

Systemanalys och övergripande slutsatser

Slutrapport för projektet
"Samverkan för utveckling och förädling av regionens
outnyttjade skogsresurser"

Sollefteå, januari 2007

Magnus Näslund, Energidalen i Sollefteå AB



Förord

I denna rapport slutredovisas och sammanfattas det arbete som genomförts i projektet "Samverkan för utveckling och förädling av regionens outnyttjade skogsresurser". Arbetet har till största delen utförts under perioden 2005-2006.

Projektet har genomförts inom ett verksamhetsområde som befinner sig i inledningen av en expansionsfas. Potentialen för ytterligare tillväxt är stor och behovet av fortsatta utvecklingsinsatser är angeläget.

Ett varmt tack riktas till projektets medarbetare, alla andra som bidragit och bistått projektgruppen samt till projektets styrgrupp.

Sollefteå januari 2007

Magnus Näslund
Projektledare

Sammanfattning

Inför starten av detta projekt fanns det indikationer på en ökande efterfrågan på skogsbränsle, men omfattningen av ökningen var oklar. Samtidigt var det oklart hur stora volymer i form av avverkningsrester som var tekniskt/ekonomiskt möjliga att utnyttja. Inom projektramen har ett flertal delprojekt drivits, såsom inventering av behov, skattning av tillgång, studier av skotning, vägtransport och terminalupparbetning.

Ur delmomenten behovsinventering och skattning av tillgångar dras slutsatserna att regionens bränslebehov ökar drastiskt inom några år, och att de efterfrågade volymerna existerar i form av utfall av avverkningsrester från skogsbruket.

Årsbehovet av bränsle beräknas öka med 1 600 GWh inom några år i Mellannorrland, och en rimlig maximal nivå på uttaget av avverkningsrester skattas till 3-4 000 GWh/år.

I studien av grotskotning visas att en grotanpassad avverkning av hög kvalitet är en nödvändighet för att resten av hanteringen ska bli rationell och lönsam. Grotanpassning i form av högläggning är att rekommendera framför strängläggning.

Från studien av transporter kan utläsas att transport av lös grot är i storleksordningen 40 % dyrare än transport av buntad grot. Upparbetat material kan dock transporteras till ännu lägre kostnader.

Ur delmomentet terminaler dras slutsatserna att ett upplägg med få upparbetningsplatser för semimobil upparbetning är att föredra framför ett upplägg med många platser, trots att det senare innebär kortare lösgrotstransporter. Anledningen är de investeringar som måste göras i upparbetningsplatserna. Systemanalysen visar att systemet med få upparbetningsplatser är det optimala vid ett totalt transportavstånd över 120 km. Med modifiering av systemet skulle kostnaderna kunna sänkas ytterligare, vilket skulle innebära att terminalupparbetning blir optimalt vid betydligt kortare avstånd.

Ett omfattande utvecklingsarbete krävs för att till fullo utnyttja den potential på 3-4 TWh som finns tillgänglig i Mellannorrland. Inom metodområdet finns det först och främst ett behov att implementera grotanpassade avverkning hos skördarförarkåren.

På systemsidan krävs en detaljerad utredning av terminalsystem, där även buntning och bunthantering tas i beaktande. Även ett betalningsgrundande mätsystem som är anpassat till att leverantörerna är många och små, behöver införas. Vidareutveckling bör göras inom saltorkning, pelletering och torrefaction. Ett framgångsrikt resultat, särskilt bland de två senare, skulle innebära radikala förbättringar för skogsbränslesektorn.

Abstract

Before the start of this project, there were indications that the demand of forest fuel would increase, but the extent of the increase was unsure. At the same time it was also unsure how big volumes of forest residues that were technically and economically possible to utilise. This project has been divided into smaller parts, dealing with demand of forest fuel, available amounts of forest residues, forwarding, road transport and terminal crushing.

From the inventory of the solid fuel demand in mid Sweden, and the estimation of the supply, the conclusion can be made that the demanded volumes, though they are large, do exist in shape of residues from forestry. The annual demand is expected to increase with 1 600 GWh/year within a few years, and the available amount of residues is 3-4 000 GWh/year.

From the study of forwarding, the conclusion is made that residue adapted harvest of high quality is essential for a rational handling all the way to the final user. Residue adaptation in shape of piles is to prefer to strings.

From the study of road transport, the conclusion is made that transport of loose residues are ca 40% more costly than transport of bundled residues. Crushed or chipped material can be transported to even lower costs.

From the study of terminals, the conclusion is made that a system with few terminal places is to prefer to a system with many places, despite that fewer places implies longer loose residue transports. The cost for crushing the material does not differ very much between equipment with high and low capacity. The system analysis shows that the system with few terminal places is optimal with a total transport distance exceeding 120 km. With a modification of the system, the cost can be reduced further more, giving that the terminal system is optimal at even shorter distances.

An extensive development is needed to be able to utilise the entire potential of 3-4 TWh in mid Sweden. In the field of methodology, there is primarily a demand to implement residue adapted harvest among the harvester drivers.

A system development is also needed, in shape of a detailed design of a terminal system where also bundling is taken into account. A measurement system that can be ground for payment, adapted to many and small suppliers is also important. Further development may be done in the fields of pelletising and torrefaction, where successful results would imply radical improvement for the forest residue sector.

