

System för skogsbränsleuttag i slutavverkning

*Kalkyler för några typbestånd med och utan
kompensationsgödsling*

Gert Andersson, Staffan Jacobson & Staffan Mattsson

Omslag:

Ämnesord: Skogsbränsle, Grot, askåterföring, systemanalys

SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

SkogForsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom SkogForsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plantskolor, 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

Förord

Detta arbete har genomförts på initiativ av Hans Troedsson, Stora Enso Skog. Stora Enso har delfinansierat projektet genom kontanta medel och arbetsinsatser i arbetsgruppen. Finansiering har också utgått från Statens Energiyndighet, Systemstudier bioenergi.

Från Stora Enso deltog Hans Troedsson, Mats Hansson, Linnéa Lövgren och Lars Johansson. Vi riktar ett varmt tack för engagerat projektarbete.

Uppsala 2001-05-03

Gert Andersson

Staffan Jacobson

Staffan Mattsson

Innehåll

Sammanfattning.....	7
Bakgrund	9
Myndigheternas riktlinjer.....	10
Skogsbränslehantering i dag och framtida utvecklingsmöjligheter.....	11
Askhantering – industrins behov.....	11
Syfte.....	12
Material och metoder.....	12
Grov beskrivning av beräkningarna.....	12
Typbestånd	13
Beräkning av grotmängder och näringsuttag.....	14
Skogsbränsleuttag	15
Metoder för skogsbränsleuttag.....	15
Tillvaratagandegrad av grenar och graden av avbarrning	16
Askåterföring.....	16
Kostnad för tillväxtförlust och kompensationsgödsling med kväve	17
Bränsleuttagets påverkan på beståndsanläggning och planteringskostnader	17
Alternativ vid skogsbränsleuttag.....	19
Kostnadsmatris	21
Ekonomiska beräkningar.....	21
Resultat	22
Uttagsalternativ	22
Jämförelse av kostnad för tillväxtförlust och kostnad för kompensationsgödsling.....	30
Diskussion och slutsatser.....	30
Beräkningar av näringsuttag, tillväxtförlust och kompensation med aska och kväve.....	30
Barravskiljning eller grönrissuttag.....	32
Askåterföring.....	32
Slutsatser	33
Referenser.....	34
Bilaga 1 Utdrag ur Skogsstyrelsens allmänna råd.....	37
Bilaga 2 Beståndsbeskrivning	39
Bilaga 3 Ekonomiska beräkningar per bestånd.....	43
Bilaga 4 Kostnad valsplettering	53

Sammanfattning

Syftet med denna analys har varit att utifrån befintlig kunskap skapa en översiktlig ekonomisk bild av skogsbränslehantering där även kompensationsgödsling med aska och kväve ingår.

Utifrån fem typbestånd på Stora Ensos marker har kostnader och intäkter för ett referensalternativ utan skogsbränsleuttag sammanställts. Detta har sedan jämförts med kostnader och intäkter för skogsbränsleuttag med olika teknik och omfattning. Tillgängliga grotvolymerna och tillhörande näringsmängder fördelat på barr, grenar och toppar har beräknats per typbestånd.

Skogsbränsleuttaget har i beräkningarna antagits kunna ske antingen med konventionell teknik eller med en framtida, integrerad, teknik där rundvirkes- och skogsbränsleskörden antas ske samtidigt.

Vid konventionellt skogsbränsleuttag av torr grot har antagits att 85 % av groten tas ut från hygget och att den praktiska avbarrningen uppgår till 50 % av barren. Detta alternativ har jämförts med:

- Konventionell skogsbränsleskörd av torr grot där total avbarrning kan uppnås genom t.ex. avskakning med gripen.
- Skogsbränsleuttag av färsk grot med konventionell eller integrerad teknik där näringsuttaget delvis kompenseras genom att ungefär hälften av grotmängden lämnas kvar på hygget.
- Skogsbränsleuttag av färsk grot med konventionell eller integrerad teknik där det mesta av groten tas ut. Det större uttaget av baskatjoner kompenseras genom askåterföring.

Askåterföring har i kalkylerna antagits ske med valspelleterat material. Askan har förutsatts ha sådan kvalitet att den kan spridas på hygge. I analysen har både spridning på hygge och i gallringsskog beräknats. Kostnaden för askåterföring belastar i kalkylerna skogsbränslesystemet fullt ut och kompenseras inte genom ett högre pris för groten.

