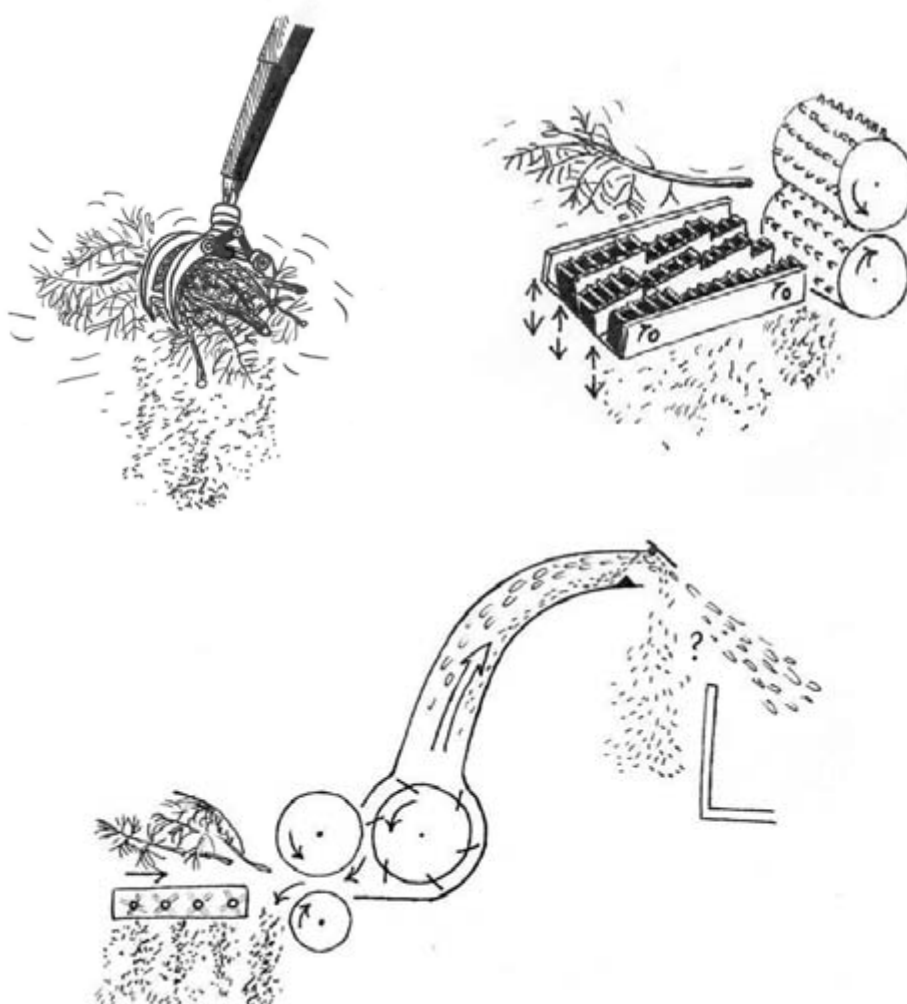


Teknik för barr- och risspridning

Jörgen Filipsson & Gert Andersson



Omslag: Teknik för avskiljning av barr och findelar från GROT

Ämnesord: Skogsbränsle, näringskompensation, barravskiljning, barrspridning.

SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

SkogForsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom SkogForsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plant-skolor, SkogsMaskinFöretagarna m.fl., som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

SkogForsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på fyra centrala frågeställningar: Produktvärde och produktionseffektivitet, Miljöanpassat skogsbruk, Nya organisationsstrukturer samt Skogsodlingsmaterial. På de områden där SkogForsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Serien **Arbetsrapport** dokumenterar långliggande försök samt inventeringar, studier m.m. och distribueras enbart efter särskild beställning.

Forsknings- och försöksresultat från SkogForsk publiceras i följande serier:

SkogForsk-Nytt. Nyheter, sammanfattningar, översikter.

Resultat. Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

Redogörelse. Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

Report. Vetenskapligt inriktad serie (på engelska).

Handledningar. Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

ISSN 1404-305X

Innehåll

Sammanfattning.....	3
Bakgrund	4
Syfte	4
Material och Metod.....	4
Resultat	5
Trädresternas fördelning på hygget.....	5
Trädresternas komponenter	5
Uttagets storlek.....	6
Avbarrning, biologisk (torkning)	7
Avbarrning i bränsleanpassade skördarhögar på hygget.....	7
Torkning i bränsleanpassade skördarhögar och vältor	9
Avbarrning, teknisk (torkning).....	10
Lastning.....	10
Körning.....	10
Flisning.....	10
Spridning av barr och finfraktioner	12
Komprimering av avverkningsrester	12
Flödet mellan flishugg och fliscontainer	12
Terminal före förbränning	14
Maskintillverkarnas idéer och förslag till förbättringar.....	16
Bränsleföretagens synpunkter	17
Andra branscher.....	18
Berg-, grus och återvinningsindustri.....	18
Jordbruk	19
Diskussion	20
Bränsleanpassade skördarhögar.....	22
Vältor.....	22
Komprimering.....	23
Flisning.....	23
Flödet mellan flishugg och fliscontainer.....	23
Terminal	24
Gröna barr	24
Övrigt.....	24
Slutsats	25
Referenser.....	25
Personliga meddelanden.....	29

Sammanfattning

För att trygga försörjningen av inhemskt skogsbränsle krävs en ökad lönsamhet för markägare och producenter. Skogsstyrelsen rekommenderar att merparten av barren skall avskiljas, och i huvudsak spridas jämnt över hygget vid uttag av trädbränsle vid slutavverkning, om inte askåterföring skall bli aktuellt. Vissa värmeverk ställer också krav på en lägre andel finfraktion i de flisade trädresserna. Krav på avbarrning ställs också i de olika certifieringsstandarder som används.

Skogsbränslehanteringen tål i dagsläget inte några kostnadsökningar utan ökade marginaler måste skapas genom effektivare leveranssystem. Tillkommande operationer i hanteringen såsom spridning av barr måste därför utföras mycket rationellt och så långt som möjligt rymmas inom existerande logistik- och teknisksystem. I hur stor omfattning dagens system för skogsbränsleuttag i slutavverkning klarar kraven på att lämna barren väl spridda är inte studerat.

Syftet med denna litteraturstudie har varit att kartlägga möjliga vägar och i vilka arbetsoperationer barren kan avskiljas och spridas samt vilka möjliga tekniker som finns. Avbarrning är ett delproblem, jämn spridning av barren över hygget ett annat.

Torkning i småhögar på hygget kan över en sommar avlägsna en stor andel av barren. Hantering av torrt trädbränsle i uppehållsväder bidrar till avbarrningen. Utöver torkning krävs kompletterande tekniska lösningar för att få bort de sista barren.

Stenfickor, delvis öppna matarbord, har i försök visat sig kunna avskilja önskade finfraktioner. Positiva resultat har erhållits både med och utan variabel inmatningshastighet på matarvalsarna för grönt och brunt material.

Komprimering och flisning direkt från småhögarna ger bäst möjligheter till spridning. Avbarrning vid matarbordet kanske kan förbättras med öppna matarbord, mer aggressiva matarvalsar, kedjekvistare eller liknande anordningar. Ett sätt kan vara att montera modifierade skakare från en tröska i matarbordet som troligen bearbetar hela rismängden.

Avlänkning i utmatningsröret kan vara ett sätt att avskilja barren från flisen, kanske i kombination med aspiratoriska luftströmmar. En svårighet vid separering i flishuggens flöde är den stora variationen i materialflödet.

Skaksåll, trumsåll, ballistiska separatorer, m.m. kan användas på t.ex. terminaler. Med de transportkostnader som uppstår vid återtransport till hygget är det frågan värt om det ur återföringssynpunkt är motiverat, att sälla bort barren om de har kommit så långt från hygget som på terminal.

Bakgrund

Skogsstyrelsen (1999) rekommenderar att barren skall avskiljas och i huvudsak spridas jämnt över hygget vid uttag av trädbränsle vid slutavverkning om inte askåterföring skall bli aktuellt. I vilken omfattning dagens system för skogsbränsleuttag i slutavverkning klarar kraven på att lämna barren väl spridda är inte studerat.

De ekonomiska marginalerna vid skogsbränslehantering är små. Kravet på tillkommande operationer i hanteringen, såsom spridning av barr, blir därför att dessa måste utföras mycket rationellt och så långt som möjligt rymmas inom existerande logistik- och teknisksystem.

Syfte

Syftet med denna litteraturstudie har varit att kartlägga, redogöra för och sammanställa resultat från tidigare studier, om hur väl dagens system klarar kraven att lämna barren väl spridda vid uttag av trädbränsle i slutavverkning. Vikt har lagts vid vilka arbetsoperationer barren kan avskiljas och/eller spridas samt möjliga tekniker för detta.

Material och Metod

Arbetet har genomförts som en litteraturstudie. Sökning av litteratur har skett genom SLUs söksystem LUKAS på sökord som bedömts vara relevanta för frågeställningen, bilaga 1. LUKAS är Sveriges Lantbruksuniversitets katalog och söksystem. LUKAS ger tillgång till böcker, tidningar, artiklar, bokkapitel och rapporter som är publicerade i Sverige och som har anknytning till SLUs verksamhet. Ytterligare sökningar har gjorts i internationella databaser genom SLUs försorg. De databaser som har utnyttjats har varit CAB¹, AGRICOLA² och AGRIS³.

