, vilken mängd som tas emot, vilken mängd totalfosfor gödseln motsvarar, datum för mottagandet samt från vem gödseln kommer. Anteckningarna ska sparas och finnas tillgängliga under minst sex år.

Spridning och spridningstider: Stallgödsel och andra organiska gödselmedel ska fördelas över spridningsarealen. Försiktighetsmått gäller vid spridning som gäller i hela landet; Stallgödsel och andra organiska gödselmedel som sprids under perioden 1 december – 28 februari ska brukas ned samma dag. Extra bestämmelser för spridning inom känsliga områden; gödselmedel får inte spridas på vattenmättad, översvämmad mark, snötäckt mark eller genomfrusen mark. Inom känsliga

områden får inte heller mineralgödselkväve spridas under tiden 1 november – 15 februari, eller stallgödsel och andra organiska gödselmedel spridas under tiden 1 januari – 15 februari.

Avloppsslam

Användning av avloppsslam är reglerat i föreskriften om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket, SNFS 1994:2. Föreskriften beskriver regler för hur, när och var användningen av slam på åkermark får ske. Avloppsslam får inte användas om halten av en eller flera metaller i åkermarken överstiger de gränsvärden som anges i tabell 2, maximal metallhalt i åkermark vid spridning av slam. Tabell 3 beskriver vilka mängder fosfor och ammoniumkväve som får tillföras åkermark från slam. Brukaren av åkermarken skall före användning av avloppsslam kontrollera markens metallhalt, om det kan antas att halten av en eller flera metaller i marken överskrider gränsvärden. Den största mängd metaller som årligen får tillföras åkermarken genom användning av avloppsslam får inte överskrida de gränsvärden som anges i tabell 4, gränsvärden vid spridning av slam. För koppar kan större mängder godtas om det kan påvisas att åkermarken där slammet skall spridas behöver tillskott av koppar. Producenten av avloppsslam skall lämna en innehållsdeklaration till den som skall använda slammet, samt föra dokumentation (10 år) om vilka som tar emot slam och var det sprids.

En frivillig överenskommelse har slutits mellan Vatten- och Avloppsverksföreningen (VAV), Naturvårdsverket och LRF om gränsvärden för organiska indikatorämnen i slam, se tabell 4 gränsvärden vid spridning av slam.

Tabell 2. Maximal metallhalt i åkermark vid spridning av slam. (SNFS 1994:2)

Ämnen	Maximal metallhalt i åkermark (mg/kg ts)	
Kadmium	Cd	0,4
Bly	Pb	40
Krom	Cr	60
Kvicksilver	Hg	0,3
Nickel	Ni	30
Zink	Zn	100 (150 *)
Koppar	Cu	40

* Zink får i vissa län uppgå till 150 mg/kg ts i åkermarken Jämtland, Stockholms, Södermanlands, Uppsala, Västernorrland och Västmanlands län, SNFS 1998:4

Tabell 3. Mängd fosfor och ammoniumkväve som får tillföras åkermark från slam. (SNFS 1994:2)

Fosforklass	kg fosfor per ha och år (medel för en 7-årsperiod)	kg fosfor per ha och spridnings- tillfälle	kg ammonium- kväve per ha och år	kg ammonium- kväve per ha och spridnings- tillfälle
I och II	35*	245	150	150
III – IV	22	154	150	150

* För tvärvillkor/extra tvärvillkor gäller att fosfor inte får tillföras i större mängd än vad som motsvarar 22 kg fosfor per hektar spridningsareal och år under en femårsperiod

Tabell 4. Gränsvärden för metaller och organiska indikatorämnen vid spridning av slam. (SNFS 1994:2)

Ämnen		Gränsvärden i slam (mg/kg ts)	Gränsvärde för tillförsel med slam till åker (g/ha)
Kadmium	Cd	2	0,75
Bly	Pb	100	25
Krom	Cr	100	40
Kvicksilver	Hg	2,5	1,5
Nickel	Ni	50	25
Zink	Zn	800	600
Koppar	Cu	600	300
PCB *		3	
PAH *		0,4	
Nonylfenol*		50	

* Frivillig överenskommelse om riktvärden för organiska indikatorämnen i slam

Gödselmedelsskatt

Om det finns mer än 5 g kadmium per ton fosfor i ett gödselmedel ska en skatt på 30 kronor betalas för varje ytterligare helt gram kadmium enligt lagen om skatt på gödselmedel (SFS 1984:409).

Gödselmedel som kan hänföras till tulltaxenr 25.10, 28.09, 28.35, 31.03 och 31.05 som innehåller högre halt kadmium än 100 gram per ton fosfor får inte saluföras eller överlåtas (SFS1998:944).

Skogsstyrelsens rekommenderade halter, meddelande 2001:2

Skogsstyrelsens rekommendationer för återföring av aska från skoglig råvara, meddelande 2001:2 beskriver askåterföring utifrån skördeuttag och askinnehåll under en omloppstid.

Återföring av näringsämnen, tungmetaller och andra ämnen får tillföras efter högsta tillåtna halt respektive minimihalt för näringsämnen, se tabell 5, samt efter beräkning av skördeuttaget för GROT (grenar och toppar) och stamved. Askgivorna bör inte överskrida 3 ton ts aska per hektar och 10-årsperiod för att minimera risken för näringsläckage, brännskador och minska risken för ackumulering av oönskade ämnen i marken.

Askans innehåll av tungmetaller får inte vara så stor att markbiologiska processer skadas eller tillförseln med aska överstiger det totala uttaget av tungmetaller per omloppstid som biomassauttaget medför.

Tabell 5. Högsta tillåtna halter och minimihalter i aska från skoglig råvara, från Skogsstyrelsens meddelande 2001:2. (En första revision utkommer våren 2007.)

Ämnen	Riktvärden (mg/kg ts)	
	Högsta	Lägsta
Kalium	K	30 000
Fosfor	P	10 000
Magnesium	Mg	20 000
Kalcium	Ca	125 000
Zink	Zn	7 000
Bor	B	500
Koppar	Cu	400
Arsenik	As	30
Bly	Pb	300
Kadmium	Cd	30
Krom	Cr	100
Kvicksilver	Hg	3
Nickel	Ni	70
Vanadin	V	70
Organiska miljögifter	PAH	2

Transport

Den som transporterar aska skall vara anmäld som transportör hos länsstyrelsen om inte aska kommer från egen verksamhet och understiger 50 ton eller 250 m³ per år (NFS 2005:3) eller avfallet skall återanvändas (Avfallsförordning 2001:1063).

Aska från eldning med bioenergi räknas som avfall, då det är en restprodukt vid energiutvinning i enlighet med avfallsförordningen 2001:1063.

Med avfall menas varje ämne, föremål eller substans som ägaren avser att göra sig av med eller är skyldig att göras sig av med och som har en avfallskod. Detta innebär att det är väldigt mycket som klassas som ett avfall även kanske sådant som kallas för en restprodukt eller liknande. Det spelar inte heller någon roll om avfallet har ett ekonomiskt värde eller inte.

Avfallsförordning 2001:1063

Avfallsförordningen ger vägledning om hur man klassificerar avfall i farligt eller annat avfall. En gemensam europeisk kategorisering har skett för avfall i EWC (European Waste Catalogue) för att förenkla, transporter, handel och deponi.

EWC kod	Omfattar
100101	Bottenaska, slagg och pannaska

EWC-koden 100101 består av sex siffror vilka tillsammans ger ingående information om avfallet i fråga. De två första siffrorna betecknar avfallens ursprung utifrån branscher, de två efterföljande vilken verksamhetsprocess som avfallet kommer ifrån och de två sista ger en närmare beskrivning av varje avfallsslag. En asterix (*) efter koden anger att det räknas som farligt avfall.

Avfallsförordningens paragraf 38 säger att fastighetsinnehavare eller nyttjanderättshavare som avser att på fastigheten kompostera eller gräva ned eller på annat sätt återvinna eller bortskaffa annat avfall än trädgårdsavfall, skall anmäla detta till kommunen.

Föreskrift om transport av avfall, NFS 2005:3

Naturvårdsverket föreskrift talar om vilka krav som ställ för att transportera, farligt avfall och annat avfall. Föreskriften anger att den som transporterar aska skall vara anmäld som transportör hos länsstyrelsen om inte aska kommer från egen verksamhet och understiger 50 ton eller 250 m³ per år.

Tvärvillkor

Lantbrukare har idag krav på sig att uppfylla tvärvillkor för att få EU-stöd för sin verksamhet. Tvärvillkoren syftar till att man skall uppfylla regler om bl.a. miljöhänsyn och djurskydd. Spridning av aska inte är reglerat vilket gör att vi inte vet vilka tvärvillkor som gäller. Därför bör man som försiktighetsåtgärd följa det som gäller för övrig växtnäring.

Tvärvillkor/extra tvärvillkor för spridning av växtnäring är bl.a. följande;

- Vid spridning av stallgödsel och andra organiska gödselmedel under perioden 1 december-28 februari, skall nedbrukning ske samma dag (Obs! Spridning är förbjudet i känsliga områden 1 januari-15 februari. Dessutom gäller särregler för gårdar i känsliga områden).
- Stallgödsel och andra organiska gödselmedel skall fördelas på hela den minsta spridningsareal som behövs för att uppfylla bestämmelser om max 22 kg P i genomsnitt per ha och år.
- Föreskrifterna för slamanvändning avseende giva m.m. skall följas. Om det finns skäl att anta att markens innehåll av tungmetaller överstiger gränsvärdena skall markanalys finnas.
- Om gödsel lämnas bort eller tas emot, skall detta dokumenteras.

Fysikaliska egenskaper och spridningsteknik

Ekström m.fl. (1985) fann vid fraktionering av aska från halmeldning funnit att mellan 50 % och 82 % av askan från vetehalm var finare än 1 mm. Förutom fraktionsstorleksfördelning analyserades även volymvikt för aska från pannor med uraskningskruv vilken uppgick till 785-810 kg/m³. Aska från pannor som eldades med hela halmbalar höll dock betydligt lägre rymd vikter om 135-250 kg/m³ (Ekström m.fl., 1985).

Tidigare har utvärdering av spridning av aska från stråbränsle med tre typer av stallgödselspridare utförts (Flodén, 1995). De spridda askorna höll då en vattenhalt på 28-58 % och volymvikt på 430-710 kg/m³. De fuktigaste askorna, vilka också var de med högst volymvikt, kom från värmeverk med våtutmatning av askan vilket innebar att askan passerade ett vattenbad på vägen från pannan.

Spridarprovningen (Flodén, 1995) visade att problemen var för små arbetsbredder, dålig spridningsjämnhet, för stora givor och funktionsstörningar. Dessa tester utfördes vid en hastighet av 5 km/h. De tre typer av spridare som provades var spridare med vertikala rivarvalsar (fabrikat Brönderslev), spridartallrikar (fabrikat Hill) samt en sidokastande spridare (fabrikat Star)

Spridaren med vertikala rivarvalsar hade dålig förmåga att sprida aska i sidled vilket i de flesta fall gav en liten arbetsbredd. Maskinen klarade att mata ut små mängder men vid de få körningar där givan var mindre än 3 ton/ha var arbetsbredden ca 1 meter vilket förmodligen ej är rimligt ur praktisk synvinkel. Maskinen nådde som lägst en variationskoefficient (VK) på 7 % vid 1,5 m arbetsbredd och en giva på 7,6 ton/ha vilket vid 28 % vattenhalt gav 5,5 ton ts/ha.

Spridaren med spridartallrikar gav en M-formad spridningsbild och en optimal arbetsbredd om 6-7,5 m. Lägsta giva var 7,9 ton/ha (72 % ts) och VK uppgick till 38-53 %.

Den sidokastande spridaren gav som bäst en VK på 11 % vid arbetsbredden 7,5 m och givan 16 ton/ha (42 % ts).

Flodén (1995) nämner också att det vore intressant att göra studier på kalkspridare som borde ha lättare att nå de önskvärda givorna kring 1-2 ton ts/ha. Per Hanssons maskinstation i Skåne meddelade att man spred aska från ett halmeldat värmeverk med hjälp av en kalkspridare och lade givor på strax under ett ton/ha (Hansson, pers. medd., 2006). Dock fanns inga uppgifter om spridningsjämnheten.

Projektbeskrivning

Mål

Skapa underlag för bedömning av askkvalité från jordbrukets energigrödor för att kunna återföra askan till åkermarken.

Ta fram underlag för hantering och spridning utifrån kemiska och fysikaliska egenskaper i askan samt undersöka lämplig tillgänglig teknik för spridning med avseende på jämnhet och funktion.

Genomförande

Kemiska egenskaper

Provtagning av bottenaska och flygaska ifrån större bioenergianläggningar som använder spannmål, halm, hampa m.m. för analys samt insamling av befintliga analyser för värdering av askornas kemiska egenskaper.

Analys har skett av;

Fukthalt

Halt oförbränt

Metallinnehåll (paketMIA-4): As, B, Ca, Cd, Cr, Cu, Hg, K, Mg, Ni, P, Pb, V, Zn

Citratlöslig fosfor (P)

Kalkverkan

PAH 16

Förklaring

Citratlöslig fosfor visar på andelen tillgängligt fosfor för växterna.

PAH står för polycykliska aromatiska kolväten, vilket är en grupp av organiska ämnen, som kan bildas vid ofullständig förbränning. PAH är den största gruppen av cancerogena ämnen som vi känner till idag. Det finns många olika PAH, vid miljöundersökningar undersöks det 16 st, PAH 16. Av dessa 16 är 7 cancerogena (benso(a)antracen, chrysen, benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(a)pyren, indeno(1,2,3-cd)pyren, dibenso(a,h)antracen

Fysikaliska egenskaper och spridningsförsök

Bedömning av de fysikaliska egenskaperna hos aska från eldning av havre med avseende på fraktionsstorleksfördelning, volymvikt, vattenhalt och rasvinkel samt undersökning av tillgänglig teknik för spridning med avseende på jämnhet och funktion.

Projektredovisning

Kemiska egenskaper

Kontakter har under våren 2006 tagits med tillverkare av pannor, energirådgivare m.fl. för att inventera var det finns anläggningar större än 100 kW som eldar med spannmål, halm eller annat bränsle odlat på åkermark. I närområdet, d.v.s. Västra Götaland, finns ett flertal mindre anläggningar med effekter under 100 kW men att hitta ett flertal stora visade sig vara svårt. Under vintern 2005/2006 har de flesta eldat med havre vilket har medförd att urvalet inte blev så stort av andra grödor. Exempelvis visade det sig att det inte fanns någon anläggning med ren hampaeldning i drift och inte heller någon för drift med rörflen. Hampa är i denna studie inaskad från ett energiodlingsprojekt vid Högskolan i Gävle, referensperson: Peter Norberg.

