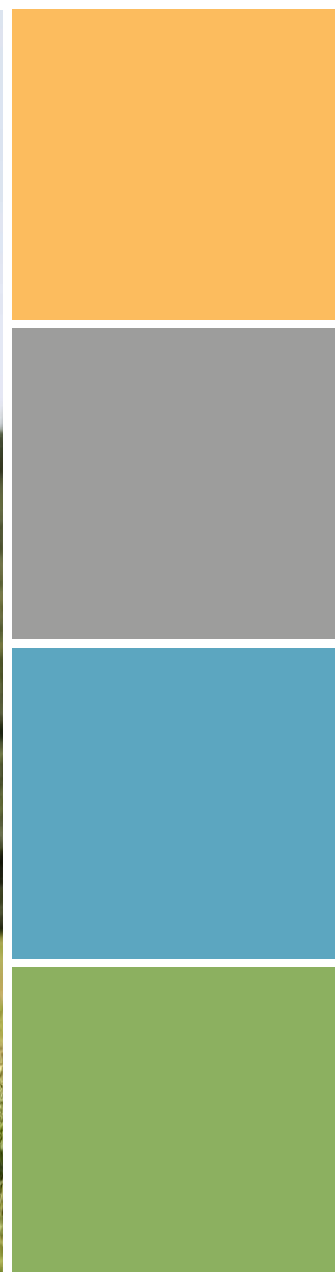


HÅLLBAR ANVÄNDNING AV ASKA

En syntesrapport

REPORT 2025:1055



HÅLLBAR ANVÄNDNING AV ASKA

En syntesrapport

Marie Kofod-Hansen, Andrea Bille Pettersson Energiforsk
Benjamin Forsmark Södra

ISBN 978-91-89919-55-6 | © Energiforsk september 2025
Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30
E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Innehållsförteckning

Förord	7
Ordförande i Askprogrammet – Åsa Benckert	8
Det här är Askprogrammet	10
Terminologi	12
 SKOG OCH MARK	 14
Aska behövs för att skogen ska kunna brukas hållbart	15
Tillväxteffekten av askåterföring beror på skogsmarkens bördighet	16
Ökad skogstillväxt med asktillförsel på bördig mark	18
Ökar behovet av askåterföring efter helträdsuttag?	20
Askans effekter på dikade torvmarker	22
Askåterföring på dikade torvmarker påverkar inte vattenkvalitet	24
Viltskador: Så kan aska bidra till	
att minska ett av skogsbranschens största problem	26
Askor kan stärka skogens motståndskraft	28
Aska minskar snytbaggengrepp i skogen	30
Insektsangrepp från snytbaggen kan minskas med bioaska	32
 KOMBINERA ASKA MED KVÄVE FÖR MER TILLVÄXT I SKOGEN	 34
Att kombinera eller att inte kombinera aska och kväve?	36
Agglomerat av träaska och kväve för återförsörjning av näringsämnen till skogen	38
Näringspellets av slam och aska sluter kretslopp och skapar cirkulär ekonomi	40
 UTVECKLING AV NYA METODER FÖR ATT SPRIDA ASKA I SKOGSMARK	 42
Spridning av aska med flera små autonoma drönare	44
Tunga lyft med multikopter kan möjliggöra mer askspridning	45
Kostnadseffektiv ny spridningsutrustning	48
 KONSTRUKTIONER MED SLAGGRUS OCH BIOASKA	 50
ANLÄGGNINGSMATERIAL MED ASKOR	51
Nu blir det enklare att upphandla slaggrus:	
"Kan minska klimatpåverkan från infrastruktur"	56
Vem tar risken?	58
Uppföljning av beslutsstödet för återvinning av slaggrus i anläggningsarbete	60
Tvättning och karbonatisering: avgörande för slaggrusets potential?	62
Ska slaggrus metallsepareras eller inte?	63
Kan man rena slaggrus från metaller med hjälp av solrosor och raps?	66
Så kan användningen av slaggrus ökas	69
Skogsbilvägar med inblandning av aska – miljökonsekvenser på kort och lång sikt	71
Långtidsstudie av askstabiliserad grusväg	72

UTMANINGAR OCH MÖJLIGHETER MED ASKORS SAMMANSÄTTNING	75
Återvinning av outnyttjade resurser i flygaska	78
Lakning, zinkåtervinning och termisk behandling av avfallsflygaska	81
Utveckling av testmetod för slaggrus	
för faroklassificering av ekotoxiska egenskaper	83
Vätgas och flygaskor – så kan arbetsmiljöriskerna minskas	85

FÖRORD

Den här rapporten har tagits fram på uppdrag av styrgruppen i Askprogrammet. Målet med rapporten är att berätta om den breda verksamhet som pågår i Askprogrammet och att sprida forskningsresultat. Innehållet i rapporten ska också ge underlag till kommande projekt och kartlägga var luckor i forskningen finns.

Rapporten är uppdelad i tre huvudområden:

- Skog och mark
- Konstruktioner med slaggrus och bioaska
- Utmaningar och möjligheter med askors sammansättning

Till varje del finns en sammanfattande text som övergripande beskriver forskningsresultaten. Sedan följer korta artiklar om utvalda projekt med tydliga referenser till projektrapporter så att den som vill kan läsa mera.

Marie Kofod-Hansen

Programansvarig för Askprogrammet



ORDFÖRANDE I ASKPROGRAMMET – ÅSA BENCKERT

Åsa Benckert på Umeå Energi har tagit över som ordförande i Askprogrammet efter Harald Svensson på Stockholm Exergi som gick i pension under hösten 2024.

– Vi måste jobba mer med energieffektivisering och resursplanering. Vi behöver inkludera askorna i det tänket. Branschen måste visa på att vi kan minska råvaruåtgången och hushålla med våra resurser, säger Åsa Benckert.

Förbränning

På Umeå Energi arbetar Åsa Benckert med lagstiftningsfrågor kring förbränning. Åsas kanske viktigaste uppgift är att försöka påverka lagstiftning kring förbränning inom EU, alltså innan den är på plats. Mycket av arbetet sker via CEWEP och Avfall Sverige. Åsa Benckert jobbar också praktiskt med förbränningen i pannorna på Umeå Energi och ser till att det finns rätt mätutrustning på plats och att rapportering löper på. Ett annat uppdrag är att se till att företaget hänger med i den snabba teknikutvecklingen.

– Jag tycker det är väldigt viktigt att ta reda på hur vi som lokalt energiföretag kan och bör verka för energiomställningen. Det måste finnas en vilja att hitta nya lösningar!

Som exempel nämner Åsa Benckert användningen av energiaskor:

– Askorna måste in i kretsloppet igen och vi måste vara förbereda nu när kostnaderna för att lägga askor på deponi bara stiger, vi behöver hitta nya användningsområden för bioenergiaskor. Jag skulle gärna se ett forskningsprojekt med den inriktningen!

Ersätta råvaror

Det blir allt viktigare att återvinna resurser för att ersätta naturmaterial, säger Åsa Benckert:

– Slaggrus (en restprodukt som uppstår vid avfallsförbränning) kan ersätta jungfruliga råvaror som bergkross och natursten. Det kommer att bli väldigt kostsamt att lägga på deponi, det gör frågan alltmer aktuell.

Askornas framtid

Det finns flera viktiga processer som kan påverka askornas framtid och där vi behöver ligga i fas med forskningen, menar Åsa Benckert:

– En ökad användning av returträ i våra pannor, vilken påverkan kan det få? Returträ innehåller till exempel förzinkad spik och hur påverkar det askornas sammansättning? Bygg- och rivningsavfall, vilken påverkan kan det få på askorna? Kommer klimatförändringar ge en annan typ av tillväxt i skogen, och hur kommer det att påverka bränsle och askor?

Ny och viktig kunskap via Askprogrammet

På Umeå Energi är våra biobränsleaskor lite av en utmaning, berättar Åsa Benckert:

– Vi har hittills haft ett för litet fokus på askfrågor. Att bara lägga på deponi, är ohållbart i längden. Via Askprogrammet känner jag att vi på Umeå Energi kan ta del av andras kunskap, erfarenheter och tankar kring askor. Det är mycket värt. Det är också ett bra sätt att växla upp forskningsresurser!



DET HÄR ÄR ASKPROGRAMMET

Askprogrammets uppgift är att medverka till ett mera resurssnålt och energieffektivt samhälle genom att stärka och utveckla en miljöriktig användning av askor. Ett utnyttjande av askor som miljöriktiga resurser i stället för att lägga dem på deponi bidrar kraftfullt till långsiktiga hållbara och konkurrenskraftiga energisystem baserade på förnybara bränslen. En miljöriktig användning av askor sänker klimatpåverkan och möjliggör ett ökat långsiktigt uttag av biobränslen från skog och åker. Målet med Askprogrammet är att ta fram kunskap för att stimulera användningar av askor så att ingen eller liten risk för hälsa och miljö på kort eller lång sikt föreligger. Programmet verkar för att alla askor ska kunna återanvändas eller omhändertas på ett miljöriktigt sätt i förhållande till sina egenskaper och förutsättningar.

Askprogrammet har pågått sedan 2002 och snart genomfört 150 projekt. Programmet har byggt upp kunskaper hos en rad olika forskargrupper och inte minst skapat nätverk mellan olika forskare, konsulter, askproducenter, myndigheter och användare. Askprogrammet har sedan starten drivits tillsammans med ett 40-tal finansiärer från myndigheter, industri och näringsliv. Projekten som bedrivits har haft stor relevans för branschen vilket har visat sig i den höga graden av medfinansiering som erhållits under programperioderna.

Askprogrammet tar fram viktiga kunskapsunderlag så att samhället kan styra askorna till en resurseffektiv och miljöriktig användning. Aktuella kunskapsunderlag om askor kan också bidra till bedömningar och rekommendationer hur man på bästa sätt kan få in askorna i kretsloppet igen. Askprogrammet kan genom relevanta fakta stödja svenska beslutsfattare nationellt och internationellt vid beslut om askrelaterade frågor.

Utförare av projekten i programmet är i huvudsak forskare vid universitet och högskolor och institut i Sverige samt tekniska konsulter och personer från deltagande företag. De flesta forskningsprojekten i Askprogrammet har en hög andel medfinansiering från deltagande företag, olika bransch- och forskningsorganisationer samt i vissa fall från Energimyndigheten. En styrgrupp är knuten till Askprogrammet som består av representanter från finansiärerna till Askprogrammet samt representanter från myndigheter och högskolor. Styrgruppen tar beslut om vilka projekt som ska genomföras. Samtliga projekt har en tillsatt referensgrupp som följer projekten från start till mål.

Terminologi

För att underlätta läsning av rapporten har vi sammanställt ett antal definitioner på olika typer av aska.

Aska – Den fasta, huvudsakligen oorganiska restprodukten som återstår efter förbränning av organiska ämnen.

Flygaska – Det fasta material som bildas genom kondensering samt kemiska reaktioner mellan tillfört material (främst kalk) och de ämnen som har förångats i förbränningsprocessen. Flygaska är alltså en slags rökgasreningsrest eller rökgasreningsprodukt (RGR/RGP) och innehåller i princip inga partiklar som har lämnat pannan i fast form. Många av de svenska förbränningsanläggningarna sammanför de uppfångade lätta partiklar från pannan, alltså pannaska och t.ex. vändschaktsaska med rökgasreningsresten i samma utmatningssystem så att det som sedan benämns "flygaska" är en blandning av pannaska och RGR. Det är i RGR:en som merparten av problemen med "flygaska" kan finnas som tungmetaller, klorider, dioxiner.

Bottenaska – Bottenaska är den tunga, oorganiska restprodukt som samlas i botten av en förbränningsugn efter förbränning av avfall. Även vid förbränning av biobränsle bildas en bottenaska. Den askan kan återföras till skogsmark som jordförbättringsmedel för att tillföra näring.

Slaggrus – Slaggrus är en förädlad form av bottenaska som uppstår vid förbränning av hushålls- och industriavfall. Det används ofta som fyllningsmaterial i väg- och anläggningsarbeten.

Bioaska – Bioaska är aska som kommer från förbränning av biomassa, såsom trä, växtmaterial eller organiskt avfall. Den används ofta som gödningsmedel eller jordförbättringsmedel på grund av dess näringsinnehåll.

An aerial photograph of a dense evergreen forest, likely spruce or fir, with a rich green color palette. The text "SKOG OCH MARK" is overlaid in the upper center in a white, bold, sans-serif font.

SKOG OCH MARK

ASKA BEHÖVS FÖR ATT SKOGEN SKA KUNNA BRUKAS HÅLLBART

Askor innehåller ämnen som kan påverka skogsekosystem på komplexa och oväntade sätt. Trädens behov av näringsämnen skiljer sig radikalt mellan olika marker och hur skogen sköts, vilket kan påverka behovet av att återföra askor till skogsmarken. Askor kan också minska risken för skador på skogsplantor, till exempel genom att ämnen i askor tas upp av skogsplantor och bidrar till att stärka deras försvar mot skadeinsekter. Enligt Skogsstyrelsens rekommendationer ska aska återföras om det behövs för att upprätthålla produktionen långsiktigt, och en bättre förståelse för skogens näringsbehov och nyttan av askor bidrar därför till ett mer hållbart skogsbruk.

För att ett träd ska växa behövs vatten och näringsämnen så att fotosyntesen kan bilda biomassa. Oftast är det ett fåtal ämnen i marken som är begränsande för tillväxten, vilket bland annat beror på markens egenskaper och på hur vi sköter våra skogar. Om vi vill ha en hög och uthållig tillväxt behöver vi säkerställa att marken kan tillhandahålla tillräckligt med vatten och näringsämnen över tid. När vi skördar biomassa följer en del av växtplatsens näringskapital med, och en viktig fråga för den långsiktiga råvaruförsörjningen av bioenergi är vilka konsekvenser helträdsuttag får för framtida tillväxt, och på vilka marker vi kan behöva återföra askorna för att återställa näringsbalansen. Arealen askåterföring är betydligt lägre än den areal där man tar ut grot, och om näringsutarmningen leder till en långsiktig begränsning av tillväxten är det angeläget att öka återföringen av aska. Här behövs dock mer forskning för att förstå effekterna och säkerställa att återföring av aska till skog på mineraljord verkligen ger den förväntade effekten.

Torvmarker täcker 15% av Sveriges landareal och vi har nästan 2 miljoner ha produktiv skogsmark på dränerad torvmark. Det höga vattenståndet på torvmarker gör att trädens rötter inte kan nå ner till mineraljorden, där viktiga näringsämnen som kalium, fosfor och magnesium finns, vilket gör att skog på torvmark ofta har lågt pH och begränsade av dessa näringsämnen. Den höga halten av kalcium och andra basiska ämnen i aska gör att den har en pH höjande effekt som tillsammans med näringsämnena i sig kan höja tillväxten på torvmarker. Studier har upprepat visat att trädens näringsstatus förbättras med positiva följder på tillväxten. Här finns en betydande potential att utnyttja askor i större utsträckning, och forskningen har tydligt visat att dessa marker svarar bra på asktillförsel, vilket skulle kunna utnyttjas för att höja produktionen av virke, men också tillgången på viltfoder i skogslandskapet.

Ett annat intressant användningsområde är att tillföra askor till skogsplantorna redan vid odlingen i plantskolorna. Den jordförbättring man kan få genom askornas kemiska egenskaper kan göra plantorna bättre rustade för den hårda miljö de utsätts för

vid utplanteringen. Studier av plantetablering är viktiga eftersom det är en kritisk del av återväxten av skogen och har långsiktiga effekter genom hela omloppstiden. Senare i omloppstid är det mer komplicerat att sprida askor i beståndet men under kalmarsfasen är marken öppen vilket underlättar spridning av aska.