Kontakter har också tagits med personer inom SkogForsk, SLU, Vattenfall och Energimyndigheten.

Intervjuer och personliga kontakter har tagits med företrädare för branschföretag och skogsmaskintillverkare samt med företag och organisationer i andra branscher för att om möjligt finna ”nya” vägar till förbättring.

¹ Jordbruk, skogsbruk, fiske, veterinärmedicin etc., vetenskaplig kvalitet

² National Geographic Library, populärvetenskaplig

³ FAO:s litteratur

Resultat

Trädresternas fördelning på hygget

Jacobsson & Filipsson (1999) genomförde en studie av trädresternas areella fördelning efter bränsleanpassad- och konventionellt utförd avverkning. Totalt inventerades 20 hyggen i Svea- och Götaland. Inte oväntat var trädresterna mer koncentrerade efter bränsleanpassad avverkning. I genomsnitt var andelen ristäckt areal ca 10 % lägre efter bränsleanpassad avverkning 53 % respektive 62 %.

Materialet indelades i risdjupsklasser varpå skillnaderna i riskoncentration mellan avverkningsmetoderna blev tydligare. På de icke bränsleanpassade objekten var i genomsnitt 45 % av risvolymen koncentrerad till högar med ett risdjup överstigande 20 cm. Motsvarande siffra för bränsleanpassade objekt var 82 % av risvolymen. På de bränsleanpassade objekten var 87 % av rismängden koncentrerad till högarna som täckte 19 % av arealen.

I genomsnitt var 40 % av rismängden överkörd av avverkningsmaskiner på icke bränsleanpassade objekt, och bara 10 % för bränsleanpassade.

Efter en avverkning utförd med en Logma täckte de ca 100 högarna/ha 17 % av hyggesarealen, Flinkman m.fl. (1985). Ett annat processoravverkat försök från Mellansverige hade 118 högar/ha, Thörnqvist (1984, 150).

I en studie av Svensson (1989) hade riset ca 55 % täckningsgrad på ett skördaravverkat hygge i södra Sverige där ristäkt inte utfördes.

Trädresternas komponenter

Grotens grenar och topparnas beståndsdelar brukar vanligtvis indelas i ett antal komponenter, tabell 1. Fördelningen beror bl.a. av beståndets trädslagsfördelning, ålder, tidigare skötsel m.m.

Tabell 1.

Olika komponenters procentuella andel av den totala torrmassan i nyavverkade hyggesrester, 70 % gran och 30 % tall, Thörnqvist (1984, 152)

Komponent	Procentuell andel
Ved	33–45
Barr och barrtofsar	20–29
Bark	12–18
Kvist >3 mm u b	13–14
Finfraktion <3mm u b	4–9

Uttagets storlek

Eriksson (1994) har i en studie mätt hur mycket som lämnas kvar efter uttag av gröna, helt färska trädrester. Studien genomfördes på tre objekt i Södra Sverige. Uttaget varierade mellan 30–40 ton torrsubstans/ha. De kvarlämnade trädresterna varierade mellan 13–21 ton torrsubstans/ha. Av den totala mängden trädrester varierade uttaget mellan 66–76 %. På objektet med störst andel gran och mest gynnsamma drivningsförhållanden lämnades 24 % av den totala mängden trädrester kvar. Med minskad andel gran och svårare drivningsförhållanden ökade andelen kvarlämnade trädrester till 31 och 34 %. Det material som blir kvarlämnat efter flisningen när upplagsplatsen ligger på hygget medräknades inte i andelen kvarlämnade trädrester. För ett av objekten beräknades den teoretiska mängden kvarlämnade trädrester fram vid ett antagande att man låtit barr falla av innan utskotning. Den kvarlämnade andelen ökade från 34–53 %. Resultatet framgår av tabell 2.

Tabell 2.

Andel kvarlämnade trädrester vid barravfall på Taxås, Kronobergs län (Eriksson, 1994)

Avfallna barr	0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
Torrsubstans kvar (ton), 1,8 ha	36,4	41,2	46,1	50,9	55,7
Kvarlämnade trädrester (%)	34	39	44	48	53

Cirka 80 % av det kvarlämnade materialet hade en diameter <2 cm, andelarna beräknade efter råvikten. Grovt material ”fastnar” lättare än fint i gripen varför finandelen troligen är större i de trädrester som blir kvarlämnade på hygget.

Hedman (1991) visar i en studie att flisuttagen var 56–73 % av det möjliga uttaget (totala mängden). Uttagets andel påverkas av hur väl risets lagts i högar terrängförhållanden m.m.

Uttaget av hyggesrester för energiproduktion bedömdes vara 11 ton/ha (Iggesund) och beräknades vara mellan 50–60 % av den totala mängden hyggesrester på hygget, Thörnqvist (1984, 150). Kvantiteten sjönk med 3 ton efter en och med 5 ton efter två vegetationsperioders lagring på hygget. Flinkman (1986) uppskattade den totala mängden trädrester till 47 ton torrsubstans/ha.

Arlinger m.fl. (1998) redovisar totala mängden trädrester för planterade granbestånd från olika regioner, intervallen var 27–43 ton torrsubstans/ha. De möjliga uttagen var beroende av ekonomiska, tekniska och biologiska restriktioner.

Avbarrning, biologisk (torkning)

Avbarrning i bränsleanpassade skördarhögar på hygget

En studie av avbarrningsprocessen av hyggesrester, Lehtikangas (1991) genomfördes på tre lokaler i Götaland och avsåg avbarrningen i bränsleanpassade skördarhögar med 95 % granris. Avverkning genomfördes i maj och slutrevision gjordes i september 1989. Den naturliga avbarrningen var 18–32 % av den totala barrmängden i högarna efter 2 månaders lagring. Efter 4 månaders lagring var den naturliga avbarrningen 24–42 %. Med naturlig avbarrning avses de barr som lossnat och av sig själv fallit ner i en låda (50 × 100 × 4 cm) under ris-högen. Variationen var stor mellan de enskilda högarna.

Den naturliga avbarrningen går relativt fort, efter fem veckor hade 50 %, och efter 8 veckors lagring hade 80 % av barren utav den naturliga avbarrningen ramlat ner i lådan under högen.

Lehtikangas (1991) visar att skakning efter varje revision för att få med de barr som fastnat i högen, avlägsnades ca 1/3 mer barr från högarna jämfört med den naturliga avbarrningen innan skakningen. Av den totala barrmängden fastnade (6–24 %) i högen. Ju större hög desto mer barr fastnar i högen. Högens egen massa komprimerar högen allt eftersom lagringen fortskrider och hindrar barren från att falla ner. Högarnas höjd i början av lagringen var 60–230 cm och bredden varierade mellan 160–460 cm. Höjden minskade mellan 1/3 och 2/3 av den ursprungliga höjden efter två månaders lagring. Högar lägre än 150 cm hade den effektivaste avbarrningen medan högar med stor diameter och lägre höjd ger bättre avbarrning än små och höga.

Med manuell skakning vid slutet av lagringen lossnade 95–100 % barr. Denna skakning kan liknas vid hantering med skotargrip.

Avbarrning förutsätter torkning av materialet. Öppen placering av högarna med ljusinstrålning och luftgenomströmning torkar materialet effektivt. Lagring av bränslet i småhögar gav större substansförluster som i sin tur ger ett bränsle med lägre andel barr och finfraktion. Idealiskt är att skota högarna till stack efter några dagars bra torkväder. Undvikande av påkörning av högarna gör att de torkar bättre, därmed lossnar en större barrmängd.

Barren var känsligast för återfuktning och påverkades snabbare än grova veddelar av nederbörds mängden. Lägst fukthalt 10 %, hade barren efter ca 5 veckors lagring i slutet av juni. Klimatets betydelse för avbarrningsprocessen var svår att härleda då högarnas utseende varierade markant mellan provlokalerna. Samtliga försökslokaler hade ca 20 % lägre nederbörd under studien jämfört med SMHIs historiska värden. Temperatursumman var också något högre än de historiska värdena, 0,2–13 %. Försökslokalerna var belägna i både regniga och torrare klimatområden.

Substansförluster sker främst i form av barravfall på försommaren, Flinkman m.fl. (1986). Ungefär 50 % av den mängd barr som faller av under sommarlagring gör det på försommaren före ingången av juli. Därefter går avbarrningen mycket långsamt jämfört med tiden före. Avbarrningen är kopplad till torkningen. Materialet bestod till 85 % av gran och 15 % tall, fördelat på ungefär 100 högar/ha på försökslokalen i närheten av Garpenberg i södra Dalarna. Barrandelen i flisen var 25 % i flisen vid försökets början (maj), och bara 2–4 % i slutet av försöksperioden (september-november). En minskning

med över 20 procentenheter. Vedandelen i flisen ökade samtidigt med 15–20 procentenheter. Barravfall svarade för den största relativa substansförlusten, över 20 %, under lagring över en vegetationsperiod. Förlusten av bark, kvist och finfraktioner torde vara av mindre betydelse första sommaren. Nederbörden under hela studien var något rikligare än SMHIs historiska värden, utom i juni. Under april var den nästan det dubbla.