Tabell 6. Beskrivning av anläggningarna för askprovtagning avseende kemiska egenskaper.

Anläggningar	Pannstorlek	Energivara	Övrigt
Såtenäs värmeverk	Osby Rosterpanna, rörlig botten sond styrd förbränning 4000 kW	Halm ca 4 000 ton	Förekomst av sintring. Gul fin halm mer svårelad än halm som legat och fått regn på sig.
Levene Egd.	Linka 800 kW Halm panna startade -78 med flis och bark	Vetehalm ca 500 ton vete-halm kör hela året.	Levererar värme till skola och ett ålderdomshem Egen kulvert på 350 meter. Askan läggs på gödselplatta sprids med stallgödselspridare.
Uvereds Säteri	Faust med brännkammare och ackumulatortank, Typad för 700 kW	Rapshalm 210 ton om året	Askan körs med lastmaskin till gödselplattan blandas med stallgödsel och sprids.
Kåsentorp	Tilevang Brännare med Ackumulatortank på 40 m ³ typad för 320 kW. Kört sedan 1979	Vetehalm ca 220 ton	Askan läggs på platta och körs ut tillsammans med stallgödsel.
Valdemars maskinstation	Säätötuli stoker, Tyllimax-panna 80 kW	Havre motsvarande 11m ³ olja eller ca 35 ton havre	Förekomst av sintring, har blivit bättre sedan man fått en bättre justering av luftmängder till pannan.
Vara, Trä	Överdahl brännare, Panna Buddkot 100 kW	Havre 50 ton från Lagerhuset i Vara	Askan går tillbaka till lantbrukare.
Naums Lantbruk	Säätötuli stokerpanna, 80 kW	Havre motsvarande 8 m ³ olja eller 24 ton havre.	Inga problem med sintring.
Håkantorps Egd.	Faust multibrännare, 150 kW	Havre motsvarande 25 m ³ olja	Inga problem med sintring. Röktemp 200C°.
Färgelanda pastorat	Sonnys brännare 95 kW till Arimax 380 Bio panna	Havre ca 180 ton	Kontrakt med 3 lantbrukare, idag blandas askan med löv och gräskompost.
Loringa Egd.	Reka, integrerad panna med rörlig roster 200 kW	Havre ca 200 ton	Har även eldat spån, träpellets m.m. Lite problem vid inmatning då större mtrl kan sätta sig vid sensorerna Askan tippas på gödselplattan och blandas upp med stallgödsel.
Frösve Våring	Faust med rörlig roster sondstyrd förbränning 60 kW, kör pannan hela året	Köper in vete, korn, rågvete totalt ca 100 ton	Spannmålen går direkt via silo och 30 m kulvert med fläktskruv till pannan.
Viby Åkerenergi	Två st Reka pannor med rörliga roster på 160 kW vardera	Havre 240 ton	Två lantbrukare som bildat ett energibolag och levererar värme till en skola och ett reningsverk.
Frötuna säteri	Faust med rörlig roster och sondstyrd förbränning 270 kW	Korn, havre årsförbrukning på ca 100 ton	I dagsläget för stor panna, har haft problem med mycket sintring av vete vid låg last. Kompletterar med pellets ca 30 % i spannmålen vid behov – låg last.
Lena Skola	Vetopanna med rörligt roster, sondstyrd förbränning 150 kW	Havre ca 85 ton	Köpte in en färdig värmecentral. Två lantbrukare levererar havren.
Mowits Fjäderslakteri	Två pannor 90 resp. 70 kW Sonnys Brännare panna Ved och Sol 150 kW	Havre	Askan blandas med stallgödsel.
Mr Plant AB	Reka med rörligt roster på 160 kW	Havre ca 150 ton	Haft mycket krångel, funderar på att gå över till pellets. Askan går tillbaka till lantbrukaren.
Telge Net	Weiss med rörlig roster, multi-cyklon och elfilter 5 MW	Havreskal ca 7 000 ton	Askan idag till återvinningscentral för deponi till sluttäckning.

Fysikaliska egenskaper

Vid analys av askans fysikaliska egenskaper användes aska från Sala Heby Energi AB:s värmeverk i Morgongåva samt aska från en gårdspanna i Sättra utanför Uppsala (tabell 7). Aska nr 1 låg i ett oljefat och askan togs 20 cm ner i fatet. Provtagning av aska nr 2-4 skedde en bit in i högen med en mindre handhållen skopa.

Tabell 7. Förteckning över de askor som användes i försöket avseende fysikaliska egenskaper.

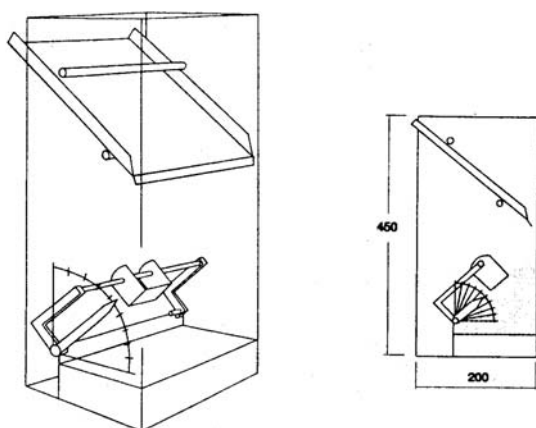
Aska, benämning	Ursprung	Lagringstid utomhus	Provtagnings-tidpunkt	Kommentarer
1	Gårdspanna	lagrades inomhus	juli 2006	Mycket torr och dammig.
2	Värmeverk	6 månader	juli 2006	Fuktig grusliknande struktur samt hårt ytskikt, ca 20-40 cm tjockt.
3	Värmeverk	2 veckor	oktober 2006	Mycket torr i mitten av högen och lätt förhårdnat ytskikt.
4	Värmeverk	9 månader	oktober 2006	Fuktig grusliknande struktur samt hårt ytskikt, ca 20-40 cm tjockt.

De fysikaliska egenskaper som analyserades anges i tabell 8.

Tabell 8. Översikt över egenskaper som analyserats hos de olika askorna.

Aska, benämning	Rasvinkel	Vattenhalt	Volymvikt	Fraktionsstorleks-fördelning
1	X	X	X	X
2	X	X	X	X
3		X	X	X
4		X	X	X

Rasvinkeln bestämdes med en metod som används för att mäta inre friktion hos konstgödsel där man låter gödselmedlet rinna ur en öppning och bilda en hög på ett plant underlag (figur 1).



Figur 1. Utrustning för mätning av konstgödsels rasvinkel utvecklad av JTI. Mått i mm.

Vattenhalten bestämdes genom torkning i torkskåp i 17 timmar vid 105°C.

Volymvikten bestämdes genom att fylla en glascylinder med 93 mm diameter med aska till en höjd av ca 200 mm. Därefter vägdes provet. Vid mätningen av de fuktiga askorna skakades även glascylindern för hand för att utreda hur mycket rymdvikten påverkades av denna hantering.

Fraktionsstorleksfördelningar bestämdes genom att askan passerade skakande siktar med maskvidderna 0,4 mm, 0,63 mm, 1 mm, 2 mm och 5 mm.

Spridningsförsök

I spridarförsöket hyrdes en stallgödselspridare och en kalkspridare in från lantbrukare respektive maskinstation. Testet skedde på en stubbåker intill en gödselplatta där askan hade lagrats utan skydd. En del av askan hade lagrats sedan vintern 2006, d.v.s. under ca 9 månader (aska nr 4) medan en annan del legat på gödselplattan i två veckor (aska nr 3). Till gödselplattan levererades askan torr i container från SHE:s värmeverk. För att mäta spridningsjämnhet, arbetsbredd och giva utfördes spridningstester i fält. Spridningsresultaten registrerades genom att tre rader med 0,5 x 0,5 m stora lådor placerats på marken tvärs körriktningen. Avståndet mellan raderna var ca 15 m. Lådor placerades med ett avstånd av 0,2 m, 2 m, 3 m, 4 m, 5 m, 7 m och 9 m från spridarens centrumlinje på bägge sidor om maskinen. Spridaren passerade sedan lådorna med en fart av ca 14-15 km/h varefter askan i respektive back samlades in i påsar för vägning i laboratorium.

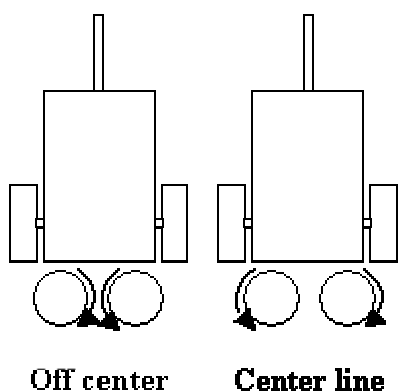
Utgångspunkten var att använda konventionell teknik för spridning av kalk och fastgödsel. Utifrån resultat i tidigare försök av askspridning med stallgödselspridare (Flodén, 1995) valdes spridare som skulle kunna nå en tillräckligt låg giva, 1-2 ton ts/ha.

Kalkspridaren var av fabrikat Bredal och modellen som var tillgänglig var tillverkad 1977. Åldern på maskinen påverkade främst inställningsmöjligheterna som är bättre på dagens modeller. Maskinen hade ett lastutrymme med bred överdel och smalare botten (figur 2).

I botten av kalkspridaren var en halvmeter bred slät bottenmatta av gummi monterad som transporterade materialet till två spridartallrikar. En spårstyrd lucka reglerade utmatningsöppningen från lastutrymmet till tallrikarna. I försöket var denna lucka helt öppen vilket gav ett avstånd om 20 cm till bottenmattan. Bottenmattan och spridartallrikarna hade gemensam drivning via en hydraulmotor. Detta begränsade möjligheterna att nå låga givor då en sänkt hastighet på utmatningen också minskade kastvidden. I försöket var utmatningshastigheten något reducerad jämfört med rekommenderad utmatningshastighet. Hos Bredal fanns också möjligheten att ändra rotationsriktningen hos spridartallrikarna (figur 3). Spridaren var inställd för "Off center" vilket innebar att tallrikarna roterade från varandra, sett bakifrån. Denna inställning ska användas vid fuktiga material. Vid spridning av torra produkter ska tallrikarna istället rotera mot varandra, "Center line", men denna omställning gjordes inte i testet p.g.a. tidsbrist.



Figur 2. Vy av kalkspridaren bakifrån som visar lastutrymmets avsmalnande form.



Figur 3. Bilden åskådliggör rotationsriktningarna hos spridartallrikarna för kalkspridaren. I försöket var spridaren inställd för "Off center".

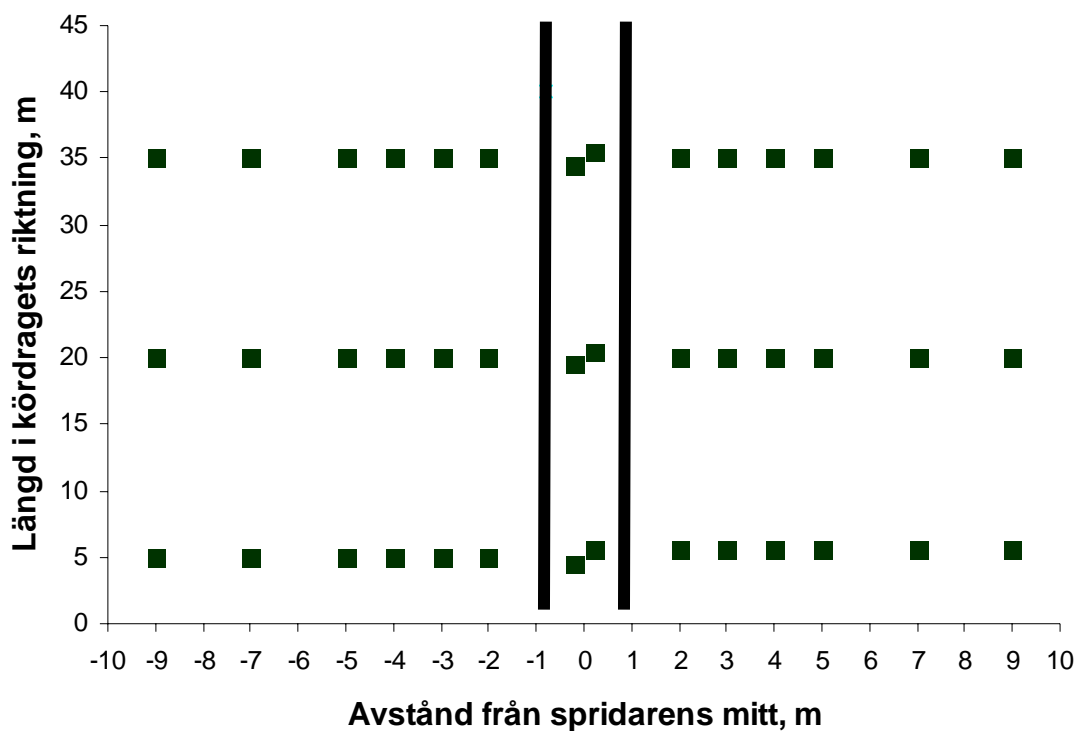
Tvåstegs fastgödselspridare är en maskintyp som används för såväl fastgödselspridning som kalkspridning och har en större kastvidd än äldre enstegs fastgödselspridare. Spridaren, av fabrikat Bergmann, hade stående rivarvalsar som kastade materialet mot en plåt som lät materialet falla på fyra spridartallrikar (figur 4). Materialflödet reglerades dels med hastigheten på bottenmattan, dels med en hydraulisk spårstyrd lucka framför rivarvalsarna. Vid försöket var avståndet mellan luckan och bottenmattan 10 cm.



Figur 4. Fastgödselspridaren av fabrikat Bergmann.

Beräkningar

Alla beräkningar i spridartestet grundar sig på de mängder som registrerades i de på marken utplacerade uppsamlingstrågen, vars individuella yta var $0,25 \text{ m}^2$ ($0,5 \times 0,5 \text{ m}$), figur 5.