Kunskapsluckor och framtida forskning

- Hur påverkar askorna tillväxten på olika ståndorter? På torvmarker tycks P och K ofta vara begränsande men på mineraljord är det oftast N. På mineraljord tycks tillväxteffekten bli bäst på N-rika marker och då vara en indirekt effekt på N tillgången genom askans pH höjande egenskaper.
- När i omloppstiden är det mest lämpligt att återföra aska? Vid plantering kan aska ge ett skydd mot snytbaggeangrepp och i ungskogsfasen och senare kan askan bidra till att mildra näringskonkurrensen. Sent i omloppstiden kan askan motverka försurningen som sker när träden växer.
- Hur påverkar aska markens kolförråd? Ett höjt pH kan stimulera nedbrytningen i marken vilket frigör näringsämnen men också koldioxid. Askor kan också påverka stabiliseringen av organiskt material på mineralpartiklar abiotiskt genom jonbyte på järn och aluminiumoxider i marken.
- Hur påverkar askor urlakningen av näringsämnen och organiska föreningar från skogsmarken till bäckvatten?
- Hur påverkar askorna konkurrensförhållandena för markvegetation och därmed bärproduktion och biologisk mångfald i produktionsskogar?
- Olika askor har olika egenskaper, vilka egenskaper är eftersträvarsvärda på olika marker, t.ex. näringsämnen respektive pH höjande effekt?
- Många askor får inte återföras till skogsmarken på grund av för höga halter av vissa ämnen. Är masshalter av grundämnen bra riktmärken för toxicitet eller kan olika förekomstformer göra halterna mer eller mindre skadliga?
- Hur påverkar askor skogens resistens mot sjukdomar, skadedjur och klimatförändringar? Högre näringsutbud ger friskare träd men också lägre veddensitet och hållfasthet, och större bladbiomassa och därmed ökad risk för stormskador och torka. Risken för rotröta, som till stor del regleras av markens pH, kan påverkas. Indikationer om att aska kan ge ett starkt skydd mot snytbagge behöver undersökas mer ingående för att förstå om det är en direkt effekt av kisel eller en indirekt effekt av bättre näringsstatus.



Tillväxteffekten av askåterföring beror på skogsmarkens bördighet

Tillförsel av aska från biomassa kan ha betydande effekter på skogsproduktionen och bidra till att säkerställa en långsiktigt hållbar skogsförvaltning. Det visar resultaten från rapporten Tillväxteffekter av asktillförsel på skogsmark med varierande bördighet.

Resultaten från rapporten indikerar att aska från biomassa inte bara kan motverka markförsurning och näringsbrister, utan även har potential att öka skogsproduktionen.

Genom att återföra aska till skogsmarken kan man kompensera för det ökade näringsuttaget som följer med ett ökat uttag av biomassa, såsom grenar och toppar. Detta är särskilt viktigt då biobränslen från skogen redan utgör en betydande del av den svenska energiförsörjningen.

Studien, som omfattade tio försök på svenska tall- och granbestånd på fastmark samt ett försök på torvmark, visade olika effekter av asktillförsel beroende på marktyp. På fastmark observerades inte några tydliga förändringar av trädens tillväxt i de flesta fall, med undantag för de bördigaste markerna där en ökad tillväxt noterades.

På torvmark, å andra sidan, påvisades betydande tillväxteffekter av tillförd aska, vilket indikerar en potential för ökad skogsproduktion på dränerad torvmark.

För att dra säkrare slutsatser om askans effekter krävs fortsatt forskning. Skogsstyrelsen rekommenderade 2016 därför att fler fältförsök genomförs för att få en bättre förståelse för hur askåterföring påverkar träd tillväxt och andra miljöfaktorer. Vikten av att sköta och vidmakthålla befintliga försök för att möjliggöra studier av eventuella långsiktiga effekter betonas också i rapportens förslag på fortsatt arbete.

Genom att öka skogsproduktionen med askåterföring kan man både säkerställa ett hållbart skogsbruk och även bidra till den hållbara klimatomställningen. En ökad tillväxt i skogen kan leda till en ökad inbindning av kol, vilket kan kompensera för utsläpp av växthusgaser från dikade torvmarker och därigenom bidra till att minska den globala uppvärmningen.

Rapport: Tillväxteffekter av asktillförsel på skogsmark med varierande bördighet

Rapportnummer: 2016:328

Författare: Ulf Sikström, Folke Pettersson, Staffan Jacobsson



Ökad skogstillväxt med asktillförsel på bördig mark

Asktillförsel på mineraljord i granskog kan leda till en betydande ökning av träd­ till­ växten, det visar en rapport från Askprogrammet. Studien, det första dokumente­ rade försöket av sitt slag, ger insikter som är särskilt relevanta för den omfattande helträdsskörd som är vanlig i Sverige.

Resultaten från rapporten Tillväxtrespons efter askåterföring i bördig granskog visar på potentialen för asktillförsel som en strategi för att främja skogstillväxt, särskilt på bördig mark. Det skulle kunna vara ett viktigt steg mot ett mer hållbart skogsbruk. I projektet har tillväxteffekten efter asktillförsel studerats i en granskog på bördig skogsmark. De behandlingar som testades i försöket var tillförsel av aska, kväve och kombinationen aska och kväve. Tillväxtmätningen gjordes tio år efter tillförseln i de olika försöksbehandlingarna. Under tioårsperioden observerade projektledaren Ulf Sikström på Skogforsk en imponerande ökning på cirka 20 % i granarnas tillväxt efter att aska tillförts i försöksområdet.

Den ökade tillväxten hos granar efter asktillförsel tros bero på den indirekta effek­ ten på kvävetillgången i marken. Dessutom visade resultaten att en kombination av aska och kvävegödsling gav liknande signifikanta ökningar i tillväxt som enbart aska. Detta stärker tesen om att askans effekt är kopplad till ökad tillgång till kväve i mar­

ken, även om forskarna inte kunde helt utesluta att andra näringsämnen, som fosfor, också spelar en viktig roll.

Skogsstyrelsen har betonat vikten av askåterföring för att säkerställa långsiktig hållbarhet i skogsproduktionen. Trots detta är det aktuella området för askåterföring betydligt mindre än området för helträdsavverkning enligt nuvarande praxis. Askåterföring skulle alltså kunna kompensera för minskad tillväxt efter helträds-skörd, särskilt på bördig mark. Trots dessa lovande resultat finns det behov av ytterligare forskning för att fullt ut förstå de långsiktiga effekterna av asktillförsel på skogstillväxten.

Rapport: Tillväxtrespons efter askåterföring i bördig granskog

Rapportnummer: 2023:917

Författare: Ulf Sikström



Ökar behovet av askåterföring efter helträdsuttag?

Den här rapporten belyser betydelsen av aska som en resurs i skogsbruket och dess potentiella roll i att främja hållbar skogsproduktion. Fortsatt forskning och implementering av askåterföring i skogsbruket kan vara en viktig pusselbit för att uppnå Sveriges klimatmål och säkerställa en hållbar framtid för skogen och dess ekosystem.

Studien Tillväxteffekter av asktillförsel efter helträdsuttag på fastmark fokuserade på effekterna av asktillförsel i granskogar efter grot-uttag och ger insikter som kan vägleda framtida skogsbruk och klimatpolitik.

Försöken genomfördes i tre nyanlagda granbestånd i södra, mellersta och norra Sverige, och i en gallringsskog i södra Sverige. Studien fokuserade på ungskogens utveckling de första 6 åren och tillväxten upp till 5 år efter asktillförsel i gallringsskogen. Resultaten av ungskogsförsöken visade att grot-uttag reducerade tillväxten i den sydliga granplantagen, och att asktillförsel höjde tillväxten i motsvarande grad. På de två andra lokalerna kunde inga påtagliga effekter detekteras när en senare uppföljning gjordes. (2020:718).

I gallringsskogen ökade tillväxten med totalt 20 m³sk per ha fördelat på 5 år, vilket motsvarar en ökning med nästan 20% och visade lovande resultat vad gäller ökad tillväxt efter asktillförsel på bördig skogsmark. Genom att återföra aska till skogen ökar tillgången på kväve i marken, vilket stimulerar tillväxten av granar och kan potentiellt kompensera för minskad tillväxt efter helträds-skörd.

Resultaten från försöken betonar behovet av fortsatt forskning inom området. Studien underströk vikten av långsiktiga observationer för att fullt ut utvärdera effekterna av asktillförsel och grot-uttag på skogsproduktion och markens egenskaper. Dessutom råder det brist på liknande forskning både nationellt och internationellt, vilket motiverar behovet av fler liknande experiment för att öka förståelsen för askans roll i skogens ekosystem.

Förutom att påverka skogsproduktionen kan asktillförsel ha betydelse för markens organiska material och därmed dess förmåga att binda koldioxid. Effekter på markvegetation och markvattenkemi är också viktiga aspekter som behöver utforskas närmare för att få en helhetsbild av askans inverkan på skogslandskapet och dess miljömässiga konsekvenser.

Rapporten presenterade även ny kunskap om rotröta, där högre pH i marken efter asktillförsel kan påverka rötans utveckling och därmed trädens hälsa. Även här behövs det mer forskning för att bättre förstå hur askan kan påverka skogens resistens mot sjukdomar och skadedjur.

Rapport: Tillväxteffekter av asktillförsel efter helträdsuttag på fastmark

Rapportnummer: 2016:326

Författare: Ulf Sikström, Lars Högbom



Askans effekter på dikade torvmarker

I studien Askstillförsel i äldre dikade torvmarksskogar undersöktes hur askan påverkade grundvattnets sammansättning och barrens näringsstatus. Resultaten visar att askstillförseln hade begränsade effekter på grundvattnet och att den primära effekten var en ökning av kalium- och sulfathalterna.

Försöksserien omfattade fem torvmarksområden, från Hälsingland till Västerbotten. Försöken inkluderade olika behandlingar av askstillförsel, med mängder på fem och tio ton per hektar, samt en kontrolllyta där ingen aska tillfördes. Efter tre år visade resultaten att askstillförseln hade svaga generaliserbara effekter på grundvattnet. Endast halterna av kalium och sulfatsvavel ökade signifikant jämfört med kontrolllytan. Ammoniumkvävehalterna var sänkta på de flesta försöksytorna, medan askstillförseln inte hade någon mätbar påverkan på pH eller beräknad alkalinitet. Dessutom fanns inga effekter på utlakning av nitrat eller fosfat, eller på vattnets halt av organiskt material.

Vad gäller barrens näringsstatus visade askstillförseln en förbättring av kalium- och fosforhalterna, samt högre halter av svavel och mikronäringsämnen bor och kisel. Däremot minskade magnesiumhalterna något, medan övriga analyserade ämnen inte påverkades signifikant.

Tidigare svenska och finska studier av askans effekter på skogsproduktionen är mestadels starkt positiva. Undersökningar av askgödslingens miljöeffekter, såsom exempelvis vattenkvalitet och klimatpåverkan, har hittills inte gett anledning till tveksamhet inför åtgärden. Det fanns dock ett behov av att bekräfta dessa erfaren-

heter och sammanfattningsvis pekar denna rapport på att asktillförsel till torvmarker kan vara en potentiell strategi för att upprätthålla eller öka markernas skogsproduktionsförmåga.

Resultaten för asktillförselns effekter på utlakning av näringsämnen och effekter på skogens näringsstatus stämmer väl överens med tidigare publicerade studier. Trots vissa positiva effekter på barrens näringsstatus och vissa ämnen i grundvattnet, behövs ytterligare forskning för att bekräfta och förstå dessa effekter i detalj.

Rapporten Effekter av askgödsling i skogar på äldre dikade torvmarker som publicerades 2020, är en fortsättning på detta projekt.

Rapport: Asktilförsel i äldre dikade torvmarksskogar

Rapportnummer: 2016:226

Författare: Björn Hånell, Tord Magnusson



Askåterföring på dikade torvmarker påverkar inte vattenkvalitet

Askstillförsel kan öka skogsproduktionen utan att påverka vattenekosystemen negativt – det är huvudslutsatsen i studien Effekter av askgödsling i skogar på äldre dikade torvmarker.

Det här projektet har genomfört studier på fem torvmarker med gamla diken från södra till norra Sverige. Resultaten visade att tillförsel av träaska ledde till betydande ökning av skogstillväxten, samtidigt fanns inga mätbara negativa effekter på vattenkvaliteten eller andra viktiga variabler såsom nitrat- och fosfatnivåer. I stället förbättrades barrens näringsstatus avsevärt, vilket indikerar att askan tillförde viktiga näringsämnen som behövs för trädens tillväxt.

De första försöken att sprida aska på de utvalda torvmarkerna pågick under sju års tid. Tre och sju år in i projektet analyserades grundvattenprover och näringshalten i barr samt barrvikt från provträd av tall. Askstillförseln hade efter tre år inga generaliserbara effekter på grundvattnets innehåll av ämnen. Efter sju år var grundvattnets halter av kalium och natrium förhöjda på ytor som fått tio ton aska per hektar. Barrbiomassan hade också ökat efter askgödslingen, och barrens näringsstatus var även signifikant förbättrad. Detta gällde framför allt bristämnena fosfor och kalium men även svavel och mikronäringsämnena bor och kisel.

De redovisade tillväxteffekterna ligger på samma nivå som redovisats i tidigare svenska och finska studier av askgödsling på dikade djupa torvmarker. Slutsatsen är att aska generellt ger positiva effekter på näringsstatus och tillväxt både i södra och norra Sverige. De studerade bestånden bedöms vara representativa för slumpmässigt valda äldre bestånd på dikad djup torvmark i stora delar av Norrland, men resultaten kan vara minst lika tillämpliga i Svealand och Götaland.

Resultaten indikerar också att de skilda effekterna av skogsskötselåtgärderna askgödsling och gallring är additiva, vilket ger stöd för att askgödsling även kan rekommenderas i samband med gallring

Askans positiva effekter är relevanta både för södra och norra Sverige. Det finns dock fortfarande behov att fortsätta utforska effekterna av asktillförsel på olika typer av skogar och marktyper.

Rapport: Effekter av askgödsling i skogar på äldre dikade torvmarker

Rapportnummer: 2020:700

Författare: Björn Hånell, Tord Magnusson



Viltskador: Så kan aska bidra till att minska ett av skogsbranschens största problem

Viltskador beräknas kosta svenska skogsägare flera miljarder kronor om året. Rapporten Viltfoderproduktion på torvmark med hjälp av aska konstaterar att askspridning på torvmark har potential att öka viltfoderproduktionen, minska viltskadorna och främja biologisk mångfald. Men för att möjliggöra potentialen krävs ökad asktillgång och markägares engagemang.

Att sprida aska på torvmark är en outnyttjad potential som man i princip inte har något att förlora på; antingen så producerar du viltfoder, eller så producerar du skog, säger Daniel Glimtoft på Svensk Skogsgödsling, som varit projektledare.

Viltskador, i form av betande och gnagande på träd och ungskog, är ett av skogsbranschens största problem. Aska kan potentiellt minska viltskadorna på flera sätt genom att:

Öka tillgången på viltfoder: Aska innehåller näringsämnen som fosfor och kalium som är viktiga för växters tillväxt. Genom att sprida aska på torvmark kan man öka tillgången på näringsämnen och därigenom främja tillväxten av viltfoder. Detta kan minska behovet för hjortdjur att söka föda i skogsbestånd och därigenom minska betetrycket på skogen.

Förbättra kvalitén på viltfoder: Askan kan också bidra till att förbättra kvaliteten på viltfodret genom att öka näringsvärdet eller tillgängligheten av näringsämnen i växterna. Detta kan göra växterna mer attraktiva för djuren och minska behovet för dem att söka föda i andra områden.

Skapa gynnsamma livsmiljöer: Genom att främja tillväxten av viltfoder på torvmark med hjälp av askspridning kan man skapa gynnsamma livsmiljöer för vilda djur. Detta kan leda till en minskning av betestrycket på skogsbestånd och en ökad biologisk mångfald i skogen.

I dagsläget är det främst tillgången på aska som begränsar spridningen, inte intresset hos markägare. Den begränsade tillgången beror på att askproducenten ofta har ett billigare alternativ för avsättning av aska än återföring till skog. Ett incitament för att öka askåterföringen är minskade kostnader för askåterföring, alternativt en ökad betalningsvilja från markägare.

Det finns också tekniska anledningar som försvårar storskalig spridning av aska. Det är svårt att köra med maskiner på blöt torvmark och ibland behövs speciella maskiner för att ta sig fram. Här kan luftburen askspridning vara ett lämpligt alternativ, säger Daniel Glimtoft.

Produktion av viltfoder kan, åtminstone lokalt, ha ett större ekonomiskt värde för markägare än tillväxteffekter på skog efter askåterföring. Detta kan ge en ökad betalningsvilja hos markägare, vilket i sin tur påverkar kostnadsfördelningen mellan askproducenter och markägare, samt mängden aska som görs tillgänglig för askåterföring.