Thörnqvist (1984, 150) visar att 10 % av torrmassan i småhögarna på hygget förloras från april till juli i Mellansverige (Iggesund). Ytterligare 15 % hade förlorats vid lagring till oktober. De huvudsakliga förlusterna torde vara barr och finkvist. Efter en vegetationsperiod hade 64 % och efter två vegetationsperioder hade 95 % av barrrens torrmasa gått förlorad. Andelen barr och kvistar minskar och andelen ved ökar i flisen med lagringstidens längd, tabell 3.

Tabell 3.

Förändringen i komponentsammansättning beroende av lagringstiden, uppdelningen är gjord efter flisning, (Thörnqvist 1984, 150)

Lagringstid	Procent av torrmassan					Summa	Möjligt uttag i ton torrmasa/ha
	Ved	Barr	Bark	Kvist	Finfraktion		
Nyavverkade hyggesrester	45	20	15	13	7	100	11
Efter en vegetationsperiod	56	9	17	12	6	100	8
Efter två vegetationsperioder	70	2	17	6	5	100	6

En trakt avverkades i februari och högarna hade en diameter på 2–4 meter, Thörnqvist (pers. medd., 2000). Vid revision i juli hade de flesta barren i högarnas ytskikt ramlat av och i mitten fanns en mindre del kvarsittande gröna barr. I oktober hade högarna sjunkit ihop något. Endast i enstaka fall fanns gröna barr i botten av högarna. Högarna tycktes ha sjunkit ihop något.

Efter ett års lagring hade högarna påvisbart sjunkit samman. Inga gröna barr fanns kvar. Bruna barr som var hårt fästade vid grenarna fanns dock.

Efter drygt ett år (juli) var mängden finkvist under högarna större än tidigare. Vitt svampmycel fanns i botten i flera av högarna. Vid slutrevisionen i oktober hade högarna märkbart sjunkit samman sedan våren samma år. I ett stort antal av högarna fanns väl synligt svampmycel och materialet hade ofta en ”unken” lukt.

Vid mätning av den procentuella torrmasseandelen komponenter som fanns kvar vid de olika revisionerna hade barren tappat 64 % av torrmassan efter en vegetationsperiod. Efter två vegetationsperioder var förlusten i torrmasa ca 95 %.

Substansförlusten i processorhögarna var efter 6 månader ca 25 %, efter ett år på hygget 34 % och efter ett och ett halvt års lagring 46 %. Förlusten utgörs dels av barr och finkvistar, dels av förlust genom mikroorganismers nedbrytning. Studien gav inte möjlighet till att skilja dessa två typer av förluster.

Medeldygnstemperaturen över 0°C var lika med referensnormalen. Nederbörden under försöksperioden var ca 30 % över normalårets, vilket troligtvis har påverkat försöksresultatet.

Torkning i bränsleanpassade skördarhögar och vältor

Nyavverkade hyggesrester, merparten gran, håller en fukthalt mellan 55 och 60 %, Thörnqvist (1984, 150). Första sommaren torkade processorhögarna till ca 26 % fukthalt. Fukthalten i en ca 4 m hög vält hade på våren 55 % fukthalt i den övre delen som sjönk till 26 % i augusti. I vältans mitt och botten hade fukthalten endast sjunkit till 47 respektive 43 %. Under hösten tog hyggesresterna i processorhögarna upp fukt och i oktober noterades medelfukthalten 46 %. Översta delen i vältan hade 30 %, i mitten hade fukthalten sjunkit till 42 % medan fukthalten i botten var oförändrad, 43 %. Endast de yttre delarna blir återuppfuktade.

Fukthalten i små hyggeshögar förändras snabbt både vid torkning och återfuktning och tillfälliga regnväder påverkar materialets fukthalt kraftigt.

Risvältor som placerats på luftigt upplag torkar relativt fort till fukthalter kring 40-45 %, Thörnqvist (1984, 150). Vid lagring av mycket stora vältor är risken stor att torkeffekten uteblir. Thörnqvist (1984, 152) visar att substansförlusterna i hyggeshögar var ca 25 % efter 6 månaders lagring medan det bara var 1-4 % när hyggesresterna lagrades i vältor vid avlägg. Författaren drar slutsatsen att hyggesresterna omgående bör köras i vältor om substansförlusterna skall minimeras, omvänt gäller om substansförlusterna av barr skall bli stora.

Lehtikangas (1993), visar att torkningen är bra i vältan. Avbarrning äger rum men barren fastnar ofta i vältan och medföljer bränslet, vilket höjer andelen finfraktion. Ett alternativ kan vara att hyggeshögar, framför allt efter vår- och sommaravverkningar, lämnas att torka på hygget över sommaren. Dessa låga och mindre kompakta högar gör det troligare att barren hamnar utanför bränslet.

Lehtikangas (1993) visar i en studie att papptäckta vältor i genomsnitt har ca 10 % lägre fukthalt än otäckta. Barren fastnar ofta i vältan i täta lager som hindrar uttorkning och i stället gynnar mikrobiell tillväxt. Täckningen verkade inte ha någon effekt på andelen finfraktion <5 mm. En studie av skillnaden mellan skakad och oskakad grot genomfördes av Lehtikangas (1993), där materialet hade avverkats i maj och låg i högar över sommaren. Efter denna lagring hade ca 1/4 av barren ramlat av, Lehtikangas (1991). Lätt skakning med gripen vid vältbyggnaden påverkade andelen finfraktion <5 mm markant. Innehållet av finfraktion var ungefär hälften jämfört med det oskakade materialet. Vid lagringens start var andelen finfraktion 17 % i oskakad och 9 % i skakat material. Saknas finfraktion från början går uttorkningen bättre och återfuktningen fördröjs.

Avbarring, teknisk (torkning)

Lastning

Lehtikangas (1991) gjorde en manuell skakning av de torkade högarna som jämfördes med maskinell hopskotning. Av barren satt 0–10 % kvar efter behandlingen och hänvisar till Simola och Mäkelä (1976) som kom till samma resultat. Lehtikangas (1993) visar i en praktisk studie att andelen finfraktion <5 mm kan minskas avsevärt genom en lätt skakning av gripen med brunt material.



*Figur 1.
Skakande risgrip för avbarring och spridning.*

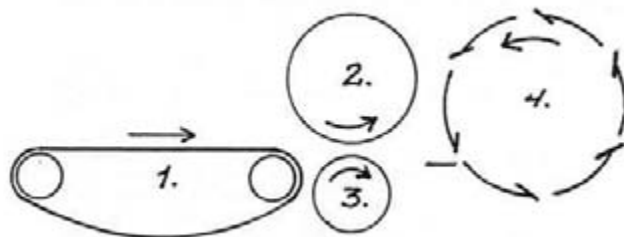
Jonsson (1985) redovisar en idé att montera vibratorer i gripen, figur 1. Han tror att effekten ger goda förutsättningar att avskilja barr och finkvistar om riset torkat ordentligt före hanteringen. För användning krävs att vibrationskällan kan isoleras. Vidare redovisas en annan idé att under lastning blåsa materialet med högkomprimerad tryckluft från ett antal munstycken monterade i gripen. Tryckchocken skulle därmed blåsa bort torra barr och finkvistar från grenarna.

Körning

Barravfallet vid körningen av skotaren är troligtvis inte stor. Regelmässigt lastas det fullt lass på skotaren. Lasset är kompakt och har hög densitet med små möjligheter för lösa fraktioner att falla ner till marken, Flinkman m.fl. (1985).

Flisning

Ordet avgröning används för att beteckna aktiv frånskiljning av t.ex. barr, finkvist och andra finfraktioner från avverkningsrester av barrträd, i färskt men också i torkat tillstånd. Hedman (1991) visar ett försök med en delvis modifierad flishugg Bruks 1002, att det går att styra andelen frånskild finfraktion (rejekt). Rejektet frånskiljs genom bearbetning i flishuggens matarverk, varefter det faller ner genom en ca 20 cm bred spalt mellan matarverket och knivtrumman. Denna spalt brukar kallas ”stenficka” eftersom tanken är att stenar och föroreningar skall falla ner så att huggen inte skadas. Huggens invändiga konstruktion och rörelse åstadkommer en kraftig utåtriktad luftström genom inmatningsöppningen mellan matarvalsarna, vilket förstärker separeringen av rejektet från bränslet.



Figur 2.
Schematisk bild av flishugg. 1. Kättingtransportör. 2. Övre matarvals, (50 cm diameter). 3. Undre matarvals, (30 cm diameter). 4. Knivtrumma. Varvtalen för 1–3 kan regleras var för sig oberoende av varandra, Hedman (1991).