Innehåll

Projektets syfte	7
Bakgrund.....	7
Målsättning	7
Resultat	8
Tillgång och efterfrågan.....	8
Grotskotning	10
Grotpassad avverkning	10
Vägtransport.....	11
Förädling	12
Buntning	12
Mätning.....	13
Terminalupparbetning	14
Systemanalys	15
Teknikområden med utvecklingspotential	18
Soltorkning	18
Pelletering	18
Torrefaction	18
Slutsatser	19
Hur drivs utvecklingen vidare?	20
Referenser	21

Projektets syfte

Bakgrund

Intresset för grot i Sverige startade i samband med den första energikrisen i början på 70-talet, och aktiviteten har därefter varierat beroende på energiprisläget. Arbetsmetoderna och tekniken har i grova drag varit desamma sedan dess, och utvecklingen inom området har inte skett i samma omfattning som inom övrigt skogsbruk. En anledning kan var att bränsleuttag inte haft lika hög prioritet. En logistisk betraktelse av dagens grotssystem indikerar dels att prognoserna av möjlig grotillgång är överskattade, och dels att utrymmet för effektivisering är stort.

Inför starten av detta projekt fanns det stora oklarheter över behovet av oförädlad fastbränsle den närmaste framtiden i Mellannorrland, samt över hur stora volymer i form av avverkningsrester som var tekniskt/ekonomiskt möjliga att utnyttja. Det var även oklart vilka olika tekniska system som fanns att tillgå, och deras respektive för- och nackdelar. Det stora behovet av aktuella fakta och kunskap inom detta område föranledde projektansökan. Eftersom de regionala förutsättningarna i stor utsträckning påverkar utformningen av ett skogsbränslesystem, fanns det ett särskilt behov av data som tagits fram regionalt.

Målsättning

Projektet har syftat till att reda ut de ovan nämnda oklarheterna, såsom tillgång, behov och tekniska frågor. Ett syfte med projektet har också varit att arbetet ska leda till kunskaper som kan omsättas till optimerade system för ett omfattande skogsbränsleuttag i den mellannorrländska regionen. De regionala förutsättningarna sätter i stor utsträckning ramarna för hur verksamheten ska utformas.

Målsättningen har varit att inom ramen för projektet:

- Inventera behovet av förädlad fastbränsle i regionen
- Skatta de tekniskt och ekonomiskt tillgängliga mängderna avverkningsrester
- Bedriva studier på den pågående grotverksamheten
- Utvärdera teknik för förädling
- Utarbeta nya systemlösningar, anpassade till de regionala förutsättningarna.
- Identifiera behov av teknikutveckling för att uppnå en omfattande ökning av grotuttaget.

Målsättningen har också varit att de resultat som utarbetats i projektet ska komma branschen tillgodo och bidra till förbättringar i verksamheten.

Resultat

Tillgång och efterfrågan

Tillgång på bränsle i form av skogsrester är en fråga som det finns många åsikter om. Det årliga utfallet av skogsrester är helt och hållet avhängigt skogsbrukets aktivitet. I Skogsstyrelsens skogliga konsekvensanalyser SKA 99, och SKA 03 har beräkningar gjorts även på möjligt grotuttag, dvs. potentialen. I dessa långsiktiga avverknings-beräkningar beräknas den högsta möjliga, långsiktigt uthålliga avverkningen. Grotutfallet är sedan en följd av den avverkningen, dvs. beräkningarna anger högsta möjliga utfall.

Detta utfall är ett bruttouttag. Hela utfallet kommer knappast att vara möjligt att ta ut – av olika skäl. Den årliga bruttopotentialen (alla avverkningsformer) i de båda länen är ca 2 milj. ton TS (torrsubstans), eller ca 10 000 GWh. Ungefär 65 % av detta kommer från föryngrings-avverkningar. Enligt konsekvensanalyserna, kommer det möjliga bruttopotentialen i föryngringsavverkning under de närmaste 30 åren att vara 1,3 – 1,5 milj. ton TS inom de båda länen.

Hälften av bruttopotentialen är rimligt att kunna ta ut, enligt Skogsstyrelsen. Ett sådant uttag, kompletterat med uttag från gallringar m.m. kan ge en årlig mängd motsvarande 3-4 000 GWh för de båda länen.

Bark, torv och sågspån har hittills varit de dominerande slagen av fastbränsle i Västernorrlands och Jämtlands län. Torv bryts för energiändamål, medan bark och sågspån är biprodukter från sågverk och massaproduktion. En stor del av barken och sågspånet förbrukas redan där den produceras, medan överskottet säljs till andra förbrukare.

Idag går en stor del av sågspånet till antingen pellets eller spånskiveindustri, medan bark och torv även fortsättningsvis kommer att vara viktiga inslag i bränsleförsörjningen. Av ett flertal anledningar, såsom utbyggnad av elproduktion, minskning av torv m.m. kommer dagens bränsletillförsel att behöva kompletteras.

Den inventering som gjordes i regionen år 2005 visar att det totala fastbränslebehovet i uppgick till 6 362 GWh, inklusive förbrukning i pelletsfabriker och spånskiveindustri. Bark är det största enskilda bränsleslaget, följt av sågspån och torv. Grot stod år 2005 för ca 300 GWh. När inventeringen följdes upp ett år senare hade den totala förbrukningen ökat till 6 455 GWh, och grotandelen hade ökat till 460 GWh. Behovet är koncentrerat till de större städerna, samt till brikettfabriken i Sveg. Endast ca 180 GWh förbrukas i övriga regionen.

Inventeringarna har även avsett det framtida bränslebehovet. Inom den kommande treårsperioden kommer bränslebehovet i regionen att öka med ca 1 600 GWh, vilket måste betraktas som en drastisk förändring. Utbudet av de traditionella bränsleslagen som bark, spån och torv förändras inte, utan de möjligheter som står till buds är att öka grotuttaget eller importera bränsle. Som framgår av den skattning av tillgångarna som redovisas ovan, så finns denna bränslemängd att hämta ur regionens skogar. Även de planerade utbyggnaderna är koncentrerade till ett fåtal platser, så det kommer att krävas ett omfattande transportsystem för att klara att försörja det ökade behovet av bränsle med uttag av skogsrester från regionens skogsmark

Behovet av bränsle redovisas i delrapporten " Förbrukning av oförädlat fastbränsle i Västernorrlands och Jämtlands län" och skattningen av tillgångarna i "Uttag av GROT inom Västernorrlands och Jämtlands län"

Export från regionen

Som framgår ovan ökar det regionala bränslebehovet drastiskt, men behovet kommer ändå inte att uppgå till de rimliga uttagsmängder som Skogsstyrelsen angett. Export av skogsbränsle ut ur regionen är därför ett tänkbart scenario. Ett exempel på kommande behov av skogsbränsle utanför regionen är Värtaverket i Stockholm, vars behov av skogsbränsle beräknas bli 2 500 GWh. Leverans av skogsbränsle från Mellannorrland till Värtaverket eller andra förbrukare utanför regionen är en möjlighet, framför allt som järnvägstransporter från inlandet där ett skogsbränsleöverskott kommer att finnas.