Figur 5. Bilden visar uppställningen av provbackarna som placerades i tre rader, benämnda serie 1-3, samt spridarekipagets körspår.

Spridningsbilden för ett kördrag beräknades utifrån uppmätta askmängder vid olika avstånd från centrumlinjen. Mängden vid centrumlinjen beräknades som medelvärdet av mängden i de två mellersta provbackarna. Spridd mängd 1 m från centrumlinjen, d.v.s. vid hjulspåren, beräknades som medelvärdet av mängden 2 m från centrum samt från medelvärdet för spridd mängd i centrum. Vid 6 meters avstånd från mitten användes medelvärdet för mängden vid 5 respektive 7 meters avstånd o.s.v. Efter denna interpolering anges alltså en giva vid 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 och 9 meter från spridarens mitt. Vid ett mer noggrant test bör provbackar täcka hela arbetsbredden enligt standardiserade metoder men detta är inte möjligt vid ett test i fält.

Den spridningsjämnhet som redovisas i denna rapport avser den som fås då flera identiska spridningsbilder läggs bredvid varandra, d.v.s. inklusive överlappningen från intilliggande kördrag. Jämnheten uttrycks i en variationskoefficient (VK) i % kring medelgivan, d.v.s. standardavvikelsen delat med medelgivan uttryckt i %. Tabell 9 anger hur spridningsjämnheten bedöms med hjälp av VK vid spridning av konstgödsel.

Tabell 9. Bedömningsgrad av spridningsjämnhet för konstgödsel. (Statens maskinprovningar, 1993)

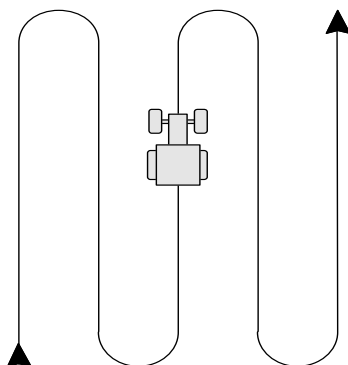
Variationskoefficient (VK), %	Bedömningsgrad
0 – 5	God
6 – 10	Tillfredsställande
11 – 20	Inte fullt tillfredsställande
> 20	Dålig

Kastvidden definierades som avståndet mellan de yttersta lådorna på ömse sidor om centrumlinjen i vilka gödselmängden överskred 5 % av medelmängden vilket är samma gräns som användes i det tidigare försöket med askspridning (Flodén, 1995).

Med överlappning menas den effekt som erhålls då spridaren körs med ett avstånd mellan dragen som är mindre än spridarens kastvidd vilket är den normala arbetsprincipen för de båda spridarna. Körmönstret förutsätts vara drag vid drag, d.v.s. att ekipaget kör fram och tillbaka. Detta medför att spridningsbilden från kördraget till vänster respektive höger om mittersta kördraget är spegelvända i förhållande till det mittersta kördraget. Kördragen närmast utanför dessa är identiska med mittersta kördraget (figur 6).

Den optimala arbetsbredden definieras som det avstånd mellan kördragen som ger den lägsta variationskoefficienten. Minsta arbetsbredd begränsades till 4 meter. Utan denna begränsning skulle lägsta VK erhållas vid en arbetsbredd nära noll.

Den beräknade givan, d.v.s. spridd mängd per ytenhet, gäller vid optimal arbetsbredd och baseras här på de uppsamlade mängderna torrsbstans i lådorna. En mer noggrann metod för bestämning av giva är ett utmatningsprov av helt lass vilket ej var möjligt då mängden tillgänglig aska var för liten.



Figur 6. Bilden visar det simulerade körmönstret vid beräkning av överlappning från intelligande kördrag.

Avvikelser och problem

Få större bioenergianläggningar har varit i drift under 2005/2006 och då huvuddelen av anläggningarna använt havre som energikälla har detta medfört att urvalet av olika askor begränsats och därmed också antalet askprover.

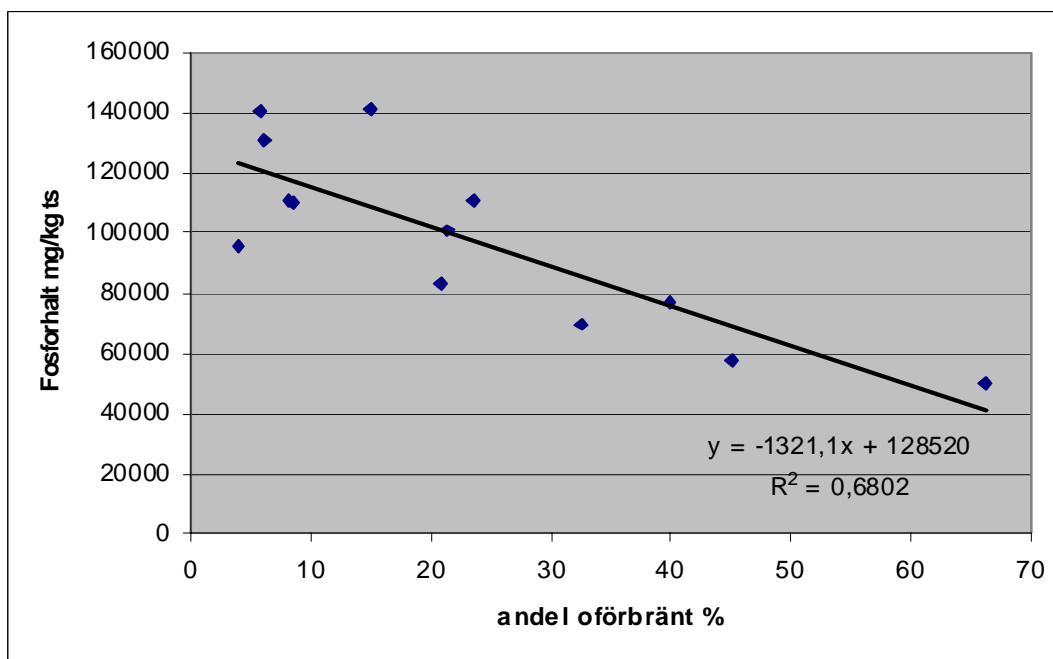
Resultat

Resultat från askprovtagning, kemisk analys

I projektet har 13 bottenaskor från 13 st olika pannor med havrekärna som bränsle analyserats. Resultaten redovisas nedan i tabell 10. Halten oförbränt är varierande vilket tyder på att en del förbränning inte varit helt optimal. Växtnäringshalterna är som väntat höga. Fosforhalten och kaliumhalten är ca 10 % i ts i medeltal. Som framgår av diagrammet i figur 7 följer fosforhalten andelen oförbränt. Variationen är mellan ca 5 och 14 % vilket är av stor betydelse om askan skall användas som gödselmedel. Andelen citratlöslig P är ca 70 % av totala halten vilket medför att vi bör få en god fosforgödningseffekt av havreaska. Magnesiumhalten är ca 4 % i ts medan kalciumhalten är låg. Kalkverkan av havreaska är också mycket låg. Halten av oönskade tungmetaller är generellt mycket låg liksom halten av PAH:er som nästan undantagslöst legat under detektionsgränsen.

Tabell 10. Kemisk sammansättning av bottenaska från havre, 13 st prov.

		medel	Median	standardavv.	Min	Max
Fukthalt	%	1,0	0,8	1,0	0,3	4,1
Oförbränt	% i ts	22,9	20,9	18,6	4	66,2
Fosfor P	mg/kg TS	98277	101100	29833	49800	141100
Fosfor (P) citratlösligt	% i ts	6,5	7,1	1,4	3,5	8
Andel, Citratlöslig P av total		0,68	0,69	0,1	0,52	0,95
Kalcium Ca	mg/kg TS	19277	19100	7849	8400	39200
Kalium K	mg/kg TS	99946	100300	17682	63000	135600
Magnesium Mg	mg/kg TS	40846	42300	12929	18300	60500
Kalkverkan som CaO	% i Ts	7,9	8,5	2,8	2	11,5
Arsenik As	mg/kg TS	< 2,5	< 2,5		< 2,5	2,6
Bly Pb	mg/kg TS	4,8	< 1,0	12,7	< 1,0	47
Bor B	mg/kg TS	< 22	< 22		< 22	26
Kadmium Cd	mg/kg TS	< 0,5	< 0,5		< 0,5	< 0,5
Cd mg Cd/kg P *		5,7	5,1	2,0	3,5	10,2
Koppar Cu	mg/kg TS	70	75	27,9	19	120
Krom Cr	mg/kg TS	8,0	6,9	4,8	2,5	18
Kvicksilver Hg	mg/kg Ts	< 0,05	< 0,05		< 0,05	< 0,05
Nickel Ni	mg/kg TS	20,0	19	13,2	4,4	50
Vanadin V	mg/kg TS	2,9	< 2,5	1,1	< 2,5	6,3
Zink Zn	mg/kg TS	345	300	181	120	860
Acenaften	mg/kg TS		< 0,03		< 0,03	< 0,20
Acenaftylen	mg/kg TS		< 0,03		< 0,03	< 0,20
Antracen	mg/kg TS		< 0,03		< 0,03	< 0,20
Benzo(a)antracen	mg/kg TS		< 0,03		< 0,03	< 0,20
Benzo(a)pyren	mg/kg TS		< 0,03		< 0,03	< 0,20
Benzo(b,k)fluoranten	mg/kg TS		< 0,03		< 0,03	< 0,20
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg TS		< 0,03		< 0,03	< 0,20
Dibenzo(a,h)antracen	mg/kg TS		< 0,03		< 0,03	< 0,20
Fenantren	mg/kg TS		< 0,03		< 0,03	< 0,20
Fluoranten	mg/kg TS		< 0,03		< 0,03	< 0,20
Fluoren	mg/kg TS		< 0,03		< 0,03	< 0,20
Indeno(1,2,3-cd)pyren/	mg/kg TS		< 0,03		< 0,03	< 0,20
Krysen	mg/kg TS		< 0,03		< 0,03	< 0,20
Naftalen	mg/kg TS		0,08		< 0,03	0,49
Pyren	mg/kg TS		< 0,3		0,03	< 0,20
Summa cancerogena PAH	mg/kg TS		< 0,3		< 0,3	< 2,0
Summa övriga PAH	mg/kg TS		< 0,3		< 0,3	< 2,0
* < 0,5 mg/kg ts räknat som 0,5						



Figur 7. Fosforhalten i 13 st askprov från havreeldning i förhållande till andel oförbränt i askan.

Flygaska har i de provtagna pannorna antagits vara en mycket liten andel men har provtagits separat för att se om det finns behov av att särskilja dem p.g.a. höga halter oönskade ämnen. Resultatet från de 9 st provtagna pannorna redovisas i tabell 11. Fosforhalten är högre än för bottenaskan. Även kadmiumnivån är högre men i förhållande till fosforhalten och då flygaskan utgör en så liten andel utgör den inget problem. Även övriga tungmetaller ligger på låga nivåer. PAH-nivån är heller inget problem utom i ett fall med hög andel oförbränt där vi fått mycket höga halter, se maxvärden.

Tabell 11. Kemisk sammansättning av flygaska från havre, 9 st prov.

		Medel	Median	standardavv.	Min	Max
Fukthalt	%	0,8	0,8	0,4	0,4	1,6
Oförbränt	% Ts	14,1	14,4	9,9	3,4	33,8
Fosfor P	mg/kg TS	148978	151200	31511	101200	200800
Fosfor (P) citratlösligt	% i ts	10,6	10	3,3	6,8	16
Andel, Citratlöslig P av total		0,70	0,69	0,1	0,48	0,90
Kalcium Ca	mg/kg TS	10522	9200	7215	1100	21200
Kalium K	mg/kg TS	84356	82000	17767	62300	120800
Magnesium Mg	mg/kg TS	23244	16100	15286	5700	44300
Kalkverkan som CaO i Ts	% Ts	2,4	2,2	4,0	-2,5	7,4
Arsenik As	mg/kg TS	3,2	2,5	1,4	2,5	6,2
Bly Pb	mg/kg TS	7,1	4,2	11,0	1	36
Bor B	mg/kg TS	70	45	76	22	270
Kadmium Cd	mg/kg TS	2,1	2,0	1,3	< 0,5	4,1
Cd mg Cd/kg P *		13,9	12,2	7,6	4,4	26,9
Koppar Cu	mg/kg TS	83	83	19,3	47	110
Krom Cr	mg/kg TS	14,8	6,2	16,9	2,7	50
Kvicksilver Hg	mg/kg Ts	< 0,05	< 0,05		< 0,05	0,079
Nickel Ni	mg/kg TS	26,4	23	17,5	9,3	55
Vanadin V	mg/kg TS	3,4	2,5	2,5	2,5	10
Zink Zn	mg/kg TS	1696	1800	950	100	3400
Acenaften	mg/kg TS		< 0,03		< 0,03	< 0,20
Acenaftylen	mg/kg TS		< 0,03		< 0,03	0,48
Antracen	mg/kg TS		< 0,03		< 0,03	1,3
Benzo(a)antracen	mg/kg TS		< 0,03		< 0,03	3,7
Benzo(a)pyren	mg/kg TS		< 0,03		< 0,03	3,4
Benzo(b,k)fluoranten	mg/kg TS		0,17		< 0,03	26
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg TS		0,07		< 0,03	12
Dibenzo(a,h)antracen	mg/kg TS		< 0,03		< 0,03	1,2
Fenantren	mg/kg TS		0,08		< 0,03	8
Fluoranten	mg/kg TS		0,08		< 0,03	13
Fluoren	mg/kg TS		< 0,03		< 0,03	0,22
Indeno(1,2,3-cd)pyren/	mg/kg TS		< 0,03		< 0,03	12
Krysen	mg/kg TS		< 0,03		< 0,03	6,5
Naftalen	mg/kg TS		0,44		< 0,03	8
Pyren	mg/kg TS		0,09		< 0,03	15
Summa cancerogena PAH	mg/kg TS		0,46		< 0,3	53
Summa övriga PAH	mg/kg TS		0,77		< 0,3	52
* < 0,5 mg/kg ts räknat som 0,5						

Övriga provtagna askor redovisas i tabell 12 a-c. Spannmålsaskorna i tabell 12 a följer resultaten från havreaskorna ganska väl. Halmaskorna har låg fosforhalt i jämförelse med spannmålsaskorna. Askorna från rapshalm har dessutom mycket låg andel citratlöslig fosfor vilket ev. kan kopplas till hög kalciumhalt och CaO-verkan. Askorna från vetehalm har lägre kalciumhalt, låg CaO-effekt men högre andel citratlöslig P. Halten av tungmetaller är fortsatt låg.

