

# Simuleringsstudie av ny metod för askåterföring

Simulation study of new method for ash recycling



FOTO: DALA SKOGSVITALISERING

# Summary

The aim of the project was to identify cost-effective proposals regarding logistics and spreading when returning bio-ash to forest soils, thereby closing the cycle in biofuel harvest. The analysis focused on a method for spreading ash in direct connection with forwarding of residues, using the forwarder as a base machine. The method is expected to reduce start-up costs, thereby enabling ash to be applied on smaller forest areas than is the case today.

Machine utilisation rates are also expected to increase, providing that ash can be spread during periods of the year when residues are not being forwarded.

The potential of the system was analysed using a simulation model of the work of the forwarder when ash spreading is combined with forwarding of harvesting residues. Data was collected from time studies, interviews, literature and operational data from sites where residues had been forwarded. An interview study provided information about transporting ash to landings, including alternative transport solutions when crushed ash is replaced with granules.

The results from the analyses show that the proposed system is competitive compared with today's specialised ash spreader. The analysis indicated a potential increase in annual margin from -0.8 to 10 percent when ash was spread on half of the forwarding sites, compared to when forwarding was the only activity. For all scenarios where activities were combined, a season with only spreading of ash was added to increase machine utilisation. Spreading ash on approximately half of the sites from which residues are forwarded is a reasonable assumption, since approximately half of the sites are too small for an open container of ash. Smaller quantities of ash can be transported, but this increases the costs.

Interviews with forest officials responsible for planning and transport of ash indicated that the logistics would not be changed noticeably by a switch to granulated ash. This applies in cases where the ash is tipped onto the ground. However, in cases where a container of ash is transported and placed on the landing to reduce leaching, a granule-based system could justify a new type of handling, because leaching of granules is not expected to be a problem. Such a system would be expected to considerably reduce costs. A granular form would also enable the ash to be delivered directly from producer to forest site without storage at a terminal, which would significantly simplify the logistics.

# Förord

Projektet har finansierats av Energimyndigheten och det svenska skogsbruket. En projektgrupp med representanter från Sveaskog, E.ON, Mellanskog och Skogsstyrelsen har arbetat tillsammans med Skogforsk för att ta fram data och kunskapsunderlag för arbetets genomförande. Vi har också fått hjälp med expertkunskaper av Dala Skogsvitalisering.

Författarna riktar ett stort tack till dessa finansiärer och samarbetspartners.

Uppsala 2018-12-20

Johanna Enström & Tomas Johannesson

# Innehåll

Summary.....	2
Förord .....	3
Sammanfattning .....	5
Bakgrund .....	6
Projektets syfte .....	8
Genomförande.....	8
Metod .....	8
Kalkylförutsättningar kostnader .....	9
Intäkter .....	9
Data över trakter.....	9
Scenarier .....	10
Modellen .....	11
Utkörning av aska till avlägg .....	12
Resultat.....	13
Tidsfördelning.....	13
Prestation skotat och askspritt .....	14
Kalkyl för skotning och askspridning.....	14
Utkörning av aska - intervjusvar .....	15
System och utrustning .....	15
Kostnader för utkörning .....	15
Logistiska möjligheter med längre planeringshorisont .....	16
Känslighetsanalys av utkörningskostnaden.....	16
Diskussion och slutsatser .....	17
Referenser.....	18
Bilaga 1 – Kostnads kalkyl.....	19

# Sammanfattning

Projektet har genomförts i syfte att bidra till kostnadseffektiva förslag på logistik- och spridningslösningar för att återföra bioaska till skogsmark och på så sätt sluta kretsloppet vid uttag av biobränsle. En metod där askspridning sker i direkt anslutning till grotskotningsarbetet, med grotskotaren som basmaskin, är fokus för analysen. Metoden väntas ge lägre uppstartskostnader och därmed möjliggöra askåterföring på mindre skogsområden än i dag.

Utnyttjandet av utrustningen väntas också öka förutsatt att det är möjligt att sprida aska under perioder på året då det inte är säsong för grotskotning.

För att analysera möjligheterna med systemet har en simuleringsanalys av skotarens arbete vid kombinerad askspridning och grotskotning genomförts. Data har hämtats från tidsstudier, intervjuer, litteratur samt driftsdata över grotskotade trakter.

Projektet belyser också, genom en intervjustudie, utkörningen av aska till avlägg. Möjligheter till alternativa transportupplägg vid en övergång från krossaska till granuler berörs.

Resultaten från analyserna visar att det föreslagna systemet är konkurrenskraftigt jämfört med dagens specialiserade askspridare. Analysen gav en potentiell ökning av årsmarginalen från -0,8 till 10 procent när askspridning genomfördes på hälften av trakterna, samt under en period utfördes som enda åtgärd i bestånd. Att asksprida ungefär hälften av de skotade trakterna är ett rimligt antagande, eftersom omkring hälften av trakterna är för små för att förbruka ett containerflak aska. Utkörning av mindre enheter är möjligt, men ökar kostnaderna.

Baserat på intervjuer med ansvariga för planering och utkörning av aska, väntas logistiken inte förändras nämnvärt vid en övergång till granulerad aska. Detta gäller i de fall man i dag tippas på marken. I de fall man valt att köra ut och ställa av containrar, med hänsyn till urlakningseffekter, skulle ett granulsystem kunna motivera en ändrad hantering eftersom urlakning av granuler väntas vara ett mindre problem jämfört med krossaska. Då väntas en markant kostnadsminskning. Granuler skulle också möjliggöra en direkttransport från producent till skog, vilket i sig skapar nya logistikmöjligheter.

# Bakgrund

Det förs ibland diskussioner angående för- och nackdelar med att använda skogsbränsle, främst grot (GRenar Och Toppar), som bränsle för eldning inom kraft- och värmeindustrin. De flesta debattörer är i olika grad positiva till att använda skogsbränsle och majoriteten är även positiva till att återföra den aska som uppstår tillbaka till skogsmarken.

