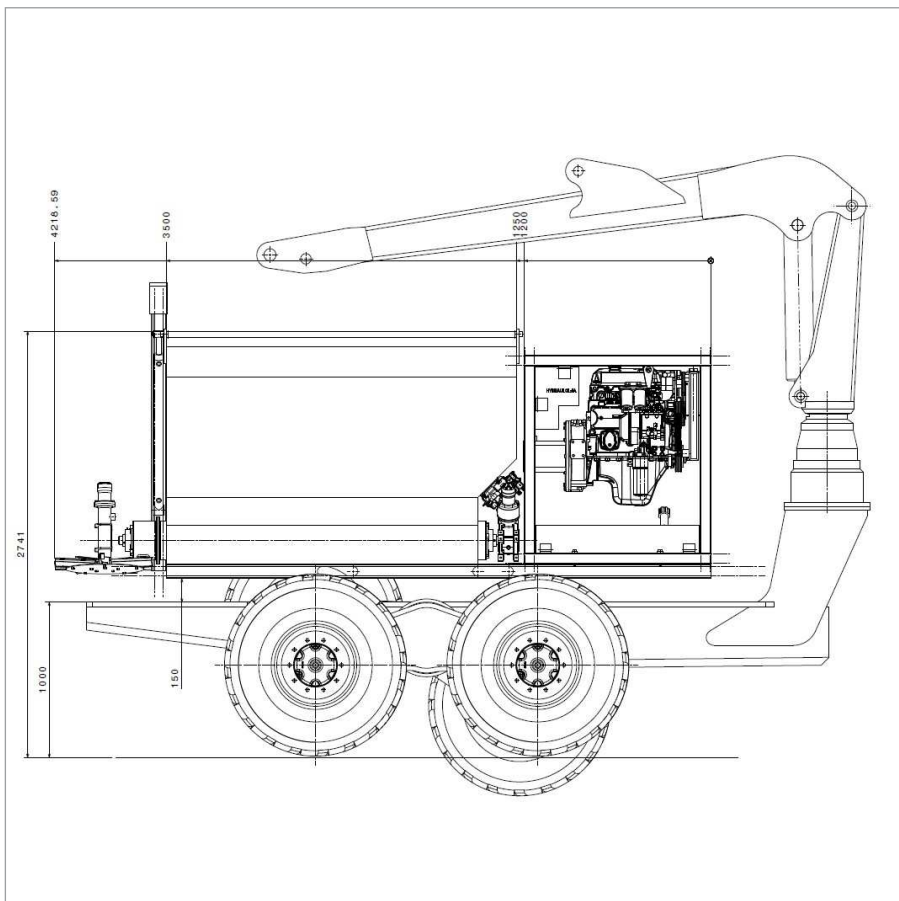


NY SPRIDNINGSMETODIK FÖR ASKÅTERFÖRING

RAPPORT 2024:992



ASKPROGRAMMET



Ny spridningsmetodik för askåterföring

DANIEL GLIMTOFT

ISBN 978-91-7673-992-1 | © Energiforsk mars 2024

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Vi behöver återföra mera aska till skogen. I det här projektet har Daniel Glimtoft utvecklat en spridningsutrustning som kan kombinera askåterföring med kvävegödning.

Aska från anläggningar som eldats med rena skogsbränslen kan med fördel återföras till skog för att kompensera uttaget av GROT från skogen. Skogsstyrelsen har som mål att öka mängden aska som återförs till skogsmark.

Spridningsutrustningen består av en större balja för aska som kompletteras med en mindre, intern, behållare för kväve. Att sprida aska och kväve från samma behållare är inte möjligt eftersom det leder till ammoniakavgång. Utrustningen behöver utvecklas och testas ytterligare i ett kommande projekt.

Projektet är viktigt eftersom det kan bidra till ett ökat intresse från markägare när det finns en möjlighet att kombinera aska och kväve vid samtidig spridning. På sikt kan det leda till en ökad askåterföring i flera delar av landet.

Marie Kofod-Hansen, mars 2024

Programansvarig för Askprogrammet

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

Projektet initierades för att öka intresset för askåterföring hos markägare i Svealand och Norrland. I de här delarna av Sverige är sannolikheten för tillväxteffekter av askåterföring på kort sikt små på de flesta fastmarker, vilket bidrar till bristande intresse från markägare. Projektets bidrag till lösning på detta problem är att kombinera askåterföring med kvävegödsling på lämpliga marker. Aska och kväve, i form av ammoniumnitrat, ger vid blandning ammoniakavgång, varför blandning inte är lämpligt. Projektets målsättning har därför varit samtidig spridning, utan att produkterna blandas med varandra.

Askåterföring är, lokalt i Götaland en, om än i mindre omfattning än önskat, etablerad skogsbruksåtgärd. Detta beror på flera anledningar, såsom långsiktigt engagemang från skogliga aktörer och myndigheter med syftet att kompensera näringsuttag och motverka antropogen försurning, god tillgång till aska från kraft- och fjärrvärmeverk som eldar skogsbränslen, samt intresse från markägare, där möjligheten till tillväxteffekter på kort sikt på bättre marker bidrar till intresset.

I Svealand och Norrland är sannolikheten för tillväxteffekter av askåterföring på kort sikt på de flesta fastmarker små, vilket bidrar till bristande intresse från markägare. Målet med det här projektet har varit att bidra till en lösning på detta problem genom att kombinera askåterföring med kvävegödsling på lämpliga marker. Eftersom aska och kväve inte ska blandas med tanke på ammoniakavgång, så har målet varit att ta fram en teknik som gör att produkterna kan spridas tillsammans, utan att de blandas med varandra.

Spridningsutrustningen består av en större balja för aska som kompletterats med en mindre, intern, behållare för kväve. Genom att kvävebehållaren har en öppningsbar botten finns det möjlighet att fylla hela baljan med bara en produkt om så önskas. Spridningsutrustningen är tänkt att kunna sprida aska och/eller kväve utifrån markägarens önskemål för det enskilda beståndet. Vid kvävegödsling i skog används ofta gödselmedel som innehåller bor, men då aska innehåller bor i tillräcklig koncentration, kan ammoniumnitrat utan bor användas, vilket innebär en kostnadsbesparing som historiskt varierat mellan 200 och 400 kr/ha. Spridning av två produkter vid samma tillfälle ger också en avsevärt lägre sammanlagd spridningskostnad per hektar.

Spridningsutrustningen är designad för att passa på skotare med en lastvikt på ca 10 ton och uppåt, men är möjlig att skalas ner för mindre maskiner. För att uppnå de mål som satts upp för spridningsutrustningen gällande prestanda och utformning skulle matningen ske med skruvar i stället för med traditionellt band och för att minska projektriskerna och säkerställa spridningsutrustningens design konstruerades två versioner av prototyp. Prototyperna testades med både granulerad aska och krossaska. De långsiktiga effekterna av kombinationen av skruvmatning och krossaska bör utvärderas ytterligare med fullskalig spridningsutrustning.

Baserat på prototypernas prestanda och funktion är bedömningen att spridningsutrustningen skulle uppfyllt projektets mål avseende både

dimensionerande faktorer och prestanda. Projektet fick avbrytas i förtid på grund av brist på medel, men projektets dokumentation och erfarenheter finns samlade och arkiverade för en eventuell framtida återstart av projektet i det fall förnyat intresse och finansiering för en fortsättning finns på plats.

Nyckelord

Aska, askåterföring, flygaska, kvävegödsling, spridningsutrustning, arbetsrapport

Summary

The project was initiated to increase interest in ash recycling among landowners in Svealand and Norrland. In these parts of Sweden, the probability of short-term growth effects of ash recycling is low on most of the mainland, which contributes to a lack of interest from landowners. The project's contribution to solving this problem is to combine ash recycling with nitrogen fertilization on suitable land. When mixed, ash and nitrogen, in the form of ammonium nitrate, result in ammonia loss, so mixing is not appropriate. The aim of the project has therefore been simultaneous spreading, without mixing the products with each other.

Ash recycling is, locally in Götaland, an established forestry measure, albeit to a lesser extent than desired. This is due to several reasons, such as long-term commitment from forestry actors and authorities with the aim of compensating nutrient removal and counteracting anthropogenic acidification, good access to ash from power and district heating plants that burn forest fuels, and interest from landowners, where the possibility of short-term growth effects on better land contributes to the interest.