Tabell 12a. Kemisk sammansättning av olika enskilda prov av biobränsleaskor i projektet.

	Bränsle						
		vete	vete	vete	korn	hanvre + träpellets	hanvre + träpellets
	Typ	bottenaska	bottenaska	flygaska	bottenaska	bottenaska	flygaska
	Lokal	6. Våring	35 Viby	36 Viby	5. Våring	11. Frötuna	28. Frötuna
Fukthalt	%	0,7	1,3	1,5	0,5	3,9	0,9
Oförbränt	% Ts	63,7	9	17,4	59	7,1	14,6
Fosfor P	mg/kg TS	68500	190000	132000	68300	124900	141300
Fosfor (P) citratlösligt	% i ts	5,7	9,3	13,0	4,8	9,0	14,0
Andel, Citratlöslig P av total		0,83	0,48	0,97	0,70	0,69	0,98
Kalcium Ca	mg/kg TS	7500	24300	18300	8400	21900	11100
Kalium K	mg/kg TS	47300	90200	79200	73400	145700	69600
Magnesium Mg	mg/kg TS	29200	90200	39600	27100	35400	8600
Kalkverkan som CaO i Ts	% Ts	5	17,6	9,3	7,3	7,9	2,5
Arsenik As	mg/kg TS	2,5	2,5	2,5	2,5	2,6	2,5
Bly Pb	mg/kg TS	1,0	1,0	3,5	1,0	1,4	4,6
Bor B	mg/kg TS	22	22	49	22	23	60
Kadmium Cd	mg/kg TS	< 0,5	< 0,51	4,7	< 0,5	0,67	3,8
Cd mg Cd/kg P*		7	3	36	7	5	27
Koppar Cu	mg/kg TS	59	290	200	57	120	58
Krom Cr	mg/kg TS	16	6,4	2,5	53	8,6	21
Kvicksilver Hg	mg/kg Ts	0,045	0,046	0,046	0,045	0,047	0,095
Nickel Ni	mg/kg TS	9,6	2,5	2,5	24	40	21
Vanadin V	mg/kg TS	2,5	2,5	2,5	2,5	2,6	2,5
Zink Zn	mg/kg TS	270	1400	2600	340	1200	1400
Acenaften	mg/kg TS	< 0,1	< 0,03	< 0,03	0,1	< 0,03	< 0,03
Acenaftylen	mg/kg TS	< 0,1	< 0,03	< 0,03	0,1	< 0,03	< 0,03
Antracen	mg/kg TS	< 0,1	< 0,03	< 0,03	0,1	< 0,03	< 0,03
Benzo(a)antracen	mg/kg TS	< 0,1	< 0,03	< 0,03	0,1	< 0,03	< 0,03
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	< 0,1	< 0,03	< 0,03	0,1	< 0,03	< 0,03
Benzo(b,k)fluoranten	mg/kg TS	< 0,1	< 0,03	0,04	0,1	< 0,03	0,22
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg TS	< 0,1	< 0,03	0,07	0,1	< 0,03	< 0,03
Dibenzo(a,h)antracen	mg/kg TS	< 0,1	< 0,03	< 0,03	0,1	< 0,03	< 0,03
Fenantren	mg/kg TS	< 0,1	< 0,03	0,35	0,1	< 0,03	0,14
Fluoranten	mg/kg TS	< 0,1	< 0,03	0,08	0,1	< 0,03	0,09
Fluoren	mg/kg TS	< 0,1	< 0,03	0,05	0,1	< 0,03	< 0,03
Indeno(1,2,3-cd)pyren/	mg/kg TS	< 0,1	< 0,03	< 0,03	0,1	< 0,03	< 0,03
Krysen	mg/kg TS	< 0,1	< 0,03	< 0,03	0,1	< 0,03	< 0,03
Naftalen	mg/kg TS	< 0,1	0,14	2,7	0,1	< 0,03	0,1
Pyren	mg/kg TS	< 0,1	< 0,03	0,06	0,1	< 0,03	< 0,03
Summa cancerogena PAH	mg/kg TS	< 1	< 0,3	< 0,3	1	< 0,3	< 0,3
Summa övriga PAH	mg/kg TS	< 1	< 0,3	3,4	1	< 0,3	0,42

Tabell 12b. Kemisk sammansättning av olika enskilda prov av biobränsleskor i projektet.

		Bränsle				
		rapshalm	rapshalm	rapshalm	rapshalm	rapshalm
	Typ	bottenaska	bottenaska	bottenaska	bottenaska	bottenaska
	Lokal	12. Uvered	19. Kåsentorp	3. Levene	16. Sätenås	18. Kåsentorp
Fukthalt	%	0,1	0,7	0,1	2,9	2,8
Oförbränt	% Ts	1,1	0,8	3,3	11,5	8,4
Fosfor P	mg/kg TS	16000	18100	16000	11300	8800
Fosfor (P) citratlösligt	% i ts	0,2	0,4	0,4	0,5	0,5
Andel, Citratlöslig P av total		0,13	0,21	0,22	0,40	0,57
Kalcium Ca	mg/kg TS	330000	201400	93100	12400	25700
Kalium K	mg/kg TS	53000	61400	110100	99900	94700
Magnesium Mg	mg/kg TS	25000	25200	12000	12400	9100
Kalkverkan som CaO i Ts	% Ts	48,8	34,4	14,3	0,82	4,3
Arsenik As	mg/kg TS	3,4	2,5	2,5	2,6	2,6
Bly Pb	mg/kg TS	3,3	2,3	1,0	1,0	5,7
Bor B	mg/kg TS	430	280	88	23	30
Kadmium Cd	mg/kg TS	0,68	0,84	< 0,5	< 0,5	0,87
Cd mg Cd/kg P *		43	46	31	45	99
Koppar Cu	mg/kg TS	43	20	22	15	16
Krom Cr	mg/kg TS	4,8	3,3	10	9,3	14
Kvicksilver Hg	mg/kg Ts	0,045	0,045	0,045	0,046	0,046
Nickel Ni	mg/kg TS	4,8	2,5	2,5	2,6	2,7
Vanadin V	mg/kg TS	2,5	5,1	2,5	2,6	12
Zink Zn	mg/kg TS	170	62	28	41	53
Acenaften	mg/kg TS	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Acenaftylen	mg/kg TS	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Antracen	mg/kg TS	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Benzo(a)antracen	mg/kg TS	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Benzo(b,k)fluoranten	mg/kg TS	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg TS	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Dibenzo(a,h)antracen	mg/kg TS	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Fenantren	mg/kg TS	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,08
Fluoranten	mg/kg TS	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Fluoren	mg/kg TS	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Indeno(1,2,3-cd)pyren/	mg/kg TS	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Krysen	mg/kg TS	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Naftalen	mg/kg TS	0,05	0,1	0,05	< 0,03	0,94
Pyren	mg/kg TS	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Summa cancerogena PAH	mg/kg TS	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Summa övriga PAH	mg/kg TS	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	1,1

* < 0,5 mg/kg ts räknat som 0,5

I tabell 12 c redovisas resultat från förbränning av havreskal och 4 inaskade prov från olika sorters hampa på en odlingslokal. Askan från havreskalen har en lägre fosforhalt än havrekärnan och tungmetallhalterna och PAH-nivån är låg. De inaskade hampaproven redovisar en lägre fosfor- och kaliumhalt än spannmålsproven. Kadmiumhalten är också något förhöjd. Proven är dock från en odlingslokal så några långtgående slutsatser går inte att dra.

Tabell 12c. Kemisk sammansättning av olika enskilda prov av biobränsleaskor i projektet.

	Bränsle	havreskal	havreskal	havreskal	hampa	hampa	hampa	hampa
	Typ	botten + flyg.	flygaska cyklon	flygaska elfilter	inaskat prov	inaskat prov	inaskat prov	inaskat prov
	Lokal	9. Telgenät	26. Telgenät	27. Telgenät	Epsilon 68	Feodora 17	Felina 34	US031
Fukthalt	%	3,9	5,6	1,0				
Oförbränt	% Ts	4,4	13,7	11				
Fosfor P	mg/kg TS	21900	44500	121200	35000	34000	47000	24000
Fosfor (P) citratlösligt	% i ts	1,3	3,2	13,0				
Andel, Citratlöslig P av total		0,57	0,68	1,06				
Kalcium Ca	mg/kg TS	5600	7200	1300	350000	320000	320000	310000
Kalium K	mg/kg TS	100900	116500	78800	41000	49000	54000	80000
Magnesium Mg	mg/kg TS	12500	10600	2000				
Kalkverkan som CaO i Ts	% Ts	3,8	0,64	-4,2				
Arsenik As	mg/kg TS	2,6	2,6	2,5	3,9	2,9	8,2	2,5
Bly Pb	mg/kg TS	1,1	1,5	6,0	25	17	14	19
Bor B	mg/kg TS	23	44	130	410	370	380	460
Kadmium Cd	mg/kg TS	< 0,5	1,3	2,4	0,8	2,7	3,4	1
Cd mg Cd/kg P		24	29	20	23	79	72	42
Koppar Cu	mg/kg TS	39	30	64	170	200	250	230
Krom Cr	mg/kg TS	9,1	12	13	42	1700	150	37
Kvicksilver Hg	mg/kg Ts	0,047	0,048	0,27	0,045	0,045	0,045	0,045
Nickel Ni	mg/kg TS	16	5,9	51	2,5	280	2,5	2,5
Vanadin V	mg/kg TS	2,6	2,6	2,5	4,8	18	7,6	3,1
Zink Zn	mg/kg TS	260	460	1800	440	400	750	900
Acenaften	mg/kg TS	< 0,1	< 0,2	< 0,2				
Acenaftylen	mg/kg TS	< 0,1	< 0,2	< 0,2				
Antracen	mg/kg TS	< 0,1	< 0,2	< 0,2				
Benzo(a)antracen	mg/kg TS	< 0,1	< 0,2	< 0,2				
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	< 0,1	< 0,2	< 0,2				
Benzo(b,k)fluoranten	mg/kg TS	< 0,1	< 0,2	< 0,2				
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg TS	< 0,1	< 0,2	< 0,2				
Dibenzo(a,h)antracen	mg/kg TS	< 0,1	< 0,2	< 0,2				
Fenantren	mg/kg TS	< 0,1	< 0,2	< 0,2				
Fluoranten	mg/kg TS	< 0,1	< 0,2	< 0,2				
Fluoren	mg/kg TS	< 0,1	< 0,2	< 0,2				
Indeno(1,2,3-cd)pyren/	mg/kg TS	< 0,1	< 0,2	< 0,2				
Krysen	mg/kg TS	< 0,1	< 0,2	< 0,2				
Naftalen	mg/kg TS	< 0,1	< 0,2	< 0,2				
Pyren	mg/kg TS	< 0,1	< 0,2	< 0,2				
Summa cancerogena PAH	mg/kg TS	< 1	< 2	< 2				
Summa övriga PAH	mg/kg TS	< 1	< 2	< 2				

Resultat från askprovtagning, fysikalisk analys

Några av de viktigaste resultaten sammanfattas i tabell 13.

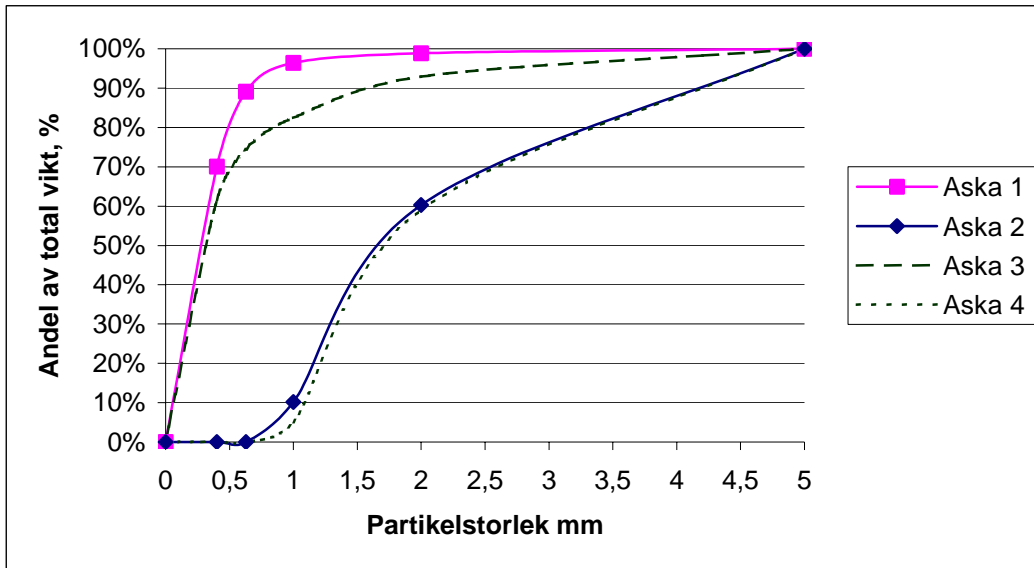
Tabell 13. Resultat från analys av rasvinkel, vattenhalt och volymvikt.

Aska, benämning	Rasvinkel, grader	Vattenhalt, %	Volymvikt, kg/m ³	Volymvikt, skakad, kg/m ³
1	42	1	429	
2	52	32	663	704
3		2	735	
4		35	749	814

Vid mätning av rasvinkel bildade aska nr 1 en hög med vinkeln 42° mot horisontalplanet. Aska nr 2 hade högre vattenhalt än aska nr 1 och därmed för hög inre friktion för att självmant rinna genom den halvcentimeter breda öppningen i provutrustningen. Genom att peta med en kniv rann den igenom och bildade en betydligt brantare rasbrant med vinkeln 52° mot horisontalplanet.

Aska nr 1 höll en vattenhalt på 1 % och aska nr 3 en vattenhalt på 2 %. I fallet med aska 3 var det dock i mitten av högen som detta uppmättes. Det yttre lagret hos aska 3 höll en vattenhalt på ca 10-15 %. Aska nr 2 och 4 höll 32 % respektive 35 % vattenhalt.