Skogsstyrelsen (2008) anger rekommendationer för hur uttag av avverkningsrester och askåterföring bör ske för att inte ge oönskade effekter på biologisk mångfald eller på innehållet av näring, syror eller skadliga ämnen i mark och vatten. Där fastslås att askåterföring normalt bör ske på marker där avverkningsrester tas ut i betydande omfattning någon gång under omloppstiden. Syftet är i första hand att motverka biomassauttagets försurande effekter. Åtgärden kan vidtas före, i samband med eller efter uttaget. Restriktioner för biologiskt känsliga områden och zoner mot vatten anges.

På vissa typer av marker finns också dokumenterade tillväxteffekter av askåterföring (Moilanen, Hytönen m.fl. 2015, Jacobson, Pettersson m.fl. 2016, Sikström m.fl. 2016).

År 2017 återfördes 48 634 ton aska på sammanlagt 12 812 hektar skogsmark. Trenden är uppåtgående, men fortfarande är det en låg andel av den tillgängliga spridningsbara askan som återförs (Andersson 2018). Skogsstyrelsen har en önskan om att öka denna andel på nationell nivå (Andersson 2018). Också de askproducenter som ingår i projektet ser positivt på askåterföring som ett steg i att sluta cirkeln med ett tydligt kretslopp.

Kostnaderna för att återföra aska till skogsmark uppges av många aktörer vara det primära hindret för en ökad årsvolym. Såväl administration, beredning, transport av askorna från producenterna till skogen och kostnaderna för själva spridningen i skogen gör sammantaget att man hittills försökt att finna billigare lösningar och slutanvändningsområden för de askor som produceras. Ytterligare en faktor som påverkar kostnadsbilden påtagligt är beredningen, det vill säga fuktning, härdning och krossning av askan för att göra den till en hanterbar och spridningsbar produkt (Rasmusson 2013, Glimtoft 2016). Härdning är en kemisk process som gör askan mindre reaktiv, vilket krävs för att inte orsaka skador på vegetationen vid spridning. Krossaska självhärdas normalt under lagring, men för att processen ska starta krävs att askan blandas med vatten. Högt tryck, som vid granulering och pelletering, kan också starta en härdningsprocess. Kostnadsbilden för den kedja av operationer som ingår i askspridningsprocessen har beskrivits av bland annat Rasmusson m.fl. (2013), som jämfört kostnaderna för att sprida krossaska, granuler samt pelleterad aska. Granulerad aska var enligt studien det mest kostnadseffektiva alternativet.

Glimtoft (2016) studerade lakningsegenskaper hos två typer av askgranuler för att utreda om dessa skulle kunna lagras öppet i anslutning till spridningsobjektet och på så vis möjliggöra returtransporter i fliscontainrar. Resultatet av långtidsförsöket visade att någon form av väderskydd, exempelvis täckning med presenning, krävs för att inte lakningseffekterna ska bli för stora. Glimtoft uppskattade att kostnaden för täckning sannolikt överstiger den besparing i transportkostnad som returtransporterna väntas ge. Att i mindre omfattning använda sig av returtransporter som komplement till direktleveranser av aska skulle kunna vara en möjlighet om det kan hanteras planeringsmässigt. Då krävs ingen långtidslagring. Även utan returtransporter räknade Glimtoft med en minskning av transportkostnaden med 15 % på grund av granulernas lägre fukthalt.

Svensson & Svensson (2011) har jämfört kostnaderna för askspridning i Södra Sverige genom två olika logistiklösningar. I båda fallen sker spridningen med traditionell spridare (Figur 1). Skillnaden mellan metoderna ligger i huruvida planeringen av askspridningstrakter styrs av aktuellt grotuttag på trakterna (uttagskopplad modell) eller endast av geografisk närhet på lämpliga objekt (sockenmodellen). Den ekonomiska skillnaden mellan metoderna visade sig vara försumbar.

Johannesson (2015) skrev att kostnaden för askåterföring varierar stort mellan olika delar av landet och att kostnaderna ofta är onödigt höga både för utförarna och beställarna. Detta är en följd av att allt för liten årsvolym aska återförs i Sverige, vilket i sin tur leder till lågt maskinutnyttjande och en relativt låg erfarenhetsgrad hos skogsbolag och askproducenter. Studien visade på en potential att, med hjälp av en spridarkassett som delas mellan flera basmaskiner eller används i kombination med skotning, kunna eliminera uppstartskostnaden för askåterföring på många trakter. Detta beräknades ge möjlighet till att återföra aska på marker som i dag anses för dyra.

I denna studie har vi valt att utveckla idén om kombinerad grotskotning och askåterföring via en simuleringsstudie för att ge ytterligare underlag till att bekräfta eller förkasta hypotesen att hybridssystemet ger ekonomiska möjligheter för spridning på fler marker.



Figur 1. Askspridare i drift. Foto: Dala Skogsvitalisering.

# Projektets syfte

Projektet har genomförts i syfte att bidra till kostnadseffektiva förslag på logistik- och spridningslösningar för att återföra bioaska till skogsmark och på så vis sluta kretsloppet vid uttag av biobränsle.

En metod där askspridning sker i direkt anslutning till grotskotningsarbetet, med samma basmaskin, är fokus för analysen. Hypotesen är att den kombinerade metoden ger lägre uppstartskostnader och därmed möjliggör askåterföring på mindre trakter jämfört med i dag.

Projektet angriper frågeställningen ur ett systemperspektiv, där även utkörningen av aska beaktas. Eventuella skillnader i transportupplägg mellan dagens dominerande sortiment, krossaska, och en framtida granulerad askprodukt ska också belysas.

## Genomförande

### METOD

För att kunna dra slutsatser om det föreslagna systemets potential har analyser gjorts av prestationer och kostnader för den kombinerade skotaren och askspridaren.

Tidsstudier av delmomentet askspridning har genomförts med traditionell askspridare då det aktuella systemet ännu inte är i drift. Andra förutsättningar för det studerade systemet har tagits fram genom intervjuer med erfarna entreprenörer inom områdena askspridning, grotskotning samt utkörning av aska till avlägg. Kostnader för transport och askspridning har också hämtats från Svensson & Svensson (2011).

En simuleringsmodell har sedan tagits fram för att pröva hur prestationer och lönsamhet påverkas av olika förutsättningar, så som andelen trakter där både aska och grot hanteras, avståndet mellan trakter och tiden för ombyggnad mellan de båda operationerna.