Andra användningsområden

Ett annat tänkbart framtidsscenario är att skogsbränslet förädlas. Flera olika nivåer av förädlingsgrad är tänkbara, från briketter eller pellets, till högförädlade produkter som etanol och syntetisk diesel.

Gemensamt samtliga förädlingsmetoder är att ytterligare teknikutveckling behövs innan de är färdigutvecklade och kommersiella. Eftersom grot är en heterogen råvara med generellt låg kvalitet, så är det sannolikt att all förädling kommer att föregås av ett steg där råvaran delas upp i en högkvalitativ fraktion som kan förädlas och en lågkvalitativ fraktion som bäst lämpar sig för förbränning. Denna uppdelning kan med fördel göras vid en trädbränsleterminal som lokaliseras till platser med god tillgång till träråvara.

Grotskotning

Studien har genomförts i samarbete med en entreprenörsgrupp bestående av två Valmet 860 med fyra förare specialiserade på grotskotning. Från denna entreprenörsgrupp har två omgångar driftsuppföljning samlats in och en tidsstudie genomförts. Den första driftsuppföljning har gjorts från två skotares arbete under två år på 96 objekt. Dessa data är av varierande kvalitet och ibland ofullständiga. Med utgångspunkt från de prestationspåverkande faktorerna har en särskild driftsuppföljningsrapport arbetats fram i samråd med SCA Norrbränslen och entreprenörer. Vid den andra driftuppföljningen har skogliga data samlats in från SCA's beståndsregister och samkörts med lastvikter och fukthaltsbedömningar från Jämtkraft. Tidsstudien har genomförts i ett bestånd med två olika kvaliteter på grotanpassningen (strängläggning och högläggning).

Resultaten från den första driftuppföljningen visar på en stor spridning i prestation, 4-12 råton/G₀ timme, med ett medelvärde på 7,6 råton/G₀ timme. Någon korrelation mot de insamlade variablerna kunde inte noteras. Data från den andra uppföljningen visar på en mängd tillvaratagen grot i intervallet 15-60 ton/ha, med ett medelvärde på 35 ton/ha. I förhållande till inmätt rundvirke tillvaratogs 0,22 råton grot/m³ fub i rena granbestånd och 0,11 råton grot/m³ fub i blandbestånd.

Tidsstudien visade att det tog 40 % längre tid att lasta på det stränglagda området jämfört med det höglagda. Dessutom var medelvärdet på lastvikten högre i det höglagda området, 7,9 ton/lass jämfört med 7,4 ton/lass. Det är uppenbart att kvaliteten på grotanpassningen påverkar prestationen vid grotskotning, och det är också troligt att den påverkar prestationen i alla efterkommande hanteringssteg i skogsbränslekedjan.

Grotanpassad avverkning

Avgörande för grotskotarens arbete är på vilket sätt grotanpassning genomförts. Att beskriva hur en bra grotanpassning ser ut är svårt. Det ska vara "ordning och reda i högen" vilket betyder att toppar inte ska peka åt olika håll för då måste föraren ödsla tid på att lägga till dem innan lastning. Skördarföraren ska helst hålla aggregatet stilla vid kvistning. Ett störande element är när högar ligger på underväxt och helst ska denna avlägsnas innan avverkning. Skördare och skotare ska inte köra i högarna. Efter avverkning är det sen optimalt att groten får "sätta sig" dvs. ligga och sjunka ihop något under några veckor. Dock inte så länge att groten hamnar nära marken vilket ökar risken för att få med sig föroreningar. Det är inte bara grotskotarnas prestation påverkas negativt av en dålig utförd grotanpassning. En oordning i materialet följer med fram till välta och ger grotbilarna sämre förutsättningar att lasta på stora lass. Även prestationen vid krossning riskerar att försämrats.

SCA Norrbränslen har utarbetat ett betygssystem i 5 klasser på olika kvaliteter på grotanpassning. Detta är till viss del betalningsgrundande till skördarföraren för utfört arbete.

Kvalité 1:

Nästan obefintlig, mindre än 20 % godkända högar på anpassad areal
Skotaren har kört på en stor del av riset
Riset ligger till stor del på underväxt

Kvalité 2:

Stränglagt eller 20-40 % godkända högar
Skotaren har kört på små delar av riset
En del av riset ligger på underväxt

Kvalité 3:

Ca 40-60 % godkända högar
Mycket små delar ligger på underväxt

Kvalité 4:

Ca 60-90 % godkända högar

Kvalité 5:

Bästa kvalité

Denna mall fångar emellertid inte upp allt och behöver utvecklas ytterligare. Många faktorer kan mer eller mindre tänkas påverka prestation och mängd tillvaratagen grot/ha.

Vägtransport

Kostnaden för vägtransport är en stor del av totalkostnaden i en hanteringskedja för grot. I delrapporten "Vägtransport av lös och buntad grot" har denna kostnad beräknats med utgångspunkt i lastvikter och tidsåtgång.