Tillväxtnedsättning p.g.a. skogsbränsleuttag har antagits motsvara två års tillväxtförlust och denna tillväxtförlust har antagits motsvara nettovärdet av två års löpande tillväxt vid förstagallringstillfället. I ett alternativt beräknings sätt har antagits att tillväxtförlusten orsakad av bränsleuttaget kan kompenseras med en kvävegödsling. Kostnaden för kvävegödslingen har, för de uttagsalternativ där inte hela grotmängden tagits ut, reducerats med 25 – 50 %. Orsaken är att den normala kvävegivan i dessa fall troligen ger en tillväxteffekt som är större än den tillväxtförlust som orsakas av skogsbränsleuttaget. Kostnaden för tillväxtförlusten har reducerats i motsvarande grad.

Den typ av övergripande kalkyler som denna analys representerar innehåller en rad osäkerheter. Kostnader och intäkter för olika skogsbruksåtgärder inklusive dagens konventionella skogsbränslehantering är väl kända. Tillväxtpåverkan av skogsbränsleuttaget är mera osäker liksom tillväxtreaktionerna av askåterföring. De absoluta värdena av N-gödsling i dessa kalkyler bör också beaktas med för-

siktighet. Det väsentliga har varit att kostnaden för N-gödsling är konsekvent beräknad för samtliga systemalternativ i samma bestånd.

Det sammanvägda ekonomiska resultatet av analysen visar att rundvirkes- och skogsbränsleuttag med dagens skogsbränsleteknik ger samma eller ett något lägre ekonomiskt resultat jämfört med enbart rundvirkesuttag. För typbestånd G26 uppgår nuvärdet av samtliga kostnader och intäkter till 7113 kr/ha vid enbart rundvirkesuttag. För de olika beräkningsalternativen där skogsbränsleuttag med konventionell teknik ingår uppgår nuvärdet till 5636 – 7161 kr/ha. I de beräkningsalternativ där ny framtida skogsbränsleteknik antas kunna utnyttjas varierar nuvärdet mellan 10 364 – 11 695 kr/ha. Denna nya teknik är dock i dag bara en vision och kostnadsnivån baseras på teoretiska analyser med utgångspunkt i tidiga studier av dagens buntssystem. Kostnaderna för det visionära integrerade systemet förutsätter att buntningen kan utföras parallellt med rundvirkesavverkningen utan att prestationen för rundvirkesavverkningen sänks. Detta är naturligtvis mycket svårt att nå på kortare sikt. Förutsättningarna i övrigt är vad gäller investeringsnivå på buntaggregatet samt utnyttjande över året är mera realistiska och är skattade utifrån dagens bästa kunskap om buntningstekniken.

Det framgår av analyserna är att skogsbränslehanteringen i dag är satt under stor ekonomisk press med mycket små marginaler för alla inblandade i kedjan från markägare fram till leverans vid värmeverk. Samtidigt ställs mer eller mindre tydliga myndighetskrav på att bedriva verksamheten så att skogsmarkens långsiktiga näringsbalans bibehålls.

Tillkommande åtgärder för att bibehålla den långsiktiga näringsbalansen kan vara aktiv barravskiljning och/eller askåterföring. De innebär extra kostnader, som på något sätt måste kunna kompenseras genom antingen kostnadsänkningar eller intäktsökningar i skogsbränslehanteringen. En teknik för aktiv barravskiljning- och spridning som komplement till ett konventionellt system måste vara billig och troligen utgå från befintlig utrustning. En möjlig lösning kan vara att utnyttja skakning av materialet med skotargripen. Denna teknik kräver en bra sommartorkning av materialet, men medför troligen också tillkommande kostnader vilka kan vara avgörande om skogsbränsleuttaget ger ett positivt eller negativt ekonomiskt resultat.