I simuleringsmodellen har kombinerad grotskotning och askspridning körts i 1 700 timmar per upprepning. Även en kortare period på 680 timmar med endast askåterföring har simulerats som tillägg till varje scenario med kombinerad körning. Detta upplägg bygger på att man under en period endast sprider aska i bestånd. Den längre perioden blir kombinerad körning och återstående del av året (ca 20 procent) antas att maskin och personal har annat arbete. Både prestationer och kostnader räknas sedan om till helår och jämförs för vardera scenario.

Datat baseras på intervjuer med entreprenörer som har erfarenhet av att köra ut spridningsaska till skog. Vi har också använt medeltransportavstånden från avläggen i studien till några stora askproducenter i närområdet.

I valet av indata har vi utgått från förutsättningarna i norra och mellersta Sverige där givan per ha generellt är något lägre än i syd. Här antas tre råa ton per hektar, medan man i södra Sverige normalt sprider ca tre torra ton per hektar, motsvarande ca fyra råa ton. Den exakta andelen vatten i askan är ofta inte känd. Regnvatten under lagringstiden ökar vikten efter hand.

Vilka kostnadsposter som ska ingå i kalkylen för askspridning beror på valda systemgränser. I den kvantitativa analysen ingår endast planering av spridning och faktisk spridning i kalkylen. Ett resonemang förs sedan, baserat på intervjuer med entreprenörer, om det föreslagna systemets påverkan på utkörningskostnaderna.



## KALKYLFÖRUTSÄTTNINGAR KOSTNADER

Analysen bygger på en jämförelse av systemets kostnader och intäkter baserade på prestationen i varje scenario. Kostnader för grotskotare och askspridare har tagits fram genom maskinkalkyler i Skogforsks verktyg FLIS. Den fullständiga kalkylen med ingångsvärden återfinns i Bilaga 1.

I samtliga kostnadsberäkningar har antagits att skotaren har fullt utnyttjande i tvåskift, med 205 maskindagar per år (3 280 timmar), vilket med 90 procent TU (teknisk utnyttjandegrad) motsvarar 2 952 G15h (timmar utan avbrott längre än 15 minuter). I simuleringsanalyserna ingår endast 2 380 G15h per år (1 700 timmar skotning och askspridning + 680 timmar endast askspridning). Övrig tid antas skotaren utföra annat arbete. Av de årliga fasta maskinkostnaderna och personalkostnaderna belastar därför endast knappa 80 procent kalkylen för respektive scenario.

Askspridningsaggregatet medför inga extra personalkostnader, men de fasta årliga kostnaderna för aggregatet belastar scenarierna där askspridning ingår till 100 procent. De rörliga kostnaderna för askspridningen beror direkt av antalet timmar som spridningsaggregatet används i varje scenario. Driftkostnaderna för skotaren har förenklat antagits vara lika oavsett vilken typ av arbete som skotaren utför (skotning, askspridning, flytt eller ombyggnation).

## INTÄKTER

För grotskotning har en intäkt på 3 600 kronor per hektar använts i analysen, vilket motsvarar den ungefärliga kostnadsbild. Då marginalerna inom både askspridning och grotskotning generellt är mycket låga har vi antagit att de möjliga intäkterna är i nivå med kostnaderna.

Kostnaderna för askspridning baseras på uppgifter från Svensson & Svensson (2011), där tre entreprenörer uppgivit kostnader för askspridning på i genomsnitt 1 067 kronor per timme. Efter uppräknig till 2018 års nivå och baserat på resultat från, ännu opublicerade, prestationsstudier av askspridning har kostnaden antagits till 870 kronor per hektar. Rimligheten i detta antagande bekräftas också av de entreprenörer som intervjuats inom projektet.

## DATA ÖVER TRAKTER

Historiska data i form av Sveaskogs grotskotade trakter under första halvan av 2017 har utgjort grundmaterialet (två områden i Mellansverige). Totalt bestod underlaget av 116 trakter klustrade till 62 grupper (där varje grupp av trakter är koordinatsatt).

Utifrån dessa historiska trakter har statistiska fördelningar för traktegenskaper tagits fram. Traktegenskaperna areal och avstånd till nästa trakt har beaktats. Stokastiska fördelningar för dessa egenskaper har lagts in i modellen och baserat på dem tilldelas varje ny trakt i modellen sina egenskaper.

Avståndet mellan trakterna har tagits fram genom en optimal ruttning för vart och ett av de två maskinlag som utfört grotskotning på trakterna. Den optimala rutten är sällan möjlig då annan hänsyn ofta måste tas. Till exempel kan det vara bråttom att få vissa trakter grotskotade i tid så att maskinen som ska markbereda kan komma dit inför planteringssäsongen. Som en känslighetsanalys av avståndet mellan trakter har simuleringar gjorts, både utifrån avstånden som framkom vid den optimala ruttningen och

med avstånd som är 30 procent längre. Tidsåtgången för flyttarna beror i hög utsträckning på om maskinen kör själv till nästa trakt (hjular) eller om det är mer ekonomiskt att transportera maskinen på trailer. För att bedöma detta har Skogforsks kalkylsnurra ”Hjula eller traila” använts (skogskunskap.se). Brytpunkten för när trailning blir lönsamast hamnade i vår analys på två mil. Att traila var dock alltid mer tidseffektivt, förutsatt att både kedjor och band måste tas av och på i samband med hjulning. Därför tar de korta flyttarna alltid längre tid i modellen.

## SCENARIER

Trakterna kan vara av typen *Grot* (askspridningsaggregatet transporteras med, men används inte), *Grot + Aska* (först grotskotning sedan ombyggnation och därefter askspridning) eller *Aska* (endast askspridning). Rena asktrakter förekom enbart i den separata körningen på 680 timmar som kompletterade varje scenario. Trakter under två hektar antas vara rena grottrakter. Dessa utesluts helt under perioden med endast askspridning.