In Svealand and Norrland, the probability of growth effects due to ash recycling in the short term on most mineral soils is small, which contributes to a lack of interest from landowners. The project's contribution to solving this problem is to combine ash recycling with nitrogen fertilization on suitable land. Ash and nitrogen, in the form of ammonium nitrate, give off ammonia when mixed, which is why mixing is not suitable. The project's aim has therefore been simultaneous distribution, without the products being mixed with each other. The spreading equipment consists of a larger tub for ash supplemented with a smaller, internal container for nitrogen. Because the nitrogen container has an openable bottom, it is possible to fill the entire tub with just one product if desired. The spreading equipment was supposed to be able to spread ash and/or nitrogen based on the landowner's wishes for the individual stand. In nitrogen fertilization in forests, fertilizers containing boron are often used, but since ash contains boron in sufficient concentration, ammonium nitrate without boron can be used, which means a cost saving that has historically varied between 200 – 400 SEK/ha. Spreading of two products at the same time also results in a significantly lower total spreading cost per hectare.

The spreading equipment was designed to fit forwarders with a load weight of approx. 10 tons and above but can be scaled down for smaller machines. To achieve the goals, set for the spreading equipment regarding performance and design, the feeding would take place with screws instead of traditional belt and to reduce the project risks and ensure the design of the spreading equipment, two versions of the prototype were constructed. The prototypes were tested with both

granulated ash and self-hardened crushed ash. The long-term effects of the combination of screw feed and self-hardened crushed ash would be further evaluated with full-scale spreading equipment.

Based on the performance and function of the prototypes, the assessment is that the spreading equipment would meet the project's goals regarding both dimensioning factors and performance. The project had to be terminated prematurely due to lack of funds, but the project documentation and experiences are collected and archived for a possible future restart of the project in case of renewed interest and funding for a continuation.

Innehåll

1	Inledning	9
2	Syfte	14
3	Parter	15
4	Genomförande	16
4.1	Dimensionerande faktorer	16
4.1.1	Förklaring av dimensionerande faktorer	16
4.2	Principbeslut gällande skruv- eller bandmatning	19
4.3	Provrigg 1.	21
4.4	Provrigg 2.	22
4.5	Profil av balja	24
4.6	Lyfthöjd	25
4.7	Nedlöp	25
4.8	Kranhållare	27
4.9	Dosering av kväve	29
4.10	Infästning	30
4.11	Drift	31
5	Resultat	32
6	Diskussion	36
7	Referenslista	37

1 Inledning

Svenskt skogsbruk och skogsindustri producerar, framförallt indirekt, stora volymer skogsbränsle i form av GROT (grenar och toppar), energived, bark och spån. Dessa bränslen fyller en viktig roll i Sveriges strävan mot fossilfri energiproduktion och användningen av biobränsle är ökande och utgör 145 TWh årligen (2019).

Uttag av biomassa från skog innebär uttag av alla näringsämnen. Vid förbränning av skogsbränsle bildas aska som innehåller alla de näringsämnen som bränslet innehöll, utom kväve vilket avgår vid förbränning. Aska från anläggningar som eldats med rena skogsbränslen kan med fördel återföras till skog för att kompensera näringsuttaget. Återföring av näring sker i dagens svenska skogsbruk selektivt; antingen alla näringsämnen utom kväve i form av askåterföring, eller enbart kväve i form av kvävegödsling.

Skogsstyrelsen har under många år arbetat för att öka mängden askåterföring för att kompensera uttag genom skörd, bibehålla markens långsiktiga produktionsförmåga, samt bidra till att motverka försurning som uppstår dels genom nedfall, dels genom skogsbruk. Askåterföring ses också som en del i arbetet med att uppnå flera av Sveriges miljömål.

Skogsstyrelsen har som mål att öka mängden aska som återförs till skogsmark och har under många år aktivt arbetat med utbildningsverksamhet där bland annat markägare och skogstjänstemän utbildas i bioenergiuttag och askåterföring.

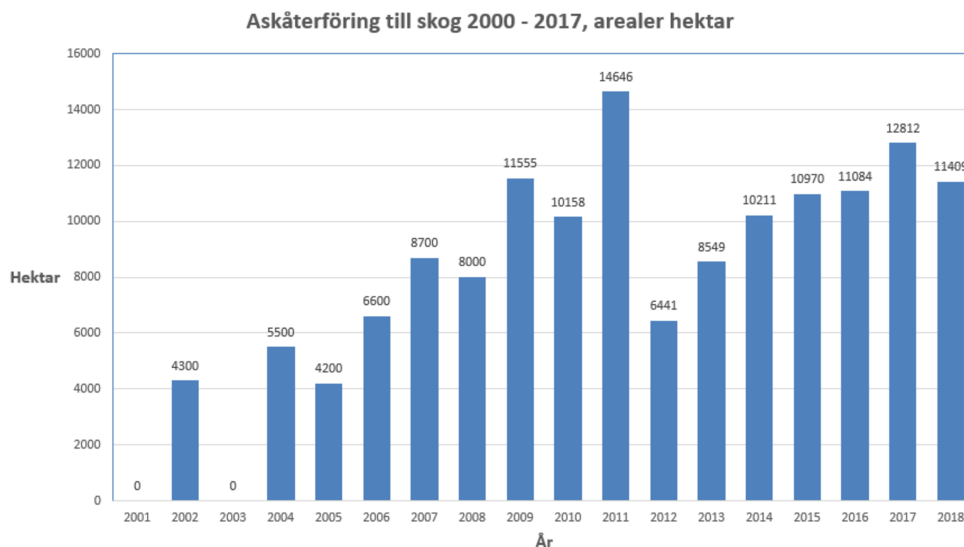
I Skogsstyrelsens rekommendationer för askåterföring (Skogsstyrelsen, 2019) anges bland annat följande riktlinjer.

”När träddelar utöver stamvirket tas ut ur skogen ska åtgärder vid behov vidtas så att skador inte uppstår på skogsmarkens långsiktiga näringsbalans och buffringsförmåga mot försurning (7 kap. 27§ föreskrifterna)”

”Tillförsel av mineralnäring, till exempel aska, bör ske som kompensation vid uttag av träddelar utöver stamvirke, motsvarande mer än ett halvt ton torrsbstans ren ohärdad aska, per hektar och omloppstid. ”

Vid ett grotuttag i nivå med Skogsstyrelsens rekommendationer om att minst 20% av tillgänglig grot lämnas kvar innebär det att vid grotuttag vid slutavverkning av grandominerade bestånd där uttaget av stamved är större än 200 m³sk/ha bör askåterföring ske. Detta innebär att aska bör återföras efter de flesta slutavverkningar i Götaland, Svealand och längs norrlandskusten. För tall eller blandskog krävs det större avverkningsvolymer per hektar för att samma näringsbehov skall uppstå.

I Sverige har askåterföring pågått sedan 1990-talet och sker för närvarande årligen på ca 12 000 ha, Figur 1, vilket kan ställas i relation till den areal där det årligen tas ut grot i samband med slutavverkning, som 2018 var så låg som 40 000 ha, men har varit så hög som 80 000 ha åren runt 2010. Statistiken utgör senast tillgängliga underlag från Skogsstyrelsen.



Figur 1 Askåterföring till skog i Sverige

I Sverige sker askåterföring genom spridning av krossaska, medan det i Finland även sker i form av kompakterad och grovgranulerad aska. Viss askåterföring sker även i Danmark och i vissa delstater i Tyskland och även där sker det i form av krossaska.

Traditionell askhantering vid återföring till skog innebär följande moment.

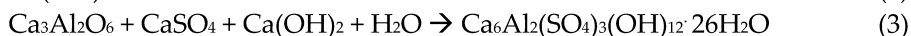
1. Utmatning och befuktning av aska vid förbränningsanläggning
2. Transport av aska till mellanlager/terminal
3. Härdning av aska på terminal
4. Krossning/siktning av härdad aska
5. Transport till spridningsobjekt
6. Spridning i skog.

I samband med utmatning av aska vid värmeverk befuktas askan för att starta härdningsprocessen och för att göra askan säkrare att hantera rent arbetsmiljömässigt, se Figur 2.