Ur ett indata material som består av nettovikter, torrhalter, torrvikter och energiinnehåll på lösgrot och buntar har medelvärden beräknats. Medelnettovikten för ett lass lösgrot är i storleksordningen 22-23 ton för leveranser till Jämtkraft i Östersund, och 19,2 ton för leveranser till Korsnäs Frövi. Energiinnehållet per lass ligger i storleksordningen 50-60 MWh till Jämtkraft och 45 MWh till Frövi.

Buntarna visar betydligt högre nettovikter än lösgrot. För buntleveranserna är medelvikten 31,7 ton och energiinnehållet i medeltal 75 MWh.

Tidsåtgången har delats upp i delmomenten landsvägskörning, skogsvägskörning, lastning, lossning samt övrig tid. Medelhastigheterna uppmättes till 75 respektive 38 km/h för landsväg och skogsvägskörning, men mätningen skedde vid optimala väder- och väglagsförhållanden och visar därför för höga hastigheter. Tidsåtgången för lastning och lossning av lösgrot uppmättes till 49 resp. 18 minuter, och för buntar 26 resp. 17 minuter (exkl. inmätning). "Övrig tid" uppmättes till 6 minuter per vända.

Grot av enbart barrträ ger högre prestation vid lastning och tyngre lass än barrträdgrot blandat med löv.

De totala transportkostnaderna för lös grot, utifrån antaganden om kostnaderna för fordonet, har beräknats till 31,5 SEK/råton för lastning, lossning och övrig tid, 0,62 SEK/km, råton för transport på landsväg och 1,07 SEK/km, råton för transport på skogsväg.

Vid transport av buntar blir kostnaderna lägre, dels på grund av högre lastvikter och dels tack vare effektivare lastning. Med samma förutsättningar har kostnaden för bunttransport beräknats till 16,3 SEK/råton för lastning, lossning och övrig tid, 0,44 SEK/km, råton för transport på landsväg och 0,75 SEK/km, råton för transport på skogsväg.

Transport av upparbetat material innebär ännu lägre kostnader, tack vare högre lastvikter, snabbare lastning och lägre fordonskostnader.

Förädling

Eftersom grot är ett bränsle som i sin obearbetade form har relativt låg, och dessutom varierande kvalitet, finns det ett stort utrymme för förädling. I ett första steg kan det vara fråga om att sänka fukthalten eller förbättra förbränningsegenskaperna. Sänkt fukthalt förbättrar både transportekonomin och lagringsegenskaperna. Det ger ett också ett bränsle med högre energitäthet och snabbare förbränningsförlopp, men för att detta ska utnyttjas krävs att pannorna är anpassade för torrare bränsle. Krossningen av groten ger ofta upphov till varierande andelar finfraktioner. Ett sätt att komma tillrätta med det är att satsa resurser på att hålla krossningsutrustningen i trim, ett annat att sålla bort finfraktionerna efteråt. Ur förbränningssynpunkt är en jämn och inte för liten fraktionsstorlek att föredra.

Osönderdelad grot har mycket låg densitet, ca 100-150 kg/m³, och är följaktligen känsligt för transportavståndet. Det finns olika sätt att kompaktera, t.ex. buntning eller krossning. Det senare höjer densiteten till ca 3-400 kg/m³.

Ett framtidsscenario är förädling av grot till drivmedel, t.ex. etanol, metanol eller syntetisk diesel, men mycket utveckling krävs innan detta kan bli verklighet.

Buntning

Buntning av grot är en teknik som är vanlig i Finland, men som används i betydligt mindre omfattning i Sverige. Metoden innebär att lösgroten komprimeras till cylindriska buntar som är ombundna med snören, vilket ger en densitet i storleksordningen 200-250 kg/m³, dvs. avsevärt högre densitet än det lösa materialet. Buntar ger därmed bättre lastvikter på såväl skotare som lastbil, och rationaliserar även lastningsarbetet. Det normala förfaringssättet är att buntningen sker på hygget, och att buntarna sedan körs ut med en vanlig skotare. Grundtanken med buntningstekniken är att vidaretransporten ska kunna ske med en vanlig timmerbil, men så sker inte idag eftersom det finns risk att material faller ur buntarna under transporten. Buntning innebär också att materialet kan lagras en längre tid, med bättre torkningseffekt och mindre substansförluster jämfört med både lösgrot och flisad grot. Tekniken är dock inte färdigutvecklad. Problem finns med att hållfastheten i buntarna försämras när materialet torkar, samt att kostnaden för detta extra arbetsmoment är i paritet med rationaliseringsvinsten. Buntning vid väggkant istället för på hygget är en i det närmaste oprövad metod, som skulle kunna innebära lägre kostnader.

Ett flertal tekniker för att komprimera lösgroten på lastbil har utvecklats genom åren, men med det gemensamma problemet att utrustningen väger lika mycket eller mer än vad den ger i ökad lastvikt. Så här långt finns ingen annan kommersiellt användbar metod för lastkomprimering än hoptryckning av lasset med kran och grip. Behovet av ny kostnadseffektiv teknik är dock angeläget och här finns ett antal tekniker som har potential att vidareutvecklas till kommersiella produkter

Mätning

De existerande metoderna för fukthaltsmätning av osönderdelad grot har låg precision. När ett stort antal leveranser från en och samma leverantör ska mätas blir resultatet acceptabelt, eftersom felen jämnar ut sig. Det finns dock av ett flertal anledningar behov av att kunna mäta fukthalten på ett enskilt lass med högre precision. Dels om det ska utgöra grund för ersättning till en mindre leverantör, och dels att användaren vill veta hur mycket och vilken kvalitet som levererats in.

En ny metod för fukthaltsbedömning har införts vid inmätningstationen vid Jämtkraft i Östersund. Dagtid sker en manuell bedömning av lassets fukthalt, där faktorer som färg (grön grot är fuktig och brun grot torr), innehåll av stamved, andel lövträ samt innehåll av snö och is utgör bedömningsgrunder. Resterande tider på dygnet, samt helger fotograferas varje lass med digitalkamera, och bilderna granskas sedan manuellt för att bedöma fukthalten. Metoden är under utvärdering.