Trakttyperna kombineras enligt de tre basscenerierna i Tabell 1. Varje scenario körs med fyra upprepningar utifrån olika slumtpantal (seeds). Varje upprepning körs i ca 1 700 timmar. En flexibilitet har dock byggts in i avslutningen av simuleringen så att det efter 1 670 timmar inte påbörjas någon ny trakt, utan pågående trakt görs klar och simuleringen avslutas därefter.

Tabell 1. Fördelning av trakter i de tre basscenerierna.  
Exempel: Bassscenario 2 innebär att på 20 % av trakterna som besöks skotas endast grot och på 80 % av trakterna skotas först grot och sedan sprids aska. Till detta läggs (i alla scenarier) en period på 680 h med endast grotskotning.

Basscenerier	1	2	3
Grot + aska	100	80	50
Grot	0	20	50

Under ca två månader per år, 680 timmar i modellen, antas att endast aska sprids, då främst i gallringsbestånd. Dessa månader har simulerats separat, men med samma fördelning för avstånd mellan trakter och storlekar på trakt. Inga ombyggnadstider förekommer under dessa körningar. Medelvärdet för spridningshastigheten minskas något då vi simulerat spridning i bestånd.

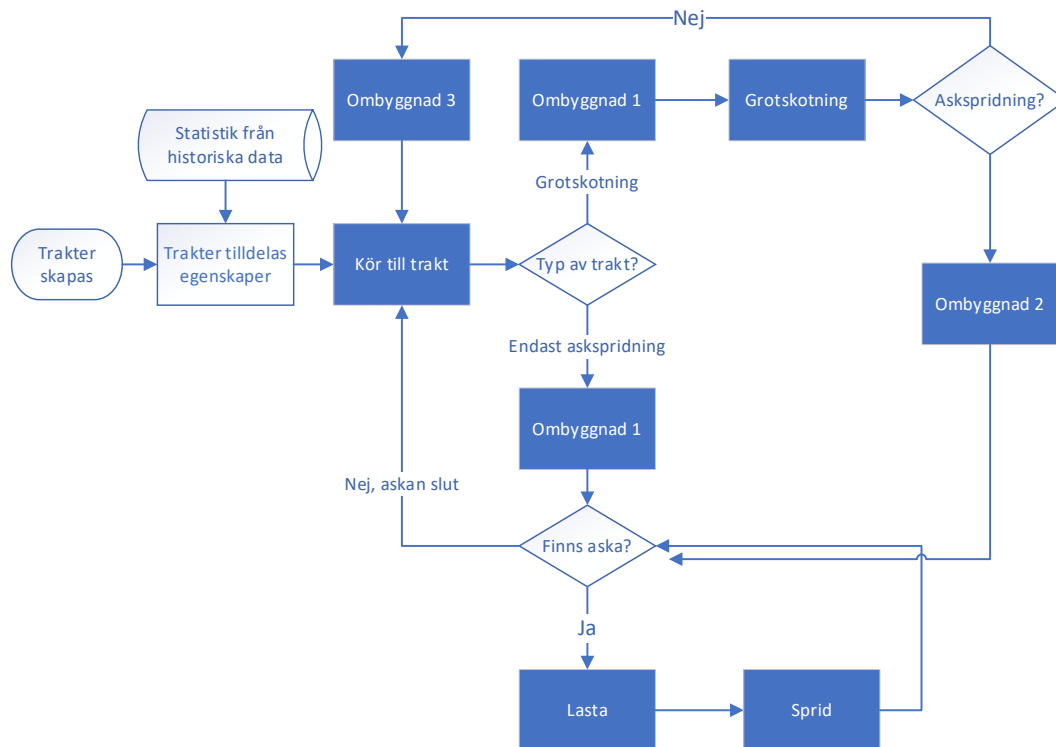
Utöver dessa grundscenarier varierar avståndet mellan trakter samt tiden för att skifta utrustning mellan grotskotning och askspridning. Basnivå för flyttavstånd (scenario A och C) innebär att avståndet mellan trakterna följer en gamma-fördelning baserad på historiska data med ett medelavstånd på 7,1 km (scale 6,82; shape 1,03; location 0,2). Basnivå för ombyggnadstider (scenario A och B) innebär att ombyggnadstiderna satts enligt Tabell 3, där full ombyggnad görs på 15 minuter. Dessa avstånd och tider ökas procentuellt i några scenarier enligt Tabell 2.

Tabell 2. Parametrar för respektive scenariogrupp.

Scenariogrupp	A (bas)	B	C
Avstånd mellan trakter	Bas	Bas + 30 %	Bas
Tid för ombyggnad	Bas	Bas	Bas + 100 %

## MODELLEN

En simuleringsmodell har tagits fram i programmet ExtendSim. Figur 1 visar schematiskt hur systemet har modellerats. Trakter skapas och tilldelas egenskaper enligt fördelningar från historiska data och enligt villkoren för det aktuella scenariot. Beroende på typen av trakt fortsätter de genom processerna i modellen. Statistik över tidsåtgången i varje process lagras i en Excelfil. För asktrakter upprepas momenten lasta och sprida till dess att askan för trakten är slut.



Figur 1. Schematisk bild av processerna i simuleringsmodellen.

Vid transport mellan trakter sitter askspridningsaggregatet alltid på grotskotaren, oavsett hjulning eller trailning. Vid ankomst till ny trakt som ska grotskotas lyfts aggregatet av och maskinen iordningställs för grotskotning – ombyggnad 1. Om det efter skotningen också ska spridas aska på trakten måste askspridningsaggregatet ställas på, hydrauliken kopplas ihop och kranen byts mot en skopa för lastning av aska – Ombyggnad 2. Efter askspridningen är maskinen redo för avfärd, men i de fall trakten avslutades med grotskotning måste askaggregatet ställas på innan flytt – Ombyggnad 3.

Vid ankomst till en ren asktrakt sitter aggregatet redan på maskinen, men om den tidigare trakten avslutades med grotskotning krävs ändå att kranen byts mot skopa och att hydrauliken kopplas ihop. Därför simuleras en ombyggnadstid även för detta moment i Ombyggnad 1, dock kortare tid jämfört med full ombyggnad. Tider för samtliga ombyggnationer visas i Tabell 3. Tiden för Ombyggnad 1 varierar beroende på vilket moment som avslutade föregående trakt och vilket som ska påbörjas på den nya.