Ett alternativ till att lämna barren på hygget är att bara ta ut en del av groten grön med barr och lämna resten av groten på hygget. Att lämna grön grot kräver ingen ny teknik och kan utföras med den skotare eller buntare som hanterar materialet. Men genom att ta ut en mindre mängd grot per objekt ökar kostnaden per m³s bränsleflis för flytt och andra fasta kostnader. För att undvika detta och för att också öka bränsleintäkten per ha (och indirekt per avverkad m³fub industrivirke) kan man gå andra vägen och ta ut all grot på hygget och i stället kompensera för detta uttag med både aska och kväve. De redovisade kalkylerna indikerar att denna väg åtminstone i teorin är den ekonomiskt klart intressantaste. Samtidigt förutsätts att man kan integrera rundvirkeskörden med komprimering och buntning av den färska groten – ett system där visserligen komponenterna finns, men som inte har provats praktiskt. Det innebär dessutom ett stort näringsuttag genom den färska grotskörden och bör därför omfatta en mycket tydlig och direkt mineralnäringskom-

pensation med väl stabiliserad aska. I beräkningen bör också ingå att det kommer att behövas en extra kvävekompensation senare under omloppstiden alternativt att det uppstår en viss extra produktionsförlust p.g.a. det färska grottuttaget.

Bakgrund

Uttag av grenar, toppar och barr för energiändamål innebär att näringsuttaget blir avsevärt större än vid skörd av endast stammen. Beräkningar som bygger på skattningar av näringsflöden har visat att skogsbränsleuttag i de flesta fall medför större förluster av näring än vad som tillförs genom vittring och atmosfäriskt nedfall (Warfinge & Sverdrup, 1992; Olsson et al., 1993). Utifrån dessa balansmodeller är skogsbränsleuttag således ej förenligt med ett långsiktigt uthålligt skogsbruk, om inte förlusterna av näringsämnen på något sätt kompenseras.

Som lämpligt gödselmedel framhålls oftast vedaska, vilket innehåller alla borttagna närings- och spårämnen utom kväve (N). Askan utgör dessutom ett kvittblivningsproblem för askproducenten. Aska innehåller ämnen med basverkan, d.v.s. förmåga att neutralisera syra. Aska från biobränslen är bl.a. tänkt som ett medel att motverka den försurning som skörd av hela träd åstadkommer, och som i det fall även barr skördas kan vara av samma storleksordning som försurningen p.g.a. surt nedfall (jfr Egnell m.fl. 1998).

Förutom att verka försurande kan ett skogsbränsleuttag minska skogens tillväxt. De tillväxtförluster som uppmätts i försök efter skogsbränsleuttag brukar i genomsnitt uppgå till mellan 5 och 10 % (Egnell m.fl. 1998) i 10–15 år efter uttag. Dessa förluster gäller för både tall och gran, samt efter uttag i såväl slutavverkning som gallring. I tallungskog påverkas dock sannolikt inte höjdtillväxten (Egnell & Leijon, 1999). Tillväxtskillnaderna brukar uppstå tydligt först 3–5 år efter avverkningen, vilket sammanfaller med den tid då N börjar frigöras från trädresterna. Detta antyder att det främst är det extra uttaget av N som reducerar tillväxten och att tillväxtreduktionen är kopplad till storleken på N-uttaget. De långsiktiga effekterna på skogsproduktionen är okända. Alla hittillsvarande försöksresultat antyder dock att tillväxtnedsättningarna är successivt övergående under de första 10–15 åren, möjligen med ett mer utdraget förlopp på svagare marker. Detta tycks även gälla i de få försök där skogsbränsleuttag skett vid upprepade tillfällen.

I fältförsök har man som jämförelse använt sig av referensytor där riset är jämnt spritt över ytan. Denna jämförelse kanske var relevant på 1970-talet, då man tillämpade motormanuell avverkning, och då många av försöken anlades. I dag ser det dock helt annorlunda ut, med riset koncentrerat till körstråken. I vad mån detta begränsar de faktiska tillväxtförlusterna p.g.a. skogsbränsleuttag är det utifrån dagens kunskap svårt att uttala sig om.

Huvudsyftet med att återföra askan till skoglig fastmark anses vara att motverka en långsiktig utarmning av markens näringsförråd, och inte att åstadkomma en ökning av skogstillväxten på kort sikt. Tillförsel av aska till såväl fast- som torvmark, kan dock påverka skogsproduktionen även på kort sikt.