Övriga metoder som är under utveckling är NIR (Nära InfraRöd strålning) och röntgen. NIR bedöms vara relativt nära kommersialisering, men liksom ovanstående okulärbesiktningmetod är det bara ytan som mäts/bedöms. Detta innebär stora begränsningar när mätningen avser oupparbetad grot. Ett stort utvecklingsarbete återstår innan röntgentekniken är färdig att använda, men den har den stora fördelen av att vara djupverkande.

Vägning är en tänkbar metod för att vara ersättningsgrundande i ett tidigt skede av processen, samt att förbättra kontrollen över hur stora volymer som finns utskotade men ännu inte inkörda. Ett koncept med kranspetsmonterad våg baserad på trådtöjningsgivarteknik har provats, men acceptabel precision uppnåddes inte. Anledningen antas vara det påfrestande arbetssätt som vågen utsätts för vid grotlastning, samt att den variabla bredden på skotarvagnen gjorde det svårt för automatiken att avgöra när det var av- och pålastning. Det finns även hydrauliska kranspetsvågar, som rimligen skulle tåla denna arbetsmiljö bättre. Dessa innebär dock att ett stopp måste göras i varje krancykel, och detta skulle störa skotarförarnas arbetsrytm i för stor utsträckning. Bankvågar, dvs. lastceller som känner av lassets totala vikt, har testats med lovande resultat. Här krävs endast att maskinföraren gör ett stopp på några sekunder på en plan yta när lasset är fullt. Tekniken används redan vid virkesskotning, och endast smärre problem återstår att lösa, som att det material som vilar på annat än bankarna inte ingår i vägningen.

Terminalupparbetning

Dagens syn på terminaler är att en effektivare sönderdelning och en rationellare hantering vid terminalen inte uppväger merkostnaderna för transport och omlastning. Erfarenheter från grothantering har emellertid i hög grad sitt ursprung i södra Sverige. Förutsättningarna där skiljer sig i flera avseenden från de i de nordligare delarna av landet. Framför allt är medeltransportavståndet i norra Sverige längre, vilket kan ge skäl till en omprövning av terminalhanteringen. Ytterligare ett skäl som talar för terminalhantering är att möjligheterna till kvalitetsutjämning, uppdelning i kvalitetsfraktioner och förädling förbättras.

I delrapporten "Upparbetning av grot i semimobila terminaler" (Söderström, 06) behandlas semimobila terminalsystem. Semimobil innebär att en mobil sönderdelningsutrustning alternerar mellan ett antal permanenta terminalplatser. Två olika system har undersökts. Det ena av dessa, alternativ A, innebär 15 st upparbetningsplatser relativt jämnt fördelade över de delar av den mellannorrländska skogsmarken som ligger längre än 50 km från någon större förbrukare. Alternativ B innebär 6 st upparbetningsplatser fördelade över områden längre än 70 km från förbrukare.

I studien har två olika maskinkoncept ingått, ett med hög upparbetningskapacitet och ett med lägre, för att se hur detta påverkar kostnadsbilden. Investeringskostnaderna är baserade på erfarenhetsvärden från respektive branschområde för likartade investeringar. Även för beräkning av driftkostnaderna har erfarenhetsvärden i stor utsträckning används. Dock är den mest kostnadsdominerande posten, upparbetning, i huvudsak grundad på en offertförfrågan till två entreprenadbolag verksamma i branschen.

Den totala årliga kostnaden (drift- och investeringskostnader) för upparbetning inklusive inmätning, administration och flytt mellan terminalplatser redovisas i tabell 1.

Tabell 1. Kostnader vid semimobil terminalupparbetning

	Koncept med hög kapacitet (kr/ton)	Koncept med lägre kapacitet (kr/ton)
Alternativ A (15 st terminalplatser)	117,4	120,6
Alternativ B (6 st terminalplatser)	96,3	99,8

Skillnaden i total årlig kostnad mellan ett system med högre sönderdelningskapacitet och ett med lägre är marginell, endast ca 3 %. Detta trots att det större alternativet har en produktionskapacitet som är 3 - 4 ggr högre. Anledningen är att den större krossen innebär högre investeringskostnader, mer omfattande utrustning för att kunna mata den större maskinen, högre flyttkostnad samt större personalbehov än den mindre maskinen.

För alternativen med ett färre antal terminalplatser är kostnaderna betydligt, ca 18 %, lägre än för de med flera platser.

Resultaten tyder på att upparbetningskostnaden i ett semimobilt upplägg blir lägre, upp till 25 %, än upparbetning vid avlägg men kan vara upp till dubbelt så dyrt som för en stationär terminalupparbetning.

I ett framtida system med krav på vidareförädling av bränsleprodukterna samt ytterligare optimerat utnyttjande av hela trädråvaran är det sannolikt att någon form av terminalhantering är nödvändig.

Systemanalys

För att bedöma de två ovan nämnda terminalsystemen, måste de jämföras med befintliga lösningar. En jämförelse mellan terminalsystemen, ett flissystem och ett lösgrotsystem redovisas här. En översiktlig beskrivning av systemen visas i tabell 2.