Tabell 3. Medelvärden för fördelningar av ombyggnadstider i modellen. Triangulära fördelningar har använts.

Obyggnad 1	min	Obyggnad 2	min	Obyggnad 3	min
Aska - Aska	0	Grot - Aska	15	Grot - Grot	3
Aska - Grot	15			Grot - Aska	3
Grot - Aska	12				
Grot - Grot	3				

Skogsstyrelsen föreskriver att en kantzon på 25 m lämnas mot vatten. Detta gör att den faktiska areal som asksprids blir något lägre än angiven areal på trakten, vilket påverkar mängden aska som sprids. I modellen har detta hanterats genom att arealen för askspridning schablonmässigt minskats med 20 procent.

En summering av förutsättningarna för respektive scenario visas i Tabell 4.

Tabell 4. Scenarioöversikt.

Scenario	Trakter i kombinerad körning, 1 700 h	Asksprigning i bestånd, 680 h	Variation från basscenario
1A	100 % Grot+Aska	100 % Aska	-
1B	100 % Grot+Aska	100 % Aska	Avstånd mellan trakter +30 %
1C	100 % Grot+Aska	100 % Aska	Obyggnadstider +100 %
2A	80 % Grot+Aska, 20 % Grot	100 % Aska	-
2B	80 % Grot+Aska, 20 % Grot	100 % Aska	Avstånd mellan trakter +30 %
2C	80 % Grot+Aska, 20 % Grot	100 % Aska	Obyggnadstider +100 %
3A	50 % Grot+Aska, 50 % Grot	100 % Aska	-
3B	50 % Grot+Aska, 50 % Grot	100 % Aska	Avstånd mellan trakter +30 %
3C	50 % Grot+Aska, 50 % Grot	100 % Aska	Obyggnadstider +100 %
Grot	100 % Grot.	-	Inga ombyggnadstider

## UTKÖRNING AV ASKA TILL AVLÄGG

Kostnader för utkörning av aska har hämtats från Svensson & Svensson (2011) samt från intervjuer med entreprenörer som har erfarenhet av att köra ut krossaska för spridning i skogsmark. Inom projektet har semistrukturerade intervjuer gjorts med totalt fyra entreprenörer varav samtliga hade erfarenhet av utkörning av aska (i varierande grad). Tre av dessa hade också erfarenhet av askspridning. Samtliga entreprenörer har önskat vara anonyma.

Intervjuerna har bidragit med information om vilka typer av fordon som kan användas för utkörning, storleken på minsta tömningsenhet samt tidsåtgång och praktiska förutsättningar för arbetet. Syftet med intervjuerna var en djupare systembeskrivning och ökad förståelse för hur denna del av kedjan påverkas av att kombinera grotskotning och askspridning och vise versa om utkörningslogistiken begränsar eller möjliggör systemet med kombinerad grotskotning och askspridning.

En frågeställning har också varit hur entreprenörerna bedömer de logistiska effekterna av möjligheten att lagra aska på mark vid avlägg under en längre period, vilket antas vara möjligt i ett system med granuler.

De frågor som samtalats kring kan grupperas enligt följande:

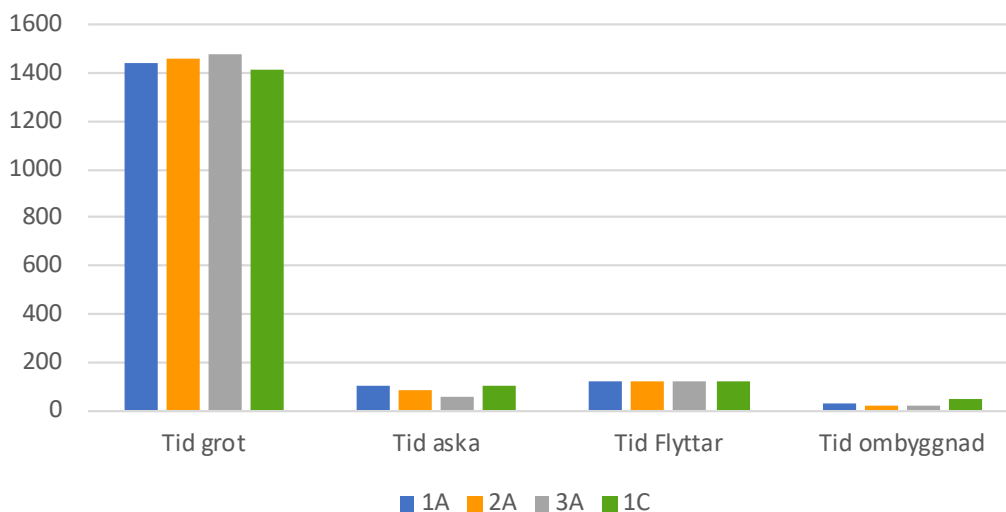
- Vilken typ av fordon och system används (tippning på mark eller containersystem)?
- Hur stora enheter, finns möjlighet till tippning/utkörning av mindre enheter?
- Kostnader för utkörning?
- Tidsåtgång och antal lass per skift?
- Planering och logistiska möjligheter/utmaningar med längre planeringshorisont?

## Resultat

### TIDSFÖRDELNING

Tidsfördelningen mellan moment under perioden med kombinerad grotskotning och askspridning fördelar sig enligt figur 2 (medelvärden från vardera fyra körningar). Vid referenskörning med endast askspridning användes 45 procent av tiden till flyttar och vid referensscenariot med endast grotskotning användes 7,5 procent av tiden till flyttar. Ombyggnadstider förekommer inte i dessa två renodlade scenarier. Observera att tidsåtgången för att skota en hektar är ca tio gånger längre än för att sprida aska över samma hektar.