Preliminära resultat antyder att det på bördiga fastmarker finns en tendens till ökad (0–15 %) produktion efter tillförsel av såväl lös som stabiliserad aska (Jacobson & Ring, 1995; Jacobson, 1996; Lundquist et al., 1996). För intermediära och svaga fastmarker är det brist på information, men en nyligen utförd tillväxtrevision på en intermediär tallståndort visade en säkerställd minskning av stamtillväxten med 6–13 % efter asktillförsel (Jacobson, 1997), vilket ger farhågor för minskad produktion på såväl denna typ av ståndort som svagare.

En hypotes är att skörd av hela träd leder till att marken utarmas på baskatjoner och att markens långsiktiga produktionsförmåga därmed minskar. I ett antal fältexperiment har man prövat att minska respektive öka tillgången på baskatjoner i marken. I regel har effekterna på stamvedsproduktionen varit mycket små. I de fall en viss tillväxtökning erhållits har man ansett att det är en indirekt effekt som går via kvävetillsättningen. I merparten av landets skogar är kväve det enda näringsämne som påverkar tillväxten (Sikström & Nohrstedt 1995). Balansräkningar för kväve i skogsmark (e.g. Westling & Nohrstedt, 1995) visar att för skörd av endast stam blir balansen sannolikt positiv oavsett läge i landet. För helträdsuttag beror balansen mycket på depositionens storlek. I södra Sverige är balansen positiv, men i norra Sverige kan den vara negativ. I norra Sverige finns det således skäl att befara en långsiktig minskning av markens kväveutbud efter upprepade helträdsuttag. En återföring av exv. aska löser inte detta problem eftersom inget kväve återförs. Det är t.o.m. möjligt att problemet kan förvärras av askåterföring i och med att det kväve som finns kvar kan bli än mer otillgängligt. Om man vill motverka tillväxtförluster av skogsbränsleuttag och/eller asktillförsel på de svagare markerna är kvävegödsling den enda möjligheten. Kvävegödsling har även en tydligt positiv effekt ur växthusgassynpunkt vad gäller koldioxid (Nohrstedt & Westling, 1995).

Myndigheternas riktlinjer

Skogsstyrelsen har utfärdat föreskrifter och allmänna råd rörande skogsbränsleuttag och kompensationsgödsling (Anon., 1998). Vid sidan av de allmänna råden har Skogsstyrelsen gett ut rekommendationer som närmare utvecklar hur uttag och kompensation bör ske.:

- Merparten av barren lämnas kvar på hygget, så jämnt spridda som möjligt över det avverkade området.
- Ett alternativ till att lämna barren kan vara att kompensera med mineralnäring, t.ex. aska.
- Utan mineralnäringskompensation bör inte uttaget ske mer än en gång under beståndets omloppstid.

I korthet säger man att ett skogsbränsleuttag i princip alltid bör föranleda en kompensationsgödsling. Men, då teknisksystem och organisation för kompensationsgödsling inte är färdigutvecklade, kan ett skogsbränsleuttag per omloppstid göras utan krav på kompensationsgödsling, förutsatt att barr/löv kvarlämnas så jämnt spridda som möjligt över avverkningsområdet.

I dag är det vanligt att trädsterna läggs att torka i högar på hygget. Detta anses för närvarande, i avvaktan på bättre anpassad teknik, vara en tillräckligt god barrspridning.

Enligt Skogsstyrelsens rekommendationer skall den kompenserande askgivans storlek baseras på dess kalkverkan, d.v.s. summan basiska katjoner (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}). Askan som används vid mineralnäringskompensation bör vara stabiliserad och långsamlöslig. Mer än tre ton aska TS bör inte påföras under beståndets omloppstid.

Skogsbränslehantering i dag och framtida utvecklingsmöjligheter

Skogsbränsleuttag sker till helt övervägande del i form av uttag av grot (grenar och toppar) från slutavverkning. Genom s.k. bränsleanpassad avverkning koncentreras groten till högar med en höjd av 1,5 – 2 meter. Grothögarna täcker sannolikt mindre än 15 % av hyggets yta (Jacobsson & Filipsson 1999).

Grothögarna lämnas att torka under vår och försommar innan de skotas ut till en välda i närheten av bilväg eller flisas direkt på hygget. Beroende på väderförhållanden och den bränsleanpassade högens placering på hygget torkar och faller en större eller mindre del av barren av under torkprocessen.