Vid siktningen av aska nr 1 och nr 3 var 83-95 % av partiklarna finare än 1 mm. Hos aska nr 2 och 4 var det endast mycket små mängder som trängde igenom en sikt med 1 mm maskvidd. En del aska fastnade också i själva sikten då askan var lätt kletig av den högre vattenhalten. Andelen klumpar över 5 mm var svår att bedöma och därför finns ingen sammanställning över detta. Dock kan nämnas att dessa till största delen var orsakade av fukt i den fuktiga askan. Klumpar i den torra askan var sällsynta. Figur 8 visar den kumulativa partikelstorleksfördelningen hos de analyserade askorna.



Figur 8. Kumulativ partikelstorleksfördelning hos aska. Partiklar större än 5 mm har ej inkluderats.

Observationer för de båda askor som användes vid spridningsförsöken

Askan klumpar lätt ihop vid kontakt med fukt och den fuktiga askan (nr 4) hade ett 20-40 cm förhårdnat ytskikt som bröts sönder i stora block vid lastning av spridarna. Det var därför nödvändigt att krossa dessa block med skopan innan lastning (figur 9). Det var dock svårt att krossa dessa klumpar i tillräckligt små bitar och en klump orsakade därför ett driftstopp i kalkspridaren under testet. Den finare delen av askan hade en struktur liknande fint grus. De i torrt tillstånd mycket små askpartiklarna (<0,4 mm) bildade aggregat med en diameter om ca 1-3 mm. Det fanns inga tendenser till dammbildning vid hanteringen av den fuktiga askan.



Figur 9. Vid lastning av den fuktiga askan var det nödvändigt att krossa de stora block som hade bildats under lagringen på gödselplattan.

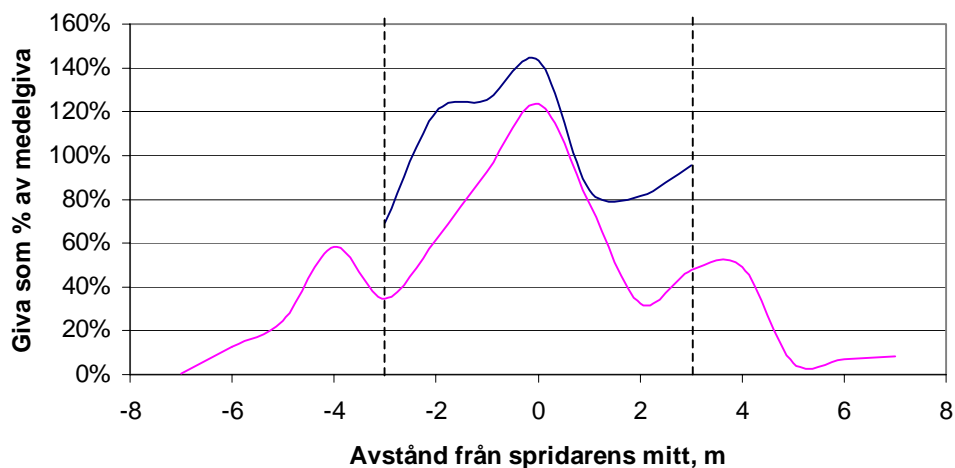
Den torra askan (nr 3) hade utsatts för en del regn under den tid som den lagrats ute och ett tunt lätt förhårdnat ytskikt kunde noteras. Längre in i högen där regnvattnet inte kunnat tränga in var askan mycket fin, torr och dammig.

Resultat av spridartest

En komplett sammanställning av spridarresultaten ges i bilaga 1 a-d. De diagram som visar spridningsjämnheten i det nedanstående avser genomsnitt av tre upprepningar.

Kalkspridare, fuktig aska

Första körningen gjordes med kalkspridaren av fabrikat Bredal lastad med fuktig aska (aska nr 4). Spridningsbilden som genomsnitt av tre upprepningar visas i figur 10. Spridaren uppnådde en kastvidd på ca 14 m med en relativt hög giva direkt bakom spridaren. Spridaren gav en något högre giva på vänster sida om centrumlinjen. Det var en stor differens mellan de tre rader av backar som är underlag till medelvärdet (bilaga 1a). Vid den tredje och sista raden (serie 3) av provbackar var givan rakt bakom spridaren mycket stor och får därmed en stor inverkan på medelvärdet. Den sammanfattande spridningsbilden i figur 10 är därför något osäker.

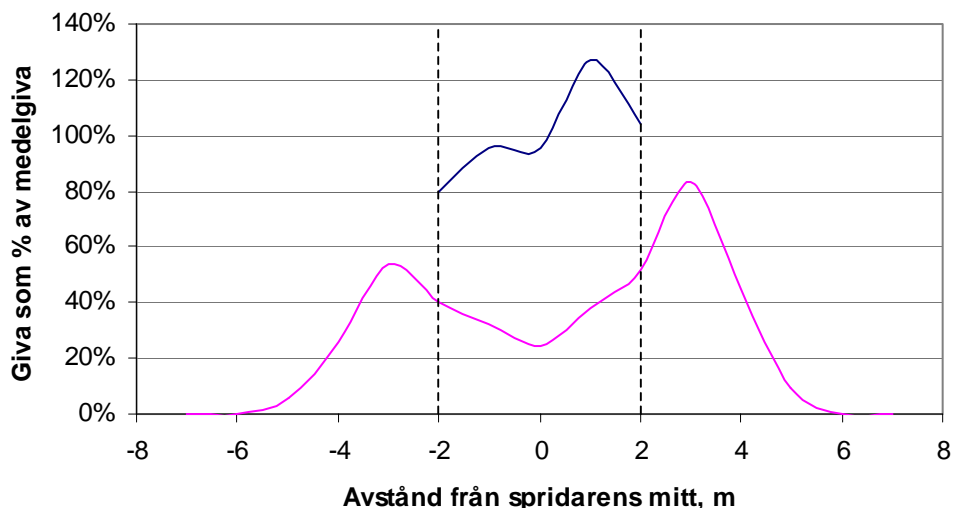


Figur 10. Spridningsbild för kalkspridaren med fuktig aska, genomsnitt av tre upprepningar samt spridningsbild efter överlappning (övre kurvan). Medelgivan uppgick till 2,9 ton ts/ha.

Spridningsjämnheten, uttryckt som VK, var som bäst ca 26 % och uppnåddes vid en arbetsbredd om 6 meter.

Kalkspridare, torr aska

Vid spridningen av den torra askan (aska nr 3) nåddes en mindre kastvidd jämfört med den fuktiga askan. Givan rakt bakom spridaren var liten för att sedan nå sin topp tre meter från spridarens mitt på maskinens bägge sidor och sedan avta någorlunda linjärt ut till tio meters kastvidd (figur 11). Här var differensen mellan de tre upprepningarna (bilaga 1b) mindre än vid spridning av fuktig aska. Denna typ av M-formade spridningsbild lämnar små möjligheter att variera arbetsbredden med bibehållen spridningsjämnhet.



Figur 11. Spridningsbild för kalkspridaren med torr aska, genomsnitt av tre upprepningar samt spridningsbild efter överlappning (övre kurvan). Medelgivan uppgick till 1,8 ton ts/ha.

Spridningsjämnheten, uttryckt som VK, var som bäst ca 17 % och uppnåddes vid en arbetsbredd om 4 meter. Värt att notera är att tillverkaren Bredal rekommenderar omvänd rotationsriktning på spridartallrikarna vid spridning av torra material (se beskrivning av kalkspridare).

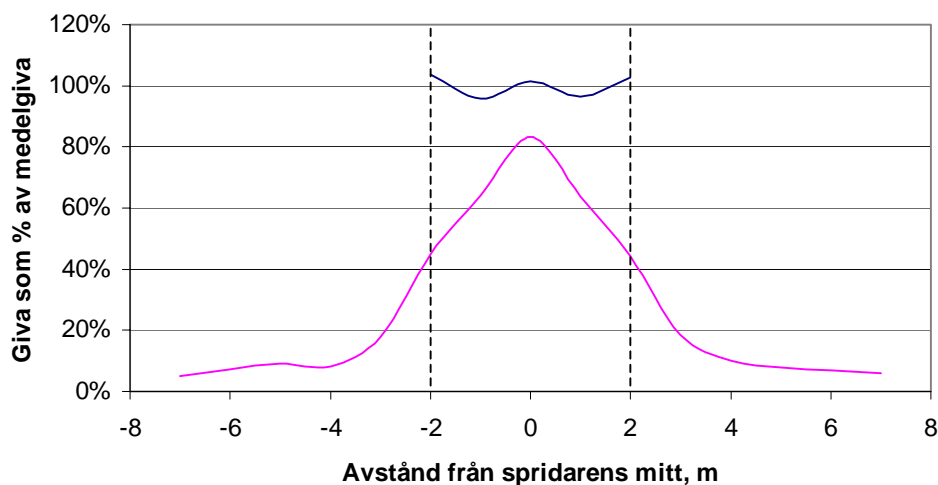


Figur 12. Spridning av torr aska med kalkspridaren. Givan var låg rakt bakom maskinen för att nå maximum 3 m från kördragets centrumlinje. En kraftig dammbildning skedde vid spridningen.

Fastgödselspridare, fuktig aska

Spridaren gav en stor giva rakt bakåt och ett mindre materialflöde åt sidorna (figur 13). Givan var som mest över 7 ton ts/ha. Kastvidden var huvudsakligen 14 m men en del större klumpar nådde en kastvidd om 18 m. Givan avtog mycket kraftigt från centrum ut till 8 meters kastvidd. Vid denna typ av spridningsbild är det ganska lätt

att nå en acceptabel jämnhet efter överlappning, men i detta fall erhöles för stora givor för att vara lämpligt för aska.

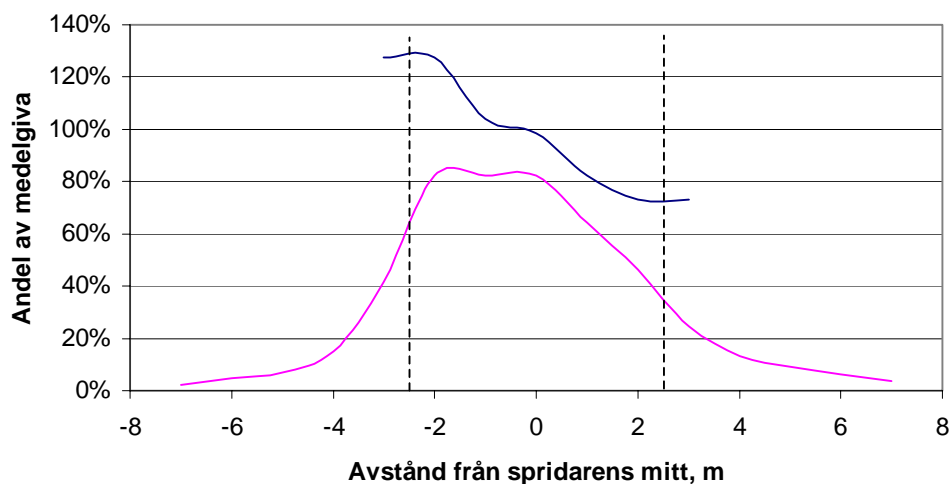


Figur 13. Spridningsbild för fastgödselspridaren med fuktig aska, genomsnitt av tre upprepningar samt spridningsbild efter överlappning (övre kurvan). Medelgivan uppgick till 8,8 ton ts/ha

Spridningsjämnheten, VK, var som bäst ca 7 % och uppnåddes vid en arbetsbredd om 4 meter. För ytterligare information se bilaga 1c.

Fastgödselspridare, torr aska

Spridningsbilden liknade den för spridning av fuktig aska men i likhet med kalkspridaren så var kastvidden mindre för den torra askan (figur 14). Spridningsbilden var något förskjuten åt vänster vilket förmodligen var ett resultat av ojämn lastning i spridaren. I likhet med spridning av den fuktiga askan så gav spridaren för höga givor.



Figur 14. Spridningsbild för fastgödselspridaren med torr aska, genomsnitt av tre upprepningar samt spridningsbild efter överlappning (övre kurvan). Medelgivan uppgick till 6,6 ton ts/ha.

Spridningsjämnheten, VK %, var som bäst ca 20 % och uppnåddes vid en arbetsbredd om 5 meter. På grund av den sidoförskjutna spridningsbilden och körningar fram och tillbaka drag vid drag erhöles en snedfördelad spridningsbild efter överlappning. För ytterligare information se bilaga 1d.



Figur 15. Spridning av fuktig aska med fastgödselspridaren. Det uppmättes en relativt stor giva rakt bakom maskinen.

Arbetsbreddens inverkan på spridningsjämnhet och giva.

I tabell 14 redovisas resultat för samtliga spridare vid arbetsbredder mellan 4 och 8 m.

Tabell 14. Arbetsbreddens inverkan på spridningsjämnhet och giva.

Spridare	Aska	Effektiv arbetsbredd, m	Variationskoefficient, %	Giva ton ts/ha
Kalkspridare	Fuktig	4	34	4,3
		5	27	3,5
		6	26	2,9
		7	29	2,5
		8	35	2,2
Kalkspridare	Torr	4	17	1,8
		5	40	1,4
		6	63	1,2
		7	58	1,0
		8	45	0,9
Fastgödselspridare	Fuktig	4	7	8,8
		5	14	7,0
		6	29	5,8
		7	41	5,0
		8	47	4,4
Fastgödselspridare	Torr	4	25	8,2
		5	20	6,6
		6	23	5,5
		7	30	4,7
		8	42	4,1

Diskussion och effekter

Kemisk sammansättning

De provade spannmålsaskorna har undantagslöst visat sig ha mycket låga halter av tungmetaller och organiska föreningar i form av PAH:er. Växtnäringsinnehållet är mycket högt och askan kan här närmast jämföras med en mineralgödsel med 10 % P och 10 % K. Fosfors tillgänglighet är också ganska god då andelen citratlöslig P är ca 70 %. För att inte få alltför höga växtnäringskoncentrationer och för att utnyttja denna resurs på bästa sätt bör inte mer än ca 1 – 2 ton ts spridas per gödsling. Denna askgiva kommer då att räcka ca 4-8 år. Kalkeffekten av spannmålsaskorna är generellt mycket låg.

Halmaskan har naturligt lägre halter av fosfor. Tungmetallerna eller PAH-nivåerna ställer inte heller här till några problem för användning som gödselmedel. Tillgängligheten för fosfor i askorna från rapshalm bör dock undersökas närmare för att klargöra möjligheten för fosfor att frigöras. Antalet halmaskor i projektet är relativt litet men resultaten sammanfaller med danska erfarenheter (Hansen, 2004).