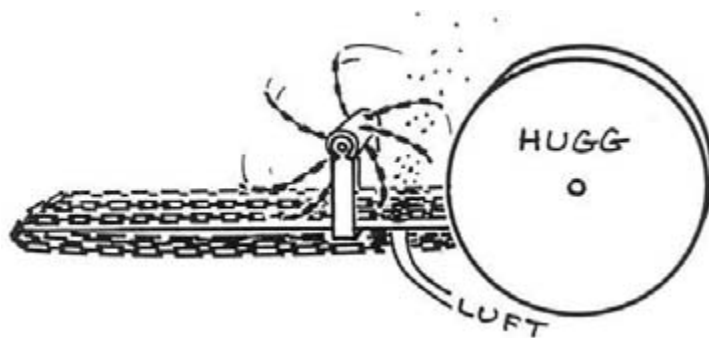
Maskinen modifierades så att de tre frammatande komponenternas hastigheter kunde varieras var för sig oberoende av varandra inom vida gränser, figur 2. Främst testades den underliggande valsen med olika hastigheter.

En slutsats var att för både färsk och torkad grot med låg andel stamved kan andelen rejekt varieras inom vida gränser. Rejektets viktprocent var 15–25 % av acceptets, och rejektet hade ofta högre fukthalt än acceptet. Flisning av täckt vält där täckning delvis saknades visade att återfuktning medfört att rejektet blev avsevärt fuktigare än acceptet.

Hedman bedömer att rejektets värde i skogsmarken högst kan motivera marginalkostnaden för fränskiljning och möjligen viss spridning i samband med risskotning och markberedning.

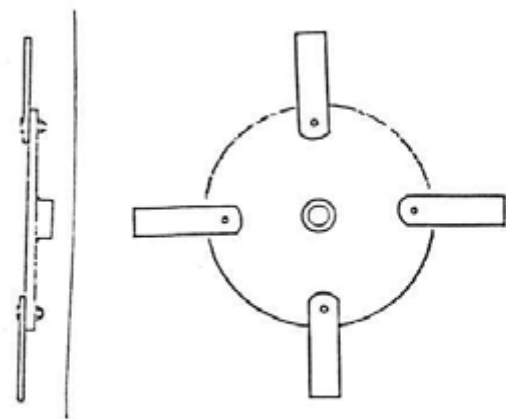
Hedman (1991) gjorde försök med flisning med maskintypen Erjo 7/65 av grot från täckt vält. Tre av objekten skotades under vintern och fyra under sommaren. För 100 m³s inmätt flis var 22–31 m³s kvar under huggen eller på platsen där vältan legat. Okulär bedömning gav att huvuddelen var barr och en del finkvist. Där vältan legat fanns en del grenar, dock var barr och findelar helt dominerande.

Den avskilda volymen varierade mellan 15–38 m³s/ha, eller 1 353–6 720 kg torrsubstans/ha. En jämförelse mellan volymen flis (m³f) och virkesförråd (m³sk/ha) visade att den varierade mellan 13–25 %. Nivåer över 20 % visar på hög andel tillvaratagna avverkningsrester. Objekten var väl förberedda för flisning med riset väl koncentrerat i processorhögar. 25 % av biomassan ovan jord antogs vara potentiell flisråvara. Flisuttagen var då 56–73 % av det möjliga uttaget. Avskiljningen var förhållandevis hög för skotade avverkningsrester också i en ordinär flishugg som inte var modifierad för optimal avskiljning.



Figur 3.
Kedjevistare och tryckluft för avbarnning, Jonsson (1985).

Jonsson (1985) redovisar några metoder att avskilja gröndelar vid flisning av trädrester. Kedjekvistare med horisontella axlar placerade framför huggtrumman ansågs kunna fungera också för avverkningsrester. Eventuellt kan metoden kompletteras med tryckluft som blåser bort det lösslagna materialet, figur 3. Stålborstförsedda borstar nämns, men vissa svårigheter med borstmaterialets kvalitet förefaller finnas, försök har genomförts med okänt resultat.



Figur 4.
Kvistningsanordning med slagor,
Moberg & Björheden, (1988).

Moberg & Björheden (1988) nämner att kvistningsförsök genomförts med massiva eggförsedda slagor och knivförsedda valsar, figur 4. Slagorna gav ett tillsynes bra resultat vad avsåg avtagning av barr och finkvistar. Slagorna är enkla, tåliga och relativt billiga, men riskfyllda vid materialbrott.

Gisselkvistare, en rotor med hängande kedjor, gav tillfredsställande resultat vid frånskiljning av barr, bark och finkvistar vid bearbetning av röjningsvirke.

Spridning av barr och finfraktioner

Försök gjordes att sprida de frånskilda barren och finfraktionerna med en vanlig kalkspridare. Resultatet var bra för barr och finfraktion. Vissa svårigheter uppstod om grenar följde med som låste utmatningen, Hedman (1991).

Komprimering av avverkningsrester

Barr och finfraktioner motsvarande 6–9 % av buntarnas vikt vilka avskildes vid studie av komprimering med brunt och grönt material. Studien utfördes på två olika maskiner, Fiberpac 370 och Wood Pac. Skillnaderna var små mellan de testade maskintyperna, med reservation för att förändringar på maskinerna har gjorts efter de redovisade försöken, Nordén (pers. medd., 2000).

Flödet mellan flishugg och fliscontainer

Moberg, (1991, 202), har i en litteraturstudie sammanställt olika sätt att reducera finfraktioner i bränsleflis. Med utgångspunkt från studien valdes ett alternativ för ett praktiskt försök, Moberg (1991, 224). Sällning gjordes i en trumma försedd med sällplåtar.

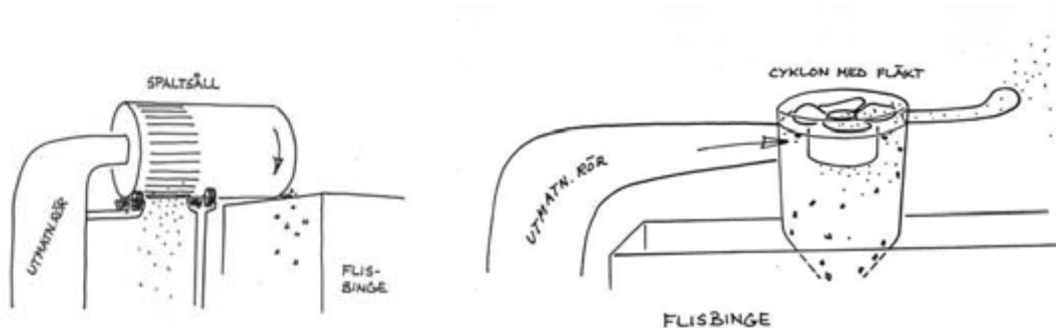
Metoden visade sig vara relativt okänslig för variationer i de undersökta variabelerna. Hur trummans längd, rotationshastighet, sällplåtarnas utformning och flistyp påverkade sällningen studerades.

Författaren tror det är möjligt att konstruera en anläggning som fungerar bra vid avlägg och industri. Vid industri skissade man på en lösning med dubbla trumsåll. En inre trumma med stora hål och en yttre med finare hål. Små partiklar skulle då sällas två gånger och grövre flisstycken skulle ganska snabbt strömma igenom den inre trumman. Denna konstruktion borde ge trumman en större kapacitet.

Problemen sågs av Moberg (1991) som större vid sållning samtidigt med driften av maskinen på hygget, men bedömdes inte som oöverstigliga. Olika förändringsvägar, från mindre justeringar av befintliga maskiner, till att hela fliscontainern görs roterbar och förses med sållplåtar. Detta skulle ge en kontinuerlig avskiljning av finfraktion ända fram till tömning vid bilväg.

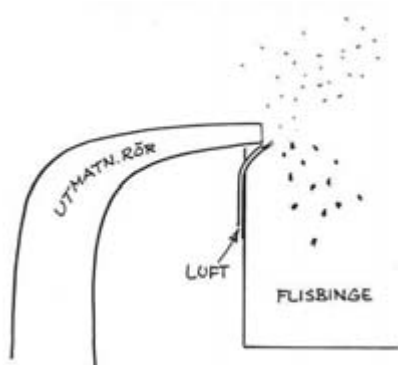
Några restriktioner var att den önskade avskiljningsgraden inte bör vara för stor samt att avskiljning av gröna finkvistar (barrtofsar) från färsk granflis inte var möjlig. Sållhål med 3–5 mm diameter prövades. Sållhålen <5 mm släppte inte igenom några finkvistar med tillhörande barr från färsk gran. I skaksållet vid vägningen med 7 mm bredd var det endast en mycket liten andel som passerade. Metodens svagheter kommer fram när temperaturen understiger fryspunkten. Författaren är intresserad av metoder att avskilja finkvistar med tillhörande barr genom att använda slagor, kedjor eller liknande.

Jonsson (1985) redovisar flera idéer, bl. a. om ett roterande spaltsåll monterat på flisarens utmatningsrör, figur 5. Finfraktionen tillåts falla till marken och flisen matas ut i fliscontainern.



Figur 5.
Separering av barr och finfraktioner med spaltsåll och cyklon, Jonsson, (1985).

En annan metod som åtminstone partiellt bedöms klara av separationen av barr och finfraktion är att placera en luftström under utmatningsröret som blåser bort det lätta materialet, figur 6. Den ojämna inmatningen av råvaran till huggen ger ett ojämnt flöde, vilket försvårar möjligheterna att separera finfraktioner med en transversell luftström.