Figur 2 Askhantering vid produktion av krossaska

Under härdningsprocessen omvandlas en stor del av askans beståndsdelar till mindre reaktiva föreningar. Hydratiseringsprocessen är ofta ofullständig vid krossaskhantering då blandningen av vatten och aska inte är tillräckligt omfattande. De viktigaste härdningsprocesserna är:



Process (1) är en snabb och värmebildande process, medan process (2) är långsammare. Process (2) är beroende av en vätskefas där reaktanterna kan lösas och transporteras och överföringen av kalcium från hydroxid till karbonat innebär att lösligheten minskar med en faktor 100 (Steenari et al., 1997). Process (3) påverkas av mängden tillgänglig svavel som finns och de konkurrerande reaktionernas hastighet. En annan process som kan påverka askans egenskaper är bildning av kalciumsilikathydrat i närvaro av kiseldioxid (Fjällberg, 2005) En kemiskt och fysikaliskt stabiliserad aska minimerar risken för negativa effekter såsom t.ex. brännskador på vitmossa i samband med askåterföring och bidrar till att produkten har en lång upplösningstid i fält.

Askåterföring är en etablerad verksamhet i södra Sverige, men sker endast i begränsad omfattning i Mellansverige och norrut. Bidragande orsaker till det har varit att Skogsstyrelsen historiskt sett varit mer aktiv gällande kalkning och askåterföring i södra Sverige, kortare transportavstånd mellan askproducent och spridningsobjekt, större intresse bland privata markägare än skogsbolag och det faktum att sannolikheten för ökad tillväxt på kort sikt är större i södra Sverige där det inte är lika tydlig kvävebegränsning som längre norrut i Sverige. Det har även inneburit att det i södra Sverige finns en större betalningsvilja för askåterföring.

Askåterföringen har i debatten ofta kopplats samman med uttaget av grot, då grotuttaget under många år förts fram som ett argument för att återföra aska. Lönsamheten vid grotuttag är större i södra Sverige än längre norrut på grund av bland annat större uttag per arealsenhet och kortare avstånd till förbrukare. Det gör att skogsägare i Mellansverige och norrut generellt har en låg intäkt av grotuttag, vilket tillsammans med den lägre tillväxteffekten påverkar betalningsviljan för askåterföring. Som en ytterligare faktor i sammanhanget krävs det ofta lite större sammanhängande arealer för att få till stånd en effektiv askåterföring. Ofta anger man i branschen ca 100 ha relativt sammanhängande spridningsobjekt, vilket ofta betyder samordning mellan ett antal markägare. Spridningsutrustning som sprider aska i samband med grotsskotning skulle i det sammanhanget kunna intressera de markägare som är intresserade av att återföra aska efter grotuttag, men samtidigt inte är beredda att återföra aska på större arealer gallringsskog där aktiviteten, från Mellansverige och norrut, ofta innebär en långsiktig investering.

För askproducenter är dagens askhantering med krossaska vid återföring till skog generellt dyrare än exempelvis deponitäckningen och anläggning av hårdgjorda ytor. Detta medför ofta att godkänd aska används för just deponitäckning eller anläggning av hårdgjorda ytor om verksamheten sker på kommersiella villkor. Samtidigt har många, framför allt större, anläggningar i sina tillstånd ofta villkor om att återföring av aska bör ske om det är tekniskt och ekonomiskt försvarbart.

För att askåterföringen skall öka krävs minskade kostnader för askåterföring, alternativt en ökad betalningsvilja hos skogsägare. En effektivare, och med kväve kombinerad, askåterföring har därför potential att kraftigt öka intressen både volymmässigt och geografiskt, framför allt i Svealand och Norrland. En större och effektivare marknad för askåterföring innebär en ökad konkurrenskraft för skogsbränslen och minskning av branschavfall genom att mindre volym, för askåterföring lämplig, aska deponeras eller används för deponitäckning. Ökad askåterföring är en profilfråga gällande uthållig produktion av skogsbränsle och miljövänlig el, värme och drivmedel. Att för askåterföring lämplig aska inte nyttjas för deponitäckning innebär dessutom att utrymme frigörs för mindre ren aska.

Spridning av aska på torvmark har diskuterats, och i mindre skala praktiserats, i Sverige sedan 1960-talet, medan man i Finland genomför det i stor skala genom spridning med helikopter eller skotare. En av begränsningarna i Sverige har varit bristen på spridningsutrustning. Tröskeln för en entreprenör att börja med askspridning är hög. Traditionellt sett krävs att entreprenören skaffar utrustning och modifierar denna med en basmaskin, vinner upphandling gällande omhändertagande av aska, ordnar upplag samt planerar och genomför spridning. Alla dessa moment omfattar, utöver ekonomiskt risktagande, ett stort mått av kunskapsinsamlande från olika källor.

Askåterföring sker idag med modifierade kalkspridare från danska Bredal eller egna konstruktioner med Bredal som utgångspunkt. Bredals utrustning är gjord för att sprida kalk och passar därmed också bra för att sprida krossaska. Tyvärr erbjuder Bredal små möjligheter till anpassning för skogsbruk, vilket innebär ett antal kompromisser som påverkar utrustningens flexibilitet och kräver en hel del individuella anpassningar av basmaskinen. Spridning sker i huvudsak i

gallringsskog, men även till viss del på hygge. Det är vanligt att askåterföring sker med de minsta skotarna i de stora maskintillverkarnas program. Det förbättrar framkomligheten i skogar som gallrats manuellt eller med småskaliga maskiner, eller där det gått lång tid mellan gallring och askåterföring och stickvägsbredden minskat.

Det finns även ett projekt (Skogforsk, 2015) som tittat på spridning av aska i samband med risskotning på hygge där maskinen var skruvmatad och tänkt att lyftas av och på basmaskinen i samband med att man bytte arbetsuppgift från risskotning till askåterföring.

I sydvästra Götaland kan askåterföring enligt tidigare studier innebära tillväxteffekter på uppåt 10-15% vilket ökar intresset för åtgärden. På bättre granmarker kan i sydvästra Sverige kan tillväxten efter askåterföring öka med 20% (Skogforsk, 2023). För att få motsvarande tillväxteffekter i Svealand och Norrland krävs det att man även tillför kväve. Spridning av aska och kväve innebär synergieffekter som gör det konkurrenskraftigt i jämförelse med ren kvävegödsling. fördelarna med askåterföring som brukar lyftas fram är att man kompenserar näringsuttag, bibehåller den långsiktiga produktionsförmågan och motverkar försurning. Genom att kombinera aska och kväve i Svealand och Norrland möjliggör man de positiva effekterna även i dessa områden. Dagens spridningsutrustning kan inte kombinera aska och kväve p.g.a. att ammoniakavgång uppstår när ammoniumnitrat utsätts för högt pH i form av aska i samband med blandning.

Traditionellt sett används ofta kvävegödselmedel med tillsats av bor i samband med kvävegödsling i skog då framför allt skog på magra marker i Norrland kan drabbas av borbrist i samband med kvävegödsling utan bor, vilket kan resultera i skador på trädens knoppanslag och årsskott. Då aska innehåller bor möjliggör kombinationen av aska och kväve användning av kvävegödselmedel utan tillsats av bor, vilket historiskt sett innebär en besparing på 200-400 kr/ha vid gödsling.

2 Syfte

Projektets ambition var att utveckla och konstruera en ny typ av spridningsutrustning för askåterföring på fastmark och torvmark, samt därefter testa och validera denna. Utrustningen skulle ha en egen kraftkälla och hydrauliksystem för att göra den mer flexibel och minska behovet av anpassning av basmaskin ("stand-alone"). Utrustningen skulle kunna kombinera spridning av aska och kväve vid samma överfart (vilket inte är möjligt med nuvarande teknik) samt vara skalbar, dvs om någon aktör vill ha en för ändamålet anpassad utrustning till en mindre maskin ger projektet teknisk möjlighet till det. Ett "stand-alone" system möjliggör ett effektivare utnyttjande av spridningsutrustning och därmed effektivare spridning. Detta gäller särskilt i områden där askåterföring är en ny, eller i dagsläget begränsad, verksamhet där utrustningen skulle kunna samägas och/eller hyras ut.