Tabell 2. Översiktlig systembeskrivning

Flissystem	Terminalsystem A	Terminalsystem B	Lösgrotsystem
Skotning	Skotning	Skotning	Skotning
Upparbetning vid avlägg	Transport till terminal: -lastning	Transport till terminal: -lastning	Transport till förbrukare: -lastning
Transport till förbrukare: -lastning med skopa	-skogsvägstransport 5 km	-skogsvägstransport 5 km	-skogsvägstransport 5 km
-landsvägstransport	-landsvägstransport 20 km	-landsvägstransport 30 km	-landsvägstransport till förbrukare
-lossning inkl inmätning	-lossning inkl inmätning	-lossning inkl inmätning	-lossning inkl inmätning
	Upparbetning	Upparbetning	Upparbetning
	Transport till förbrukare: -lastning med lastmaskin -landsvägstransport -lossning	Transport till förbrukare: -lastning med lastmaskin -landsvägstransport -lossning	

Skotningskostnaden är i hög grad varierande, som tidigare redovisats. I systemanalysen har kostnaden satts till 80 kr/ton, baserat på en medelproduktivitet på 8 ton/h och en timkostnad på 640 kr/h. Detta schablonmässiga värde motiveras av att det är de olika systemen som ska jämföras med varandra, och skotningskostnaden är oberoende av vilket som blir det efterföljande systemet.

Tabell 3 visar kostnaden för upparbetning av grot för de olika alternativen, enligt Söderström (2006).

Tabell 3. Upparbetningskostnader

Upparbetning vid avlägg	126 kr/ton
Terminalsystem A	117kr/ton
Terminalsystem B	96 kr/ton
Upparbetning vid förbrukare	60 kr/ton*

*) kostnaden angiven till 50 kr/ton, men då ingår inte administration, inmätning mm. Uppräkning till 60 kr/ton har gjorts i samråd med Söderström.

Transportavstånden till terminal är beräknade utifrån storleken på terminalernas upptagningsområden. De angivna avstånden 20 resp. 30 km är medelavstånd inkluderande en slingerfaktor på 1,2.

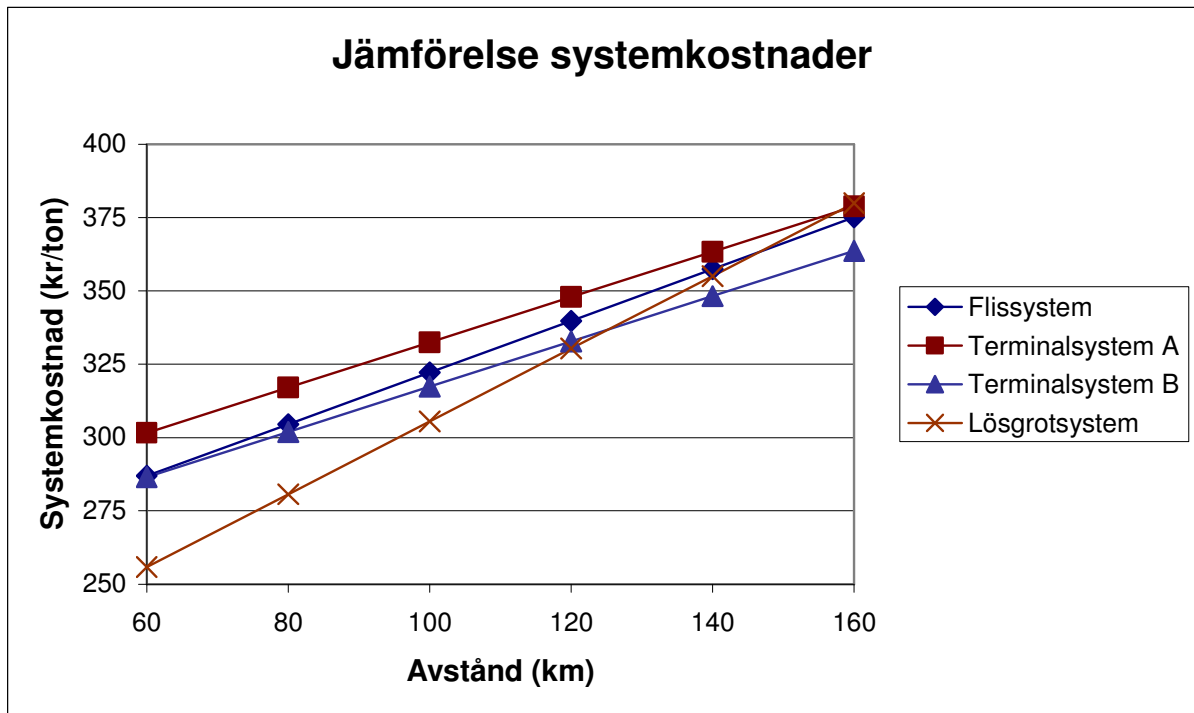
Transportkostnaderna som använts visas i tabell 4, och är hämtade ur delrapporten "Vägtransport av lös och buntad grot" (Näslund, 06):

Tabell 4. Totala transportkostnader upparbetat material

	Grotfordon	Flisbil	Flisbil med kran och skopa
	SEK/ton	SEK/ton	SEK/ton
Lastning, lossning och övrig tid	31,5	9	21
Körning landsväg (kilometerkostnad)	0,62	0,39	0,44
Körning skogsväg (kilometerkostnad)	1,07	0,64	0,74

Kostnadsberäkningen är gjord för avstånd i intervallet 60-160 km. För terminalsystemen avser avståndet sträckan mellan terminal och förbrukare. För flis- och lösgrotsystemen avser avståndet sträckan från välta till förbrukare. Kostnaderna visas i figur 1.

Figur 1. Jämförelse av systemkostnader



Som framgår av figur 1 har lösgrotsystemet lägst kostnader upp till ca 120 km avstånd. Vid större avstånd har terminalsystem B lägst kostnader, men vid dessa avstånd är den totala systemkostnaden mycket hög i relation till bränslepriset.