För att göra ett urval av torvmarker där man kan förvänta sig en ökad produktion av viltfoder finns det ett antal parametrar att ta hänsyn till. Till exempel:

1. Ståndorter av typen blåbär/fräken, bättre ris och lågstarr är lämpliga för askspridning i syfte att producera stamved.
2. De bördigaste ståndorterna av typen högört och lågört har redan en mycket god, respektive god näringsstatus, vilket gör att sannolikheten för tillväxteffekter minskar.
3. På ståndorter av typen högört förväntas inte någon tillväxtökning på gran och löv vid tillförsel av fosfor och kalium.
4. Gallringsskog och äldre skog har, på grund av skogsbrukets ambition av täta bestånd för att maximera tillväxten, ofta hög slutenhet.
5. Finska försök med aska på avslutade torvtäkter har visat på mycket goda förutsättningar att etablera salix, björk och tall.

Viltfoderproduktion på torvmark med hjälp av aska

Rapportnummer: 2017:371

Författare: Daniel Glimtoft



Askor kan stärka skogens motståndskraft

Genom att återföra askor till skogsmarken kan skogsbruket inte bara främja tillväxten av skogsträd, utan också minska risken för skadedjur och därigenom öka skogarnas långsiktiga hållbarhet.

Resultaten som presenteras i rapporten Kiselupptag i tall och gran från aska har potential att påverka skogsbranschen och bidra till utvecklingen av mer hållbara skogsbruksmetoder. Genom att använda askor som en resurs kan skogsbruket ta ett steg mot att upprätthålla balansen i ekosystemet och säkerställa en fortsatt produktion av värdefulla skogsråvaror.

I rapporten konstateras det att askor innehåller höga halter av kisel, mellan 10–20%. Kisel är känt för att främja produktionen av biomassa och förbättra växternas motståndskraft mot angrepp från skadedjur såsom snytbaggar. Men vid avverkning av skog försvinner kisel från marken, vilket kan leda till försämrad skogstillväxt och ökad sårbarhet för skadedjur.

– En intressant observation från studien var att den största ackumuleringen av kisel skedde i barken på träden, vilket är en viktig insikt för att förstå hur skogen kan stärkas mot skadedjur. För att uppnå en signifikant minskning av snytbaggegnag i träden, skulle en askmängd på mellan 0,5–1 ton per hektar vara tillräcklig, säger Maria Greger på Stockholms universitet, en av forskarna bakom rapporten.

Resultaten visar också att tillförsel av aska till skogsområden kan öka den växttillgängliga kiselhalten i marken och bidra till ökad kiselackumulering i skogsträd. Detta i sin tur kan stärka skogens motståndskraft mot skadedjur som snytbaggar.

Genom experiment där olika mängder aska tillsattes till jorden där gran- och tall-

plantor odlades, fann forskarna att kiselhalten ökade avsevärt i växterna när askan tillfördes –upp till 7,5 gånger mer jämfört med kontrollytan där ingen aska tillfördes.

– Forskningen tas nu vidare ut i fält för att undersöka kiselupptaget från askan samt dess effekt på snytbaggegnag i en fältsituation.

Säger Maria Greger som nu är delaktig i Energiforsks uppföljningsprojekt Kisel från bioaska minskar snytbaggegnag som pågår under 2024, samt Energiforsksprojektet Kisel från bioaska minskar angrepp från snytbaggen som pågår till och med december 2024.

Rapport: Kiselupptag i tall och gran från aska

Rapportnummer: 2022:904

Författare: Maria Greger och Tommy Landberg



Aska minskar snytbaggeangrepp i skogen

Återföring av aska vid återplantering av skog kan väsentligt bidra till att bekämpa snytbaggar. Aska innehåller växttillgängligt kisel som kan öka motståndskraften hos trädplantor.

Kisel, det näst vanligaste ämnet i jorden, är avgörande för växttillväxt och skydd mot skadedjur. Studien Trädplantors upptag av kisel från aska – en pilotstudie i fält, som är en uppföljning på projektet Kiselupptag i tall och gran från aska, visade att tillförsel av kisel från aska förbättrade granplantornas motstånd mot snytbaggar. Anledningen är att kisel ackumuleras i olika delar av trädet som rot, bark, ved och barr.

Resultaten från studien visade att både härdad och färsk aska bidrog till ökat kiselupptag i granplantor. Trots liknande totala kiselhalter i askorna, visade den färska askan en högre tillgänglig kiselhalt jämfört med den härdade askan. Det resulterade i en större ökning av kiselhalten i växterna från färsk aska jämfört med härdad aska.

En intressant observation var att tillförseln av aska inte påverkade biomassaproduktionen väsentligt, men det fanns en minskning i längdtillväxten när färsk aska

användes. Det tyder på att kisel kan påverka växtstrukturen genom att göra skotten kortare och tjockare, säger Maria Greger på Stockholms universitet, en av forskarna i studien.

För att uppnå maximal effekt mot snytbaggeangrepp bör askåterföring praktiseras både i plantskolan och i fält enligt rapporten. Framtida storskaliga fältförsök rekommenderas för att ytterligare utvärdera effekterna av askåterföring på snytbaggeangrepp och skogsplantors överlevnad.

Studien pekar på betydelsen av att integrera askåtervinning i skogsbruket för att öka den växttillgängliga kiselhalten i marken, vilket kan leda till minskade skador från snytbaggar och därigenom minska ekonomiska förluster för skogsindustrin.

– Med ökade stormar och ökade skador på skogen blir sådana hållbara metoder alltmer avgörande för att säkra skogens hälsa och ekonomiska stabilitet, säger Maria Greger.

Rapport: Trädplantors upptag av kisel från aska – en pilotstudie i fält

Rapportnummer: 2023:984

Författare: Maria Greger och Tommy Landberg



Insektsangrepp från snytbaggen kan minskas med bioaska

Maria Greger på Stockholms universitet har genomfört ytterligare en studie som visar att snytbaggar undviker nyplanterade granplantor som fått en giva bioaska.

Så här gick försöken till:

Hälften av granplantorna som användes var behandlade med Conniflex, en hinna med sand som läggs på plantans stam. Den andra hälften var inte behandlad med Conniflex. Granplantorna förbehandlades sedan i 3-4 veckor med bioaska eller kaliumsilikat eller ingetdera. Granplantorna planterades sedan på fyra olika föröngningsytor, där det fanns stora problem med snytbaggen. Bioaska eller kaliumsilikat tillfördes även till plantorna i fält vid plantering. Mängden aska var 3 ton/ha och gång, överensstämmande med 445 kg kisel/ha. Mängd kisel som tillfördes med kaliumsilikat var 232 kg/ha per gång. Plantorna odlades i fält 44 respektive 80 och 82 dagar. Försöken visar att alla behandlingarna minskade antal plantor som fick snytbaggegnag. Den största minskningen skedde när plantorna var behandlade med både Conniflex och bioaska eller kaliumsilikat. Då minskade snytbaggegnagen med 95%.

När kisel tas upp i granplantorna minskar snytbaggegnagen:

– Eftersom kaliumsilikat ger samma effekt och att kiselhalten i bark ökar i plantorna vid asktillförsel så är det sannolikt att det är kisel i bioaskan som ger den minskade gnageffekten, säger Maria Greger. Vi kan nu rekommendera en kombination av Conniflex och bioaska för bästa effekt mot snytbagg.

I den här studien har tre månader gammal, ohärdad aska använts. Upptaget av kisel är något lägre från härdad aska, men även härdad aska ökar kiselhalten i plantan. Det visar undersökningar som Maria Greger har utfört tidigare.

– Effekten av kisel på snytbagg ökar inte med ökad kiselhalt i plantan. Det visar tidigare resultat, så därför borde härdad aska ha samma inverkan på snytbaggeangrepp som ohärdad aska och kisel har.

Antalet sålda granplantor för utplantering i Sverige under 2023 var 431 miljoner.

Beräkningar visar att nästan 1 miljon ton bioaska behövs om de här plantorna ska skyddas mot snytbaggegnag med askåterföring och Conniflex.

– Om man använder Conniflexbehandlade plantor, är det en stor fördel om bioaska tillförs redan i plantskolan och därefter vid plantering samt året därefter. 3 ton aska per ha och behandling fungerar väl.

Eftersom plantorna kan utsättas för snytbagg de första åren och inte bara planteringsåret, så är det en fördel att fortsätta att tillföra bioaska även andra året för att öka kiselpoolen i granplantornas nya tillväxtzoner, berättar Maria Greger:

– Vi har i tidigare studier sett att kiselkoncentrationen minskar i nyare växtdelar med tiden om inte ny kisel tillförs. Om man kan tillföra bioaska i god tid på våren innan plantorna börjar växa och snytbaggarna kommit igång kan angreppen från snytbagg effektivt stoppas.

En ny studie inleds under sommaren 2025, där Maria Greger bland annat kommer att titta på om överlevnaden hos granplantorna kan ökas med hjälp av bioaska och om effekten mot snytbaggarna ökar om man ger flera givor bioaska. Studie inkluderar förbehandling av aska i skogsplantskolor, en tillförsel vid plantering i fält och en tillförsel tidig vår året därpå. En undersökning fokuserad på härdad aska är tänkt att inkluderas.

– Jag hoppas att vi också kan titta vad resultatet blir om aska askåterföring görs till stora ytor i skogen och inte bara plantvis, avslutar Maria Greger.



KOMBINERA ASKA MED KVÄVE FÖR MER TILLVÄXT I SKOGEN

Kväve är det näringsämne som vanligen begränsar tillväxten mest i skog på fastmark, men avgår vid förbränning av biomassa och förekommer därför inte i askor. Näringsämnena som finns i askorna är ofta sekundära och utnyttjas fullt ut av träden först när kvävetillgången är tillräckligt god. Genom att samtidigt tillföra kväve skulle skogen kunna tillgodogöra sig askan mer effektivt, och om kvävet dessutom kommer från en restström från till exempel reningsverk skulle det också bidra till ett mer cirkulärt samhälle.

Skogens näringskapital består av ett antal grundämnen som frigjorts från otillgängliga former i atmosfären och från mineraler i berggrunden. Det är en långsam process där de näringsämnena som träden bygger sin tillväxt på har frigjorts och lagrats in i skogen under flera årtusenden, och ofta är tillgången på specifika former eller proportionerna av näringsämnena otillräcklig. Genom att ta ut biomassa påverkas också näringsbalansen i skogsmarken vilket kan behöva justeras genom kalkning eller återföring av näringsämnena.

Askan innehåller baskatjonerna* kalcium, magnesium, kalium och natrium som motverkar försurning av skogsmark, men också fosfor och mindre mängder av andra ämnen som fungerar som näringsämnena i skogen. Askan innehåller dock inte kväve som är det näringsämne som är mest begränsande för tillväxten på mineraljordar, vilket gör att skogsträden inte kan tillgodogöra sig näringen i askan.

Användning av restprodukter från skogsbruk och massa- och pappersproduktion leder till produktion av stora mängder aska. Denna aska är fattig på kväve. Kommunalt avloppsvatten är kväverikt och skulle kunna användas och kombineras med aska för att producera en välbalanserad näringskälla för växande skog.

Faktaruta

*Baskatjonerna (kalcium, magnesium, kalium och natrium) har en viktig funktion som förhindrar förurning av mark och vatten. Vid avverkning av träd följer baskatjonerna med ut ur skogen och det kan innebära allvarliga konsekvenser i form av utlakning av näringsämnen och aluminiumförgiftning, främst för vattenlevande djur och växter. Sverige är dessutom känsligt för surt regn, vilket kan förvärra situationen ytterligare.

Kunskapsluckor och framtida forskning

- Vilka är de långsiktiga effekterna (över decennier) av upprepad kombinerad ask- och kvävetillförsel på skogsmarkens ekosystem, inklusive mikroorganismer, markfauna och undervegetation?
- Hur påverkas biodiversiteten i skogsmarken av långvarig användning av näringspellets eller kväve-askagglomerat?
- Hur kan sammansättningen av näringspellets eller kväve-askagglomerat optimeras för olika skogstyper och geografiska regioner?
- Vilka är de optimala spridningsintervallen och -mängderna för olika skogstyper och klimatzoner för att maximera fördelarna och minimera potentiella negativa effekter?
- Vilka är de ekonomiska konsekvenserna av storskalig implementering av kombinerad ask- och kvävetillförsel i skogsbruket, inklusive kostnader för produktion, transport och spridning?
- Hur kan logistiken för insamling, bearbetning och distribution av aska och kväve optimeras för att göra metoden mer kostnadseffektiv och miljövänlig?
- Finns det andra potentiella användningsområden för kväve-askagglomerat eller näringspellets utanför skogsbruket, exempelvis inom jordbruket eller för restaurering av degraderade marker?
- Vilka nya teknologier eller innovationer kan utvecklas för att förbättra produktionen, spridningen eller effektiviteten av dessa produkter?
- Vilka förändringar i nuvarande regelverk och policy krävs för att underlätta en bredare implementering av dessa metoder, samtidigt som miljöskydd och säkerhet säkerställs?
- Hur kan man utveckla standardiserade metoder för kvalitetskontroll och certifiering av näringspellets och kväve-askagglomerat för användning i skogsbruket?



Att kombinera eller att inte kombinera aska och kväve?

Fältstudier visar att trädttillväxten kan öka med upp till 100% på avverkad mark om både kväve och aska tillförs. Andra studier visar minskad trädttillväxt. Den här litteraturstudien har kartlagt tillgänglig forskning om kombinerad ask- och kvävetillförsel.

Vid så kallat träbränsleuttag, det vill säga avverkning där träbiomassa från skogen bland annat används som biobränsle, uppstår en näringsbrist i marken som kan kompenseras genom att återföra aska till marken.

På marker med kvävebegränsning framför allt i Norra Sverige, resulterar asktillförsel dock inte i någon ökning av trädttillväxten – men det kan däremot säkra skogens långsiktiga produktionsförmåga. För dessa marker kan tillförseln av kväve fungera som gödsel för att få en ökad trädttillväxt.

Olika studier – olika resultat

Ett antal fältstudier presenterar lovande resultat för tillväxteffekten om både kväve och aska tillförs till kvävefattig skogsmark. Studierna visar att surhetsgraden minskar i framför allt det översta marklagret i skogsmarken då både aska och kväve tillförs och de flesta studier visar att tillförsel av kväve inte har någon påverkan på pH i marken.

Andra studier, däremot, menar att det blir samma tillväxteffekt av att bara tillföra kväve och menar att kombinerad spridning kan resultera i lägre tillväxteffekt, vilket troligtvis beror på så kallad ammoniakavgång.

Gallring bland resultaten

Syftet med projektet och litteraturstudien Kombinerad kväve- och bioaskagödsling av skogsmark, var att samla information om vilka fältstudier som utförts och vilka resultat som erhållits när man kombinerat kväve- och asktillförsel till skogsmark. Flest resultat pekar på en ökad trädtiltväxt. Det är dock svårt att dra slutsatser utifrån resultaten då faktorer som klimatförhållanden eller olika trädslag påverkar utfallet av spridningen. En annan bidragande faktor till att det är svårt att dra slutsatser från resultaten är att olika asktyper och olika kvävekällor har använts i olika studier. Det är även viktigt att askan som sprids på skogsmark är ordentligt härdad så att den inte är reaktiv när den sprids och att näringsämnen frigörs långsamt från askan.

Rekommendationer från studien

Kombinerad spridning av kväve och aska bör endast göras i skog med brist på kväve och där skogsbränsleuttag sker.

Asktillförsel kan främst ses som en kompensationsåtgärd för att återföra näring till skogen som sker vid trädbränsleuttag och för att motverka försurning av skogsmarken.

Tillförseln av kväve ska ske som en gödslingsåtgärd för att få en ökad trädtiltväxt på marker med kvävebegränsning och bör inte spridas på marker med mycket kväve då det i så fall leder till läckage av kväve till omgivningen vilket kan leda till försurning av marker samt negativ påverkan på ekosystem.

Rapport: Kombinerad kväve- och bioaskagödsling av skogsmark

Rapportnummer: 2020:652

Författare: Anita Pettersson, Päivi Ylittervo



Agglomerat av träaska och kväve för återföring av näringsämnen till skogen

En studie visar att kombinerad användning av träaska och kväve kan göras med låg ammoniakavgång. Det här projektet har undersökt hur träaska och kväve kan användas tillsammans för att främja skogstillväxt och samtidigt återföra näringsämnen till skogen.

Det går att kombinera träaska och kväve i agglomerat som kan spridas samtidigt till skogsmark för att öka skogens tillväxt och på samma gång återföra näringsämnen till marken. Det visar resultaten i rapporten Kväveberikning av träaska för skogsåterföring.