3 Parter

Svensk Skogsgödsling har arbetat, teoretiskt och praktiskt, med askåterföring i 15 år. Under fyra av dessa ägde företaget egen spridningsutrustning och basmaskin (Valmet 830), och var verksamma i Skåne, Småland och Mälardalen. Företaget besitter därför stor erfarenhet av på marknaden befintlig spridningsutrustning. Under senare år har företaget genom ett pilotprojekt, och även fortsättning på detta, arbetat intensivt med granulering av aska och i samarbete med Stockholm Exergi och danska HOFOR utvecklat och byggt en produktionsanläggning för just granulering av aska.

Glimåkra Entreprenad AB har erfarenhet av skoglig entreprenadverksamhet, bland annat inom markberedning, bioenergi, samt teknisk utveckling och konstruktion.

Feed System i Lönsboda AB har erfarenhet av spridningsutrustning inom skog och lantbruk samt tillverkning och konstruktion.

Idéer och olika designförslag har processats och analyserats på sina respektive styrkor och svagheter för att passa projektets målsättningar och slutligen har en kombination av dessa genererat den slutliga produkten.

Projektet finansierades av medel från RE:Source, Energiforsk, Seydlitz MP Bolagen och Stockholm Exergi.

Projektet påbörjades 2019, varefter det försenades av Covid-19 och påföljande effekter på råvaruflöden och utbud av specifik utrustning. Projektet fick avbrytas i förtid på grund av brist på medel, då en av finansiärerna drog sig ur projektet av oklar anledning. Svensk Skogsgödsling kom tillsammans med övriga deltagare, referensgrupp och finansiärer fram till att det var lämpligast att avsluta projektet i förtid och sammanställa erfarenheter för att möjliggöra en framtida omstart.

4 Genomförande

Utifrån tidigare erfarenheter från egen verksamhet med entreprenadverksamhet inom askåterföring sattes en önskelista över prestanda och dimensionerande faktorer upp.

4.1 DIMENSIONERANDE FAKTORER

- Framdriftshastighet vid spridning ca 3,5 km/h
- Volym gödselbehållare och askbehållare förhållande ca 1:7, dock minst 0,85 m³ gödselbehållare
- Hydrauliskt nät över behållaren
- Möjlighet att sprida åt ett eller båda hållen
- Låg tyngdpunkt
- Inte bredare än basmaskinens stöttor
- Kort överhäng bakåt för att skydda tallrikarna
- Inte högre än att skotarens kran kan lyfta en enöglesäck över kanten till spridaren
- Inget överlass
- Separat motor och hydraulsystem
- Skalbar
- Samspridning av aska och kväve, ingen blandning i baljan
- Möjligt med separat spridning av aska och kväve (utifrån bestånd)
- Minst en storsäck gödsel skall rymmas i kvävebehållaren
- Möjligt att med små medel flytta mellan olika basmaskiner
- Sprida både krossaska och granulerad aska
- Hydrauliskt lock/presenning över gödselbehållare

4.1.1 Förklaring av dimensionerande faktorer

Ju större framdriftshastigheten är, desto större spridningsmängd behöver matas ut vid en given dos. För att kunna dimensionera utrustningen rätt, gjordes ett antagande om att maximal hastighet i samband med spridning uppgår till 3,5 km/h. Detta innebär att vid högre hastighet kommer givan att bli lägre än önskat, men vår bedömning är att det är få tillfällen det finns praktisk möjlighet till högre hastighet i terräng och då finns valet att antingen sprida en lägre giva, eller att inte köra fortare än 3,5 km/h. Den dimensionerande hastigheten sattes efter egna erfarenheter, samt tidigare studier (Larsson, 2014) som anger hastigheten för en olastad skotare på basväg till ca 4 km/h och en lastad skotare till ca 3,5 km/h. Generellt är också skotarens hastighet högre på hygge och lägre i gallringsskog.

Standarddos för askåterföring är 3 ton ts/ha för ståndortsindex G23 och uppåt och 2 ton ts/ha för ståndortsindex under G23 enligt Skogsstyrelsens rekommendationer (Skogsstyrelsen, 2019). För krossaska innebär det att 3 ton ts motsvarar ca 4 ton fuktad aska och för granulerad aska motsvarar 3 ton ts ca 3,5 ton spridningsbar produkt. Standardgiva kvävegödsling är 150 kg N/ha, vilket vid användning av 27% ammoniumnitrat ger en giva på ca 550 kg/ha. Ett förhållande på 1:6 eller 1:7 är alltså lämpligt vid samspridning av aska på ståndortsindex över G23. En storsäck

på 750 kg ammoniumnitrat kräver ca 0,7 m³, vilket innebär att gödselbehållaren bör vara något större.

Nät över spridningsbehållaren förhindrar att grästorvor eller andra föroreningar följer med material vid lastning av aska som tippats på backen. Ett hydrauliskt nät gör att rensning av nätet kan ske inifrån hytten.

Möjlighet att stänga av spridningen åt ett håll gör att andel spridningsbar areal ökar i ett bestånd då det finns skyddsavstånd till exempelvis sjöar och vattendrag (15 m), diken (10 m), våtmarker (15 m) mm. Då man generellt är hänvisad till att köra befintliga stickvägar innebär möjligheten att sprida från ett objekt ofta möjlighet att köra en stickväg som annars inte kunnat nyttjas.

Låg tyngdpunkt är önskvärd då maskinen rör sig över stora arealer och oftast bara en gång på samma stickväg till skillnad av maskiner som används vid gallring och slutavverkning, vilket gör att risken att hamna i situationer med sidolutning är avsevärt större.

Baljan bör inte vara bredare än basmaskinens stöttor då det innebär att maskinens hjul inte kan komma i kontakt med baljan. Avsmalning i ovankant är också önskvärd då det minskar risken för påkörningsskador i gallringsskog.

Ett återkommande problem med Bredalbaljor är att de sticker ut långt bakom maskinen. Det gör även virke vid skotning, men det är ett mindre problem. Den känsligaste delen på en Bredalspridare är spridningstallrikarna som sitter längst bak ock längst ner, Figur 3, vilket gjort att en del aktörer monterat olika typer av skydd under tallrikarna. En kortare balja minskar detta problem.



Figur 3 Överhäng bak maskin med varierande skydd kring spridningstillrikarna

Det är ganska vanligt att Bredal K85 används vid askåterföring, och ibland även med förhöjning. Fullastad innebär det ofta överlass i förhållande till basmaskinens specifikationer. Projektets spridningsbalja konstrueras därför med detta i åtanke. Den storleken på maskin som ofta används för askåterföring har en lastvikt runt 9 ton.

Nuvarande spridningsutrustning som används för askåterföring är inkopplad på basmaskinens hydraulsystem. Dessa är inte anpassade för den tillkommande utrustningen, utan det påverkar basmaskinens egenskaper i form av ex lägre hastighet på väg och överhettning av hydrauloljan. Detta kan till viss del lösas med oljekylare. Separat motor och hydraulsystem gör att basmaskinens prestanda inte påverkas. Det underlättar också möjligheten att flytta spridningsutrustningen mellan olika maskiner. Detta är särskilt intressant i områden där askåterföring är ovanligare och intresset för entreprenörer att starta verksamhet är låg.

Skalbarhet möjliggör användning på framför allt mindre maskiner, som i vissa markägargrupper och/eller på för körskador känsligare marker blir mer och mer intressanta.

Som tidigare nämnts i bakgrunden går det inte att blanda aska och kväve på grund av den kemiska reaktionen som genererar kväveavgång. Samtidigt skulle samspridning ge synergieffekter som lägre etableringskostnader, möjlighet att

gödsla enstaka hektar i samband med askåterföring, vilket i dagsläget är svårt/dyrt, samt öka intresset för askåterföring norr om Mälardalen.

Minst en storsäck kvävegödsel skall rymmas i kvävebehållaren för att minska behovet av att dela säckar vid lastning, vilket är möjligt med tömningsventil, men det innebär extra arbete.

Möjligheten att med små medel flytta spridningsutrustningen mellan olika basmaskiner ökar möjligheten till etablering av verksamhet i nya områden där det inte finns tillräckligt material för att hålla i gång en maskin eller tillräckligt intresse bland markägare. Som en tumregel kan man anta att spridningskapaciteten ligger på lite drygt 1000 ton/månad för en spridningsenhet.

Svensk Skogsgödsling AB arbetar med granulering av aska och detta utvecklingsprojekt inleddes på grund av ett uttalat intresse från de skogsägare och skogsbolag i Mälardalen som kommit i kontakt med granulerad aska. Då granulering av aska är vanlig i Finland, men ovanlig i Sverige togs beslutet att försöka konstruera spridningsutrustning som kan hantera både granulerad aska och krossaska.