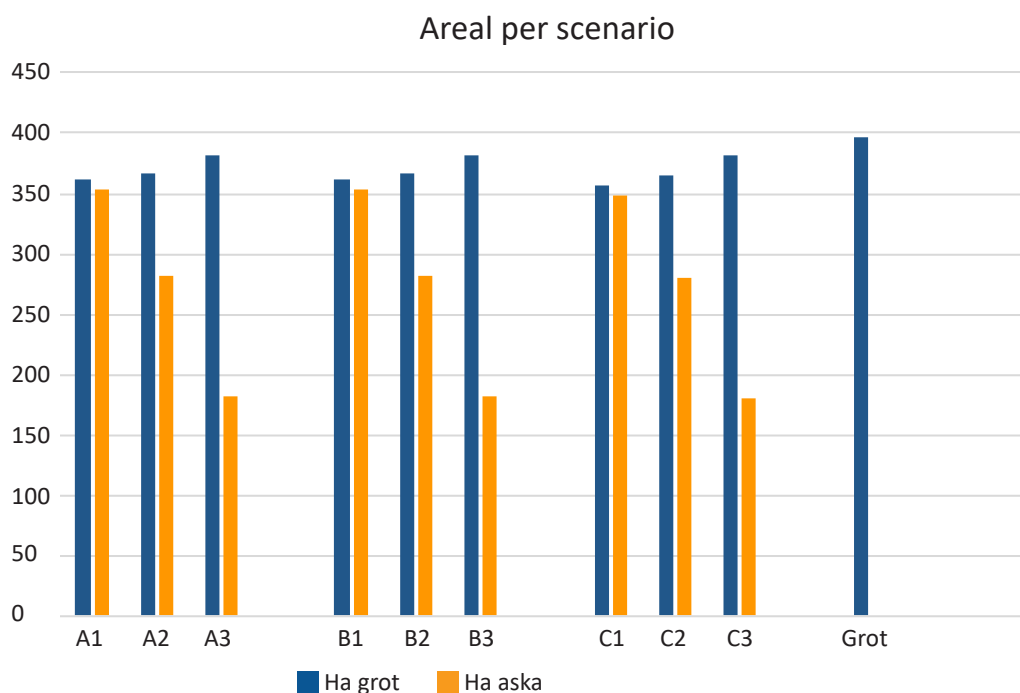
Det längre avståndet mellan trakter (faktor B) ger ingen förändring av medelvärdena för tidsfördelningen, inte heller förändras prestationen. Detta förklaras av att tidsåtgången för trailertransport generellt är kortare än för att hjula mellan trakter. Med en dubblerad ombyggnadstid (faktor C), syns en marginell ökning av andelen tid som går till ombyggnationer (ej signifikant).



Figur 2. Tidsfördelning (G15h) scenario 1A, 2A, 3A och 1C. Fördelningarna gäller endast perioden med kombinerad grotskotning och askspridning.

## PRESTATION SKOTAT OCH ASKSPRITT

Regressionsanalys av scenariogrupperna 1, 2 och 3 visar att skillnaden mellan dessa är signifikant med avseende på prestationen skotad och askspridd areal. Det finns också ett tydligt negativt samband mellan skotad areal och askspridd areal. Skillnaden inom grupperna, faktor A, B och C, är inte signifikant, men medelvärdena för skotad och askspridd areal är marginellt lägre för faktor C jämfört med A och B. En sänkning för faktor C var väntad med tanke på de längre tiderna för ombyggnation som per definition innebär en lägre produktivitet, men skillnaden gav alltså inget utslag i regressionsanalysen. Figur 3 visar medelvärdena per fyra körningar av respektive scenario. Även prestationerna för referensscenariot med endast grotskotning (Grot) visas för samma körtid i diagrammet.



Figur 3. Areal skotad och areal askspritt per scenario (1 700 h).

## KALKYL FÖR SKOTNING OCH ASKSPRIDNING

Intäkterna för maskinägaren är satta till 870 kronor per askspridd hektar och 3 700 kronor per grotskotad hektar. I Tabell 5 nedan summeras intäkterna för ca 1 700 timmar med kombinerad körning och 680 timmar med endast askspridning. Fasta kostnader för grotskotare och personal har dock slagits ut på helår, det vill säga vi antar att både maskiner och personal har andra arbetsuppgifter under de delar av året som inte ingår i analysen. Eftersom årsarbetstiden är satt lika för samtliga scenarier blir det endast antalet timmar askspridning och antalet trailerflyttar som skiljer kostnaderna åt mellan olika scenarier. Skillnaden i intäkter är större och ökar markant när aktiviteterna grotskotning och askspridning kombineras.

Tabell 5. Summering av kostnader och intäkter för respektive scenario. Scenario Grot står för endast grotskotning.

	Total intäkt	Kostnader skotning, spridning	Kostnad planering	Netto	Netto/total intäkt %
1A	2 489 395	2 145 181	88 386	255 829	10,3 %
1B	2 487 858	2 148 049	88 515	251 294	10,1 %
1C	2 463 232	2 144 839	87 223	231 170	9,4 %
2A	2 442 748	2 143 553	70 534	228 661	9,4 %
2B	2 442 748	2 146 421	70 534	225 793	9,2 %
2C	2 435 505	2 143 522	70 208	221 775	9,1 %
3A	2 412 456	2 141 219	45 477	225 760	9,4 %
3B	2 412 456	2 144 087	45 477	222 892	9,2 %
3C	2 407 654	2 141 188	45 214	221 252	9,2 %
Grot	2 056 353	2 071 778		-15 425	-0,8 %

## UTKÖRNING AV ASKA – INTERVJUSVAR

### System och utrustning

Intervjuerna bekräftade att båda system med tippning av flak på marken och utkörning av containrar förekommer i dag på olika håll i Sverige. Samtliga tre åkare använde lastväxlarbilar. Två av dem körde med förkortat släp och två containrar för att slippa rangering, medan den tredje som regel körde ut med tre containrar.

Nyttolasten var för samtliga åkares ekipage mellan 36 och 38 ton. Vid två enheter lastas alltså ca 18–19 ton rå aska. I norra och mellersta Sverige, med en giva på ca tre raa ton innebär det att ett flak räcker till ca 6 hektar. Vid avlägg mindre än 12 hektar skulle lastbilen få leverera till två platser, vilket minskar transporteffektiviteten.