Ytterligare forskning och fältexperiment behövs dock för att förstå de exakta effekterna av denna metod på trädens tillväxt och markens ekosystem. Med ökad kunskap kan denna metod bli ett viktigt verktyg för hållbart skogsbruk och markanvändning i framtiden.

Minskade arbetsmiljö- och miljöeffekter

Träaska, en biprodukt från förbränning av träbränsle, har visat sig vara en potentiell resurs för att förbättra skogsmarkens näringsinnehåll. Den här studien har undersökt metoder för att öka användningen av träaska i skogen genom att kombinera den med kväve, vilket är avgörande för att öka träd tillväxten, särskilt i norra Sverige där skogen är kvävebegränsad.

Dessutom bidrar den till att fylla ett kunskapsgap genom att undersöka produktionen av kväve-askagglomerat och mängden ammoniak som avgår till omgivande luft vid spridning. Genom att identifiera att vissa kombinationer resulterar i högre ammoniakavgång ger studien insikter som gör det möjligt att undvika potentiella negativa arbetsmiljö- och miljöeffekter i samband med spridning av kväve-askagglomerat i skogen.

Genomförande och resultat

Genom att kombinera träaska med olika kvävekällor och vatten producerades kväve-askagglomerat, vilket har visat sig vara en effektiv metod för att återföra både träaska och kväve till skogen. Experimenten visade att vissa kombinationer av träaska och kvävekällor resulterade i mer effektiva agglomerat, medan andra hade mindre gynnsamma resultat. Till exempel så är en viss typ av flygaska särskilt effektiv för att producera agglomerat med minimal ammoniakavgång.

För att minimera ammoniakavgången, som kan vara skadlig för miljön, testades olika metoder, inklusive tillsats av syralösningar vid agglomeratproduktion. Resultaten visade att vissa metoder var mer framgångsrika än andra för att minska ammoniakavgången.

Dessutom genomfördes också simuleringar av spridning av träaska och kväve i laboratoriemiljö. Dessa simuleringar visade att ammoniakavgången från spridning av agglomerat varierade beroende på tillsatsmängden, men att den var konstant över tid vid normala spridningsmängder.

Rapport: Kväveberikning av träaska för skogsåterföring

Rapportnummer: 2022:871

Författare: Anita Pettersson, Päivi Ylittervo



Näringspellets av slam och aska sluter kretslopp och skapar cirkulär ekonomi

Att producera näringspellets av skogsindustriella restprodukter kan sluta kretslopp och skapa möjligheter för en cirkulär ekonomi. I en rapport presenteras hur näringspellets kan skapas av restprodukter från massa- och pappersbruk.

– Det här handlar om en helt ny typ av jordförbättringsmedel producerat av skogsindustriella restprodukter. Om den här produkten klarar kraven som ställs på en jordförbättringsprodukt, kommer det att leda till förbättrad resursanvändning och slutna kretslopp, säger Maria Sandberg.

Vid avverkning följer viktiga näringsämnen och baskatjoner med träden till massa- och pappersbruken. I rapporten Näringspellets för skogsmark, producerad av biokol berikad med bibränsleaska och ammonium, visade Maria Sandberg och Martyna Zywałewska att det går att skapa en ny typ av näringspellets som kan motverka markförurning och samtidigt gödsla marken med kväve. Näringspelletsen kan på så sätt tillföra de förlorade näringsämnena i skogsmarken är genom att sprida ut i drabbade områden.

– Med det här projektet visade vi att det går att blanda hydrokol och aska i proportioner som ger ett jordförbättringsmedel som innehåller både näring och baskatjoner, utan att överskrida tillåtna halter av tungmetaller, säger Maria Sandberg som var projektledare.

Under projektets gång spreds hydrokol och aska på en provyta på Karlstad universitets mark. Sedan dess har Maria Sandberg fortsatt studerat provytan och sett positiva förändringar i pH och alkalinitet medan halterna av tungmetaller inte skiljer sig från referensområdet. Idag är hon med i ett nytt projekt som utvecklar näringspellets i storskalig tillverkning.

Det finns fortfarande mycket kvar att forska på, vi har bara gläntat på askans och hydrokolets dörr. Vi behöver mer kunskap om askans egenskaper beroende på var den kommer ifrån, hur bränd den är, vilken temperatur den har och hur allt detta påverkar marken och vilka effekter det får på miljön över tid, säger Maria Sandberg.

Rapport: Näringspellets för skogsmark, producerad av biokol berikad med bio-bränsleaska och ammonium

Rapportnummer: 2022:870

Författare: Maria Sandberg, Martyna Zywałewska



UTVECKLING AV NYA METODER FÖR ATT SPRIDA ASKA I SKOGSMARK

Aska är ett tungt och heterogent material vilket gör det utmanande att sprida effektivt i skogsmark. Det finns en betydande potential att återföra mer bioaska till skogsmark, vilket skulle långsiktigt bidra till en förstärkt och mer cirkulär råvaruförsörjning, men olika tekniska svårigheter gör att återföringen av aska till skogsmark är begränsad i dagsläget. Effektivare spridare och nya metoder för att nå ut i terrängen skulle kunna realisera en större del av denna potential.

Aska sprids idag på 13 800 ha skogsmark årligen (Skogsstyrelsen 2024). För att upprätthålla näringsbalansen bör aska återföras på alla marker med betydande uttag av grot vilket skulle innebära att arealen bör tredubblas. Utöver dessa marker finns bördiga skogsmarker med god kvävetillgång men där tillväxten begränsas av försurning, och torvmarker som begränsas av de näringsämnen som finns i askan. Det finns därför en betydande potential att sprida mer aska i skogsmark, vilket skulle minska behovet av deponi och samtidigt bidra till en hållbar råvaruförsörjning och till att binda in växthusgaser i skogen.

Logistiken av aska från förbränningen i värmeverk eller massabruk till skogen är ett av de största hindren för att sprida askan idag, och särskilt från skogsbilväg ut i terrängen. Merparten av den aska som återförs till skogen idag sprids i form av krossaska med en markgående spridare, ofta en ombyggd skotare, på hyggen eller i gallringsskog. För att undvika körskador begränsas spridningen till körstråk på frisk fastmark, och man undviker att köra och sprida i blöta och fuktiga partier, och på tor-

vmarker. Spridningen begränsas också till perioder på året då det är tillräckligt torrt för att köra, men inte så torrt att det föreligger en brandrisk.

Genom att sprida askan från luften skulle aska kunna spridas effektivare och på arealer och under tider på året då det annars inte skulle vara möjligt. Det skulle minska riskerna för skador på skogsmark, och skulle också minska riskerna för blästrings-skador på stammar som kan uppstå vid spridning i gallringsskog. Skogsgödsling sker ofta från helikopter som då sprider drygt ett halvt ton gödningsmedel per hektar. Rekommenderade doser aska väger dock ungefär sju gånger mer, vilket gör det mer utmanande att sprida från luften. Aska sprids också huvudsakligen i form av krossaska som är ett heterogent material med en stor variation partikelstorlek som kan vara svårt att få en jämn och kontrollerad spridning av, och som kan orsaka driftstopp i spridaren.

Utvecklingen av drönarteknik går snabbt men än så länge är drönare sällsynta i skogsbruket. Att sprida aska från luften är en intressant applikation av drönarteknik som skulle kunna förenkla logistiken och samtidigt minska riskerna för skador på skogen som kan uppstå vid spridning av aska från marken. Satsningar på drönarteknik skulle därför kunna öka avsättningen av aska till skogsmark och därmed också minska belastningen på deponierna. Tekniken kan också användas för flera andra ändamål. Om askan granuleras kan samma spridningsteknik användas för skogsgödsling, men också andra logistikproblem som till exempel att placera ut plantor på en yta inför plantering, eller med stora drönare till och med helträdsuttag vid gallring. I närtid är dock spridning från marken den bäst tillgängliga tekniken och för att få bättre utbyte och lönsamhet av körningen är det värt att undersöka om det går att effektivisera även den tekniken.

Kunskapsluckor och framtida forskning

- Teknisk optimering av drönare för ökad lastkapacitet och förbättrad sensorteknologi för terrängavläsning.
- Långsiktiga miljöeffekter av drönarbaserad askåterföring jämfört med traditionella metoder, särskilt i kombination med kvävegödsling.
- Kostnadseffektivitet och ekonomiska modeller för att göra askåterföring mer attraktivt för skogsägare i olika regioner.
- Regulatoriska förändringar för att underlätta användningen av drönare i skogsbruket, inklusive effektivisering av tillståndprocesser.
- Skalbarhet och logistiska utmaningar vid storskalig implementering av drönarbaserad askåterföring.
- Energieffektivitet och möjligheter till användning av förnybara energikällor för drönardrift.
- Påverkan på skogens biodiversitet och optimering av spridningsmönster för att minimera negativa effekter på känsliga ekosystem.



Spridning av aska med flera små autonoma drönare

Drönarteknik kan optimera och kostnadseffektivisera sättet vi återför aska från industriell förbränning till skogsmark. Resultaten skulle kunna leda till ökat intresse att återföra askan till skogen, samt resurseffektivitet då mindre mängder aska hamnar på deponier.

Projektet, Drönarbaserad askåterföring, som utfördes av startupbolaget Nordluft Automation, har utvecklat en första konceptversion av ett system bestående av autonoma drönare med kapacitet att sprida aska från luften.

Genom att använda drönare för spridning av aska kan kostnaderna sänkas avsevärt jämfört med befintliga metoder, vilket öppnar upp möjligheten för ökad återföring till skogen, säger Elof Winroth på Nordluft, författare till rapporten.

Under en demonstration 2021 visade Nordluft upp sitt prototypsystem genom att sprida 300 kg granulerad bioaska från Värtaverket i Stockholm till ett skogsparti utanför Hall, Södertälje. Demonstrationen, som lockade representanter från olika branschaktörer samt media, visade på drönarteknikens potential att komplettera traditionella spridningsmetoder såsom skotare och helikoptrar.

Trots vissa tekniska förseningar och utmaningar, betraktades demonstrationen som

framgångsrik av Nordluft. Bolaget fortsätter nu sitt arbete med att utveckla drö-
narsystemet med målet att erbjuda en kommersiellt konkurrenskraftig lösning för
askåterföring till skogsmark, och andra spridarapplikationer.

En av de största utmaningarna för Nordluft är att säkra flygtillstånd för sina drönare
enligt den nya EU-harmoniserade lagstiftningen. Trots detta arbetar bolaget mot att
implementera förbättringar i sitt system, såsom trimning av flygdatorinställningar
för högre säkerhet och effektivitet samt utveckling av sensorsystem för terrängavläs-
ning.

För att möjliggöra fortsatt utveckling och testning, utan behov av kostsamt special-
tillstånd, har Nordluft gått över till en mindre drönarstorlek med maxvikt under 25
kg. Trots den minskade lastkapaciteten har bolaget idag en effektivare spridarlösning
än vid spridningstillfället 2021, uppger Elof Winroth. Skillnaden är bättre koordine-
ring av drönarna, högre flyghastighet och snabbare vertikala rörelser.

På sikt strävar Nordluft efter att utveckla ett system med en kapacitet på över 6 ton
aska per timme. Genom att säkra utvecklingskapital och rekrytera kompetent perso-
nal hoppas bolaget kunna nå detta mål och därigenom revolutionera askåterföring
till skogsmark.

– Vi ser stort intresse för vårt spridarsystem och andra drönarlösningar för skogs-
bruket. Utvecklingen på andra håll, såsom jordbrukssektorn, är mycket snabb och
detta kommer oundvikligen nå även skogsbruket. Tekniken är tillgänglig, nu måste
bara samhället ta några steg för att nå ett regelverk som stöttar införandet av denna
nya teknik för ett mer hållbart skogsbruk, säger Elof Winroth.

Drönarbaserad askåterföring

Rapportnummer: 2022:901

Författare: Elof Winroth



Tunga lyft med multikopter kan möjliggöra mer askspridning

Det stora värdet med luftburen askspridning är möjligheten att genomföra den året runt för att upprätthålla balansen i skogen och möta de utmaningar som klimatförändringarna innebär. Metoden är effektiv, precis och miljövänlig. Men tekniken behöver utvecklas och förbättras för att nå sin fulla potential.

I rapporten Utprovning av en multikopterburen askspridare presenteras utvecklingen av en autonom luftburen multikopter (drönare) med inbyggd spridare för aska. Genom att använda en autonom drönare kan man uppnå en kontrollerad spridning utan risk för att askan når känsliga områden såsom vattendrag. Spridaren är utformad för att kunna hantera olika typer av aska, exempelvis krossaska och granulerad aska, och kan sprida askan jämnt längs flygvägen.

Projektet har gått igenom flera utvecklingssteg, inklusive markprov och flygprov med en nerskalad multikopter. Resultaten visar att det är möjligt att uppnå en kontrollerad spridning av askan med minimal dammbildning och spridning innanför det avsedda området. Genom att använda en autonom multikopter för spridningen har man också kunnat uppnå hög precision och effektivitet jämfört med traditionella metoder som spridning från traktor eller helikopter.

En av de viktigaste slutsatserna från rapporten är att den snabba "turn-around-tiden", det vill säga tiden det tar att återvända till basstationen för att ladda om och



fortsätta spridningen. Detta är avgörande för produktiviteten. För att maximera spridningskapaciteten arbetar GI Lift, som utvecklat multikoptern, med att skapa en spridare som kan hantera upp till 500 kg aska per spridningstur och en multikopter med tillräcklig lyftförmåga för detta. Dessutom utforskar de möjligheter till optimerade spridningsrutter för att minimera energiförbrukningen.

Ökad användning av biomassa – ökat behov av askspridning

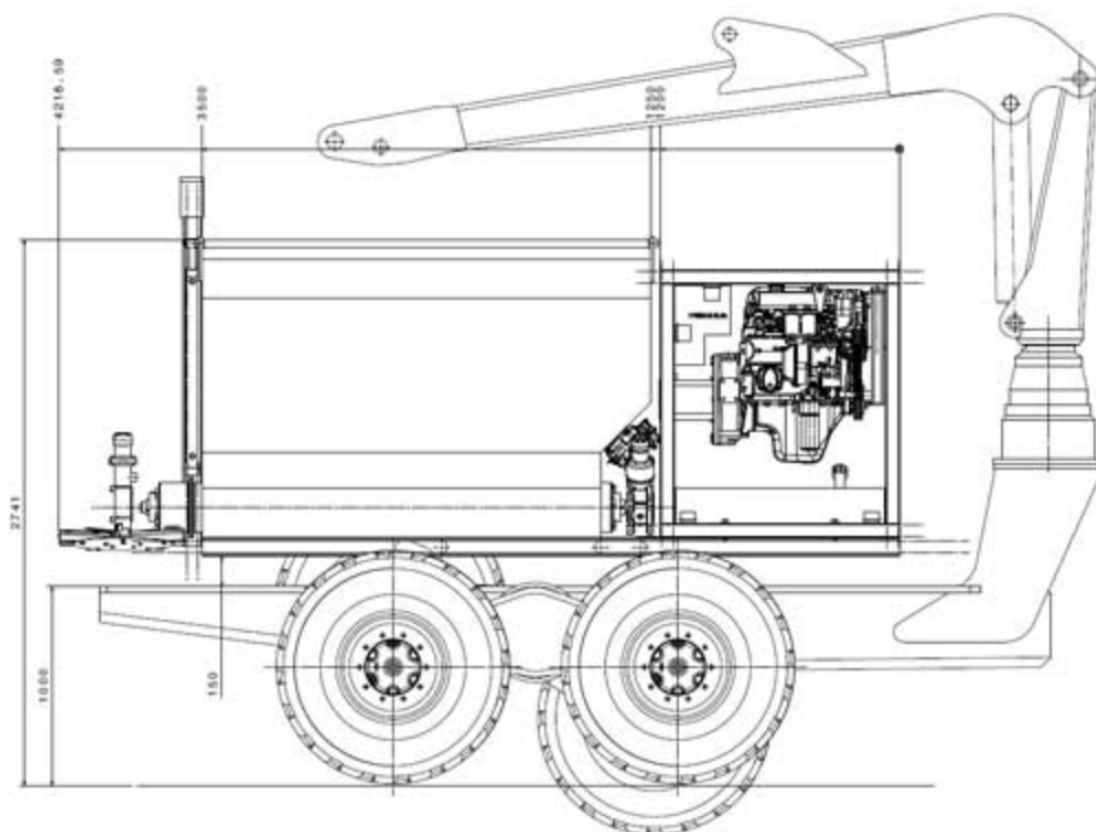
Rapporten Utprovning av en multikopterburen askspridare lyfter fram användningen av luftburen askspridning som en nyckelåtgärd för att möta Sveriges miljömål och upprätthålla skogens hälsa. Projektet, som genomfördes av GI Lift AB i samarbete med Södra Skogsägarna, fokuserar på att utveckla ett autonomt system som kan användas för att återföra näringsämnen till skogsmarken.