De undersökta flygaskorna har inte heller uppvisat sådana förhöjningar av tungmetallhalter som motiverar att de skulle särbehandlas.

Sammanfattningsvis har vi inte hittat några problem för återförande av spannmåls- eller halmaskor till odlingsmark beträffande innehåll av oönskade ämnen. En förutsättning för gott utnyttjande är att de kan spridas i tillräckligt små mängder.

Burvall (1997) anger i en undersökning av vårskördad rörflen som bränsleråvara tungmetallhalter som indikerar att askinnehållet kommer att bli något högre än för spannmålsaskor. Sannolikt kommer ex. kadmiumnivån i förhållande till tillförd växtnäringsmängd att vara acceptabel även här.

Askor från spannmål, halm och gräs uppvisar därmed egenskaper som gör dem lämpliga som gödselmedel på åkermark. De värden på exempelvis kadmium och växtnäringsämnen i skogsbränsle som anges av Burvall (1997) och Strömberg (2004) indikerar att tungmetallnivåerna i förhållande till växtnäringsinnehållet blir mycket högt. Exempelvis bör Cd-halten bli ca 700-800 mg/ kg P i skogsbränsle istället för de 5-50 mg som vi konstaterar i åkerbränsleaskor i projektet. Det bör därför vara viktigt att kategorisera askor efter ursprung och innehåll när vi diskuterar möjligheter att använda askor som gödselmedel på åkermark.

Variationer i halter av växtnäringsämnen i åkerbränsleaskor är stor. För att veta gödselgivan är en aktuell askanalys nödvändig. Analys av fosfor, kalium, magnesium, kalkverkan och andel citratlöslig fosfor (P) torde vara tillräcklig om det är en ren aska av spannmål eller halm.

Fysikaliska egenskaper och spridningsresultat

Aska är ett svårt material att karakterisera då de fina partiklarna klumpar ihop sig vid kontakt med vatten. I torrt tillstånd har askan god förmåga att rinna men är samtidigt otrevlig att handskas med p.g.a. dammbildningen. Askan från havre verkar inte skilja sig nämnvärt från halmaska beträffande partikelstorlek. Troligtvis har förbränningsförloppet en minst lika stor inverkan på askans karaktär som dess ursprung.

Vid analys av rasvinkel hade teknik för analys av stallgödsel varit mer lämplig (Malgeryd, 1996). Då låter man aska i en 1,3 m³ stor behållare släppas ner på en plan yta från 1,75 meters höjd. Denna utrustning var emellertid ej tillgänglig vid detta försök.

Beträffande siktning av aska så fungerade denna metod väl för torr aska. Däremot var det problem med den fuktiga askan då den till viss del fastnade i siktarnas undersida. Samtidigt så är det just fukten som ger askan dess aggregatstruktur och att först torka askan för att sedan sikta den skulle inte ha givit några rättvisande resultat då aggregaten smulats sönder.

Beträffande spridningsresultaten är det svårt att ange vad som kan anses bra respektive dåligt. I tabell 9 visas bedömningsgrader för konstgödselspridning där VK >20 % anses som dåligt. Huruvida denna gräns är relevant för aska är naturligtvis diskutabelt ur ett flertal synvinklar. Askan innehåller inget kväve och därmed finns ingen risk att en ojämn spridning skulle leda till problem med varierande proteinhalt och liggsäd. I denna studie stod små givor och jämn spridning i ett motsatsförhållande till varandra vilket visas tydligt i tabell 14. Jämfört med tidigare resultat (Flodén, 1995) så var givorna lägre i detta försök vilket var positivt men då bör läsaren ha i åtanke att framkörningshastigheten i detta försök var 15 km/h mot 5 km/h för den äldre studien av fastgödselspridare.

Kalkspridaren lastad med torr aska var den enda som lyckades nå en giva på under 2 ton ts/ha i kombination med en VK på mindre än 20 % vilket skedde vid en arbetsbredd om 4 meter. Dock finns det förmodligen möjlighet att nå en mycket jämnare spridning efter det att maskinerna justerats in bättre.

Kalkspridaren gav med fuktig aska ett hög giva rakt bakåt. Med den torra askan var problemet det motsatta. Störst giva nåddes tre meter från spridarens centrum. Värt att notera är att spridaren var inställd för "off center" spridning vilket betyder att spridartallrikarna "kastar åt varsitt håll". Enligt Bredal ska denna inställning användas för fuktigt material. Vid konstgödselspridning och spridning av torr kalk ska tallrikarna kasta mot varandra, "center line". Detta hade sannolikt passat även för torr aska.

Kalkspridaren hade gemensam drivning av tallrikar och bottenmatta. En sänkt hastighet på bottenmattan resulterade därför i lägre hastighet på spridartallrikarna vilket troligtvis påverkade spridningsjämnheten negativt. Att sänka den spårstyrda luckan vid utmatningen för att minska givan var ej ett alternativ då det förmodligen hade resulterat i driftstörningar p.g.a. ojämnt flöde av askan.

I fallet med kalkspridaren så behöver tid läggas på att prova olika inställningar på spridartallrikarna i längdsled samt att prova med ändrad rotationsriktning och högre hastighet på tallrikarna. En nyare spridare med möjlighet att ställa utmatningshastighet oberoende av spridartallrikarnas varvtal torde möjliggöra större kastvidd och lägre giva vilket möjliggör större överlappning och därmed jämnare spridning.

Med fastgödselspridaren lastad med fuktig aska uppnåddes en VK på 7 % men vid en arbetsbredd om endast 4 meter vilket resulterade i en giva på ca 8,8 ton/ha. Enligt en entreprenör som sprider kalk med en spridare av samma modell går det att komma ned i givor runt 3 ton/ha vid kalkspridning (Pettersson, pers. medd., 2006). I detta test var bottenmattans hastighet för hög. Vid sänkt hastighet på mattan är det dock viktigt att inte utmatningen blir ojämn då bottenmattan består

av medbringare som kan resultera i ett något stötvis materialflöde. Fastgödselspridaren nådde större kastvidder än kalkspridaren vilket troligtvis berodde på att kalkspridarens spridartallriker kördes med reducerat varvtal. En stor fördel med fastgödselspridaren var att den visade sig mindre känslig för klumpar i askan än kalkspridaren då fastgödselspridaren hade en större utmatningsöppning samt rivarvalsar för sönderdelning av det material som skulle spridas.

De bägge provade spridartyperna har förmodligen potential att fungera vid stor-skalig spridning av aska framförallt om fler inställningsmöjligheter finns. Utrustning som vågceller och dator för styrning av utmatningshastighet kan också underlätta inställningen av maskinerna för att nå rätt givor.

För att möjliggöra en jämn spridning av askan är det också viktigt att lägga vikt vid hur den lagras. Torr aska har nackdelen att den dammar och kan vara svår att sprida brett. Torr aska innehåller också reaktiva oxider som kan utgöra en hälso-risk (Hadders & Flodén, 1997). Om askan lagrats ute utan täckning är de stora blocken som bildas ett problem då de är svåra att krossa och askans heterogenitet kan orsaka ojämnt materialflöde. Samtidigt gör den högre vattenhalten att de finaste askpartiklarna binds samman vilket hindrar damm och möjliggör en större kastvidd. Ett sätt att lösa problemet med klumpar och block skulle kunna vara att lastartraktorn är utrustad med en ”rivarskopa” av fabrikat Allu eller motsvarande. Den aktuella typen av utrustning har en bakstam försedd med rivarvalsar som skulle kunna finfördela större block av aska. Lastning och sönderdelning sker alltså i samma moment.

Slutsatser

Aska från spannmål bör användas som en växtnäringsresurs i lantbruket och vara en del av kretsloppet.

Växtnäringsinnehållet från havreaska kan i stora drag jämföras med en mineralgödsel med ett innehåll av 10 % fosfor (P) 10 % kalium (K) och 4 % magnesium (Mg). Kalkverkan är generellt sätt liten av aska från spannmål.

Vid spridning av spannmåls aska i större mängder bör en analys av växtnäringsinnehållet finnas som underlag för spridningsmängder framför allt med avseende på fosfor, kalium och magnesium.

Kalkspridaren lastad med torr aska var den maskin som lyckades ge givor inom det uppsatta målet 1-2 ton ts/ha och med en acceptabel spridningsjämnhet. Men torr aska begränsar arbetsbredden hos maskinen och det är möjligt att väl omblandad fuktig aska fungerar bättre då större kastvidd möjliggör större överlappning och därmed jämnare spridning. Dessutom var dammbildningen vid spridning och lastning av den torra askan avsevärd vilket kan vara negativt ur arbetsmiljösynpunkt.

Bäst spridningsjämnhet gav stallgödselspridaren med fuktig aska men givorna var allt för höga (> 8 ton ts/ha) för att vara intressanta.

Vid ytterligare studier bör spridarna placeras på en provramp där uppsamlingsbackar kan placeras över hela arbetsbredden. Metodiken i detta försök gav för lite information om spridningsbilden framförallt rakt bakom maskinen.

För att lyckas med spridning av aska krävs kunskaper om maskinens inställningsmöjligheter och hur dessa påverkar spridningsbilden samt att tid finns för att hitta korrekta inställningar.

Förslag på fortsatta insatser

För nyttan att återföra askor till åkermark och värdet därav behöver fosfors tillgänglighet i olika askor klarläggas. I projektet har vi endast visat på stora skillnader i citratlöslighet vilket också indikerar stora skillnader i löslighet åtminstone på kort sikt.

Frågan kring jämn spridning i tillräckligt små mängder för att ge en effektiv och miljömässigt god gödsling med aska är heller inte nöjaktigt löst. Framförallt krävs att spridare med ytterligare inställningsmöjligheter utvärderas för att kunna avgöra maskinernas lämplighet för spridning av aska.

Referenser

- Burvall J., 1997. Rörflen som bränsleråvara, Fakta Teknik nr 1, SLU.
- Flodén S., 1995. Spridning av aska från stråbränsle med spridare för stallgödsel. En orienterande studie av tre spridare. Institutet för jordbruks- och miljöteknik, rapport 211. Uppsala.
- Hadders G. & Flodén S., 1997. Spridning av aska från stråbränslen på åkermark. Förutsättningar och rekommendationer. Institutet för jordbruks- och miljöteknik, rapport 234. Uppsala.
- Hansen M., 2004. Separation og genanvendelse af aske fra biobraendselanlaeg, Miljöministeriet. Miljöprojekt nr 962,
- Larsson S., Örberg H., Kalén G. & Thyrel M., 2006. Rörflen som energigröda BTK-rapport 2006:11.
- Maskinprovningarna, 1993. Konstgödselspridare Rauch Beta 1100 M. Meddelande 3387. Statens maskinprovningar.
- Strömberg B., 2004. Bränslehandboken, VÄRMEFORSK Service AB.
- Samuelsson H., 2001. Rekommendationer vid uttag av skogsbränsle och kompensationsgödsling Skogsstyrelsen Meddelande 2-2001.

Regelverk, förordningar och meddelande

- Miljöbalken 2 kap. allmänna hänsynsregler.
- Miljöbalken 12 kap, § 7-10 om miljöhänsyn i jordbruket.
- Miljöbalken 12 kap, § 15 hantering av avfall .
- SJVFS 2004:62, 2005:74 Statens jordbruksverks föreskrifter om miljöhänsyn i jordbruket vad avser växtnäring med tillhörande allmänna råd 2005:1.
- SNFS 1994:2 Naturvårdsverkets föreskrift om skydd för miljön, särskilt marken när avloppsslam används i jordbruket.
- SFS 2001:1063. Avfallsförordning.
- Meddelande 2001:2 Skogsstyrelsens regler om spridning av aska från skoglig råvara.
- SFS 1984:409, Lag (1984:409) om skatt på gödselmedel.
- SFS 1998:944 Förordning om förbud m.m. i vissa fall i samband med hantering, införsel och utförsel av kemiska produkter.

Personliga meddelanden

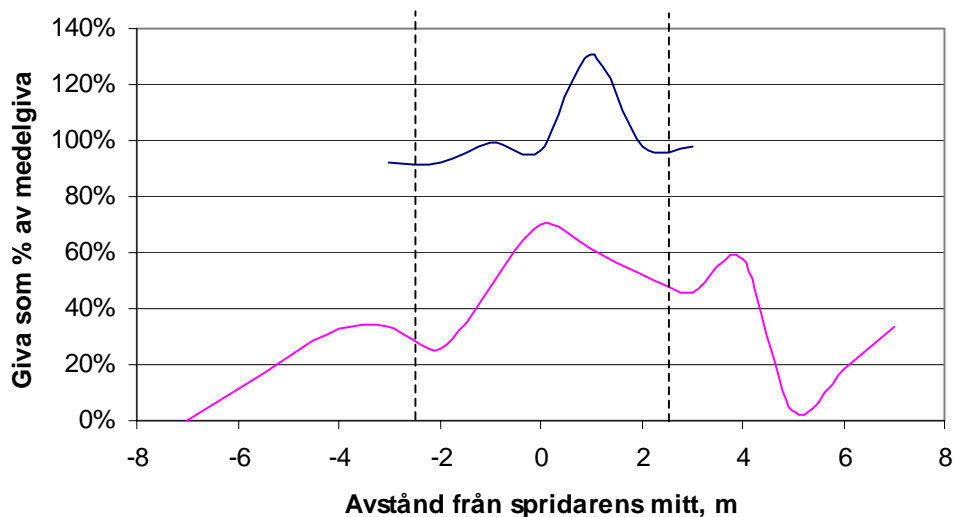
- Hansson P. 2006. Per Hanssons maskinstation, Rydsgård.
- Pettersson M. 2006. Kungsgården HB, Kungsör.
- Thuresson K. 2005. Bedömning av asksamråd.