Ett problem är att vi i dag ej vet om man kommer att klara Skogsstyrelsens krav på att lämna merparten av barren tillräckligt jämnt spridda på hygget. Detta leder till tankar kring hur skogsbränsleuttaget ska utvecklas för att klara Skogsstyrelsens rekommendationer samtidigt som verksamheten ska drivas med lönsamhet. Flera utvecklingsvägar kan tänkas:

- Utveckling av dagens teknik med inriktning mot en mera aktiv barravskiljning och spridning av barren på hygget.
- Uttag av färskt material där kompensationen delvis kan ske i form av kvarlämnande av delar av groten inklusive barr.
- Näringskompensation i form av aska eller både aska och kväve.

Askhantering – industrins behov

Med de skatter som infördes 2000 belastas deponi av bl.a. aska med 250 kr per ton (våt aska). Till detta kommer kostnader för behandling och hantering av askan före deponering samt kostnader för skötsel av deponi. Dessa sammanlagda kostnader kan överstiga kostnaden för agglomerering, hantering och spridning av askan i skogen. Det kan därför finnas ett ekonomiskt intresse från en skogsindustri eller ett värmeverk att sprida askan i skogen för att minska dessa kostnader.

Syfte

Syftet med detta arbete har varit att belysa:

- Tillgängliga bränslemängder i form av toppar, grenar och barr i olika typer av skogsbestånd samt näringsinnehållet i dessa trädfraktioner.
- Hur skogsbränsle- och näringsuttag varierar med vald uttagsteknik.
- Kostnader och intäkter för olika uttagsalternativ av skogsbränsle samt tillhörande kostnader för kompensation med aska respektive aska och kväve.
- Skogsbränsleuttag, askåterföring och eventuell kvävekompensation i ett ekonomiskt helhetsperspektiv.

Material och metoder

Grov beskrivning av beräkningarna

- Beräkningarna baserades på fem typbestånd i slutavverkningsbar ålder plockade ur Stora Ensos svenska beståndsregister. Bestånden representerade tänkbara objekt i ståndortsintervallet T22 till G28. I dag befintliga bestånd låg till grund för beräkning av tillgänglig mängd skogsbränsle, baskatjoner och näring i barr och grenar. Efter skogsbränsleuttag antogs att nya bestånd anlades utifrån Stora Ensos gällande policy. Dessa nya bestånd framskrevs varvid kostnader och intäkter för beståndsanläggning, röjning, gallring och slutavverkning skattades.
- Ett antal alternativ för skogsbränsleuttaget i dagens slutavverkningsbestånd konstruerades och jämfördes med ett referensalternativ utan skogsbränsleuttag.
- Beräkningsalternativen för skogsbränsleuttag innefattade konventionellt bränsleuttag där groten skotas till välta och sönderdelas med mobil flisare monterad på skotarchassi samt ett framtida tänkt system där groten komprimeras i samband med rundvirkesavverkningen (en och samma maskin). Grotbuntarna skotas och transporteras sedan med konventionella skotare och lastbilar för sönderdelning på terminal eller vid slutförbrukare.
- I de olika alternativen för skogsbränsleuttag varierades uttaget av grenar mellan 50–100 % och graden av avbarrning av groten mellan 0–100 %
- Vid skogsbränsleuttag beräknades dels alternativ utan askåterföring och dels alternativ med askåterföring. Askåterföringen beräknades både för spridning på hygge och i växande skog efter förstagallringstillfället.
- Kostnaden för tillväxtförlusten skattades till virkesvärdet av två års löpande tillväxt vid förstagallringstillfället. Alternativt beräknades kostnaden för en kvävekompensation för att kompensera tillväxtförlusten orsakad av

bränsleuttaget. Denna kvävekompensation antogs genomföras vid en brösthöjdsåder av femtio år. Kostnaderna och intäkterna för samtliga skogsbränslerelaterade operationer sammanställdes i en kostnadsmatris (bränsleuttag, ask- och kvävekompensation).

- Värdena ur kostnadsmatrisen för skogsbränslerelaterade operationer tillsammans med kostnader och intäkter för beståndsanläggning, skogsvård och avverkning länkades till beståndskalkyler per handlingsalternativ och bestånd.
- Beståndskalkylerna länkades till sammanställningar där resultaten över kostnader och intäkter över beståndens livscykel presenterades som nuvärden och totalt kassaöverskott.