Den ökade användningen av biomassa från skogen, särskilt grenar och toppar, för att minska beroendet av fossila bränslen, har ökat behovet av näringsåterföring till skogen. Biomassan innehåller viktiga näringsämnen som fosfor och baskatjoner, vilka är avgörande för skogstillväxten. Genom att sprida bioaska från värmeverk och kraftvärmeverk kan dessa näringsämnen återföras till skogen, för att återställa näringsämnen och kan minska risken för försurning.

Utprovning av en multikopterburen askspridare

Rapportnummer: 2024:988

Författare: Gunnar Dahlbäck, Mikael Hult



Kostnadseffektiv ny spridningsutrustning

Att sprida aska och kväve samtidigt har flera fördelar: det minskar de sammanlagda spridningskostnaderna per hektar, kompenserar för uttaget av grot och motverkar näringsutarmning och förurning av marken. Ett projekt har tagit fram en prototyp av spridningsutrustning som skulle kunna möjliggöra processen.

Skogsstyrelsen har identifierat behovet av att öka mängden aska som återförs till skogsmark. Projekt Ny spridningsteknik för askåterföring under ledning av Daniel Glimtoft på Svensk Skogsgödsling, har tagit fram en lösning för att öka återföringen av aska till skogsmark, samtidigt som det kombineras med kvävegödsling på lämpliga marker för att öka tillväxten.

Prototypen består av en stor behållare för aska som kompletteras med en mindre intern behållare för kväve. Genom att undvika blandning av aska och kväve, vilket kan leda till ammoniakavgång, har utrustningen konstruerats för att sprida aska och kvävegödselmedel utan att de blandas.

En viktig aspekt av projektet är kostnadseffektivitet, samt att öka markägarnas möjligheter till skogsgödsling. Projektet har särskilt fokuserat på att öka intresset för askåterföring i Svealand och Norrland, där kortsiktiga tillväxteffekter av askåterföring på många fastmarker ofta är begränsade.

Genom att kombinera askåterföring med kvävegödsling på lämpliga marker kan man både säkerställa den långsiktiga näringsbalansen, kompensera förurning och öka tillväxte på kort sikt, säger Daniel Glimtoft.

Fortsatt forskning på området

Prototypen av spridningsutrustningen har testats med både granulerad aska och krossaska för att utvärdera prestanda och funktion. Trots att projektet avbröts i förtid på grund av bristande medel, finns dokumentation och erfarenheter samlade för en eventuell framtida återstart av projektet om intresse och finansiering finns på plats.

För att ta del av ritningarna, kontakta Daniel Glimtoft.

Rapport: Ny spridningsteknik för askåterföring

Rapportnummer: 2024:992

Författare: Daniel Glimtoft



Foto: Raul Grönholm SYSAV

KONSTRUKTIONER MED SLAGGRUS OCH BIOASKA

ANLÄGGNINGSMATERIAL AV ASKOR

Slaggrus har en potential att bli en viktig resurs inom anläggningssektorn, det visar flera av de projekt som genomförts inom Energiforsk. Slaggrus kan med fördel användas till vägar och i konstruktioner och kan på sått bidra till att uppfylla målen för cirkulär ekonomi och hållbar utveckling. Slaggrus har liksom andra askor tekniska egenskaper som gör det mycket lämpligt att ersätta till exempel bergkross i anläggningskonstruktioner.

Idag används slaggrus till parkeringsplatser, körytor, återvinningscentraler och vägar. Flera projekt har undersökt användningar av slaggrus i olika konstruktioner. Nordvästa Skånes renhållning uppförde en ny återvinningscentral i Helsingborg och använde då slaggrus i ett bärlager. Slaggrus har också använts till Sysavs anläggningar i Malmö och på deras återvinningscentraler i södra Skåne. I Trelleborgs hamn har slaggrus används i flera konstruktioner. Det är det projekt i Sverige som använt den största mängden slaggrus för en anläggning.

Slaggrus kan användas på flera sätt. Obundet slaggrus används utan tillsatser till exempel för att förstärka ytor eller bygga vägar. Bundet slaggrus innebär att slaggruset blandas med andra material som cement eller bioflygaska eller kolflygaska för att skapa en mer stabil betonglikande struktur.

Hittills har det saknats materialspecifika parametrar för dimensionering av konstruktioner med alternativa material som slaggrus. De parametrar som finns är materialspecifika för ett anläggningsmaterial av krossat berg. Slaggruset har andra materialegenskaper. Avsaknad av kunskap kring slaggrusets funktionsegenskaper och materialegenskaper kan leda till hinder i upphandlingar.

Målet med projektet Dimensioneringsunderlag för markkonstruktion med slaggrus har varit att bestämma slaggrusets funktionsegenskaper för slaggrus i ett förstärkningslager. Genom att visa att en väg med slaggrus håller skapar projektet ett förtroende för alternativa konstruktionsmaterial. I förlängningen behövs en bättre förståelse för materialets funktion.

För att användningen av slaggrus ska kunna öka behövs vidare forskning för att undersöka långsiktig ökning av slaggrusets bärighet när det ingår i konstruktioner och vägbyggen. Affärsmodeller behöver utvecklas för att hantera slaggrus. Det finns också ett behov av en bättre dokumentation över när slaggrus används i olika konstruktioner, så att flera referenser finns att tillgå när viljan och behovet finns för att använda slaggrus. Långtidsuppföljningar av slaggrusanvändning är också ett måste. De behövs för att bygg- och anläggningsbranschen ska våga använda materialet. Ett närmare samarbete med anläggningsbranschen måste etableras för att diskutera hur slaggrus och andra återvunna anläggningsmaterial ska nå en ökad användning. Möjligheterna att användningar slaggrus och bioaskor som komplement till andra

material som betong behöver utredas. Det är något som många utförare tar upp i sina rapporter!

En utmaning som skapar hinder ökad användning av slaggrus är brister i sorteringen av avfall till förbränning och avfallets potentiellt farliga innehåll.

2019 tog Avfall Sverige fram ett beslutsstöd för att främja återvinning av slaggrus. Beslutsstödet har använts som underlag för ansökningar om återvinning av slaggrus i storskaliga konstruktioner. Målet med beslutsstödet är att underlätta bedömningen av miljö- och hälsorisker kring återvinningen av slaggrus med hjälp av angivna riktvärde. Energiforskningsprojektet Uppföljning av beslutsstödet för återvinning av slaggrus i anläggningsarbete har följt upp hur beslutsstödet har använts och vilka förändringar som kan behövas. Användare och myndigheter uppskattar beslutsstödet men efterfrågar både en förenkling och en vidareutveckling av riskbedömningsmodellen med avseende på föroreningstransport och exponering, särskilt vad det gäller damning och risker med blyföroreningar. Forskarna rekommenderar därför fler mätningar och en bredare dialog med myndigheter för att förbättra kunskapen om damning och exponering.

En viktig aspekt som framkommit är behovet av att justera riskbedömningsmodellen för att bättre ta hänsyn till faktorer som täckning av material och transport av små partiklar med höga halter av föroreningar. Det är avgörande för att säkerställa en korrekt bedömning av miljö- och hälsorisker vid användning av slaggrus i anläggningskonstruktioner.

Inom projektet genomfördes också mätningar som identifierades damm från anläggningsarbeten som en potentiell hälsorisk. Genom mätningar vid fullskaliga anläggningsarbeten i Umeå och Trelleborg observerades dammets uppkomst och transport. Analysen visar att slaggruset bidrar till dammbildning, men att vätning av materialet kan minska detta betydligt, och att riskbedömningsmodellen i ett fall överskattar riskerna med damning från anläggningsarbetena. I projektets resultat poängteras vikten av vidare undersöka sambandet mellan damning och miljö- och dess hälsorisker.

Egenskaper hos slaggrus

Flera projekt undersöker hur slaggrusets egenskaper bäst kan komma till sin rätt.

Tvättning av slaggrus

Att tvätta slaggruset har visat sig vara en framgångsrik metod för att minska lakning från slaggrus i vägkonstruktioner. I projektet Nyttiggörande av slaggrus utanför deponier användes två huvudsakliga metoder för att påverka slaggrusets lakningsegenskaper. För att sänka halten av lösliga föroreningar, speciellt klorider, tvättades slaggruset med klorider. Genom att låta slaggruset lagras öppet för att exponeras för luft, sker en karbonatiseringsprocess, där koldioxid reagerar med alkaliska föreningar

som stabiliserar och minskar lakningen av föroreningar. Slaggruset behöver lagras minst sex månader för att det ska fungera bra som ett anläggningsmaterial. Metoden för att tvätta slaggrus har tidigare bara undersökts i laboratoriemiljö i Sverige. Resultaten visar att slaggrus med fördel kan användas i vägkonstruktioner och att det inte är svårare än att använda sig än traditionella material som grus. Läs mer i rapporten Nyttiggörande av slaggrus utanför deponier på Energiforsks hemsida.

Urskiljning av metaller

I projektet Användning och modifiering av metallseparerat slaggrus undersöktes om avskiljning av metaller i bottenaskan påverkar slaggrusets egenskaper. Det har funnits en misstanke att metallseparering försämrar slaggruset egenskaper och möjligheterna till att använda det som väg- och anläggningsmaterial, men försök visar att så är inte fallet. Avskiljning av metaller innebär en bearbetning av bottenaskan, bland annat med uppdelning i flera kornstorleksfraktioner. Detta ger förutsättningar för att generera slaggrus med delvis skilda egenskaper, där härdning kan ske separat eller blandat för de skilda fraktionerna. Detta kan i sin tur skapa skilda typer av slaggrus. Här finns behov av vidare studier som bör utgå från olika användningsområden och där användarnas behov matchas mot slaggrusets egenskaper. Vid all användning av slaggrus är det viktigt att undersöka vilken miljöpåverkan slaggruset kan orsaka. I projektet kom forskarna fram till att platsspecifika bedömningar av föroreningsrisker är en bra metod för att säkerställa att ingen påverkan på miljö eller hälsa uppstår.

Bärighet hos slaggrus

Projektet Slaggrus i markbyggnader visar att slaggrus har egenskaper som gör att det kan packas till en acceptabel bärighet för många typer av vägkonstruktioner, även om kraven enligt Trafikverkets norm TDOK 2014:041 inte uppfylls fullt ut, till exempel beträffande nötningsegenskaper. Utläggning och packning kan göras med konventionell utrustning och teknik och normala skyddsåtgärder från arbetsmiljösynpunkt. Mätningar ca ett år efter utförandet visar att sättningarna varit i stort sett obefintliga, både på ytor med slaggrus och på ytor med normal bergkross i förstärkningslagret. PH i slaggruset är en utmaning som kan påverka hållbarheten över tid. Det behövs mer forskning om urlakning och fastläggning av metaller på längre sikt och om betydelsen av slaggrusets pH-nivåer.

Askstabiliserad grusväg

Resultat från projektet Långtidsstudie av askstabiliserad grusväg (rapport 2021-723) visar att bioflygaskan lämpar sig väl för uppgradering av grusvägar. Flygaska består till stor del av kalcium- och kiseloxid och har därför puzzolana (cementliknande) egenskaper. Den initiala utlakningen av lösliga salter klingar av efter två år. Ingen toxisk påverkan kan konstateras i den närliggande vegetationen. Hållfastheten ökar med ökad askhalt och den sträcka som har högst askinblandning visar en påtagligt högre hållfasthet än referenssträckorna. Av den forskning som gjorts hittills på mindre vägar med askinblandning kan man dra slutsatsen att miljöeffekter över tid verkar vara ringa. Det är dock svårt att dra generella slutsatser då många faktorer

påverkar resultatet, t.ex. vilken aska som används, hur och med vilket material den blandas, hur den kompakteras och härddas samt den underliggande markens egenskaper. Man bör också ha i åtanke att den längsta uppföljningen som gjorts i fält är den tioåriga studie som presenteras i rapporten Skogsbilvägar med inblandning av aska – miljökonsekvenser på kort och lång sikt. Det är fortfarande oklart vad som händer på längre sikt och mer forskning behövs inom detta område, då skogsbilvägar i Sverige vanligtvis inte tas bort, utan finns kvar i landskapet under mycket lång tid.

Kunskapsluckor

Aska som komplement/ersättning till andra material

- Hur kan askor bidra till att minska klimatpåverkan till exempel genom att ersätta material med hög klimatpåverkan i anläggningsarbeten.
- En specifik användning är inblandningen av aska i kalk/cementpelare för stabilisering av leror. Den egenskap som utnyttjas är innehållet av fri kalk, men askor har även bindande egenskaper. För att kunna tillverka ett kundanpassat bindemedel behöver man finna en balans mellan innehållet av fri kalk och kisel-aluminium-kalciumoxider. Det är inte alla askor som är lämpade till detta, till exempel är inte avfallsflygaska inte möjlig att använda. Det behöver undersökas vilka askor som kan passa för den här användningen.
- För stabiliseringen av upplag av gruvavfall, bland annat sandmagasin från sulfidhaltig malm, har framförallt rena bioaskor diskuterats och undersökts. Dessa kan ha mer värdefulla användningsområden och de är en bristvara. Rökgasreningsrester har liknande egenskaper och är allmänt mindre eftertraktade – idag saknas det dock kunskap om användningar och marknad.

Logistik

- Hur löser man problemet med tillgång och efterfrågan, till exempel vid stora vägbyggen/anläggning av hårdgjorda ytor?
- Behövs det något buffertsystem, till exempel tillfälliga lagringsplatser som ev. bör vara regionbaserade?
- Hur transporteras askor?
- Krävs behandling av askorna?

Bottenaska

- Användning av sand/bottenaska från torr utmatning av avfallsbottenaska/Slagg.
- Minska resursförbrukning av askor i fluid-bäddpannor, till exempel genom att tvätta och återföra sanden.
- Bottenaska från förbränning av biobränslen behöver testas för flera användningar utanför deponierna. Att hitta en alternativ användning för biobränsleeldad bottenaska.

naska är viktigt. Exempel på projekt skulle kunna vara: fyllnadsmaterial i rörgravar, cementtillverkning eller inblandningsmaterial vid anläggande av hårdgjorda ytor.

Slaggrus

- En kartläggning av den oro som finns för att använda slaggrus hos myndigheter, konstruktörer, materialägare, entreprenörer och markägare, behöver göras. Askprogrammet behöver sprida faktaunderlag för att ge en klarare bild av fördelar och nackdelar med slaggrus. Programmet bör arbeta för att förenkla bedömningen av riskerna med att använda slaggrus.
- Idag är det ont om erfarenhet i fält under lång tid som validerar beräkningarna av exponeringarna.



Nu blir det enklare att upphandla slaggrus: "Kan minska klimatpåverkan från infrastruktur"

Ett Energiforskningsprojekt har tagit fram dimensioneringsunderlag och materialparametrar som ska kunna öka användningen av slaggrus vid anläggning av till exempel vägar. Det kan leda till att stora infrastrukturprojekt kan minska sin klimatpåverkan i framtiden genom att välja ett så kallat alternativt konstruktionsmaterial.

– Att dimensioneringsunderlaget finns tillgängligt kommer att underlätta för konstruktörer, för offentlig upphandling och därmed också öka acceptansen för material som slaggrus, säger Fredrik Hellman på VTI som varit med i projektet. Slaggrus är ett material som lämpar sig för till exempel parkeringsplatser, gång- och cykelvägar, samt industrivägar och ytor vid hamnar. Hittills har det saknats materialspecifika parametrar för dimensionering av konstruktioner med alternativa material. Det har ofta lett till hinder i upphandlingar.

Målet med projektet Dimensioneringsunderlag för markkonstruktion med slaggrus har varit att skapa förtroende för alternativa konstruktionsmaterial för att möjliggöra en ökad och förenklad användning av materialen.

Det dimensioneringsprogram som används är ERAPave som är framtaget på VTI för Trafikverkets räkning och kommer ersätta nuvarande dimensioneringssystem. I förlängningen behövs en bättre förståelse för materialet. Att få in beskrivningar kring slaggrus i referensverket AMA Anläggning, som ofta används för offentlig upphandling, skulle öka acceptansen för materialet från beställare.