Övrig litteratur

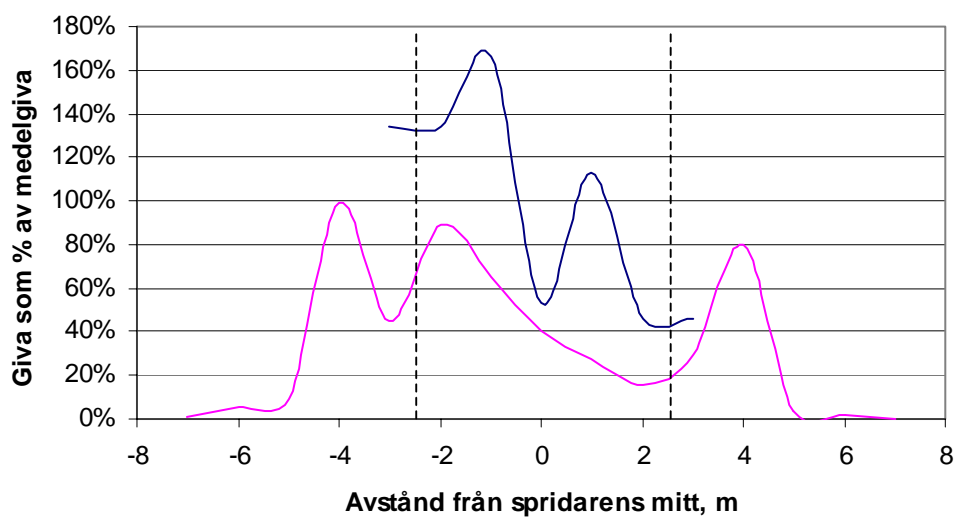
- Bernesson S. & Nilsson D., 2005. Halm som energikälla Rapport, 2005:07 SLU.
- Bohlin F. & Mårtensson K., 2004. Askåterföring till skog, vardande blir verklighet. Rapport nr 11, Institutionen för skogens produkter och marknader.
- Hjalmarsson A., Bjurström H. & Sedendahl K., 1999. Handbok för restprodukter från förbränning.
- Jansdotter J., 2003. Characterisation of organic materials from incineration residues Örebro University.

Bilaga 1a. Spridning av fuktig aska med kalkspridare av fabrikat Bredal

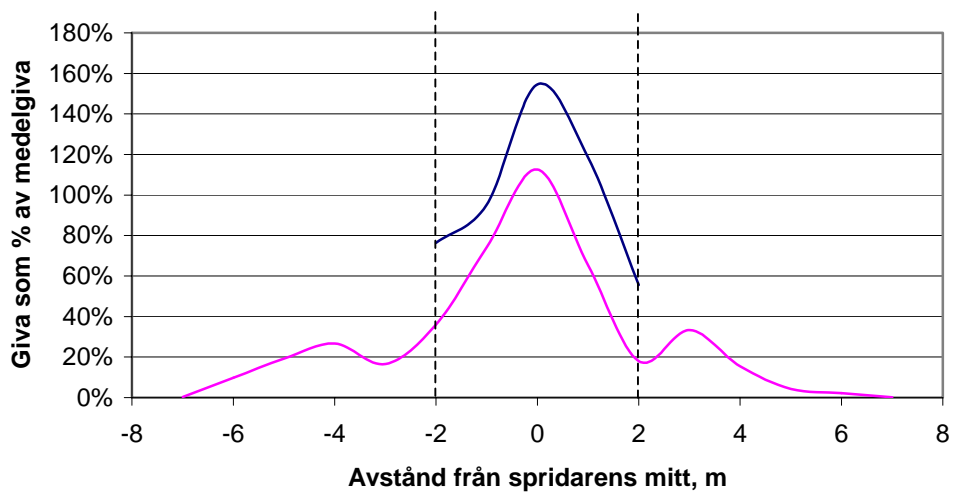
Spridningsbild för enskilt kördrag (undre kurvan) samt inklusive överlappning från intilliggande kördrag (övre kurvan).



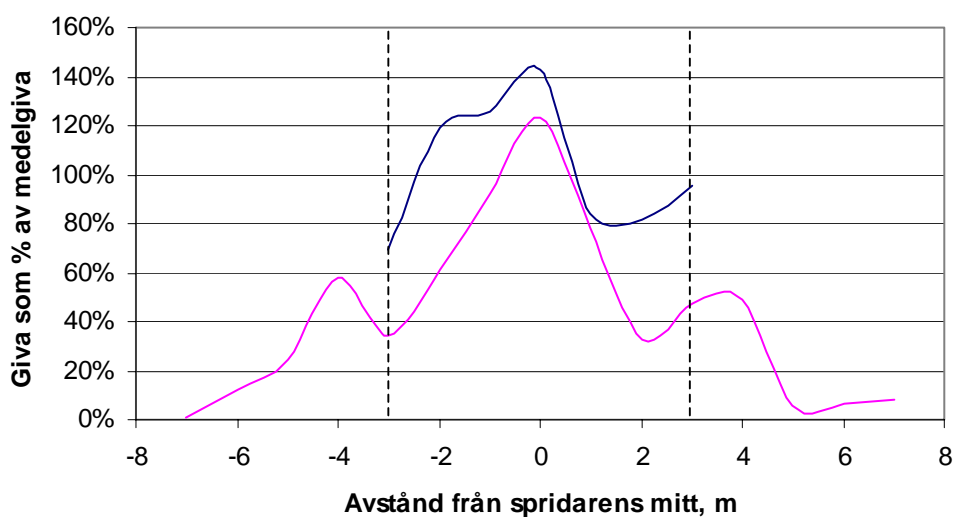
Figur 16. Serie 1, optimal arbetsbredd 5 m, VK 14 %, medelgiva 2,1 ton ts/ha.



Figur 17. Serie 2, optimal arbetsbredd 5 m, VK 46 %, medelgiva 2,4 ton ts/ha.



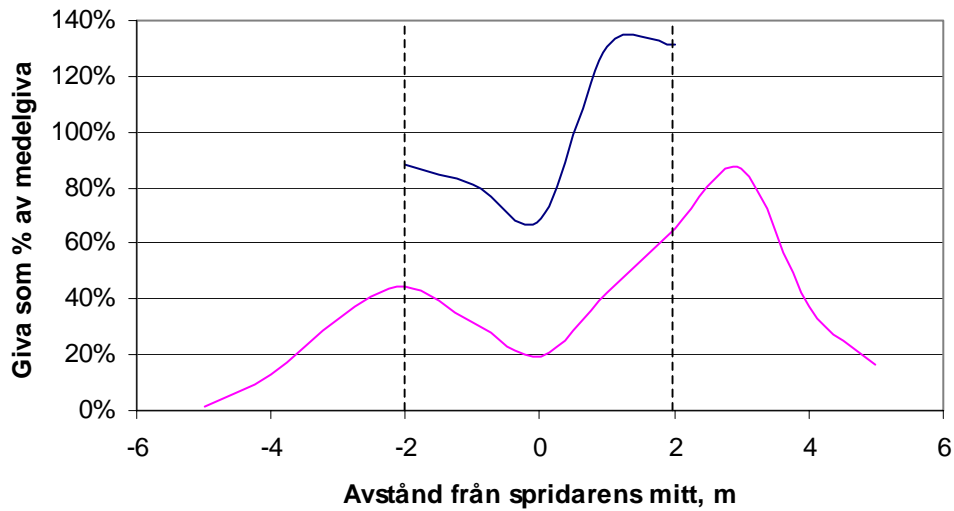
Figur 18. Serie 3, optimal arbetsbredd 4 m, VK 38 %, medelgiva 7,4 ton ts/ha.



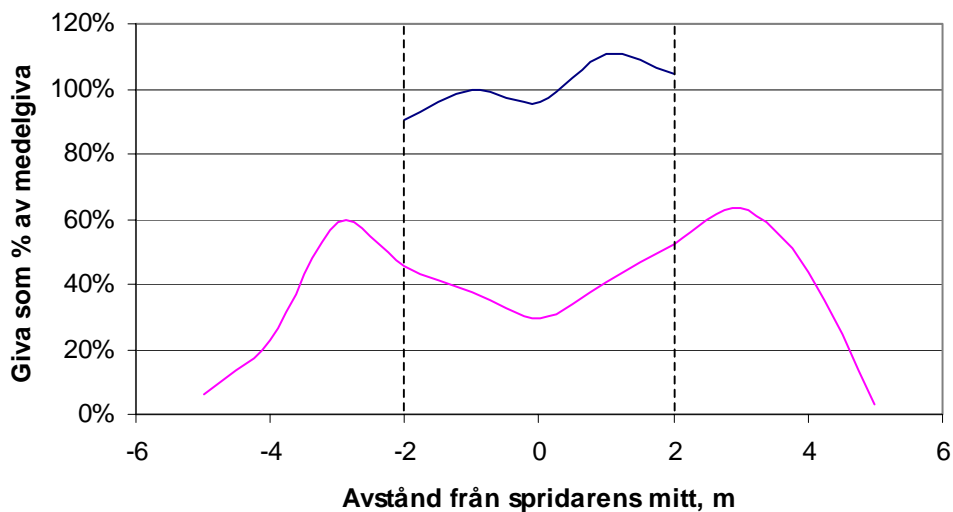
Figur 19. Medelvärde av Serie 1-3. Optimal arbetsbredd 6 m, VK 26 %, medelgiva 2,9 ton ts/ha.

Bilaga 1b. Spridning av torr aska med kalkspridare av fabrikat Bredal

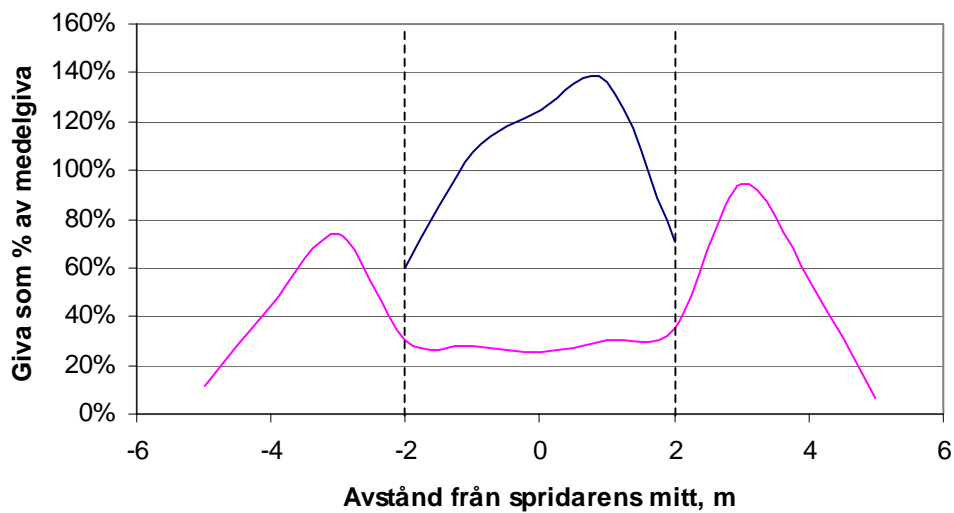
Spridningsbild för enskilt kördrag (undre kurvan) samt inklusive överlappning från intilliggande kördrag (övre kurvan).



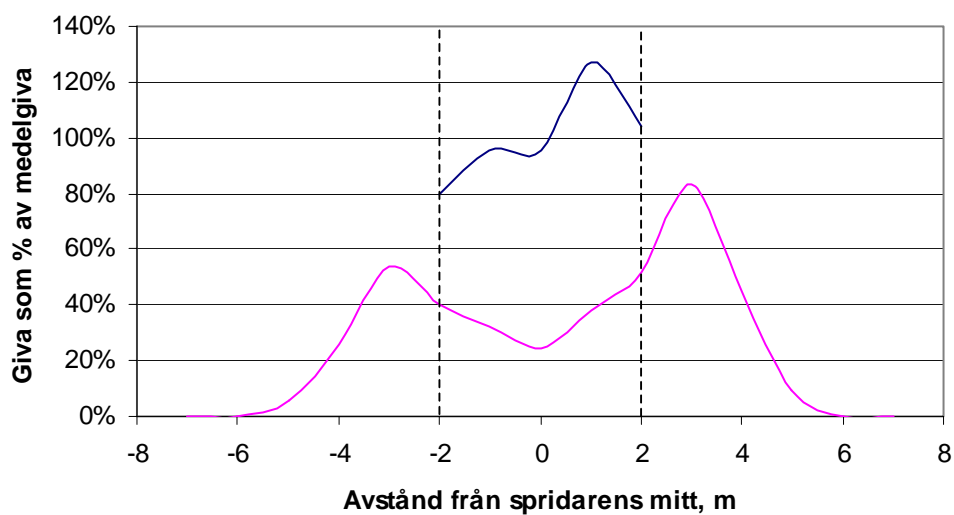
Figur 20. Serie 1, optimal arbetsbredd 4 m, VK 29 %, medelgiva 2,1 ton ts/ha.



Figur 21. Serie 2, optimal arbetsbredd 4 m, VK 8 %, medelgiva 1,5 ton ts/ha.



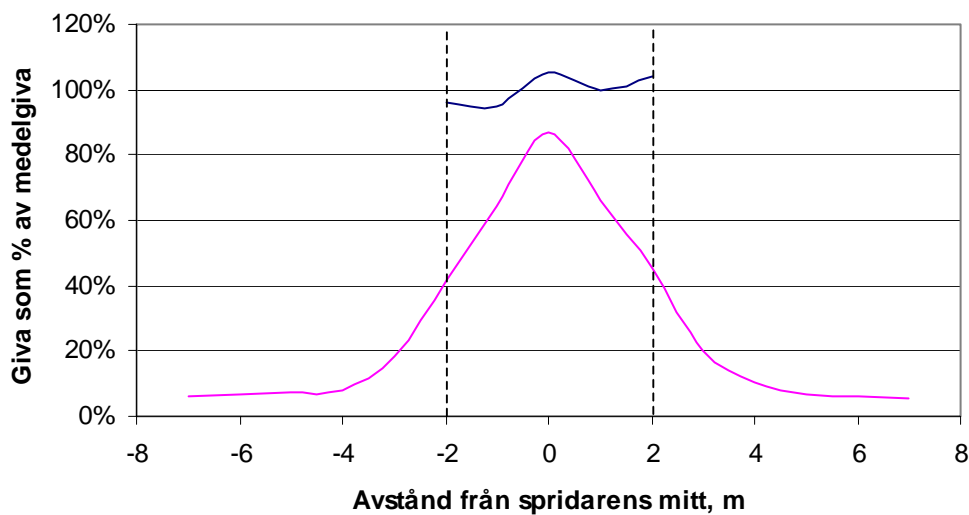
Figur 22. Serie 3, optimal arbetsbredd 4 m, VK 33 %, medelgiva 1,8 ton ts/ha.