Kvävegödsel är känsligt för fukt och därför behöver gödselbehållaren kunna täckas. En hydraulisk lösning minskar det manuella arbetet i samband med påfyllning och likaså en del av arbetsmiljöriskerna.

4.2 PRINCIPBESLUT GÄLLANDE SKRUV- ELLER BANDMATNING

Befintlig spridningsutrustning på marknaden är baserad på bandmatning till tallriksspridare. Denna lösning är beprövad och robust, men det finns en hel del faktorer som är svåra att kombinera med önskelistan ovan.

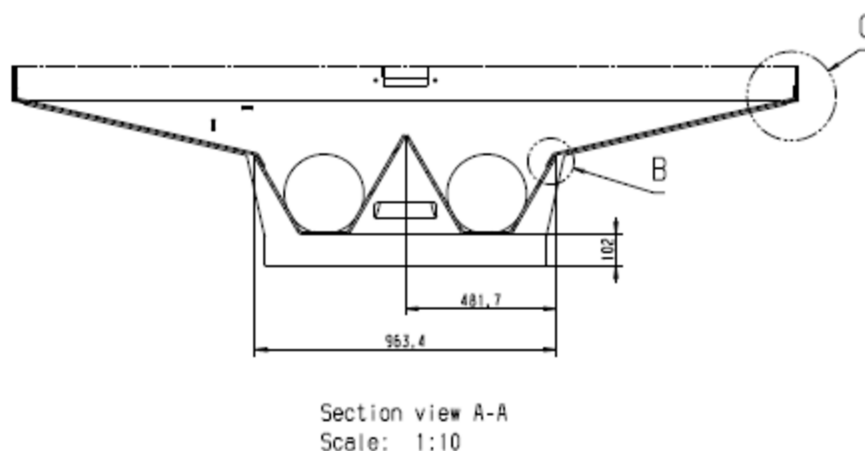
- Bredal, som levererat den utrustning som finns på den svenska marknaden, antingen genom kompletta baljor eller genom delar, hade inte möjlighet att göra några måttanpassningar av vare sig hela baljor eller band. Det finns andra leverantörer av band, men då aska är ett väldigt krävande material gjordes efter en del efterforskningar bedömningen att det är ett stort risktagande att välja band för andra applikationer.
- Bandmatning i kombination med möjligheten till spridning åt två håll innebär i kombination med kvävedosering väldigt mycket utrustning på en begränsad yta, se Figur 4.
- Tyngdpunkten blir högre med band än med bottenskruvar
- Tyngdpunkten av baljan förskjuts bakåt i större utsträckning under tömning med band, vilket är negativt för basmaskinens midja
- En bandmatad spridningsbalja ger ett mer komplicerat styrsystem med större antal signaler
- Bottenskruvar möjliggör en lägre balja, vilket förutom ovan nämnda lägre tyngdpunkt, ger bättre sikt, samt ger tillräckligt låg höjd för att skotaren skall kunna lyfta en storsäck med kvävegödsel tillräckligt högt för att på egen hand kunna fylla på gödslingsbehållaren i baljans bakre del.



Figur 4 Exempel på spridare med bottenband och två luckor för val av spridningsriktning

Då aska är ett krävande material fanns det vissa farhågor om att skruvmatning inte skulle fungera tillräckligt bra med aska. För att utvärdera dessa risker beslutades att två storlekar på provriggar skulle konstrueras och testköras innan beslut om val av matningssystem. Bottenplattan är formad enligt Figur 5 med två parallella skruvar. Ensidig spridning uppnås då genom att en skruv stängs av. Ensidig spridning kommer att fungera mer eller mindre tills baljan är tömd.

Skruvens egenskaper i form av axeldiameter, avstånd mellan vingar, diameter på vingar och lutning är faktorer som påverkar skruvens prestanda. Baljans botten konstrueras av tjockare plåt än baljans väggar.



Figur 5 Tvärsektion av baljans botten.

4.3 PROVRIGG 1.

Kapacitet ca 250 kg aska. Byggdes i formplywood.

Testkördes med granulerad aska. I samband med testkörningen identifierades ett antal brister/svagheter vartefter utrustningen justerades. Testkörningen blev utmatningen ut baljan stötvis och därmed inte ett jämnt flöde ner till en spridartallrik. Detta löstes genom att skruven, som annars ligger öppen i baljan, går genom ett rör de sista 40 cm innan utmatning. Detta gav i sin tur också den positiva effekten att det inte kan rinna något material baklänges ur maskinen vid ex körning i brant uppförslut. Vi observerade också att tömningsprofilen likande den vid bandmatningen, dvs att materialtjockleken blir högre i utmatningsändan, även denna egenskap förbättrades av användningen av rör då askan inte kan tryckas uppåt av skruvens rörelse. Detta skulle kunna förbättras ytterligare genom användning av asymmetriska skruvar. Genom att utgå från skruvens design i form av diameter och längd mellan vingar kunde varvtal, växel och basmaskinens framdriftshastighet modelleras för att uppnå de dimensionerande faktorerna i önskelistan.



Figur 6 Provrigg 1.

4.4 PROVRIGG 2.

Kapacitet ca 2 ton aska. Byggdes i plåt.

Provrigg nummer två dimensionerades för att motsvara bottenplattan av prototypen, men endast ena sidan och en skruv utnyttjades för försök, se Figur 7. Provriggen testkördes med granulerad aska, ammoniumnitrat och krossaska, Figur 8, med likvärdig prestanda. Materialet vägdes innan det placerades i baljan varefter tiden för tömningen registrerades. Reglering av varvtal gjordes genom varierad utväxling för att uppnå dimensionerande förutsättningar.



Figur 7 Provrigg 2



Figur 8 Krossaska

4.5 PROFIL AV BALJA

Projektet erhöill digitala ritningar av vagn från Komatsu 835 och Rottne F10 som innehöll för projektet relevanta mått på vagnen som längd, design av kranhals och boogielåda m.m. (ritningarna kan inte delas pga. sekretess, men den ritade baljan får plats på dessa maskiner). Egna mätningar gjordes även på John Deere 810E för att täcka in de vanligaste fabrikaten. Måtten är nödvändiga för att säkerställa att baljans profil inte går utanför stöttornas placering och därmed kan påverkas av vagnens boggie vid fullt utslag. Den första modellen av baljan skrevs ut och klustrades på kartong innan den testades på en John Deere 810D, Figur 9, för att säkerställa spridningsbaljans design i förhållande till vagnens hjul vid fullt utslag på boggielådan. Hänsyn har även tagits till att spridningsbaljan skall kunna kombineras med band på maskinens bakre däck.

Baljans profil har också anpassats för att uppnå önskad vridstyvhet vid så tunn godstjocklek som möjligt.



Figur 9 Profil i kartong som testades på en John Deere.

4.6 LYFTHÖJD

För att säkerställa att spridningsbaljan kan lastas med skotarens kran och standard storsäck för ammoniumnitrat på 750 kg, gjordes lyfttester med en John Deere 1110 för att mäta maximal lyfthöjd på storsäck i skotarvagnens bakkant. I samband med detta test mättes också rotatorer av olika fabrikat.

4.7 NEDLÖP

De bandmatade spridningsbaljor som finns på marknaden har ett nedlöp som delar flödet till två spridningstallrikar. Design av nedlöp och tallrikarnas vinkel kan varieras beroende på spridningsmaterial och önskad spridningsbild. Figur 10 visar på två olika typer av nedlöp och tallrikar som beroende på inställning kan användas för olika applikationer. För att säkerställa att denna funktion även finns på en spridningsbalja med skruvmatning behövde vi utvärdera nödvändig fallhöjd mellan skruv och spridningstallrik. Fallhöjden från skruvutmatning till tallrik blev i projektets konstruktion lägre än på befintlig, bandmatad spridningsutrustning, vilket gjorde att vi genomförde ett test av spridning av granulerad aska för att bestämma möjliga vinklar från utmatning till tallrik.



Figur 10 Nedlöp



Figur 11 Simulerad utmatning från skruv till tallrik

Testerna, Figur 11, visade att den designade baljan har tillräcklig fallhöjd från skruvarnas utlopp ner till spridartallrikarna för att det skall finna möjlighet att justera var på tallriken materialet trillar ner vid olika vinkling av tallriken. Platsen och tallrikens vinkel påverkar spridningsbild och kastlängd.