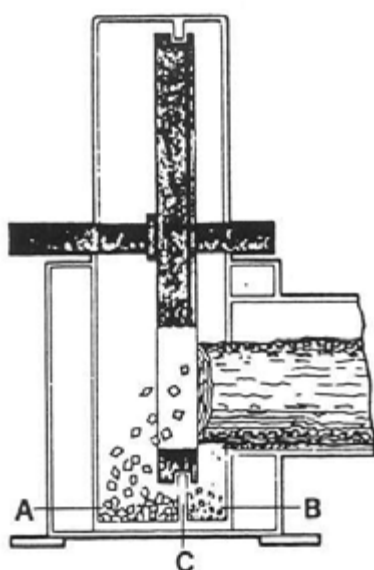
Figur 6.
Separering av barr i flisströmmen med
transversell luftström, Jonsson, (1985).

Vindsiktning av helträdsflis, Bahco konstruerade en fallkammavindsikt för uppdelning av grönflis i två fraktioner, energi respektive industridel (skivindustri). De gröna biokomponenterna barr och barrvippor kunde avskiljas relativt effektivt (Jonsson. 1985). Cyklonen skulle kunna monteras ovanpå flisbingen, figur 5.

Terminal före förbränning

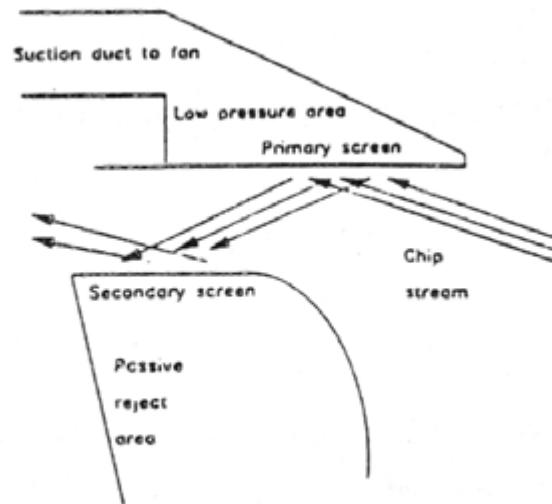
Skaksåll används före leverans till vissa värmeverk. Mobila enheter hyrs in från grus- och stentäkter där både små och stora fraktioner kan sällas bort, Jedbäck, (pers. medd. 2000).

Det amerikanska företaget Morbark anger i sina försäljningsbroschyrer att deras Morbark Dirt Separator kan skilja bort 90 % av sanden och 50 % av barr och löv i stora mobila skivhuggar, Björheden m.fl. (1988) och Jonsson (1985). Tanken är att finare partiklar skall bli kvar i kammare B och därmed inte blandas med flisen i kammare A, figur 7. Konstruktionsmässigt är det ordnat med en skiljevägg (C), samt att ett partiellt undertryck bildas när knivarna passerar mothållen. Moberg nämner att trots efterforskningar gick det inte att erhålla resultat från försök med denna flishugg.



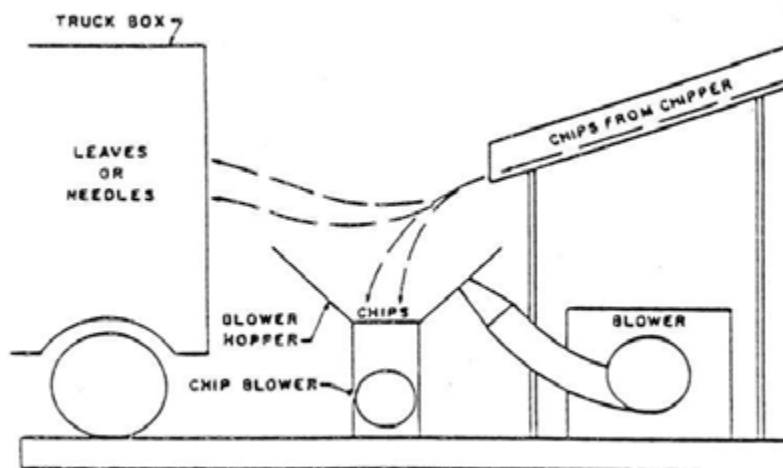
Figur 7.
Skiss visande flishugg där finfraktionen anges
kunna skiljas från flisen vid huggning, Moberg
(1991).

Moberg (1991) hänvisar till Sharp (1989) som erhöill intressanta resultat då flisströmmen avlänkats en eller flera gånger mot parallellställda plattor av sträckmetall, figur 8. Kollisionen med plattorna lösgör finpartiklar från flisen. En vakuumsugning på plattans baksida för undan finfraktionen. I försöken rensades ca 1/3 av finfraktionen bort ur flisströmmen. Partiklarnas energi, anslagsvinkel m.m. påverkade resultatet.



Figur 8.
Avskiljning av finfraktioner ur en flisström med dubbel avlänkning, Moberg (1991).

Vidare refererar Moberg till Sturos (1973) som avskilt finfraktioner ur fritt fallande- och horisontellt blåsta flisströmmar med hjälp av transversella luftströmmar, figur 9. Av finfraktionen (barr och löv) togs 40 respektive 48 % bort. Löv var lättare att sortera bort än barr. Svårigheten med barr är att de uppträder både som enstaka barr och i barrtofsar.



Figur 9.
Luftsortering av löv, bark och barr ur en ström av fritt fallande flis, Moberg (1991).

Moberg (1991) redovisar ett antal olika patentsökta flishuggar, inmatningsanordningar, såll etc. som alla har syftet att avskilja finfraktion i större grad.

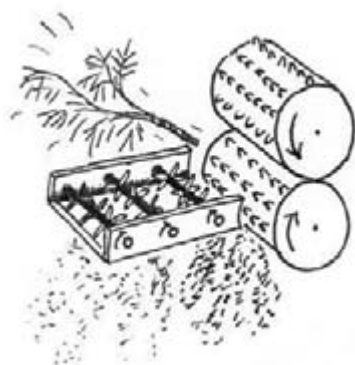
Flis från helträd innehåller komponenter som bör avskiljas innan förbrukning i massaindustrin. Några olika tekniker för sortering av flis från helträd och hyggesavfall prövades av Dillner, (1976) såsom vindsiktning, skivsåll och vibrationssäll.

Skivsåll, 9 och 12 mm skivavstånd, sorterade bort övergrov material, grenar, kvistar och barrtofsar. Barren följde med acceptet. Vibrationssäll hade påtagliga igensättningsvårigheter i finsållsplåtarna något som kräver återkommande rensning. En vindsikt av Svenska Fläktfabrikens konstruktion gav bäst resultat och gick driftsmässigt ganska bra. Variationen i torrhalt och belastning gör att reglerutrustning krävs för både flisflöde och lufthastighet. Variationen i lufthastigheten gjorde det möjligt att styra avskiljningsgraden av olika komponenter. Lättast avskiljs barr, stickor, spån samt fri bark. Gröna barrtofsar är något svårare att separera från flisen. Flisen föll i en sicksackformad kanal mot en luftström. Sicksackformen gav turbulens som slog sönder aggregatet så att lätta fraktioner kunde avskiljas. Provet med flest ”knän” i kanalen gav bästa resultat.

Fotometriks separering är en metod som bygger på partiklars olika ljusreflekterande egenskaper. Bark och andra mörka partiklar får en luftstöt och blåses iväg (Moberg, 1991).

Maskintillverkarnas idéer och förslag till förbättringar

Bruks (pers. medd., 2000) tror på öppna matarbord, ”stenficka” under hela matarbordet. Vid flisning av torrt material ramlar mycket material igenom. Hastigheten på matarbord- och matarvalsarnas varierade, vidare är hastigheten anpassad till huggens rotationshastighet för att ge rätt flislängd. Högre hastighet på övre rullen kan ge en bearbetning av materialet. En extra matarvals ovanför matarbordet för bearbetning kan också vara en idé, (jämför med kedjekvistare).



*Figur 10.
Öppet matarbord och aggressiva
matarvalsar för avbarrning.*

Speciellt matarbord för rundbalar fanns på en ombyggd maskin hos Skarborgs Bioenergi. Små rullar i stället för band i matarbordet. Samma tänder som för de vanliga matarvalsarna ger en aggressiv inmatning som får nätet runt rundbalen

att brista, därefter matas balen in i huggen. Detta matningssystem för löst ris i kombination med öppet matarbord skulle kunna ge stort barrspill, figur 10.

Transportband och roterande skiva för att sprida ut den barrhög ”myrstack” som samlas under huggens stenficka, sprids vanligtvis med gripen i dag. Enklaste sättet att komma tillrätta med barrproblematiken är att låta riset torka på hygget i småhögar innan det körs till välta, på det viset kommer riset att hantaras två gånger med grip i torrt skick.

Junevik (pers. medd., 2000) har inga konkreta förslag på nya lösningar, men konstaterar att kraven från bränsleproducenterna ökar vad gäller barravskiljning och andelen finfraktion i bränslet.

Karlsson, J. (pers. medd., 2000). Torkning av riset på hygget är den bästa vägen att skilja bort barren. En möjlig väg kan vara att göra inmatningsbordet mera genomsläppligt men det är bara de nedersta delarna av den inmatade volymen som påverkas. En dyr metod kan vara att plocka om riset i småknippen så att barren ramlar av innan ”det stora knippet” läggs på matarbordet. Stort slitage på kranen lär bli följden.