De låga kostnaderna för lösgrotsystemet förutsätter dock att upparbetningen är av sådan kapacitet att den relativt låga kostnad som använts (60 kr/ton) verkligen uppnås. En stor del av upparbetningskostnaderna i terminalsystem A och B består av de investeringar som görs på själva upparbetningsplatserna. Detta är huvudanledningen till att system B har lägre kostnader än A. En tanke som är intressant är ett system med ännu färre upparbetningsplatser än system B, t.ex. 3 eller 4, men som ändå upparbetar samma volymer från samma geografiska område. Det skulle öka transportkostnaderna till terminal, men ge en avsevärd minskning av kostnaderna för upparbetning. Uppskattningsvis skulle kurvan för system B kunna flyttas 15-20 kr/ton nedåt, och därmed bli ett realistiskt alternativ vid avstånd till förbrukare på ca 80-100 km och

däröver. Kan groten kompletteras med andra råvaror, finns det även förutsättningar för fasta terminaler med hög kapacitet, vilket skulle ge ännu lägre uppdräkningskostnader. Detta skulle innebära att terminaluppdräknings blir optimalt redan vid ännu kortare avstånd.

Vid transportavstånd uppemot 150-200 km blir vägtransporterna för dyra. Ska grot tillvaratas på dessa avstånd måste transporterna ske på järnväg eller med båt.

En parallell systemstudie redovisas i delrapporten "Systemstudie av skogsbränsletransporter", där system med omlastningsterminaler vid järnväg analyseras. Här visas att vid avstånd över 130 km är järnvägstransporter att föredra framför lastbil, oavsett om transporten gäller lös grot, flisad grot eller buntad grot. En slutsats som dras i rapporten är också att fukthaltsförändringar och substansförluster i hanteringssystemet har stor inverkan på kostnaderna.

Teknikområden med utvecklingspotential

Nedan följer en beskrivning av de tekniker som ännu inte är färdigutvecklade, men som bedöms ha störst utvecklingspotential. Soltorkning är en tekniskt sett enkel metod, som kan minska materialets fukthalt, framför allt under sommartid. Pelletering och torrefaction är tekniker som radikalt kan förändraförutsättningarna för hela skogsbränsleverksamheten, om de visar sig vara tekniskt och ekonomiskt genomförbara.

Soltorkning

Torkmetoder som baseras på olika former av solfångarteknik är av intresse för skogsbränsleförädling. Ett intressant exempel är den teknik som finska Vapo har utvecklat för torkning av torv (Energimagasinet 4/06). Tekniken baseras på att torven torkas i en till två dagar på en asfalterad plan som värms upp av värmeslingor vilka försörjs av ca 1000 m² solfångaryta. Tekniken kan lätt appliceras för torkning av skogsbränsle, men det är inte känt att detta provats.

Pelletering

Pelletering är ett sätt att både torka och kompaktera, men med konventionell teknik innebär torkningen en hög kostnad vilket direkt påverkar lönsamheten. En alternativ teknik som utlovar en markant lägre kostnad för torkning/pelletering är konceptet EcoTre, vilket Energidalen testade 2003. (Näslund, 2003). Försöken visade på lovande torknings- och kompakteringseffekter, men konceptet har ännu inte lanserats på marknaden. Pelletering, eller brikettering, kan ge bulkdensiteter på i storleksordningen 500-650 kg/m³.

Torrefaction

Torrefaction är en förädlingsmetod där torkningen sker med överhettad ånga i luft och syrefri miljö, och där ångan bildas av fukten i biomassan utan extra tillskott av vatten/ånga till torken. Fördelen med processen är att torktiden kan reduceras med ca 80 % samt att energibehovet reduceras med ca 50 % i jämförelse med konventionell varmlufttorkning. Torkmetoden enligt "Torrefaction" kan därtill ha ekonomiska fördelar (ca 5-12 %) i jämförelse med konventionell torkning. Ytterligare fördelar är att "torrefaction" drivs vid en högre temperatur vilket bör underlätta möjligheterna att återvinna värme från processen och utvinna t.ex. processånga eller hetvatten, samt att materialet blir beständigt mot återfuktning. En utveckling av metoden vore av stort intresse för skogsbränslesektorn.

Slutsatser

Inom den kommande femårsperioden ökar bränslebehovet i Mellannorrland inklusive Umeå med i storleksordningen 1 600 GWh. De enda möjligheterna att tillfredsställa detta behov är avverkningsrester eller import. Dessutom kan det komma att finnas en efterfrågan på regionens avverkningsrester även från annat håll, t.ex. Värtverken i Stockholm. I en framtid är det även tänkbart att avverkningsresterna kan uppgraderas till drivmedel, vilket skulle innebära att ytterligare volymer kommer att efterfrågas.

Skogsstyrelsen bedömer ett uttag av avverkningsrester på i storleksordningen 3-4 000 GWh/år som en rimlig maximal nivå. Det efterfrågade behovet kan således tillgodoses regionalt, och potential finns för leveranser ut ur regionen och till drivmedelsproduktion.

För att ett uttag på 3-4 000 GWh ska komma till stånd, krävs dock ett omfattande arbete med utbildning och systemuppbyggnad.

De i dag dominerande logistiska systemen "lösgröt" samt "upparbetning vid avlägg" är optimala på avstånd till förbrukare på upp till ca 70-100 km. För att få lönsamhet i hanteringen vid längre transportavstånd, vilket kommer att bli aktuellt om den planerade behovsökningen ska försörjas regionalt, kommer det att krävas nya system. Med den teknik som finns tillgänglig idag är ett terminalsystem med 3-6 platser för semimobil upparbetning den optimala lösningen för de mellannorrländska förhållandena. Kan groten kompletteras med andra råvaror, finns det även förutsättningar för fasta terminaler med hög kapacitet. Om förbättringar i buntningstekniken avseende både kostnad och hållfasthet på buntarna sedan de torkat uppnås, kan även ett buntsystem vara det optimala.

Terminalsystem innebär dessutom andra fördelar än de rent logistiska, såsom att erbjuda möjlighet till buffertlagring, möjliggöra kvalitetshöjning och utjämning samt att utgöra en punkt för tidig inmätning.