4.8 KRANHÅLLARE

Vid virkeskörning ligger normalt skotarkranen ner på vagnen, vid tomkörning, eller uppe på virket vid lass. I samband med askåterföring behöver det finnas någon form av klyka eller vagga där kranen kan vila under spridning. Kranhållaren måste vara stabil, samtidigt som den inte får vara i vägen för själva spridningen, eller så hög så att det blir ett problem vid trailertransport, se Figur 12. Kranhållaren behöver kunna fungera med både grip och skopa, beroende på om spridningsmaterial kommer i bulk eller säck. Kranstödet måste också fungera för en spridningsbalja som inte sticker ut lika långt bak maskinen som de traditionella.



Figur 12 Olika typer av kranstöd

4.9 DOSERING AV KVÄVE

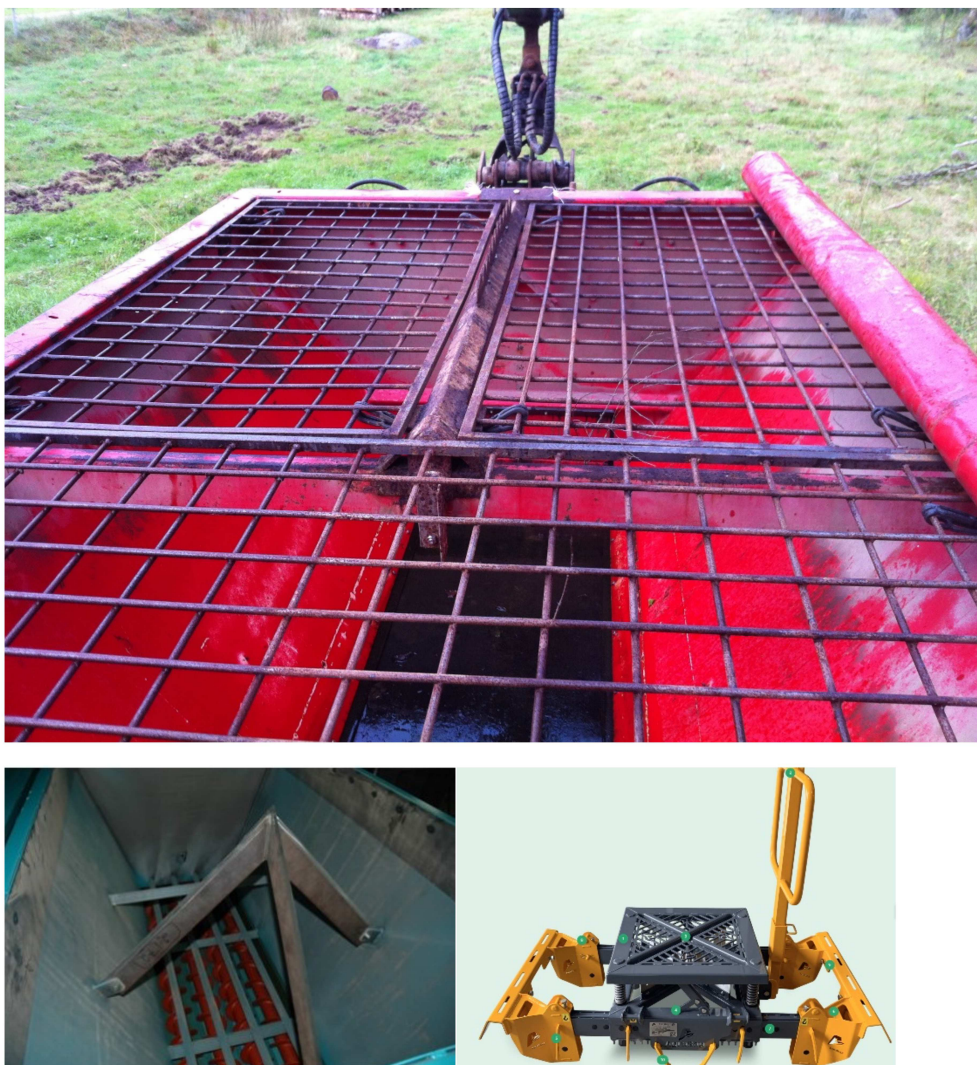
Under utvecklingsarbetet utvärderades flera olika tekniker för kvävedosering, spridningsteknik och även placeringspunkter. I slutändan kom vi fram till att utmatning i spridarens bakkant med nedfall på gemensamma spridningstallrikar var att föredra. För att inte minska spridningsutrustningens lastvolym när endast aska skall spridas tittade vi på olika alternativ, allt ifrån utrustning som lyfts ut till hopfällbar utrustning. Till slut kom vi fram till att en permanent behållare med öppningsbar botten var lämpligast, Figur 17. Den öppningsbara botten gör att vid enbart spridning av aska kan, kan man fylla aska även i kvävebehållaren och vice versa går det att använda hela spridarens volym för spridning av ammoniumnitrat.

Den mest lämpliga, befintliga, utrustningen på marknaden för dosering av kväve bedömdes vara frödoseringsutrustning. Det finns många olika typer där en del har den robusthet som krävs för dosering av kväve. Exemplet på bild nedan, Figur 13, klarade att mata igenom m16x45 bultar utan att gå sönder.



Figur 13 Dosering av kväve

Utöver själva doseringen av kväve krävs det också ett effektivt sätt att öppna storsäckarna vid tömning i behållaren. Olika typer av lösning inkluderar hajfena, spjut och nya lösningar som Agrobag, se Figur 14.



Figur 14 Storsäckstömning

4.10 INFÄSTNING

Hela spridningsutrustningen skulle stå på en bottenplatta för att stabilisera konstruktionen, underlätta flytt mellan maskiner, samt underlätta infästning i basmaskinens ram. Olika skotare har olika infästningar för grind och bankar, vilka tas bort innan montering av spridningsutrustning. Infästning var tänkt att ske med en tjock plåt där hål anpassades efter skotarens infästningspunkt varefter en övergång i form av en klack ansluter till spridningsutrustningen bottenram. Antalet infästningspunkter för baljan blir 4-6 st beroende på skotarmodell. Beroende på vagnens längd och kranhalsens design ger flexibiliteten i infästning möjlighet för stora delar av spridningstillrikarna att vara skyddade av vagnen, Figur 18.

4.11 DRIFT

I baljans framkant avsattes plats för trecylindrig motor, hydraulmotor, ventilpaket, snäckväxel, lager, oljekylare, bränsletank mm. En kompakt design innebar att delar av paketet var flyttbart för att underlätta service av olika delar av utrustningen, inklusive byte av skruvar. Slutlig design av driftsutrustning hade inte påbörjats innan projektet pausades i väntan på kompletterande finansiering.

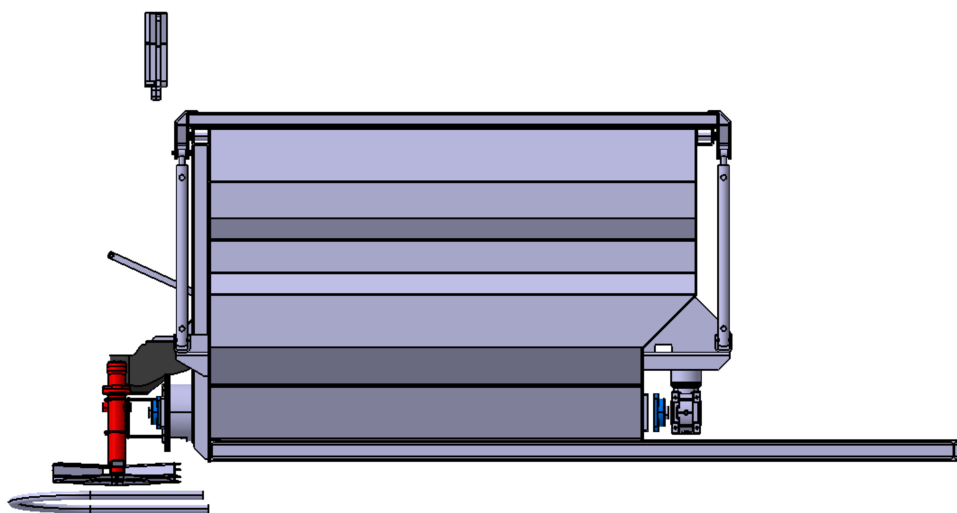
Enda kabeldragningen mellan spridningsutrustning och basmaskin är en signalkabel. Kabeldragning (el, signal och hydraul) mellan motorpaket och spridarens bakkant sker i kanalen mellan skruvarna.