Lennartsson, (pers. medd., 2000) ser de små ekonomiska marginalerna som största bromsklossen för idé- och systemutveckling. Finns resurser så finns det alla möjligheter att prova ”vibrerande, skakande och öppna matarbord” av olika slag som kan avskilja barren. Skakare från skördetröskor skulle kunna användas om de modifieras något, figur 11.



Figur 11.
Modifierade skakare från tröska för
avbarrning.

Bränsleföretagens synpunkter

Barr är egentligen aldrig önskvärt i leveranserna och man arbetar med en minimering av barmängden i bränslet, Walldén (pers. medd., 2000). Kunderna har ofta problem med t.ex. korrosion i anläggningarna som bl.a. orsakas av barren. Verk som eldar med finfraktionerat bränsle föredrar ofta spån framför barr.

Man är strikt med skotningen och skotar i princip bara brunt material i bränsleanpassade skördarhögar på hygget från mitten av maj t.o.m. oktober. Vid flisning direkt från högarna på hygget tar man bort en lucka, ca 20 cm huggens bredd, vilket gör att barr och finfraktion slungas ut i en liten ”myrstack” under maskinen. Barren blir ej jämnt fördelade men hamnar på hygget.

Funderingar finns kring en idé om att montera en vibrator som vid lyft automatiskt rister eller vrider gripen hastigt i sidled några gånger och skakar av barren.

Vanligt är att mindre värmeverk inte är intresserade av finfraktionen. Jedebäck, (pers. medd. 2000). Solen är bästa och billigaste torkningshjälpen för att bli av med barren. Intresserade förare kan påverka med skak av gripen där ”några kilo barr” kan skakas av materialet. Variabel och olika inmatningshastighet på matarvalsarna ger en bearbetning av materialet. Bredare och öppna matarbord där större andel av materialet påverkas av matningsanordningarna kan reducera barmängden i bränslet.

Grotbuntar: Om något material skall skiljas bort från buntarna får det göras före komprimeringen.

Lastväxlarram på skotaren: Skakande lass, eller roterande trummor är kanske möjligt om ekonomiska resurser finns för att prova fram det. Sortering på terminal är troligen billigare. Det förekommer i dagsläget att man hyr in mobila enheter med skaksikt från berg- och grushantering. Dock kvarstår problemet att barren inte är kvar på hygget. Barren säljs i dag till spånpannor eller som jordförbättringsmedel.

Hedman, (pers. medd., 2000) har för avsikt att minska andelen finfraktion för att sänka fukthalten och höja energi-innehållet. Näringsämnesförlusterna är inte den enda drivkraften utan värmeverkens krav på mindre finfraktion är en annan. Låga kostnader är viktiga för att förfarandet skall få acceptans. Öppen stenficka och öppningar i svepet kan vara enkla lösningar som utan extrakostnader skiljer bort en del barr. Lastning av småknippen kan vara en väg att skaka ur mera barr.

Thörnqvist, (pers. medd., 2000) tror att öppna matarbord med excenter kan vara en möjlig väg till avbarrning. Excenter är ”kugghjul” med navet placerade utanför medelpunkten. Excenter i och ovanför matarbordet skulle ge en bearbetning av materialet.

Andra branscher

Berg-, grus och återvinningsindustri

Svensson, B. (pers. medd., 2000) föreslår siktning som har stor kapacitet. Enkelt att testa om önskemål finns. Sikten är ett skakande nätsåll som lutar. Transportörerna under sikten för bort de olika fraktionerna.

Ballistiska banor (transportband) tror han har för liten kapacitet. Materialmängden bör bara vara en materialtjocklek hög för att fungera bra. Stora bitar flyger längre än små, vilket syns i materialhögar, mer finfraktion närmare banden i grustäkternas materialhögar.

Karlsson (pers. medd., 2000) tror att cykloner av det större slaget kan vara en lösning. Detta fungerar för att separera t.ex. plast och glaskross i hushållssopor.

Ballistisk separator är en metod att sortera materialblandningar, Bondesson, (pers. medd., 2000). Hushållssopor går in i en hammarkross. Den krossade

fraktionen går ut på sållelement, $0,3 \times 5,6$ m, som är monterade på en vevaxel motsvarande skakare på en tröska. Processen ger tre fraktioner, en med bort-sållat material (matrester, kaffesump etc.), den andra med slankt och mjukt material (papper, mjukplast), och den tredje med hårt styvt material (metaller, hårdplast). Den mjuka fraktionen mals, torkas och pressas till pellets. Avskiljning på avlägg tror han kan göras med siktning.

Johnning, (pers. medd., 2000) tror att siktning och sållning kan fungera. Trådsåll av olika slag ser han som den vettigaste vägen. Sållen kan göras på alla tänkbara sätt, avlånga eller kvadratiska. Trumsikt kan vara ännu bättre. En trumma med stegvis större hål kan vara en lösning. Först små, sedan mellan-stora och sist stora hål, sållar stegvis bort barr och oönskade finfraktioner. Problemet med igensättning av sållhålen löses lika enkelt som genialiskt. En motvals med piggar som sticker in i hålen och rensar dem, monteras ovanpå sålltrumman.

Wallén, (pers. medd., 2000) anser att avbarrning före flisning är bäst. Sker avbarrning efter flisning blir det alltid ett spill av spån och småflis eftersom storleksskillnaden mellan partiklarna är liten. En stor trumma med 2–3 m diameter och en längd på 4–5 m kan vara tillräckligt stor.

Jordbruk

Stigluftstekniker som används i t.ex. bomullsskördare. Obefruktade kastanjeliknande blommor trillar genom luftströmmen medan bomullen blåses uppåt och samlas upp i en tank, Thylén (pers. medd., 2000). Tekniken används också för sortering av spannmål med olika kärnvikt.

I en spannmålströska används olika tekniker för att sålla bort kärnorna från halmen.

1. Cylinder, merparten av kärnorna tröskas loss, resten av kärnorna och halmen går vidare till;
2. Skakare, halm och kärnor bearbetas med skakande och roterande rörelser av långa ”lådor” monterade på vevaxlar. Kärnorna trillar ner genom små hål i lådorna och rinner ner till ett uppsamlingsbord. Halmen flyter ovanpå och förs bort.
3. Blåsning, (blästersåll) de sista halmresterna blåses bort från kärnorna i vibrerande hålförsedda såll. De rena kärnorna samlas upp i en tank.

Ballistisk sortering (banor), används vid sopsortering. Materialet läggs på ett rörligt band, lätta material (papper) kastas kort sträcka, tunga material kastas längre (järn).

Svensson, K. (pers. medd., 2000) ser vertikala luftströmmar (aspiratörer) som en möjlighet att sortera barr från flis. Aspiratörer är luftströmmar som har avvikande riktning mot materialströmmen. Används för sortering av korn med olika falltal, sortering sker på enskilda kärnor. Tunga kärnor faller igenom luftströmmen, lätta följer med och förs bort. Styrkan på luftströmmen kräver noggrann justering. Metoden har använts för separation av boss och briketter i

briketterad grönmassa. Briketterna hälldes i vindtunneln och bossen blåstes bort. Materialet sorteras på egenskapen massa/ytenhet, barren har stor yta i förhållande till vikten jämfört med flisen. SLU, (Ultuna), kan i försöksanläggning bestämma vad som krävs för att lyfta olika partiklar med luft.

Blästersåll är ett perforerat underlag där materialströmmen påverkas av en luftström som skulle kunna skilja barr från flis. I tröskor separeras t.ex. ärtor från havre, halmboss från kärnor.

Regner (pers medd., 2000) har flera idéer som redovisas i punktform. Ser svårigheter i den stora variationen mellan torrt och fuktigt material, vilket gör det svårt att hitta en metod som fungerar i alla lägen.

1. Torkning på hygget.
2. Skakning av riset.
3. Galler/sil i bränsleflödet mellan huggen och tanken. Barren flyger igenom och ut på hygget och flisen dyker ner i tanken? Borde fungera för både fuktigt och torrt material.
4. Separering i luftströmmen som transporterar flisen. Rör med stor diameter ger lägre lufthastighet, barren hamnar nederst och den tyngre flisen med större hastighet och energi kommer längre upp i luftströmmen?.
5. Dammsugning under stacken efter avslutad flisning med sugtrycksfläktar i kombinationen fläkt-cyklon-sugmunstycke. Barren avskiljs i cyklonen, materialet sprids sedan med gödselspridare.
6. Sällning: Ett flisflöde över ett perforerat underlag, (blästersåll), suger luft, barr och finpartiklar.
7. Flöde över ett skaksåll, barren ramlar igenom sållet.
8. Stigluftsteknik (aspiratoriska luftströmmar).

Teknikvalet är till stor del beroende på var i produktionskedjan man vill separera barr och finfraktionen från bränslet.