Studien av prestationen vid skotning visar på en stor spridning, 4-12 råton/G₀ timme, med ett medelvärde på 7,6 råton/G₀ timme. Mängden tillvaratagen gröt har varierat inom intervallet 15-60 ton/ha, med ett medelvärde på 35 ton/ha. I relation till volymen inmätt rundvirke har mängderna uppmätts till i genomsnitt 0,22 ton/m³ fub i rena granbestånd och 0,11 ton/m³ fub i blandbestånd.

Tidsstudien har visat att kvaliteten på grotanpassningen otvivelaktigt påverkar prestationen vid grotskotning, och det är också troligt att den påverkar prestationen i alla efterkommande hanteringssteg i skogsbränslekedjan. I jämförelsen mellan höglagd och stränglagd grotanpassning, tog det 40 % längre tid att lasta på det stränglagda objektet. Behovet av grotanpassning, samt utbildning av skördarförarna i hur detta ska utföras, kan inte nog understrykas.

Studien av vägtransport visade att gröt av enbart barrträ ger högre prestation vid lastning och bättre lastvikter än barrträsgröt blandat med lövgrot, pga. lövets mer voluminösa karaktär. Ett rimligt antagande är att även skotnings- och upparbetningsprestationerna försämras, varför lövgrot i möjligaste mån bör minimeras i grothanteringen.

Fukthaltsförändringar och substansförluster i hanteringssystemet har stor inverkan på de totala kostnaderna.

Det finns en efterfrågan på bättre metoder att mäta fukthalt i osönderdelad gröt. Behovet ökar i och med att fler leverantörer ska ersättas. En ny metod har införts vid inmätningstationen vid Jämtkraft i Östersund: Denna innebär en manuell bedömning av

lassets fukthalt utifrån faktorer som färg, innehåll av stamved, andel lövträ samt innehåll av snö och is. Under utveckling finns metoder som NIR (Nära Infraröd strålning) och röntgen. Det är dock tveksamt om NIR kan appliceras på lös grot eftersom det är en ytmätningssmetod. Röntgen har fördelen att vara djupverkande, men ett stort utvecklingsarbete återstår innan tekniken är färdig att använda. Vägning är en tänkbar metod för att vara ersättningsgrundande i ett tidigt skede av processen, samt att förbättra kontrollen över hur stora volymer som finns utskotade men ännu inte inkörda. Bankvågar bedöms som den mest utvecklingsbara tekniken för att uppnå ett godtagbart resultat utan att inverka negativt på produktiviteten.

Eftersom grot är ett bränsle som både har låg, och varierande kvalitet, finns det ett stort utrymme för förädling. Buntning är en teknik som förbättrar densiteten och lagringsegenskaperna, och som har en stor utvecklingspotential. Ett koncept med buntning vid vägkant istället för dagens teknik med buntning på hygget bör studeras noggrant. Pelletering av grot skulle ytterligare förbättra både densiteten och lagringsegenskaperna. Pelleteringstekniken Ecotre är av fortsatt intresse att följa upp, liksom teknik för saltorkning. Ett annat förädlingskoncept av intresse är torrefaction, som ger ett torrt, kompakt och fuktbeständigt material som kan användas både till bränsle eller drivmedelsproduktion. Eftersom tekniken ger ett värmeöverskott är kombination med mindre fjärrvärmeanläggningar eller annat värmebehov i inlandet ett tänkbart koncept. Varken Ecotre, saltorkning eller torrefaction är kommersiella metoder i dagsläget.

Sammanfattningsvis har den inledande hypotesen att utrymmet för effektivisering är stort, i hög grad bekräftats.

Hur drivs utvecklingen vidare?

Som visats i föreliggande projekt, finns det en stor utvecklingspotential för att öka produktivitet, rationalisera hantering och förbättra slutproduktens kvalitet och därmed kundens betalningsförmåga. Ett omfattande utvecklingsarbete kommer också att krävas för att till fullo utnyttja den rimliga uttagsnivån på 3-4 TWh som finns tillgänglig i Mellannorrland. Detta kan delas upp i metod- och systemutveckling. Inom metodområdet finns det först och främst ett behov att implementera grotanpassad avverkning hos skördarförarkåren. Övriga områden som kan vidareutvecklas är:

- Förbättring av kriterierna för val av objekt för grotuttag
- Förbättring av metoder för grotanpassad avverkning
- Teknik- och metodförbättringar inom skotning
- Teknik- och metodförbättringar inom vägtransport av lösgrot
- Teknik- och metodförbättringar inom krossning och flisning

Det finns även ett stort utbildningsbehov bland planerare, arbetsledare, och transportledare i regionen.

På systemsidan krävs en detaljerad utredning av terminalsystem, där även buntning och bunthantering tas i beaktande. Även ett betalningsgrundande mätsystem som är anpassat till att leverantörerna är många och små, behöver införas. Vidareutveckling bör göras inom saltorkning, pelletering och torrefaction. Ett framgångsrikt resultat, särskilt bland de två senare, skulle innebära radikala förbättringar för skogsbränslesektorn.

Referenser

Näslund, 06. Förbrukning av oförädlad fastbränsle i Västernorrlands och Jämtlands län. Delrapport, Energidalen

Hägg, 06. Uttag av GROT inom Västernorrlands och Jämtlands län. Delrapport, Energidalen/Skogsstyrelsen

Näslund, 06. Vägtransport av lös och buntad grot. Delrapport, Energidalen

Pettersson, 06. Grotskotning- Driftsuppföljning och tidsstudie. Delrapport, Energidalen

Söderström, 06. Upparbetning av grot i semimobila terminaler. Delrapport, Energidalen

Engblom, 07. Systemanalys av skogsbränsletransporter. Examensarbetsrapport, SLU

Näslund, 03. Teknik och råvaror för ökad produktion av träpellets, Projektrapport Energidalen.

Energimagasinet nr 4/06. Solvärme ger effektiv torkning av biobränsle. Artikel.