Styrsystemet skulle hantera hydraulmotorer med variabel hastighet till skruvar (framdriftsberoende), hydraulmotorer med variabel hastighet till spridningstallrikar (varierbar spridningsbredd), hydraulcylindrar till galler, hydrauliskt spjäll för kvävedosering, hydraulpump, akustiskt larm, koppling till spridningsdokumentation mm.

En viktig aspekt att ta hänsyn till vid design av styrsystem är också arbetsmiljöfrågor och säkerhet.

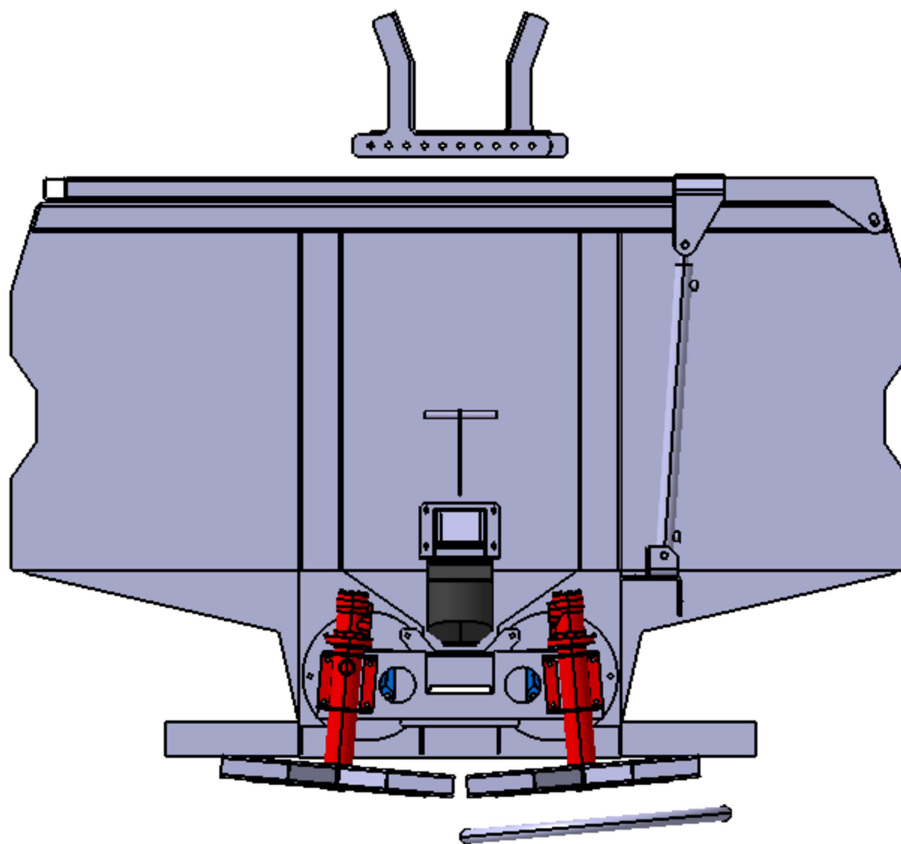
5 Resultat

Erfarenheterna från testkörning av provrigg 1 och 2 tillsammans med övriga samlade erfarenheter användes som underlag för produktion av konstruktionsritningar, se Figur 15 till Figur 19. Dessa ritningar var tänkta att användas för måttbeställning av klippning och bockning av plåt som sedan skulle färdigmonteras och kompletteras med motorpaket på verkstad. Den större behållaren är avsedd för aska och den mindre för kvävegödsel. I resultatet redovisas ritningar från olika versioner av konstruktionsritningar för att på ett så tydligt sätt som möjligt illustrera olika egenskaper och utseendet kan därför avvika något från de slutgiltiga ritningarna.



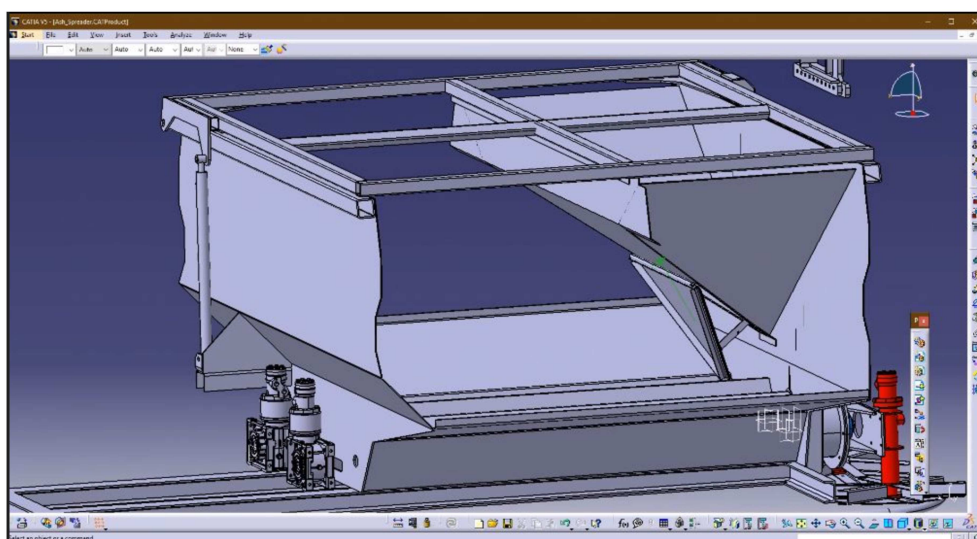
Figur 15 Profil Konstruktionsritning från sida

Utrymmet fram baljan skall rymma utrustning för drivning av spridningsutrustningen så som motor, bränsletank, ventilpaket mm.



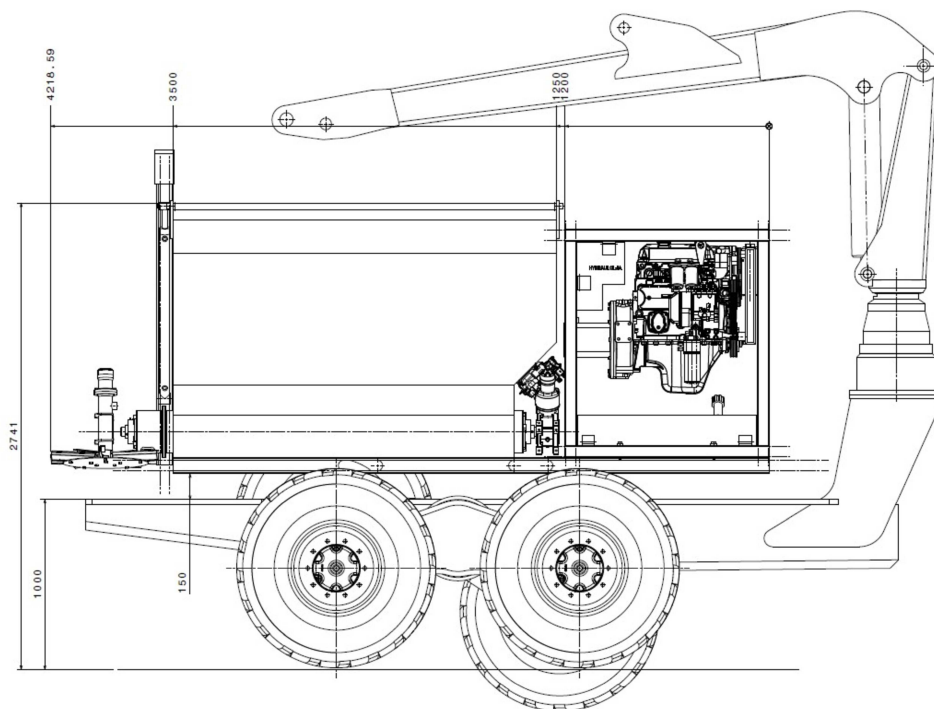
Figur 16 Profil Konstruktionsritning bakifrån

Den svarta cylindern utgör yttre delen av doseringsutrustningen av kväve. Ovanför denna sitter ett manuellt spjäll. Från doseringsutrustningen leds kvävet ner till vardera tallriken med en slang. I botten av de röda pelarna sitter spridningstallrikar och i toppen sitter hydrauliska tallriksmotorer.