Diskussion

Det finns troligen fler än bara en lösning för mer effektiv avbarrning. Möjligheterna begränsas till stor del av hur enkelt de går att montera, utnyttja samt av investeringskostnaden. De olika maskinsystem som förekommer ger olika möjligheter och styr avbarrningen till olika ställen i produktionskedjan. Trädresterna har mycket olika egenskaper och barrinnehåll beroende av om de är bruna eller gröna. Flisning på hygge direkt från skördarhögar och komprimering på hygget ger olika förutsättningar för avbarrning och spridning än flisning vid avlägg. Avskiljning av gröna barr från färskt virke får betraktas som ett svårt delmoment.

Tre platser är möjliga för avskiljning:

1. Bestånd
2. Avlägg
3. Förbrukare

Ju närmare växtplatsen avskiljningen sker desto lättare går själva återföringen särskilt ur transportsynpunkt. En rationell avskiljning kan då bli svårare eftersom storleksmässiga begränsningar krävs för att anordningen skall ha tillräcklig mobilitet.

Tabell 4.
Sammanställning av olika metoder för avbarrning, -=ingen, +=liten, +=måttlig, +++=stor

Plats/Bedömningspunkt	Verklig (eller förväntad) effekt	Investeringskostnad	Driftskostnad, slitage	Vikt	Testad i drift Ja/Nej	Kommentar
Skördarhögar, torkning	+++	-	-	-	J	Bra avbarrning.
Vältlagring	+	-	-	-	J	Torkar, måttlig avbarrning
Skotare, skakning	+++	-	+++	-	J	Bra avbarrning
" , vibrator	+++	++	++	+	N	Trolig bra avbarrning
" , tryckluft	++	++	+	+	N	Förbättrar avbarrningen
Flishugg						
Öppen stenficka	++	+	-	-	J	Bra resultat
Variabel matningshastighet + öppen stenficka	+++	+	-	-	J	Bra resultat
Aggressiva matarvalsar + öppet matarbord	++	++	-	+	J/N	Bearbetar undre delen av materialet
Kedjekvistare, eller extra matarvals + öppet matarbord	++	++	+	++	J/N	Försvårar matning med kranen
Excenter + öppet matarbord	++	++	+	++	N	
Skakare, öppna undertill	+++	++	+	++	J/N	Bearbetar hela rismängden
Flödet mellan flishugg och fliscontainer eller på terminal						
Trum/spaltsåll	++	+++	+	+++	J/N	Variation i flödet försvårar
Cyklon	++	+++	+	++	J/N	Variation i flödet försvårar
Avlänkning	++	+	-	-	N	Variation i flödet försvårar. Lätt.
Aspiratoriska luftströmmar	++	+	-	-	J/N	Variation i flödet försvårar. Lätt.
Lufthastighet i röret, stor diam.	+	+	-	-	N	
Galler i utblåset	+	+	-	-	N	Fylls igen?
Blästersåll	++	++	++	+	J/N	Finns på tröskor
Skaksåll	+++	++	++	+	J	Gruståkt, flis

Tabell 4 är en sammanställning av de mest intressanta metoderna. Graderingen är lite svår att göra då flera av metoderna endast är oprövade idéer. Vissa metoder används t.ex. på jordbrukssidan med gott resultat, men har ej testats på flisade trädrester.

Bränsleanpassade skördarhögar

Enkla och billiga lösningar är i första hand önskvärda. Då önskemålet är att barren skall tillbaka till hygget bör avbarrning i beståndet vara bästa platsen att genomföra arbetsmomentet på. Barravfallet är till stor del beroende av uttorkningen. Sol, torr luft, värme och vind är den billigaste torkmöjligheten. Klara paralleller finns till höskörd och torkande julgranar. Mycket barravfall sker naturligt under torkningen i skördarhögar på relativt kort lagringstid första sommaren på hygget, Lehtikangas (1991), Flinkman (1986) och Thörnqvist, (1984).

Trädresterna bör därför lämnas att torka på hygget i skördarhögar över första sommaren mellan avverkning och skotning. Alltför stora högar, >150 cm, ger sämre uttorkning. Högarna sjunker ihop under lagringen, blir kompakta och barren fastnar i högarna. Lägre högar har lättare att släppa igenom de lossade barren. Högar med extremt hög densitet, t.ex. överkörda högar, minskar genomluftningen, vilket försvårar uttorkning. Minimal körning med skördare och skotare i högarna är därför önskvärd.

Skotning bör ske först när materialet är brunt. Bästa läge är om det är varmt och torrt väder dagarna före och under skotningen, som vid hökörning. Om målsättningen är minsta möjliga andel finfraktion, och om produktionskostnaden inte beaktas, kan det fungera att skaka trädresterna med gripen vid lastning på skotaren och vid vältbygget. Omlastning av trädresterna i småknippen innan den stora högen lyfts upp på matarbordet kan vara en lösning. Dessa metoder kostar tid och kranslitage.

Oavsett extraskakning ger torkning i skördarhögar att det bruna materialet hanteras vid tre tillfällen med gripen. Första gången vid lastning av skotaren på hygget, andra vid lossning i vältan samt tredje vid flisningen.

Andra vägar värda att jobba vidare med är kanske de idéer om skakande/vibrerande gripar vid lastning, eventuellt i kombination med tryckluft som blåser bort det lösa materialet.

Vältor

Vältan bör placeras högt och så öppet som möjligt på underlag där det inte samlas vatten. Långsidan bör vara mot den dominerande vindriktningen. Täckning av vältan underlättar uttorkning och förhindrar återfuktning. Det är viktigt att anpassa vältornas bredd till det täckningsmaterial som finns tillgängligt. Täckningsmaterialet skall förankras väl så det inte blåser av.

Komprimering

Komprimeringen av grotbuntar har vissa fördelar ur barrspridningssynpunkt jämfört med konventionell flisning vid avlägg. Fördelen är att maskinen rör sig över hygget och därmed borde ha förutsättningar att jämnt fördela de avskilda barren över hygget. En förbättring av barravskiljningen för metoden skulle vara bra för barrspridningen och hjälper systemet att leverera ett bränsle med bättre kvalitet (mindre barr och finfraktion). Gripen eller matarbordet borde vara de platser som är aktuella för åtgärder.

Skakare från spannmålströskor kan vara en möjlig lösning att låna och montera på matarbordet. Kostnaden för att testa ett ”skakarbord” behöver inte vara så stor. Begagnade och avställda tröskor är inte svåra att finna, som med små justeringar bör hålla för tyngre ris. Kanske kan övre delen av lådorna förses med förband av rör som släpper igenom barren. I ett första test kan de monteras fristående framför flishuggen. Fördelen med skakare jämfört med aggressiva valsar bör vara att hela ris mängden bearbetas, inte bara den undre volymen.

Flisning

Bristande ekonomiska resurser förefaller bromsa idéutvecklingen. Metodvalet avgör spridningsmöjligheterna. Avskiljning vid flisning från vält vid avlägg gör att barren förvisso inte hamnar jämnt fördelade på hygget, men de följer inte med bränslet. Flisning direkt från skördarhögarna ökar spridningsgraden av frångilda barr.

Öppna och breda matarbord med aggressiv inmatning ger möjlighet att skilja bort ytterligare barr, särskilt om materialet är torrt när det går in i flisaren. Hedmans försök (1991) föll väl ut med öppen stenficka, både med och utan variabel hastighet på matarvalsarna. Metoden visade sig fungera bra både för brunt och grönt material. Öppning av luckor i svepet kan även det ge en önskad avskiljning av barr och finfraktion (Hedman, pers. medd., 2000).

Ytterligare vägar värda att arbeta vidare med kan vara öppna matarbord med tandade valsar, excenter, skakare (se komprimering), en extra matarvals eller kedjekvistare ovanpå matarbordet för bearbetning av materialet. Eventuellt kan tryckluft utnyttjas för att föra bort det lösgjorda materialet.

Flödet mellan flishugg och fliscontainer

För avskiljning mellan flishuggen och fliscontainern finns det en del uppslag. Vissa av idéerna om avskiljning har hänförts till en plats i produktionskedjan, vilket inte utesluter att de går att tillämpa på andra ställen, t.ex. på terminal. Användbarheten och kostnaderna är svåra att bedöma.

All avbarrning på denna plats mellan flishugg och fliscontainer begränsar egentligen möjligheten till det system där trädresterna flisas direkt från småhögarna om spridningskravet skall uppfyllas. Vid flisning från vält hamnar annars mycket barr på avlägg med påföljande problem att samla upp barren och sprida dem över hygget på ett rationellt sätt. Avlänkning mot metallplattor, aspiratoriska luftströmmar, roterande spaltsåll/hålsåll, cykloner m.m. kan vara

möjliga vägar. Galler i utblåset som skiljer barr och flis är ett förslag. En risk finns att gallret korkar igen. Utmatningsrör med större diameter som sänker flisströmmens hastighet och som förhoppningsvis ger separation av flis/barr kan vara en annan.

En klar begränsning är att flishuggar som regel redan är i tyngsta laget och ger mycket körskador på skogsmarken. Ytterligare tunga påbyggnader förvärrar läget, (Karlsson, J., pers. medd. 2000). Billigast är bra, avlänkning och/eller aspiratoriska luftströmmar verkar bäst ur den aspekten.