En av åkarna hade erfarenhet av både containerutkörning och tippning på marken. Denne uppgav att tidsåtgången för containersystemet blir ungefär det dubbla jämfört med att tippa på grund av den extra körningen för att hämta upp containrar.

### Kostnader för utkörning

Kostnaderna för utkörning med containerbil låg enligt respondenterna på mellan 950 och 1 230 kronor per timme. Det kan jämföras med Svensson & Svensson (2011) som intervjuat tre utkörare av aska vilka i medeltal tog 777 kronor per timme, 2011 års nivå. Extrakostnaden för körning där rangering krävs uppgavs av en åkare vara ca 20 kronor per ton.

Medeltransportavståndet varierade stort mellan de tre åkarna som uppgav 3–4 mil, 5–8 mil respektive 9 mil, enkelt avstånd. Åkaren med kortast medeltransportavstånd uppgav att 4–5 vändor per dag var normalt, medan de med längre transportavstånd uppgav att de maximalt kunde hinna tre vändor på en lång arbetsdag, om allt klaffade. Det innebär en kostnad på ca 58 kronor per ton vid kort transportavstånd och ca 100 kronor per ton vid de längre avstånden.

## Logistiska möjligheter med längre planeringshorisont

Endast två åkare har svarat på denna fråga. Åkarna ser inga direkta möjligheter till effektivisering genom längre lagringstider vid avlägg, eftersom de ser för många fördelar med att ligga nära askspridaren i planering och utkörning. En av åkarna uppger att man försöker ligga någon dag före med askleveranserna. Följande skäl uppgavs:

- På stora spridningsområden kan det vara svårt att uppskatta hur mycket aska som kommer att gå åt och då avvaktar man gärna med det sista lasset tills man vet om det kommer att behövas, hellre än att riskera att få åka dit och hämta upp överbliven aska.
- Det kan vara trångt så att all aska inte får plats vid den närmsta upplagsplatsen. Då är det bättre att vänta tills nästa lass får plats jämfört med att lägga av längre bort och ge spridaren ett längre köravstånd.
- Genom att ligga nära i spridningen riskerar man inte att under längre tid blockera vändplaner för timmerbilar som kan behöva dem.

## KÄNSLIGHETSANALYS AV UTKÖRNINGSKOSTNADEN

Av våra klustrade trakter i studien var 54 procent mindre än 6 hektar (44 procent var mindre än 5 hektar). Dessa skulle kräva delade lastenheter (mindre än en container), vilket skulle öka utkörningskostnaden och kanske äventyra lönsamheten i systemet. Grundscenariot 3, där aska sprids på endast 50 procent av grotrakterna kan därför antas vara en rimlig nivå om inga containrar ska delas. Även då man delar lasset med en hel containerlast per avlägg uppstår en merkostnad jämfört med att tömma eller ställa av två eller tre containrar mer närliggande. Detta berör 90 procent av trakterna i vår analys.

Syftet med studien var att undersöka om denna kombinerade metod kan ge ekonomisk möjlighet att öka andelen trakter som asksprids. En 50-procentig ökning av utkörningskostnaden skulle innebära ca 50 kronor per ton vid transportavstånd på omkring 9 mil, här motsvarande 150 kr/ha. Som känslighetsanalys testades att lägga till denna kostnad på askspridningen i scenarierna. Resultatet blev fortfarande ett positivt netto, men marginalen sjönk till endast ett par procent. En så stor kostnadsökning har alltså stark påverkan på systemets lönsamhet, men teoretiskt sett skulle systemet fortfarande vara lönsamt.



## Diskussion och slutsatser

Storleken på trakter anmälda för föryngringsavverkning varierar mellan enskilda ägare och skogsbolag. För enskilda ägare var genomsnittlig anmäld areal 2017 dryga tre hektar och för övriga ägare (skogsbolag) dryga sex hektar (Skogsstyrelsen 2018). Men för askspredning görs ofta en planering där närliggande trakter klustras till större områden. En medeltrakt för askspredning är därför, även för enskilda skogsägare, betydligt större än tre hektar. Intervjuerna med åkarna visade att en full lastbil med två containrar, här motsvarande ca 12 ha inom ett nära område är en praktisk lägstanivå. På högbördiga marker med givan fyra ton (våt aska) per hektar blir motsvarande ca nio hektar. I det praktiska arbetet kan givan ofta justeras något för att lassen ska gå jämt ut vid spridningen.

Känslighetsanalysen ovan visar att systemet kan vara kostnadseffektivt även för trakter på 6 hektar, det vill säga halva lass och i teorin ända ner till tippning av halva flak motsvarande ca 3–4 hektar. Därmed väntas en ökning av den totala spridningsbara arealen i landet. Men ingen av åkarna körde i dag ut halva lass. Det är något man vill undvika och i tolkningen av resultaten bör man beakta att det kan finnas andra faktorer att ta hänsyn till i bedömningen av systemets lönsamhet. En sådan faktor är att varje arbetsuppgift, grotskotning liksom askspredning, kräver både utbildning och erfarenhet för att kunna utföras effektivt. Vårt föreslagna system förutsätter utförare som är kvalificerade inom både grotskotning och askspredning, vilket kan påverka kalkylen.

Resultaten från analyserna visar dock att det föreslagna systemet bör vara intressant att implementera. De olika tekniska lösningar som möjliggör ett snabbt skifte mellan askspredare och skotare finns i dag i olika tillämpningar på marknaden. En nyckelförutsättning är att man kan bygga ett askspredningsaggregat som är tillräckligt lätt för att kunna hanteras med skotarens egen kran.

Det är viktigt att observera att analysen bygger på en period, 680 timmar per år där endast aska sprids. Denna period bidrar på ett markant sätt till att öka nettot för systemet. Vi kan se en ökande trend också då andelen trakter med askspredning ökar under den kombinerade körningen. Skillnaden i det ekonomiska utfallet mellan 100 procent askspredning och 50 procent askspredning är endast en procentenhet, medan skillnaderna mellan referensscenariot (grot) och övriga scenarier är ca tio procentenheter. Detta ger en indikation på att vi kan ha varit något optimistiska i våra antaganden om prestationer och kostnader för askspredning med den aktuella utrustningen. Prestationerna bygger på data från fältstudier, men det är ofta svårt att fånga alla ställtider och risker i ett system. Det negativa nettot för den renodlade grotskotningen kan på motsvarande sätt tyda på att vi gjort något pessimistiska antagande för grotskotningens prestationer och kostnader. Men det är också känt att lönsamheten i branschen är låg och det förekommer att entreprenörer periodvis ligger på negativ lönsamhet. Med hänsyn till detta kan våra antaganden anses rimliga.