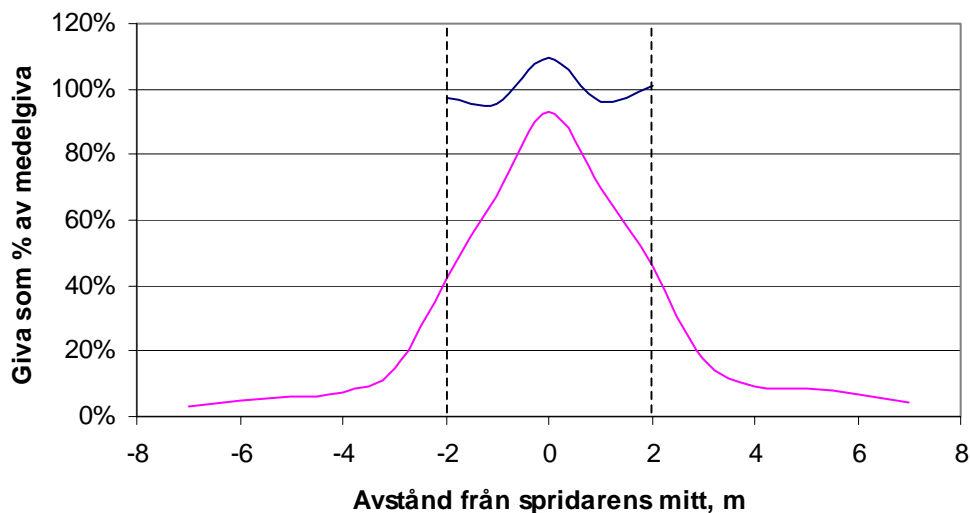
Figur 23. Medelvärde av Serie 1-3. Optimal arbetsbredd 4 m, VK 17 %, medelgiva 1,8 ton ts/ha.

Bilaga 1c. Spridning av fuktig aska med fastgödselspridare av fabrikat Bergmann

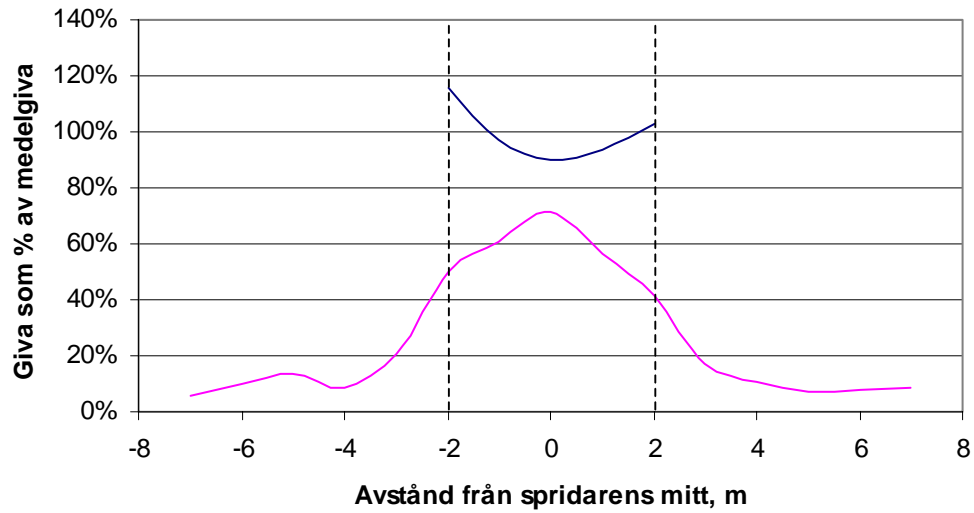
Spridningsbild för enskilt kördrag (undre kurvan) samt inklusive överlappning från intilliggande kördrag (övre kurvan).



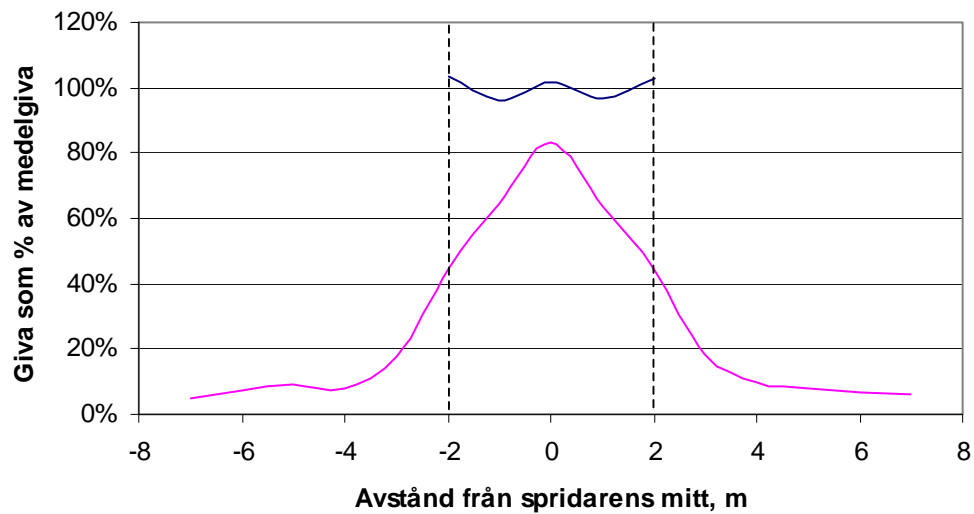
Figur 24. Serie 1, optimal arbetsbredd 4 m, VK 5 %, medelgiva 8,1 ton ts/ha.



Figur 25. Serie 2, optimal arbetsbredd 4 m, VK 6 %, medelgiva 8,7 ton ts/ha.



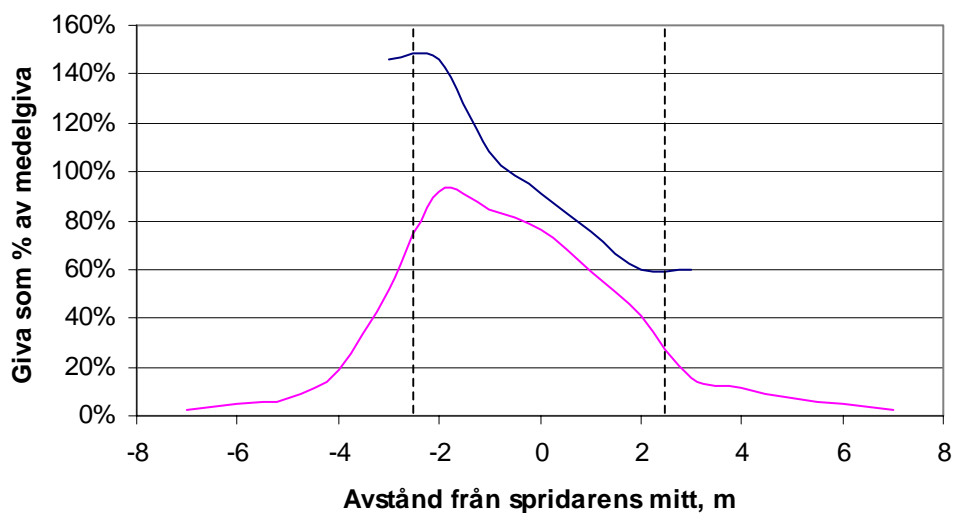
Figur 26. Serie 3, optimal arbetsbredd 4 m, VK 10 %, medelgiva 9,4 ton ts/ha.



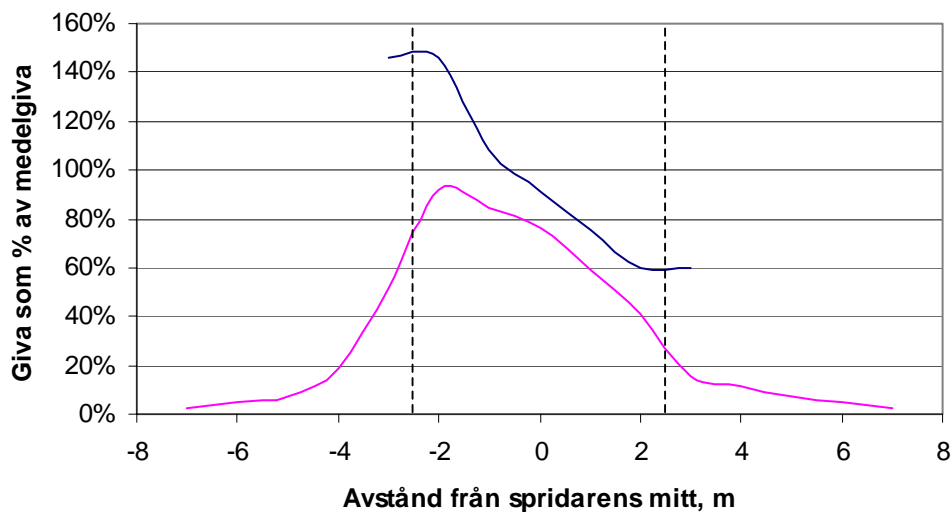
Figur 27. Medelvärde av Serie 1-3. Optimal arbetsbredd 4 m, VK 4 %, medelgiva 8,7 ton ts/ha.

Bilaga 1d. Spridning av torr aska med fastgödselspridare av fabrikat Bergmann

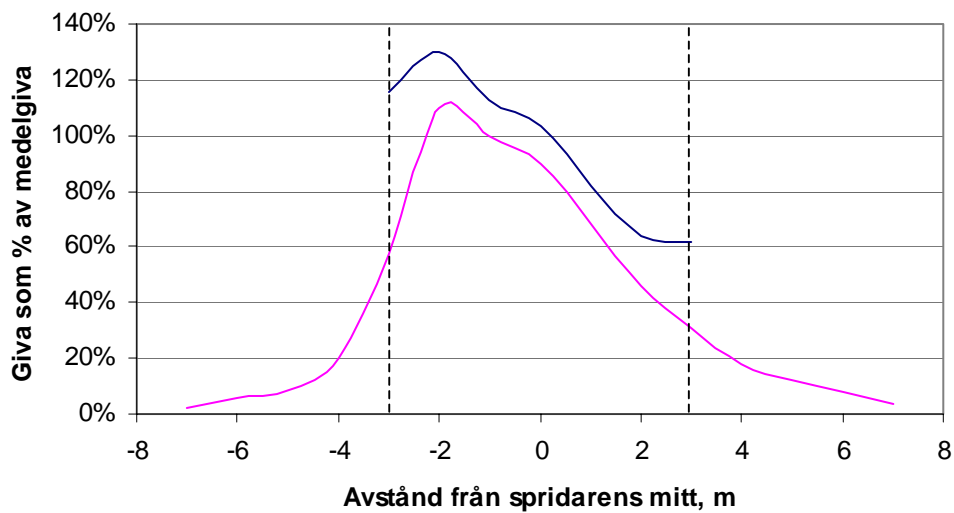
Spridningsbild för enskilt kördrag (undre kurvan) samt inklusive överlappning från intilliggande kördrag (övre kurvan).



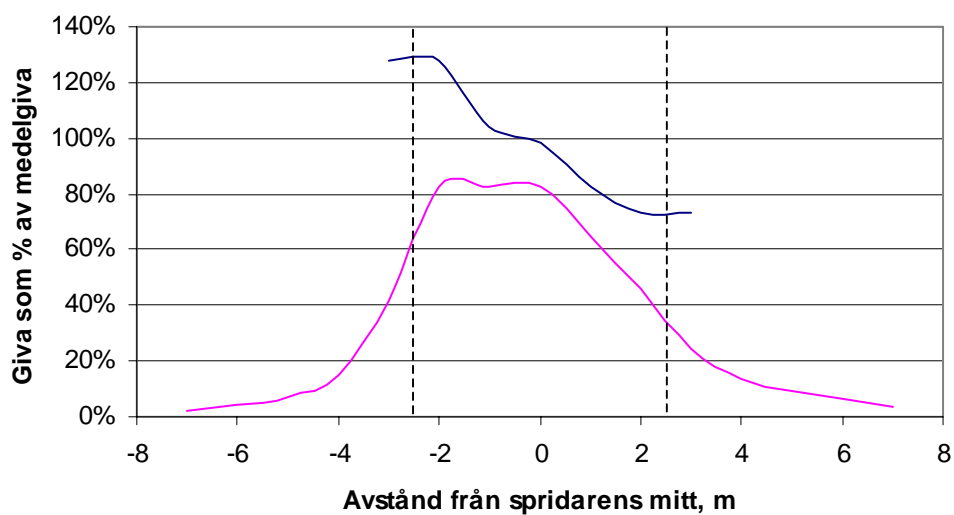
Figur 28. Serie 1, optimal arbetsbredd 5 m, VK 7 %, medelgiva 7,7 ton ts/ha.



Figur 29. Serie 2, optimal arbetsbredd 5 m, VK 31 %, medelgiva 5,7 ton ts/ha.



Figur 30. Serie 3, optimal arbetsbredd 6 m, VK 28 %, medelgiva 5,8 ton ts/ha.



Figur 31. Medelvärde av Serie 1-3. Optimal arbetsbredd 5 m, VK 19 %, medelgiva 6,8 ton ts/ha.

JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik...

... är ett industriforskningsinstitut som forskar, utvecklar och informerar inom områdena jordbruks- och miljöteknik samt arbetsmaskiner. Vårt arbete ger dig bättre beslutsunderlag, stärkt konkurrenskraft och klokare hushållning med naturresurserna.

Vi publicerar regelbundet notiser på vår webbplats om aktuell forskning och utveckling vid JTI. Du får notiserna hemskickade gratis om du anmäler dig på www.jti.se

På webbplatsen finns även publikationer som kan läsas och laddas hem gratis, t.ex.:

JTI-informerar, som kortfattat beskriver ny teknik, nya rön och nya metoder inom jordbruk och miljö (4-5 teman/år).

JTI-rapporter, som är vetenskapliga sammanställningar över olika projekt.

Samtliga publikationer kan beställas i tryckt form. JTI-rapporterna och JTI-informerar kan beställas som lösnummer. Du kan också prenumerera på JTI-informerar.

*För trycksaksbeställningar, prenumerationsärenden m.m.,
kontakta vår publikationstjänst (SLU Service Publikationer):*

tfn 018 - 67 11 00, fax 018 - 67 35 00

e-post: bestallning@jti.se



JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

JTI – Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering

Box 7033, 750 07 UPPSALA Telefon: 018 - 30 33 00

Besöksadress: Ultunaallén 4 Telefax: 018 - 30 09 56

Webbplats: www.jti.se