– Olika typer av cirkulära material, som slaggrus, är en viktig väg framåt för att minska klimatpåverkan från stora infrastrukturprojekt. Den här rapporten är ett första steg i att öka användandet av slaggrus, säger Marie Kofod-Hansen, programansvarig för Energiforsks Askprogram inom vilket projektet bedrivits.

Rapportnamn: Dimensioneringsunderlag för markkonstruktion med slaggrus

Rapportnummer: 2023:971

Författare: Fredrik Hellman, Henrik Bristav, Shafiqur Rahaman, Erik Simonsen, Björn Schouenborg



Vem tar risken?

Två centrala frågor för att främja askåtervinning i anläggningsarbeten är: hur ska man systematiskt beakta risker med farliga ämnen och hur ska man bäst fördela ansvar för eventuella miljöskador? Rapporten "Vem tar risken" presenterar möjliga svar på dessa frågor, där en av de föreslagna lösningarna är att etablera en fond finansierad av branscherna.

Det finns i dagsläget inga etablerade modeller för vem som ansvarar för finansiering eller försäkring för miljörisker kopplat till återvunnet avfall eller sekundära råvaror. Osäkerheten och riskerna har av naturliga skäl lett till skepsis och därmed ett hinder för en storskalig återvinning, även om risker för miljö- eller hälsoskador ofta bedöms som relativt låga.

Därför har författarna i projektet "Vem tar risken?" gett förslag på konkreta åtgärder som att minska osäkerheterna och riskerna, bland annat föreslås utveckling av ett spårbarhetssystem för att säkerställa rätt hantering och användning av askorna. En annan åtgärd är inrättandet av en fond för att försäkra miljöskador, standardisering av riskbedömning och kvalitetssäkring av askor.

Tanken är att fonden inte bara skulle sänka tröskeln för användare att acceptera askor utan även öka myndigheternas acceptans. Dessutom föreslås en standardisering av riskbedömning och kvalitetssäkring av askorna för att öka tillförlitligheten och användbarheten av återvunna material.

Genom att ta itu med frågor kring ansvar- och riskfördelning hoppas forskarna avlägsna hinder för en mer omfattande askåtervinning.

I projektets slutsatser betonas behovet av samarbete mellan olika intressenter som askproducenter, byggföretag, myndigheter och forskare, för att främja hållbar användning av askor och stärka cirkulär ekonomi inom byggbranschen.

Rapport: Vem tar risken?

Rapportnummer: 2020:650

Författare: Martijn Van Praagh, Cornelia Hartman



Uppföljning av beslutsstödet för återvinning av slaggrus i anläggningsarbete

För att främja återvinning av slaggrus och för att förbättra Avfall Sveriges beslutsstöd föreslås flera åtgärder: att utveckla en förenklad version, uppdatera den med nya modeller, genomföra fler mätningar av damm och deposition, samt att öka samarbetet med olika aktörer och dialogen med tillsynsmyndigheter.

Beslutsstödet (se Avfall Sveriges rapport 2019:14) har sedan 2019 använts som underlag för ansökningar om återvinning av slaggrus i storskaliga konstruktioner. Målet var att bedömningen av miljö- och hälsorisker kring återvinningen av slaggrus skulle underlättas med hjälp av den angivna riktvärdena i beslutsstödet.

Energiforskprojektet Uppföljning av beslutsstödet för återvinning av slaggrus i anläggningsarbete hade som syfte att följa upp beslutsstödet användbarhet. Inom projektet fokuserade utförarna på att:

- Identifiera styrkor och svagheter i användandet
- Verifiera antaganden och modeller i den underliggande riskbedömningen avseende damning

- Få empiriska data från damning vid byggnation med slaggrus
- Eventuellt uppdatera beslutsstödet på grund av ändrade parametrar i "damningsmodellen"
- Ge rekommendationer för hur beslutsstödet borde uppdateras.

Resultat från uppföljningen

I de mätningar som genomfördes inom projektet identifierades damm från anläggningsarbeten som en potentiell hälsorisk. Genom mätningar vid fullskaliga anläggningsarbeten i Umeå och Trelleborg observerades dammets uppkomst och transport. Analysen visar att slaggruset bidrar till dammbildning, men att vätning av materialet kan minska detta betydligt, och att riskbedömningsmodellen i ett fall överskattar riskerna med damning från anläggningsarbetena. I projektets resultat poängteras vikten av vidare undersöka sambandet mellan damning och miljö- och dess hälsorisker.

Användare och myndigheter uppskattar beslutsstödet men efterfrågar både en förenkling och en vidareutveckling av riskbedömningsmodellen med avseende på föroreningstransport och exponering, särskilt vad det gäller damning och risker med blyföroreningar. Forskarna rekommenderar därför fler mätningar och en bredare dialog med myndigheter för att förbättra kunskapen om damning och exponering. En viktig aspekt som framkommit är behovet av att justera riskbedömningsmodellen för att bättre ta hänsyn till faktorer som täckning av material och transport av små partiklar med höga halter av föroreningar. Det är avgörande för att säkerställa en korrekt bedömning av miljö- och hälsorisker vid användning av slaggrus i anläggningskonstruktioner.

Sammanfattningsvis

Sammanfattningsvis pekar resultaten på behovet och betydelsen av att kontinuerligt utvärdera och förbättra beslutsstöd för återvinning av material i anläggningskonstruktioner och att också ha med en bedömning av riskerna.

– Beslutsstödet har med framgång använts när man vill utvärdera möjligheterna att återvinna slaggrus. Om vi följer upp fler fullskaleanläggningar och systematiskt ökar kunskapen om miljö- och hälsoriskerna öppnas för möjligheter att förenkla och förbättra beslutsstödet och samtidigt säkerställa en miljöriktig och resurseffektiv återvinning, säger Martijn Van Praagh, Statens geotekniska institut, SIG, projektledare.

Rapportnamn: Uppföljning av beslutsstödet för återvinning av slaggrus i anläggningsarbete

Rapportnummer: 2024:989

Författare: Martijn Van Praagh, Alice Rundegren



Tvättning och karbonatisering: avgörande för slaggrusets potential?

Tvättning av slaggrus minskar lakningen av klorider med upp till 50%, och karbonatisering under lagring kan effektivt minska lakning av metaller. Det visar slutsatserna i rapporten Nyttiggörande av slaggrus utanför deponier.

– Mycket har hänt på senare år vad gäller på återvinning av slaggrus som anläggningsmaterial. Tvättning kan minska lakningsvärden men påverkar inte totalhalter, och därför är tvättning numera en metod som inte kan leda till fri användning av slaggrus. I stället används riskbedömning för att visa att otvättat, lagrat slaggrus har låg miljörisk, säger Raul Grönholm på Sysav Utveckling, som var delaktig i projektets referensgrupp.

Slutsatserna från rapporten är tydliga: Slaggrus har potentialen att bli en viktig resurs inom anläggningssektorn och bidra till att uppfylla målen för en cirkulär ekonomi och hållbar utveckling.

Rapporten använde två huvudsakliga metoder för att påverka slaggrusets lakningsegenskaper i vägkonstruktioner:

Tvättning av slaggrus: För att sänka halten av lösliga föroreningar, speciellt klorider, tvättades slaggruset med vatten.

Karbonatisering: Genom att låta slaggruset lagras öppet för att exponeras för luft, möjliggjordes karbonatiseringsprocessen där koldioxid reagerar med alkaliska föreningar för att stabilisera och minska lakningen av föroreningar.

– Kvalitetskontroller av slaggrus från Sysav visar att karbonatisering måste ta minst sex månader för att skapa ett bra anläggningsmaterial. Trots önskemål om snabbare leveranser är denna tid nödvändig för att binda koldioxid och göra miljönytta, säger Raul Grönholm.

Olika utvärderingsmetoder användes för att bedöma miljömässiga och mekaniska egenskaper hos de olika materialen, till exempel fallviktsmätningar, sättningsmätningar, besiktningar och analyser av lakvatten från provvägen.

Att undersöka tvättat och normalt våtutmatat slaggrus har inte tidigare utförts i Sverige utanför laboratoriemiljöer. Resultaten visade att användningen av slaggrus, både bundet och obundet, är tekniskt genomförbart och att det inte är betydligt svårare än att bygga med traditionella material som grus.

Trots höga totalhalter av vissa ämnen, visade lakningsförsök att metaller hade låg mobilitet i karbonatiserat slaggrus. Detta innebär att enbart att titta på totalhalter är missvisande när man bedömer miljörisker.

Rekommendationer och fortsatt arbete

För att öka användningen av slaggrus som konstruktionsmaterial utanför deponier, ger rapportförfattarna följande rekommendationer:

- Fler uppföljningsstudier behövs för att säkerställa långsiktig hållbarhet och utveckla metoder för karbonatisering och hantering av slaggrus.
- Affärsmodeller behöver utvecklas för att hantera slaggrus och för att dokumentera dess användning i konstruktioner för framtida referens.

Rapportnamn: Nyttiggörande av slaggrus utanför deponier

Rapportnummer: 2017:403

Författare: Niklas Hansson, Anette Hälldal, Martijn van Praagh



Ska slaggrus metallsepareras eller inte?

Inget tyder på att metallavskiljning påverkar de tekniska egenskaperna hos slaggrus negativt, men obehandlat slaggrus har fler tillämpningsområden. Det framkom inom ett projekt vars mål var att utforska slaggrusets användbarhet utanför deponiområden och bedöma hur metallavskiljning påverkar dess egenskaper.

Syftet med projektet Användning och modifiering av metallseparerat slaggrus var att undersöka potentialen som slaggrus har som väg- och anläggningsmaterial samt hur slaggruset påverkas av så kallad metallavskiljning, vilket innebär att metaller som finns i bottenaskan sorteras ut.

Slaggrus från Sydvästra Skånes avfallsaktiebolag, Sysav, i Malmö studerades och jämfördes med krav för tänkbara användningsområden. I rapporten var fokus på användning utanför deponiområden.

Tre viktiga slutsatser från rapporten:

- Inget tyder på att metallavskiljning påverkar de tekniska egenskaperna hos slaggrus på ett tydligt negativt sätt. Det har funnits en misstanke att metallseparering försämrat slaggrusets möjligheter som väg- och anläggningsmaterial – i rapporten var detta inget som noterades.
- Slaggruset kan, med hänsyn till de tekniska egenskaperna, användas inom flera användningsområden i väg- och anläggningsbyggande.

- Det samlade eller odelade materialet, det vill säga slaggrus som inte genomgått metallavskiljning, hade flest tillämpningsområden.
- Det är viktigt att vara medveten om vilken miljöpåverkan som kan uppstå för att möjliggöra en säker återvinning. Platsspecifik bedömning är nu den metodik som Sysav använder för att säkerställa att miljö- och hälsopåverkan vid återvinning av slaggrus blir ringa, säger Raul Grönholm, säger Raul Grönholm på Sysav som deltagit i projektet.

En viktig upptäckt i studien var behovet av platsspecifika bedömningar av föroreningsrisker vid användning och hantering av slaggrus.

- Det är viktigt att integrera miljökrav i användningsprocessen och att möjliggöra återvinning efter användning. Platsspecifik bedömning är nu den metodik som Sysav använder för att säkerställa att miljö- och hälsopåverkan vid återvinning av slaggrus blir ringa, säger Raul Grönholm.

Fakta

Avskiljning av metaller innebär en bearbetning av bottenaskan, bland annat med uppdelning i flera kornstorleksfraktioner. Detta ger förutsättningar för att generera slaggrus med delvis skilda egenskaper, där härdning kan ske separat eller blandat för de skilda fraktionerna. Detta kan i sin tur skapa skilda typer av slaggrus. Här finns behov av vidare studier som bör utgå från olika användningsområden och där användarnas behov matchas mot slaggrusets egenskaper.

Användning och modifiering av metallseparerat slaggrus

Rapportnummer: 2016:331

Författare: Maria Arm, Peter Flyhammar, Raul Grönholm, Maria Kristensson, Bo B Lind



Kan man rena slaggrus från metaller med hjälp av solrosor och raps?

I det här projektet studerade forskarna om det är möjlighet att rena slaggrus från metaller genom fytosanering. Målet med försöken var dels att se om det var möjligt att minska innehållet av lakbara metaller i slaggruset och dels att producera ett metallanrikat bränsle. På så sätt skulle slaggrus kunna användas i högre grad genom att slaggrusets innehåll av metaller minskas och att de metallerna kan återföras till samhällets kretslopp genom att de återvinns från flygaskan efter förbränning av växterna.

Raps och solrosor valdes ut eftersom de har en dokumenterad förmåga att ta upp metaller, särskilt zink. Växterna planterades i slaggrus. Efter en odlingssäsong analyserades metallinnehållet i plantorna, för att utvärdera hur mycket metaller som har anrikats och hur väl slaggruset har renats.

Om det skulle gå att odla specifika växter, som extraherar metaller, i slaggrus från energiåtervinning skulle vi kunna öka förutsättningar för att använda slaggrus i olika anläggningsändamål. Metalltillgängligheten skulle därmed kunna minskas i slaggruset samtidigt som man producerar ett metallanrikat bränsle i växterna, berättar Karin Karlfeldt Fedje.

Slagg från avfallsförbränning används, efter förädling, vanligen som konstruktionsmaterial på deponi. Det behovet har minskat kraftigt under de senaste åren och därför är det av intresse att undersöka alternativa hanteringar. Anledningen till att askor inte används utanför deponi är framförallt risken för lakning av metaller.

Metallerna är inte bara en nackdel utan kan även ses som en resurs, de kan vara möjliga att återvinna och det är det vi har tittat på, berättar Karin Karlfeldt Fedje. Eftersom metallerna i slaggruset framförallt inte är i metallisk form fungerar inte fysikalisk separation för att avskilja dem. Ett alternativ skulle istället kunna vara att använda fytosanering, det vill säga odling av specifika växter som extraherar metaller från materialet de växer i. Genom att omhänderta de anrikade växterna på lämpligt vis, till exempel förbränning, skulle metallerna kunna återvinnas från flygaskan och återinföras i samhällets kretslopp.

Fytosanering används fullskaligt för att sanera förorenad jord, medan kunskapen om att odla i slaggrus är mycket begränsad. Det övergripande syftet med det här projektet är därför att studera hur en sådan odling kan fungera.

Efter litteraturstudier valdes solros och raps eftersom det är ettåriga växter som kunde ge snabba svar. Tre försöksvariationer sattes upp för respektive växt; odling i slaggrus utan respektive med näringstillsats samt referensodling i jord. Samtliga odlingsförsök skedde utomhus i odlingslådor om ca 1 m² under en växtsäsong.

Relativt snart efter sådd stod det klart att tillväxten hos solrosor var betydligt sämre i slaggruset än i referensjorden. Förklaringar till detta är högre vattenbehov vid odling i slaggrus och att val av näringsgödsel troligen inte varit optimalt. Tillväxten hos raps med näring var mer jämförbar med referensfallet, medan rapsodlingen utan näring fungerade mycket dåligt. En möjlig förklaring till att raps växer bättre än solrosorna är att rapsrötterna är mer lämpade att växa i det mer kompakta slaggruset än vad solrosorna är.

– Försöken visade trots dålig tillväxt att innehållet av flera metaller är många gånger högre i växter som vuxit i slaggrus jämfört med de i referensjorden, vilket styrker att både raps och solros extraherar metaller från slaggruset. De högsta metallhalterna återfinns i rötterna och vid förbränning av rapsrötter är en uppskattad Zn-halt i askan ca 2%, berättar Karin Karlfeldt Fedje.

Däremot är reningseffekten av slaggruset till följd av odlingen mindre tydlig. Trots att innehållet av flera metaller var lägre i slaggruset efter odling, är minskningen begränsad på grund av den låga tillväxten.

En slutsats av försöken är att varken raps- eller solrosodling kan anses vara speciellt effektiva åtgärder för att rena slaggrus. Det beror troligtvis på att de bara växer under en säsong och har relativt veka rötter. Innehållet av metaller i slaggrus är så högt

att det troligtvis tar längre tid än en växtsäsong att få till en tillräcklig minskning. Vi tror att kraftigare perenna växter som till exempel salix skulle kunna vara ett alternativ.

De inledande försöken visar att fytosanering av slaggrus fungerar principiellt, men att metoden behöver utvecklas, till exempel i form av bättre utformad vatten- och näringstillförsel, för att få till stånd en effektivare tillväxt och rening.