Utifrån intervjuerna med ansvariga för planering och utkörning av askan väntas logistiken från upplag till skog inte förändras nämnvärt vid en ökad möjlighet till lagring intill spridningsobjekten. Detta gäller i de fall man i dag tippas på marken. I de fall man valt att köra ut och ställa av containrar, av hänsyn till urlakningseffekter, skulle ett granulsystem kunna motivera en ändrad hantering, eftersom urlakning av granuler inte väntas vara ett problem. I dessa fall väntas en markant minskning av utkörningskostnaderna. Då materialet i studien är litet, endast två åkare har svarat på frågan om logistiska möjligheter, bör man inte utesluta att det kan finnas en effektiviseringspotential genom längre lagringstider också för åkare som i dag tippas på marken.

Frågeställningen till entreprenörerna berörde endast själva transporten ut till skogen. Att granuler härddar snabbt och ur det hänseendet inte kräver något mellanlager, möjliggör i sig andra logistiklösningar med direkttransport från producent till skog. Men resultatet från Glimtoft (2016) visar att långtidslagring utan täckning (ett halvår i studien) inte kan rekommenderas av hänsyn till lakningseffekter. Glimtoft anger dock en potentiell sänkning av utkörningskostnaden med 15 % jämfört med krossaska, beroende av granulernas lägre fukthalt.

## Referenser

- Glimtoft, D. 2016. "Transportkedja för askåterföring till skog." Energiforsks rapport 2016:33 Miljöriktig användning av askor.
- Jacobson, S., m.fl. 2016. Tillväxteffekter av asktillförsel på skogsmark med varierande bördighet. Rapport 2016:328, Energiforsk.
- Johannesson T. 2015. Ny teknik för askåterföring i skogsmark. Arbetsrapport 680, Skogforsk.
- Johansson F. von Hofsten H. 2017. HCT-kalkyl – en interaktiv kalkylmodell för att jämföra lastbilsstorlekar.
- Moilanen, M., m.fl. 2015. Fertilization increased growth of Scots pine and financial performance of forest management in a drained peatland in Finland.
- H. Rasmusson, S. Sarenbo and T. Claesson. 2013. Ash Products and Their Economic Profitability. The Open Waste Management Journal, 2013, 6, 1–5.
- Sikström, U., m.fl. 2016. Tillväxteffekter av asktillförsel efter helträdsuttag på fastmark. Rapport 2016:326, Energiforsk.
- Skogsstyrelsen 2008. Rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring. Meddelande 2, 2008.
- Skogsstyrelsen 2018. Avverkningsanmälningar 2017. Statistiska meddelanden JO0314SM1801. ISSN 1654-4021.
- Svensson E. & Svensson M. 2011. Askåterföring – Olika logistiklösningar. Examensarbete vid Linnéuniversitetet.

### Övrigt

Kalkylverktyget Hjula eller traila.

<https://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2012/hjula-eller-traila/>

# Bilaga 1 – Kostnadskalkyl

Exempel baserat på scenario 1A.

<b>Fasta kostnader</b>	Skotare	Spridare
Investering, kr	2 700 000	400 000
Avskrivningstid, år	7	14
Kalkylränta, %	2,7	2,7
Restvärde, %	15	10
Restvärde, kr	405 000	40 000
Skatt, kr/år	0	0
Försäkring, kr/år	0	0
Övriga fasta kostnader, kr/år	52 500	
Amorteringsfaktor	0,159	0,087
Σ Kapitalkostnad, kr/år	375 840	32 400
Σ Fasta maskinkostnader, kr/år	428 340	32 400
Andel som belastar scenariot	<b>340 191</b>	<b>32 400</b>

<b>Maskinyntjtjande</b>			<b>Dagar askspridning</b>
Maskindagar per år	205	30,5	27
Antal maskinskift	2	2	
TU-timmar/skift	8	8	
TU, G15/U-tid	0,9	0,9	
Ställtid, tim/flytt	0,6	0	Maskinflyttar aktuellt scenario
Antal maskinflyttar per år	14,9	0	11,8
U-timmar per år	3 280	488	
G15-h/år	2 943	439	

<b>Personalkostnader</b>		
Personalkostnad/pers & år	574 683	0
Σ personalkostnader, kr/år	1 149 366	0
Andel som belastar scenariot	<b>912 835</b>	

### Rörliga maskinkostnader

Diesel ex. moms, kr/l	12,15	12,15
Smörj- & hydraulolja, kr/l	30	30
Dieselförbr, l/G15-h	15	1
Oljor, l/G15-h	0,4	0,5
Rep o Underhåll, kr/G15-h	150	50
Flyttkostnad, kr/gång	3 000	0
Övriga rörliga kostnader, kr/G15-h	0	0
Bränslekostnad, kr/år	536 377	5 332
Oljekostnad, kr/år	35 317	6 583
Rep, Underhåll inkl. förbrukningsmtrl.	441 463	21 943
Flyttkostnad, kr/år	26 744	0
Σ Rörliga driftskostnader, kr/år	1 039 901	33 858
Andel som belastar kalkylen	<b>825 897</b>	<b>33 858</b>

### Summor

Σ Fasta maskinkostnader, kr/år	428 340	32 400
Σ Personalkostnader, kr/år	1 149 366	0
Σ Rörliga driftskostnader, kr/år	1 039 901	33 858
Total kostnad, kr/år	2 617 607	66 258
<b>Total kostnad som belastar scenariot</b>	<b>2 145 181</b>	
Fasta maskinkostnader	340 191	32 400
	912 835	
	825 897	33 858
<b>kr/U-tim</b>	<b>798</b>	<b>136</b>
<b>Kr/G15-tim</b>	<b>889</b>	<b>151</b>