Terminal

Flis från hyggesavfall har endast i liten omfattning och oftast med mindre framgång, omfattats i många av de metoder som finns för avskiljning av finfraktioner. Vanligast är att flis till massa och skivråvara har testats i olika sammanhang. De flesta metoder (utom skaksåll) verkar vara relativt oprövade i praktisk drift. Skak-, skivsåll, trummor med hålsåll, vindsiktar, aspiratoriska luftströmmar, blästersåll m.m. kan gå att använda här.

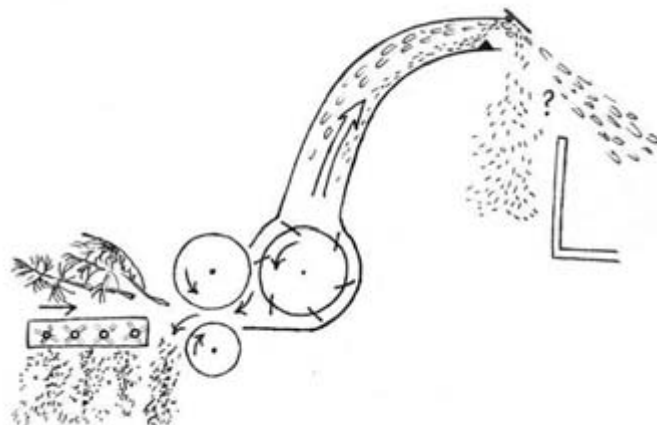
Nackdelen med avskiljning på terminal är att barren är långt borta från sin rätta plats på hygget och man har ett skrymmande material som kräver dyr transport och spridning för att komma tillbaka till rätt plats. Har barren hamnat på terminal, och inte platsar i bränslet, kanske det är en lika god idé att sälla bort dem, torka och pressa dem till pellets, se återvinningsföretagens hantering av sina brännbara fraktioner. Återföring av aska förefaller bättre om barren har kommit så här långt i kedjan.

Gröna barr

Avskiljning av gröna barr från färskt virke förefaller vara en svårlost fråga. Öppen stenficka och variabel inmatningshastighet på matarvalsarna har provats av Hedman (1991) och gav bra resultat för trädrester med liten andel stamved. Kedjekvistare framför inmatningen verkar vara en relativt oprövad metod för trädrester.

Övrigt

Vid flisning av buntar noterades att flisen lämnar ”röret” i dess översta del, medan barr och finfraktion föreföll flyga i dess nedre delar. I containern var andelen barr och finfraktion större närmast flishuggen. Detta kanske kan utnyttjas genom avlänkning med en snedställd järnklack nära rörmyningen. Materialströmmen styrs och studsar först i klacken, sedan i rörets övre del och ”styrstruten”. Barren tappar mer fart än flisen, de förra ramlar förhoppningsvis med låg fart ur röret och ner på marken mellan flishuggen och containern och flisen fortsätter ner i containern, figur 12.



Figur 12.
Öppet matarbord, öppen stenficka och aggressiva matarvalsa, kombinerat med avlänkning i utmatningsröret.

Kanske kan det göras i kombination med tryckluft från ovan i rörets mynning, eller sugluft från nedan. Kostnaden för installation av en järnklack i röret torde vara överkomlig.

Slutsats

Önskemål om avbarrning och jämn fördelning av barren styr därför mot hantering av brunt, torkat material. Avbarrning och spridning vid skotning verkar därför viktig att förbättra om det är möjligt.

Förbättrad avskiljning vid komprimering eller vid flisning direkt från småhögarna, som ger bäst spridning, verkar intressant att förbättra. Av vikt bör vara att avbarrningen går att genomföra med enkel och robust automatik. Avbarrning vid vältan höjer bränslekvaliteten men ger en dyr extrakostnad om barren sedan skall spridas på hygget.

Enkel avbarrning som klarar både gröna, bruna, frusna och ofrusna material till låga kostnader är önskvärda, men svårfunna. Grönrishantering blir svårlöst om barren skall avskiljas och jämnt fördelas över hygget.

Referenser

- Arlinger, J., Brunberg, B., Eriksson, M. & Thor, M. 1998. Kvalitetskrav, råvaruutnyttjande och kostnader vid kraftigt ökad användning av skogsbränsle – Slutrapport för ett Optiträ-projekt. SkogForsk, Arbetsrapport nr 386. Uppsala.
- Dillner, B. 1976. Sortering av helträdsflis och hyggesavfallsflis. Delrapport 1 – Studier hos ASSI och Billerud 1975. Stockholm.
- Eriksson, L-G. 1994. Mängd trädrester efter trädbränsleskörd. Projekt Skogskraft. Rapport nr 20.

- Eriksson, U. & Moberg, L. 1991. En enkel metod för avskiljning av finfraktionen i bränsleflis. Uppsatser och Resultat nr 224. Institutionen för Skogsteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Garpenberg.
- Filipsson, J. 1998. Primärt skogsbränsle i Sverige – produktion, metoder och förbrukning. Resultat nr 17. SkogForsk. Uppsala.
- Flinkman, M., Fredriksson, H. & Thörnqvist, T. 1986. Barravfall hos hyggesrester som funktion av sommarexponeringens torkeffekt. Rapport nr 174. Institutionen för virkeslära, Sveriges Lantbruksuniversitet. 1986.
- Hedman, G. 1991. Avskiljning av barr och findelar i lagrade avverkningsrester. Projekt Skogskraft Rapport nr 8. Vattenfall F U D-Rapport U (B) 1991/69.
- Jacobsson, S. & Filipsson, J. 1999. Trädresternas rumsliga fördelning efter slutavverkning. Jämförelse mellan bränsleanpassad och konventionell avverkningsmetod. Arbetsrapport nr 422. SkogForsk. Uppsala.
- Jonsson, T. 1985. Gröndelsavskiljning – analyser av kostnadsutrymme och förslag på tillvägagångssätt. Intern stencil. Skogsarbeten, Stockholm.
- Lehtikangas, P. 1991. Avverkningsrester i hyggeshögar – Avbarnning och bränslekvalitet. Del 1. Rapport nr 223. Institutionen för Virkeslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Lehtikangas, P. & Jirjis, R. 1993. Värlagring av avverkningsrester från barrträd under varierande omständigheter. Rapport nr 235. Institutionen för Virkeslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Moberg, L. Björheden, R. 1988. Borttagning av barr och finkvistar från träd vid gallringsavverkning. Uppsatser och Resultat nr 121. Institutionen för skogsteknik. Sveriges Lantbruksuniversitet, Garpenberg.
- Moberg, L. 1991. Sätt att reducera andelen finfraktioner i bränsleflis – en litteraturstudie. Uppsatser och resultat nr 202. Institutionen för Skogsteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Garpenberg.
- Morbark Industries. 1986. Equipment Catalog s.22–23.
- Sharp, J. S. 1989. The In-Woods Cleaning of Whole Tree Chips. Virginia Tech. Dept. Of Forestry, Blacksburg. USA.
- Simola, P. & Mäkelä, M. 1976. Rasiinkaato kokopuiden korjuussa. Summary: Leaf-seasoning method in whole-tree logging. Folia Forestalia 273. Helsingfors.
- Skogsstyrelsen. 1999. Skogsvårdslagen – handbok. Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Sturos, J. A. 1973. Segregation of foilage from chipped tree tops and limbs. North Central Forest Exp. Station, USDA-Forest Service. Research note nr NC-146, 1973.
- Svensson, G. 1989. Studie av kostnaderna för spridning av riset efter maskinell slutavverkning – ett uppdrag för Skogsstyrelsen. Intern Stencil. Skogsarbeten, Stockholm.
- Thörnqvist, T. 1984. Hyggesresternas förändring på hygget under två vegetationsperioder. Rapport nr 150. Institutionen för Virkeslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.

Thörnqvist, T. 1984. Hyggesrester som råvara för energiproduktion –
Torkning, lagring, hantering och kvalitet. Rapport nr 152. Institutionen för
Virkeslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.

Personliga meddelanden

Bondesson, Leif. Sellbergs, Malmö.

Bruks, Anders. Bruks AB.

Hedman, Göran. Naturbränsle i Mellansverige AB.

Jedebäck, Jerry. Södra Skogsenergi.

Johnning, Per. Ballast.

Junevik, Lars-Göran. Timberjack Sales AB.

Karlsson, Birger. Sellbergs Stockholm.

Karlsson, Jan. FiberPack AB.

Lennartsson. Christer, FiberPack AB.

Nordén, Berndt. SkogForsk.

Regner, Sigurd. Forskningsledare, SLU.

Svensson, Bengt. Swerock.

Svensson, Kjell. Pensionär. JTI.

Thylén, Lars. Forskningschef. JTI.

Thörnqvist, Thomas. Södra Timber.

Waldén, Pontus. Sydved Energileveranser AB.

Wallén, Mikael. Svedala Arbro.

Sökord för litteratursökning

Sökord för litteratursökningen. Utöver sökord har sökning gjorts på författare som arbetat med aktuella frågeställningar.

Avbarrning

Finfraktion

Grot

Trädbränsle

Skogsbränsle

Trädrester

Jirjis

Lehtikangas

Thörnqvist

Lundborg

Hedman

Moberg

m.fl.