Fytosanering av slaggrus med hjälp av solrosor och raps

Rapportnummer: 2020:651

Utförare: Karin Karlfeldt Fedje, Viktoria Edvardsson, David Dalek

Nya projekt kring fytosanering

Det här projektet om fytosanering har gett upphov till nya projekt.

Ett doktorandprojekt pågår som handlar om att rena förorenat dagvatten från E6-an genom fytosanering av växter och filter med aktiva material, varav slaggrus är ett. Övriga material är biokol och torv. Projektet håller på till 2026.

Läs mer om projektet: <https://energiforsk.se/program/askprogrammet/projekt/slaggrus-som-sorbent-i-bioretentionsfilter-for-rening-av-foro-renat-dagvatten/>



Så kan användningen av slaggrus ökas

Ett tydligare regelverk och ökad forskning kring urlakning och pH-beroende – det är några saker som behövs för att öka användningen av slaggrus som konstruktionsmaterial tror Eric Rönnols, projektledare och författare till rapporten Slaggrus i markbyggnader.

Slaggrus är ett lämpligt konstruktionsmaterial för många typer av vägkonstruktioner och hårda arbetsytor, som i till exempel hamnar – det visar resultaten i projektet Slaggrus i markbyggnader. Projektet bidrar till en bättre dokumentation över slaggrusets egenskaper både miljömässigt och som konstruktionsmaterial.

Eftersom användningen av slaggrus är relativt låg, behövs en uppföljning av hur användningen av slaggrus fungerar i praktiken. Slaggrus användes som konstruktionsmaterial vid uppförandet av en ny återvinningscentral och som bärlager i vägbyggen på Nordvästra Skånes Renhållning, NSR:s återvinningsanläggning i Helsingborg. Under projektet dokumenteras erfarenheter och miljöeffekter vid användningen av slaggrus.

– Att det är hållbart att använda slaggrus ur en byggnadsteknisk och geoteknisk synpunkt behöver dokumenteras med ny kunskap. Därför valde vi att dokumentera våra erfarenheter. Även idag är användningen av slaggrus som konstruktionsmaterial utanför avfallsanläggningar begränsad i Sverige, säger Eric Rönnols som vid tiden för projektet arbetade på NSR.

– Långtidsuppföljningar är önskvärda för att möjliggöra en friare användning inom väg- och byggnadsbranschen. Det behövs ett tydligare regelverk som ser ett sorterat

och dokumenterat slaggrus som en resurs och inte bara som ett problem som behövs för att vi ska komma dit. Danmark är ett land att lära av i det hänseendet, förutom de erfarenheter vi skapat genom Askprogrammet i Sverige, säger Eric Rönnols.

Mer forskning om urlakning och effekten av olika pH-nivåer behövs

Utöver regelverk menar Eric Rönnols att det behövs mer forskning om urlakning och fastläggning av metaller på längre sikt och om betydelsen av slaggrusets pH-nivåer. En utmaning som skapar hinder för en ökad användning av slaggrus är brister i sorteringen av avfall till förbränning och avfallets potentiellt farliga innehåll. Resultaten från projektet visar att urlakningen av metaller från slaggruset som användes inom projektet var acceptabelt låg, trots att det förekom höga totalhalter av bland annat koppar, krom, bly och zink. Det är dock viktigt att notera att halterna varierar mellan olika anläggningar.

pH i slaggruset är en annan utmaning som kan påverka hållbarheten över tid. I slaggruset som användes inom projektet visade resultaten att pH var högt, även i uppföljningen av materialet efter ett år. Möjligheterna till balanserad pH-justering bör därför utvecklas.

Några av slutsatserna från rapporten är:

- Slaggruset har egenskaper som gör att det kan packas till acceptabel bärighet för många typer av vägkonstruktioner, även om kraven enligt Trafikverkets norm
- TDOK 2014:041 inte uppfylls fullt ut, till exempel beträffande nötningsegenskaper.
- Utläggning och packning har kunnat göras med konventionell utrustning och teknik och normala skyddsåtgärder från arbetsmiljösynpunkt.
- Mätningar ca ett år efter utförandet visar att sättningarna varit i stort sett obefintliga, både på ytor med slaggrus och på ytor med normal bergkross i förstärkningslagret.
- Urlakningen av metaller från slaggruset är acceptabelt låg, trots förekommande höga totalhalter av bl a koppar, krom, bly och zink.
- Byggskedet kan ge en "stöt" av vissa föroreningar till dagvattnet, på grund av den fysiska hanteringen av slaggruset vid ofullständig avvattning.

Slaggrus i markbyggnader

Rapportnummer: 2016:329

Författare: Eric Rönnols



Skogsbilvägar med inblandning av aska – miljökonsekvenser på kort och lång sikt

Av den forskning som gjorts hittills på mindre skogsvägar med askinblandning i Sverige kan man dra slutsatsen att miljöeffekterna över tid verkar vara små. Det är dock svårt att dra generella slutsatser då många faktorer påverkar resultatet, t.ex. vilken aska som används, hur och med vilket material den blandas, hur den kompakteras och hårdas samt den underliggande markens egenskaper.

I det här projektet sammanfattas tidigare forskning om askvägars miljöeffekter samt byggmetoder, resultat och kostnader för askförstärkta skogsbilvägar.

Sörkrångevägen stabiliserades med flygaska (bioaska) vid en restaurering 2009 och har provtagits i olika omgångar under ett decennium. Syftet med studien som presenteras här var att undersöka eventuella miljöeffekter över tid genom kemisk analys av prover tagna från vägkroppen. Resultaten visade att utlakningen följer samma trender som tidigare uppföljningar med en fortsatt utlakning av lösliga salter som natrium, kalium och klorid, speciellt i översta lagret. Resultaten från laktesterna uppvisade mindre än ringa risk enligt Naturvårdsverkets kriterier för återanvändning av avfall i anläggningsarbeten. Arsenik låg dock över gränsvärdet, men enbart för proverna på referenssträckan som upprustats utan askinblandning.

Arbetsmiljö

Arbetsmiljön är en av de större utmaningarna vid en mer omfattande byggnation av askförstärkta skogsbilvägar i Sverige. Kraftig damning uppstår vid blandandet av aska och bergkross och den basiska och reaktiva askan är skadlig att andas in. Det gäller framförallt då blandningen görs direkt i krossverket eller med blandningsskopa, vilket ur ett rent byggtekniskt perspektiv ger ett bra resultat.

Vidare forskning

Det är fortfarande oklart vad som händer under den mycket långa tidsperiod som en skogsbilväg förväntas finnas kvar. Skogsbilvägar i Sverige tas vanligtvis inte bort, utan finns kvar i landskapet under mycket lång tid. Den längsta uppföljningen som gjorts i fält av askstabiliserade mindre vägar är den tioåriga studie som presenteras i den här rapporten. Mer forskning behövs kring långsiktig användning av skogsvägar med askinblandning.

Skogsbilvägar med inblandning av aska

Rapportnummer: 2020:687

Författare: Linnea Hansson, Désirée Nordmark, Jenny Vestin, Mikael Bergqvist



Långtidsstudie av askstabiliserad grusväg

Varje år drabbas en stor del av Sveriges skogsbilvägar av nedsatt framkomlighet och en del sträckor måste stängas av under viss tid, framför allt under tjällossningsperioden, för att vägarna har för låg bärighet.

I det här projektet har en askstabiliserad skogsväg i Sörkrånge utanför Timrå undersökts för att se hur egenskaperna förändrats efter tio år. Dessutom har påverkan på markvattnet undersökts. Den uppgraderade vägen hade två olika provsträckor och fyra olika referenssträckor. Vägens tekniska och miljömässiga egenskaper har undersökts - dels direkt efter uppgraderingen dels sex år efter uppgraderingen. Sammanfattningsvis visar de hittills utförda undersökningarna att bioflygaska har stor potential för att användas som bindemedel i grusvägar.

I det här projektet undersöktes hur vägens egenskaper har utvecklats i ett längre tidsperspektiv och om de askstabiliserade sträckornas goda egenskaper kvarstår

eller har förändrats 10 år efter uppgraderingen. De askuppgraderade sträckorna har jämförts med de konventionellt uppgraderade vägsträckorna och med de tidigare erhållna mätserierna. Projektets resultat visar att den använda flygaskan har en ringa miljöpåverkan som vägbyggnadsmaterial, förutom en initial utlakning av lösliga salter som avklingar med tiden. De låga halterna av spårämnen i flygaskan tillsammans med en låg spridning av dessa till markvatten gör att ingen toxisk påverkan på växtligheten har kunnat identifierats. Provsträcka 2, med tjockare askinblandning, har en fortsatt påtagligt högre bärighet jämför med referenssträckorna. Provsträcka 1, med mindre askinblandning, har liknande bärighet som referenssträckorna.

Resultaten är viktiga eftersom de visar att ett av de antagna hindren för att använda aska som byggnadsmaterial, nämligen miljöpåverkan, inte nödvändigtvis behöver vara ett hinder för att använda aska som konstruktionsmaterial i vägar.

Projektet var ett samarbetsprojekt mellan Skogsstyrelsen, Statens Geotekniska Institut (SGI) och Luleå tekniska universitet (LTU).

Långtidsstudie av askstabiliserad grusväg - Utvärdering 10 år efter stabilisering

Rapportnummer: 2021:723

Författare: Jenny Vestin, Desirée Nordmark



UTMANINGAR OCH MÖJLIGHETER MED ASKORS SAMMANSÄTTNING

Mer kunskap behövs

Det finns ett behov av förbättrad kunskap och verktyg för att beskriva de långsiktiga kemiska egenskaperna och den miljömässiga påverkan av askor.

Klassificeringen av avfall påverkar i hög grad hur bottenaska från energiåtervinning ska behandlas och användas. För askor är särskilt den farliga egenskapen för ekotoxicitet (HP₁₄) en utmaning och en kritisk egenskap för klassificeringen. I projektet "Utveckling av testmetod av slaggrus för faroklassificering av ekotoxiska egenskaper" har en nordisk forskargrupp tagit fram ett förslag till testmetod och vägledning. Metoden som de nordiska forskarna har utvecklat bygger på den testmetod som kallas "Transformation/Dissolution protocol" (T/Dp) dvs "protokoll för transformering/upplösning". Den omnämns i europeiska kemikaliemyndigheternas (ECHAs) vägledning för CLP (En förordning som innehåller regler för klassificering, märkning och förpackning av kemiska produkter), som ett sätt att bestämma faroklassningen för vattenlevande organismer dvs ekotoxicitet, och bygger på att materialet som ska klassas lakas i mycket stora mängder vatten för att få kunskap om hur mycket metaller som frigörs. Den potentiella utlakningen av andra ämnen (t.ex. organiska föroreningar) beaktas inte i den här metoden, eftersom endast metaller har ansetts vara kritiska för slaggrus. Det är viktigt att verktygen utvecklas i samråd med vägledande myndigheter samt anpassas till det som föreskrivs i nationell och europeisk lagstiftning. Ytterligare validering av metoden behövs och ett uppföljande projekt hoppas forskarna kunna titta på hur parametrar, som till exempel tidsintervall för koldioxid-tillsats, kan specificeras ytterligare för att få en mer robust och enkel testmetod.

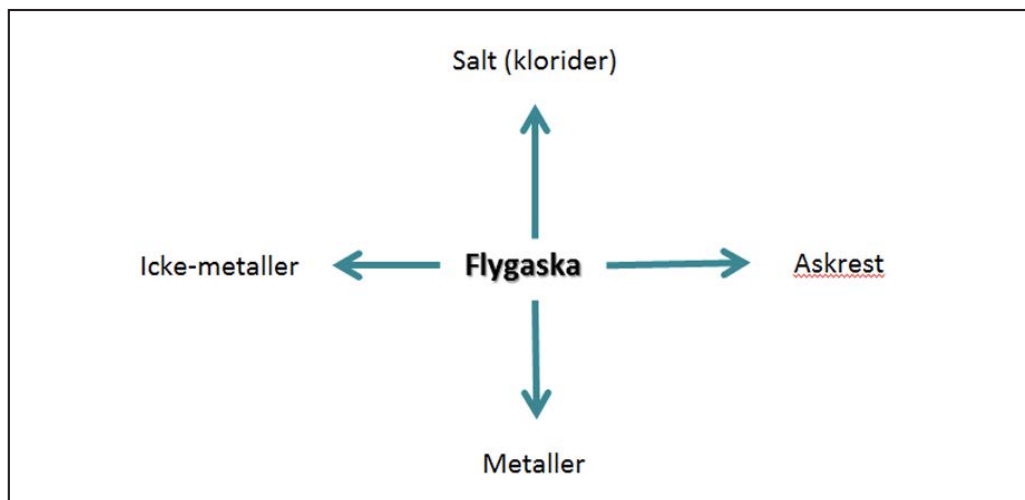
inom Askprogrammet har flera projekt handlat om hur man i större utsträckning nyttiggöra resurser ur rökgasreningsrester, avfallsflygaska och bottenaska.

I projektet Behandling och återvinning av outnyttjade resurser i flygaska undersöker forskarna hur ämnen i flygaska från avfallsförbränning kan utvinnas och användas på nytt. De metaller och resurser som bedöms som mest intressanta att återvinna från flygaska är koppar, silver, aluminium, zink och antimon. Forskarna har också undersökt vilka ämnen som utgör hinder för att en aska ska klassas som icke-farligt avfall.

Det är möjligt att utvinna en koncentrerad zinkhydroxid ur avfallsflygaska genom att laka och tvätta askan med vätskor från rökgasreningen. Det visar försök som har genomförts på en pilotanläggning för lakning och tvätt av avfallsflygaska vid Renova i Sävenäs.

Kunskapsluckor på området

- Det finns ett behov av förbättrad kunskap och verktyg för att beskriva de långsiktiga kemiska egenskaperna och den miljömässiga påverkan. Det är viktigt att verktygen utvecklas i samråd med vägledande myndigheter samt anpassas till det som föreskrivs i nationell och europeisk lagstiftning (Miljöbalken, REACH, Byggmaterialdirektivet, Avfallsdirektivet).
- Vilka egenskaper måste man känna till för att på ett säkert sätt kunna använda askorna utanför deponier? Vilka krav (miljö/tekniska/kemiska) måste vara uppfyllda för att de ska kunna användas i olika syften? Hur får man acceptans och hur bedömer man risker? Arbeten med ekotoxiciteten hos askor bör fortsätta. Frågan är central för klassificeringen av askor betraktade som avfall och därmed möjligheterna att använda dem, men även för bedömning av askor som vara eller produkt.
- Fortsatta och förbättrade uppföljningar av askanvändningars miljöpåverkan i ett långsiktigt perspektiv bör göras. Metoder för att göra bedömningar av miljöegenskaper behöver utvecklas.



Återvinning av utnyttjade resurser i flygaska

Flygaska från avfallsförbränning innehåller ämnen som skulle kunna utvinnas och användas på nytt. Vi kan ta vara bättre på våra materialresurser genom att utnyttja de ämnen som finns i flygaska. De metaller och resurser som bedöms som mest intressanta att återvinna från flygaska är koppar, silver, aluminium, zink och antimon. Forskarna har också undersökt vilka ämnen som utgör hinder för att en aska ska klassas som icke-farligt avfall.

Resultaten visar att flygaska måste genomgå en omfattande behandling för att kunna ge metall i en form som är värdefull för återanvändning. Vid tvätt av askor kan en saltfraktion erhållas som kan användas till exempel vid framställning av aluminium eller PVC.

– Vi utgick från frågan: Hur kan användbara ämnen i flygaska från avfallsförbränning återföras till det industriella kretsloppet och restprodukten klassas som icke farligt avfall, berättar Karin Karlfeldt Fedje som är en av utförarna i projektet.

Sju askor har ingått i studien: en returträaska från fluidbäddpanna, en avfallsflygaska från fluidbäddpanna och fem avfallsflygaskor från rosterpannor. Askornas totalhalter av olika ämnen har mätts i syfte att undersöka vilka möjligt värdefulla substanser som finns. Koppar, silver, aluminium, zink och antimon bedömds som mest intressanta att återvinna.

Metallhalterna i askorna är ofta låga utifrån ett återvinningsperspektiv, vilket gör att askorna ger mycket ballast i återvinningsaktörernas processer. Det finns andra sekundära råvaror, som t.ex. elektronikskrot, som är mer intressanta för metallåtervinningsaktörer. För att kunna konkurrera med dessa strömmar måste askan upp-arbetas och/eller anrikas för att kunna passa i metallåtervinningsprocesserna, vilket kan vara en framkomlig väg för några askor.