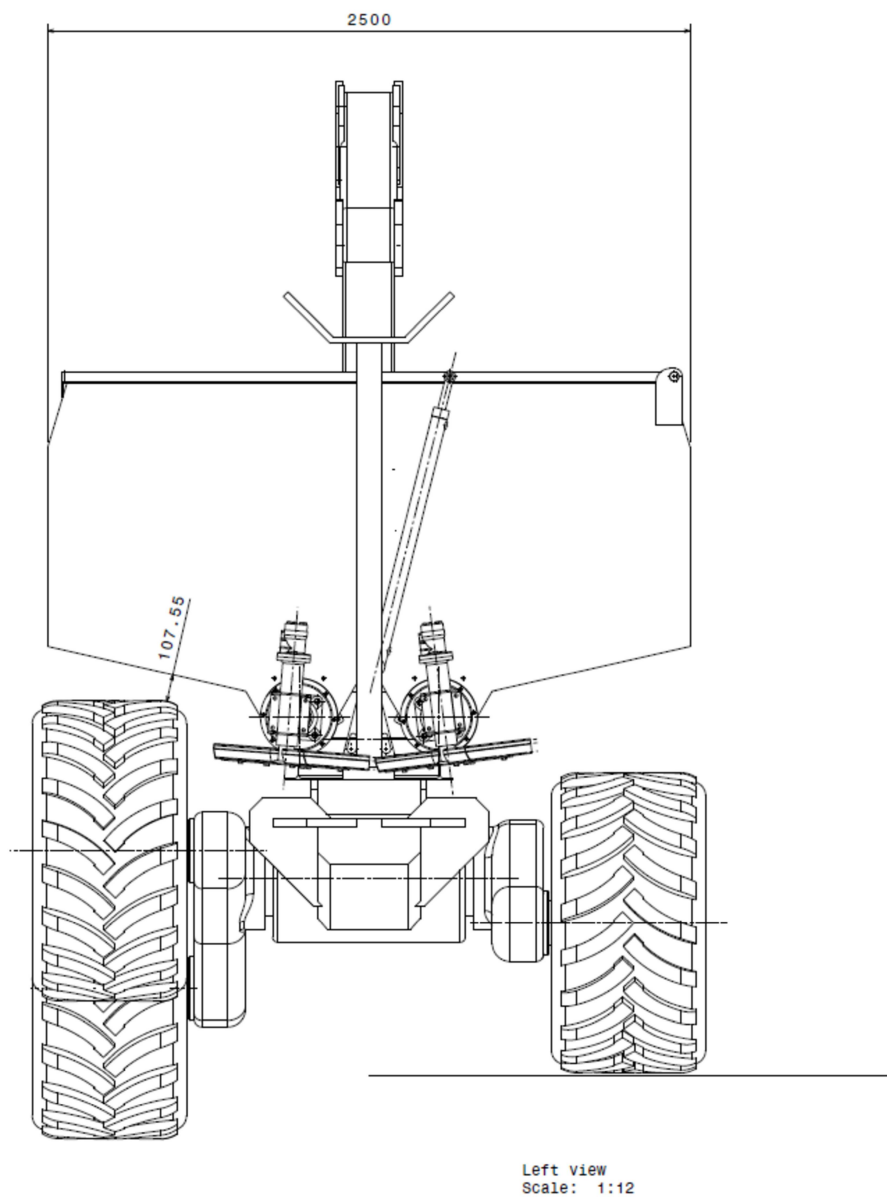
Figur 17 Öppningsbar kvävebalja

Baljan för kväve är öppningsbar i botten i de fall enbart aska eller kväve skall spridas över en större sammanhängande areal.



Figur 18 Utskjut

Spridningstallrikarna täcks till största delen av vagnens ram, vilket skyddar tallrikarna vid överfart av terränghinder, samt sly och buskar i stickvägen.



Figur 19 Boggie

Baljans form är designad för att hjul och eventuella band inte skall ta emot i spridningsutrustningen vid fullt utslag på boggielådan.

6 Diskussion

Om vald design i slutändan visar sig ha brister vid användning av krossaska finns möjligheten att i efterhand montera extra plåtar inuti baljan, men det har en negativ påverkan på maskinens lastkapacitet och eventuell påverkan på tyngdpunkt. I ett sådant läge bedöms det dock finnas utrymme att höja baljans kanter för att uppnå ökad volym.

Granulerad aska med en kornstorleksfördelning som liknar N27 bedöms ha en fullgod spridningsbild för kväve. Hur spridningsbilden ser ut för kväve som sprids tillsammans med krossaska skulle testas i samband med test av fullskalig spridningsutrustning, men det finns stora möjligheter att påverka spridningsbilden genom tallrikarnas vinkel, varvtal och var på tallriken som materialet placeras.

En fråga som låg längre fram i projektet är frågan om arbetsmiljö, säkerhet och CE-märkning. För att maskinen skall kunna hanteras på ett säkert sätt behöver systemet anpassas så att exempelvis spridningsutrustningen inte skall kunna vara igång om föraren lämnar basmaskinen, trots att spridningsutrustningen drivs av en separat motor.

Då projektet avbröts innan fullskalig prototyp börjat tillverkas går det inte att säga hur nära kommersiell drift prototypen kommit, men testkörning i testriggar tillsammans med tidigare erfarenheter gör att konstruktionsritningarna anses lämpliga som utgångspunkt för eventuellt fortsatt arbete.

Projektets dokumentation och erfarenheter finns samlad för en eventuell framtida återstart av projektet i det fall intresse och finansiering finns på plats.

7 Referenslista

Fjällberg L., Lagerblad B., Mossberg Bustnes H. och Bjurström H., 2005. Styrning av utlakning av bioaska som sprids i skogsmark. Värmeforsk Services AB. Rapport 940

Johannesson T., 2015. Ny teknik för askåterföring i skogsmark. Skogforsk. Arbetsrapport 860.

Larsson J., 2014. Jämförelse av skotares körsträcka och bränsleförbrukning vid drivningskoncepten "Rätt metod" och konventionell metod. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för skogens biomaterial och teknologi. Arbetsrapport 6. Examensarbete.

Sikström U., 2023. Tillväxtrespons efter askåterföring i bördig granskog. Energiforsk. Rapport 917.

Skogsstyrelsen, 2019. Regler och rekommendationer för skogsbränsleuttag och kompensationsåtgärder. Skogsstyrelsen, Rapport 14.

Steenari B.-M. & Lindqvist O., 1997. Kemisk stabilitet hos restprodukter från förbränning av biobränsle. NUTEK. Rapport 1997:74

NY SPRIDNINGSMETODIK FÖR ASKÅTERFÖRING

Projektet initierades för att öka intresset för askåterföring hos markägare i Svealand och Norrland. I de här delarna av Sverige är sannolikheten för tillväxteffekter av askåterföring på kort sikt små på de flesta fastmarker, vilket bidrar till bristande intresse från markägare. Genom att kombinera askåterföring med kvävegödsling kan tillväxt ske på fastmark. Aska och kväve, i form av ammoniumnitrat, ger vid blandning ammoniakavgång, varför blandning inte är lämpligt. Projektets målsättning har därför varit samtidig spridning, utan att produkterna blandas med varandra.

Spridningsutrustningen består av en större balja för aska som kompletteras med en mindre, intern, behållare för kväve. Genom att kvävebehållaren har en öppningsbar botten finns det möjlighet att fylla hela baljan med bara en produkt om så önskas. Spridningsutrustningen är tänkt att kunna sprida aska och/eller kväve utifrån markägarens önskemål för det enskilda beståndet.

Ett nytt steg i energiforskningen

Forskningsföretaget Energiforsk initierar, samordnar och bedriver forskning och analys inom energiområdet samt sprider kunskap för att bidra till ett robust och hållbart energisystem. Energiforsk är ett politiskt neutralt och icke vinstutdelande aktiebolag som ägs av branschorganisationerna Energiföretagen Sverige och Energigas Sverige, det statliga affärsverket Svenska kraftnät, samt gas- och energiföretaget Nordion Energi. Läs mer på energiforsk.se.