– I det här projektet ville vi ta ett samlat grepp om metaller och salt. Vi landade i att metallåtervinning kan fungera för en del av flygaskorna, men inte för alla, säger Karlfeldt Fedje.

I syfte att undersöka möjligheten att laka ut metaller för återvinning lakades askorna med syra; dels olika koncentrationer av syra och dels med olika pH. Ingen av dessa metoder visade sig ge utlakning i sådan omfattning att det skulle vara en generellt framkomlig väg att utnyttja resurserna i flygaskorna från avfallsförbränning, men i enskilda fall kan lakning för utvinning vara framgångsrikt.

– Vi undersökte också hur flygaskorna skulle kunna behandlas för att uppfylla mot-tagningskriterierna för deponi för icke farligt avfall. Som ett första behandlingssteg tvättades askorna med vatten. Två tvätt-omgångar med vatten fungerade för att några av flygaskorna skulle uppfylla kriterierna, berättar Karin Karlfeldt Fedje. Askorna lakades enligt SS-EN-127457-3 för att, tillsammans med totalhalterna, ge klarhet i vilka ämnen som förhindrar askorna förhindrar att askorna skulle kunna hanteras på deponi för IFA. Det är halterna av Cr och Pb, samt utlakningen av Cl-, Pb och SO₄²⁻ som i de flesta fall utgör hinder för IFA-deponi av originalaskor. De flyaskor som inte kunde tvättas för att uppfylla kriterierna skulle i så fall behöva dispens för dispens för lakning av ett eller två ämnen per aska (Cl-, Cr, Pb, Sb och SO₄²⁻) behövas för att få tillstånd för deponering på IFA-deponi.

– Den stora vinsten är att man får en mindre askrest efter tvätt och den blir inte så reaktiv. Det betyder att du förhoppningsvis kan hantera den på egen deponi och på så sätt undvika ytterligare kostnader.

Det salt som tvättats ur flygaskorna vid reningsprocessen skulle kunna användas bl.a. till vägsalt, vid aluminiumåtervinning och vid PVC-tillverkning. PVC-tillverkning och aluminiumåtervinning är de två applikationer som bedöms vara mest intressanta.

– Salt skulle generellt kunna återvinnas ur flygaskor i högre än vad som görs idag. Tyvärr hänger inte lagstiftningen med här riktigt, så även om Trafikverket skulle vilja använda saltet för halkbekämpning, så är det inte möjligt. ? Det finns lyckade projekt med utvinning av salt i flygaskor. Ragnsells lösning, Ash-2salt är ett exempel. Ragnsells återvinner ungefär hälften av all flygaska som genereras i Sverige (2024). Flygaskan tvättas och kan sedan användas i gödsel och som vägsalt.

– Flygaskor från avfallsförbränning måste undergå omfattande upparbetning för att utgöra attraktiva substrat för återvinning eller andra användningar, men jag ser positivt på utvecklingen och tror att vi kan hitta nya vägar för att få in mer från flygaskorna i kretsloppet, avslutar Karin Karlfeldt Fedje.

Rapportens namn: Behandling och återvinning av outnyttjade resurser i flygaska

Rapportnummer: 2016:327

Författare: Louise Staffas, Karin Karlfeldt Fedje,

Anita Pettersson, Inge Johansson



Lakning, zinkåtervinning och termisk behandling av avfallsflygaska

Det är möjligt att utvinna en koncentrerad zinkprodukt ur avfallsflygaska genom att laka och tvätta askan med vätskor från rökgasreningen. Det visar försök som har genomförts på en pilotanläggning för lakning och tvätt av avfallsflygaska vid Renovas anläggning i Sävenäs.

Skrubbevätskor har använts för att laka och tvätta askan. Resultaten visar att 70 procent av zinken kunde tvättas ut från askan och att zinkkakan innehöll mellan 50 och 80 procent zink räknat som zinkhydroxid. Hydroxiden kan sedan vidareförädlas till zinktackor hos en zinkproducent.

- Resultaten från laboratieförsök visar att det går att skala upp processen med goda resultat. Det pekar på att en fullskalig implementering kommer att fungera väl och att den här metoden kan ge både ekonomiska och miljömässiga vinster jämfört med dagens askhantering, berättar Karin Karlfeldt Fedje. I fullskaliga förbränningsförsök har det visat sig att den tvättade askresten till största delen kan omvandlas till slagg.
- Jag tycker att det är bra att ett projekt i Askprogrammet kan ge inspiration till pilotanläggningar. Piloten har fungerat väldigt bra i det här fallet och mycket av det vi kom fram till under piloten kan nu implementeras i befintlig anläggning, berättar Karin Karlfeldt Fedje.

Så här gick det till:

Omkring 3 ton elfilteraska per provtagningstillfälle togs ut i bigbags vid tre olika kampanjer. Pilotanläggningen bestod av en bigbagtömmare med doserskruv och transportskruv. 100 kg/h aska doserades i en slurryberedningstank, dit olika mängder skrubbevattenavdrag från respektive HCl-, SO₂- och kondenseringssteg tillfördes. Slurryn pumpades med en slangpump till ett vakuumbandfilter där den avvattades och tvättades med rökgaskondensat eller stadsvatten. Filtret fungerade bra och ett utbyte på ca 70 % av den ingående zinkmängden kunde uppnås vid rätt förhållanden (uppehållstid = ca 10 min, L/S = ca 4 och pH = 3-4). Filtrat från asktvättförsöken sparades och upparbetades i två zinkfällningskampanjer.

Filtratet neutraliserades från asktvätten med lut (NaOH) i slurryberedningstanken och filtrerades i en kammarfilterpress. Därefter tvättades filterkakan i filterpressen. 100 liter filtrat resulterade i ca 4 kg fuktig zinkhydroxidfilterkaka innehållande ca 50-80 vikts% Zn räknat som Zn(OH)₂ vid 100 % TS. Fukthalten var emellertid hög (ca 70%) trots att kakan både pressats och genomblåsts med tryckluft.

Stoftprovtagningar på rökgasen från pannan utfördes och innehållet i stoftet analyserades därefter. Mätningarna visade endast en 8%-ig ökning av stofthalten från förbränningen, medan merparten (>90%) av den återförda askan överfördes till slagg. Om all återförd aska skulle blivit flygaska igen så hade halten flygaska ökat med 70%. Inga tydliga negativa konsekvenser av flygaskåterföring kunde identifieras i slaggen. Resultaten visar att det sannolikt fungerar att omvandla flygaskan till slagg med den använda metoden och att zink kan föras in i den cirkulära ekonomin. En förutsättning för ett högt zinkutbyte är ingen eller låg kalktillsats i flygaskan och ett vått skrubber-system med separat HCl steg. Driftekonomin är potentiellt mycket god men påverkas kraftigt av klassningen av och deponikostnaden för befintliga askor och hur de påverkas av askåterföringen, men även hur mycket zinkprodukten är värd.

– Det här projektet har legat till grund för att det nu finns en fullskaliga anläggning på Renova, som för närvarande trimmas in. När man genomför en pilot i en befintlig anläggning är det viktigt att ha med medarbetare med lång erfarenhet av anläggningen. Den dagliga driften får inte påverkas för mycket, avslutar Karin Karlfeldt Fedje.

Lakning, zinkåtervinning och termisk behandling av avfallsflygaska

Rapportnummer: 2016:330

Författare: Sven Andersson, Karin Karlfeldt Fedje och Manuela Wagner



Utveckling av testmetod för slaggrus för faroklassificering av ekotoxiska egenskaper

Klassificeringen av avfall påverkar i hög grad hur bottenaska från energiåtervinning ska behandlas och användas. För askor är särskilt den farliga egenskapen för ekotoxicitet (HP₁₄) en utmaning och en kritisk egenskap för klassificeringen. En nordisk forskargrupp tagit fram ett förslag till testmetod och vägledning.

Utvecklingen av den nya testmetoden för slaggrus bygger på ett nordiskt samarbete med forskare från finska VTT, SGI, Renova och Chalmers. 12 aktörer i Norden har finansierat projektet, däribland Energiforsk och Avfall Sverige. Utformningen av metoden har utförts i nära samarbete med myndigheter i Norden, bland annat Naturvårdsverket och finska SYKE.

Det har tidigare gjorts försök att utveckla metoder för testning av slaggrus, men de har inte fungerat på ett helt önskvärt vis. Eus kemikalielagstiftning har T/Dp, men det är inte direkt tillämplbart på slaggrus bland annat på grund av askans alkaliska egenskaper och heterogena sammansättning. Det fanns därför ett behov av att anpassa metoden för askor samt att utarbeta en vägledning för testning.

Forskargruppen har tagit fram en ny metod som följer avfallslagstiftningen och kemikalielagstiftningen. Metoden bygger på den testmetod som kallas "Transformation/Dissolution protocol" (T/Dp) dvs "protokoll för transformering/upplösning". Den omnämns i europeiska kemikaliemyndigheternas (ECHAs) vägledning för CLP, som ett sätt att bestämma faroklassningen för vattenlevande organismer dvs ekotoxicitet,

och bygger på att materialet som ska klassas lakas i mycket stora mängder vatten för att få kunskap om hur mycket metaller som frigörs. Den potentiella utlakningen av andra ämnen (t.ex. organiska föreningar) beaktas inte i den här metoden, eftersom endast metaller har ansetts vara kritiska för slaggrus.

Målet med projektet har varit att ge specifika rekommendationer för en robust metod för klassificering och bedömning av HP14 med fokus på slaggrus.

- Bristen på testmetoder för HP14 har skapat stora problem, säger Karin Karlfeldt Fedje. Det var svårare och mer tidskrävande att ta fram en testmetod som följer T/D-protokollet och är anpassad för askor än vad vi inledningsvis trodde.
- I projektet har vi testat oss fram för att se om T/Dp kan användas för en bedömning av ekotoxiska egenskaper hos slaggrus. Vi testade nio nordiska slaggrus. Alla nio askorna klassificerades som icke farligt avfall med avseende på HP14 enligt resultaten från den modifierade metoden. Vi tror att det här har potential att utvecklas vidare till en välfungerande testmetod för slaggrus.

Tyvärr nådde inte projektet hela vägen, menar Karin, eftersom Naturvårdsverket har haft begränsade resurser att fortsätta diskussioner kring hur projektet hade kunnat tas vidare för att metoden skulle kunna användas i verkligheten.

- Vi behöver deras medverkan för att få den här metoden godkänd. Det finns i dagsläget ingen annan metod för klassning av askor, så det är tråkigt att Naturvårdsverket inte engagerar sig i frågan.

För att metoden skulle kunna användas i praktiken behövs ytterligare valideringar, där samma provmaterial korstestas i flera laboratorier. I ett eventuellt uppföljande projekt hoppas forskarna kunna titta på hur parametrar, som till exempel tidsintervall för koldioxid tillsats för att styra pH, kan specificeras ytterligare för att få en mer robust och enkel testmetod. Ett problem är dock att det är ganska avancerat och tar lång tid att testa askorna, så det är svårt att hitta kommersiella labb som är villiga att testa askor.

- Avfallsklassificeringen påverkar i hög grad hela hanterings- och återvinningskedjan av avfall och genom att kunna klassa bottenaskor på ett korrekt sätt kan vi förhoppningsvis få in flera bottenaskor i kretsloppet, avslutar Karin Karlfeldt Fedje.

Rapporten Utveckling av testmetod för slaggrus för faroklassificering av ekotoxiska egenskaper innehåller rekommendationer för tolkning av testresultat.

**Utveckling av testmetod för slaggrus för
faroklassificering av ekotoxiska egenskaper HP14
Rapportnummer 2022:885**

Författare: Margareta Wahlström, Charlotta Tiberg, Karin Karlfeldt Fedje, Tuomo



Vätgas och flygaskor – så kan arbetsmiljöriskerna minskas

God ventilation och utbildningsinsatser för att öka medvetenheten om vätgasrelaterade arbetsmiljörisker i samband med arbete med flygaskor – det är två rekommendationer från projektet Minimering av vätgasrelaterade risker från avfallseldade CFB-pannor.

– Nivån av medvetenhet om det här problemet varierar i branschen, därför är det viktigt att fortsätta öka medvetenheten om den här utmaningen och även att upprepa och uppdatera de resultat som redan finns, säger Inge Johansson från norska företaget Noah, som var delaktig i projektet.

Tidigt i projektet slogs det fast att informationen om vätgasbildning i CFB-pannor, var mycket liten. Projektet har därför behövt bygga slutsatser och teorier kring litteratur som hanterar närliggande frågeställningar i andra miljöer.

Det är sedan tidigare känt att askor från CFB-pannor kan bilda vätgas när de kommer i kontakt med vatten. Projektet Minimering av vätgasrelaterade risker från avfallseldade CFB-pannor har därför undersökt vad som påverkar vätgasbildningen. Projektet har specifikt tittat på flygaskor, en restström från reningen av avfallsförbränning. Flygaskan klassas som farligt avfall då de kan innehålla en stor del av de gifter och tungmetaller som avfallet innehöll före förbränningen.

Cirkulerande fluidiserade bäddpannor, CFB-pannor, är en vanlig panna i moderna kraftvärmeverk som använder olika former av biobränslen. Skillnaden mot andra

pannor är att i Cfb-pannan ligger inte det fasta bränslet på en roster i botten, utan förbränningsluften tillförs i botten och genom sin hastighet håller bränslet tillsammans med bäddmaterialet (sand) i suspension.

Det övergripande syftet med projektet har varit att minska de vätgasrelaterade arbetsmiljöriskerna förknippade med flygaskor, samt att öka kunskapsnivån kring de vätgasrelaterade riskerna generellt. Projektet undersökte därför vilka driftparametrar och mekanismer som kan påverka vätgasbildningen.

Faktorer som undersöktes

Det finns indikationer på att faktorer som mängden tillsatt ammoniak i SNCR-systemet samt lagring/åldring av aska i NID-filtret (rökgasreningen) kan ha påverkan på askans reaktivitet, men dataunderlaget är för litet för att fastslå det med säkerhet.

Resultaten indikerar också att flygaskans benägenhet att reagera med andra ämnen, i det här fallet vatten, varierar beroende på vilken panna som används. Den tydligaste effekten på reaktiviteten verkar valet av bäddmaterial ha. Vid inblandning av till exempel ilmenit, en typ av mineral, i bäddmaterialet verkade den maximala vätgasbildningen både sjunka och bli mer fördröjd i tiden.

– Det finns fortfarande mycket att utforska med aska, till exempel vad skulle kunna vara vettiga styrmedel för att få saker att hända på området? Att binda koldioxid i askor är intressant, även att blanda askor i cement och betong. Det hela beror på vad myndigheterna vill och vilka marknader som är villiga och redo att ta emot produkterna, säger Inge Johansson.

Slutsatser och rekommendationer

- Val av bäddmaterial är den tydligaste vägen att påverka reaktiviteten med bibehållen funktion i driften i övrigt.
- God ventilation och utbildningsinsatser för att öka medvetenheten är viktiga rekommendationer för att minska och hantera risken
- Det finns en fara med att generalisera vätgasbildningen från askorna eftersom den varierar så kraftigt. Om man inte utgår från försiktighetsprincipen bör man se till att undersöka sina askor med en viss regelbundenhet.
- Det är också viktigt att ta hänsyn till att vätgasbildningen kan vara fördröjd och inte initieras förrän askan utsätts för mekanisk bearbetning.
- Den mekaniska bearbetningen utgör också en risk utifrån att den kan initiera gnistbildning. Denna gnistbildning kan i sin tur agera som tändkälla för bildad gas.

Minimering av vätgasrelaterade risker från avfallseldade CFB-pannor.

Rapportnummer: 2020:719

Författare: Sixten Dahlbom, Kent Davidsson, Inge Johansson, Anna Jonasson, Haakon Maurius Vatten Rui, Rolf Sjöblom, Sofie Östrem

Askprogrammets uppgift är att medverka till ett mera resurssnålt och energieffektivt samhälle genom att stärka och utveckla en miljöriktig användning av askor. Ett utnyttjande av askor som miljöriktiga resurser i stället för att lägga dem på deponi bidrar kraftfullt till långsiktiga hållbara och konkurrenskraftiga energisystem baserade på förnybara bränslen.

Målet med den här syntesrapporten är att berätta om den breda verksamhet som pågår i Askprogrammet och att sprida forskningsresultaten från programmet. Innehållet i rapporten kan också ge underlag till kommande projekt och kartlägga var luckor i forskningen finns.



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 www.energiforsk.se.