Typbestånd

De fem typbestånden representerade objekt tänkbara för skogsbränsleuttag på Stora Ensos marker i dag. För varje objekt sammanställdes beståndsdata, tabell 1, vilka bildat underlag för beräkningar av tillgängligt skogsbränsle i form av grenar, barr och toppar, samt beräkningar av näringsuttag.

Tabell 1.

Beståndsdata för fem typbestånd där skogsbränsleuttag är tänkbart, beståndsdata representerar dagens skogstillstånd. Notera att bestånd G26 har trädslagsblandningen 550 (tall, gran, löv).

	G 24	G 26	G 28	T 22	T 26
Slutålder	101	99	91	122	97
Trädslagsblandning	271	550	280	820	730
Vol (m ³ sk)	331	379	408	306	391
Vol (m ³ fub)	276	316	340	255	326
Medelstam, (m ³ fub)	0,33	0,44	0,47	0,34	0,49
g-yta, m ²	32	35,0	36,0	31	36
Dgv, cm	23,0	26,0	26,0	24,0	27
Stam/ha	827	725	725	755	663
Med.höjd, dm	215	230	240	210	235

Som underlag för de ekonomiska beräkningarna sammanställdes kostnader och intäkter för beståndsanläggning, skogsvård och avverkningar utifrån Stora Ensos erfarenheter, tabell 3. Dessa åtgärder beräknas genomföras i bestånd vilka anläggs i dag och växer enligt Stora Ensos prognoser för framtida bestånd, tabell 2.

Tabell 2.

Jämförelse av beståndsdata vid slutavverkningstidpunkten för dagens bestånd ur vilka skogsbränsle skördas och de framtida bestånden vilka anläggs efter skogsbränsleskörden och sedan bildar underlag för beräkning av kostnader och intäkter för övriga skogliga åtgärder under en livscykel (exklusive skogsbränsleskörd).

SI	Slutavv.år	m ³ sk/ha	m ² /ha	dg	stam/ha	Skogsbränsle brutto, tts/ha	
						Grot	Barr
Dagens bestånd ur vilka skogsbränsle skördas							
T22	122	306	31,0	22,9	755	24,3	8,3
T26	97	391	36,0	26,3	663	28,7	10,0
G24	101	331	32,0	22,2	827	31,7	13,2
G26	99	379	35,0	24,8	725	32,1	12,8
G28	91	408	36,0	25,1	725	36,5	16,5
Framtida bestånd vilka anläggs efter skogsbränsleskörd							
T22	109	329	36,1	23,9	804	25,1	6,9
T26	81	367	38,5	24,4	823	28,1	7,5
G24	90	342	36,9	22,7	912	40,8	20,4
G26	82	397	42,0	26,2	778	38,6	15,0
G28	83	442	43,6	24,9	896	47,7	23,2

Tabell 3.

Åtgärdstidpunkt samt tillhörande kostnader och intäkter för typbestånden – framtidens bestånd, exklusive skogsbränslerelaterade kostnader och intäkter, bestånden antas anläggas i dag och växa framgent enligt Stora Ensos prognoser.

Åtgärd	G 24		G 26		G 28		T 22		T 26	
	År	Belopp	År	Belopp	År	Belopp	År	Belopp	År	Belopp
Markberedning	1	-1 150	1	-1 150	1	-1 250	1	-1 100	1	-1 150
Plantering	2	-4 600	2	-5 000	2	-5 200	2	-4 600	2	-5 000
Hj.plantering	3	-575	3	-625	3	-975	3	-575	3	-950
Röjning 1	6	-2 200	6	-2 200	5	-2 200	12	-2 200	6	-2 200
Röjning 2	13	-2 200	13	-2 200	11	-2 200	0	0	11	-2 200
Gallring 1	45	4 235	37	2 654	38	6 543	44	2 140	31	2 340
Gallring 2	60	5 140	52	7 564	53	7 583	69	4 253	46	4 953
Slutavverkning	90	82 280	82	105 346	83	118 091	109	84 380	81	98 123
Summa		80 930		104 389		120 392		82 298		93 916

Beräkning av grotmängder och näringsuttag

Utifrån beståndsdata från respektive typbestånd, representerande dagens skogstillstånd, simulerade diameterfördelningar, och befintliga biomassa-funktioner (Marklund, 1988), beräknades tillgängliga mängder trädrester, fördelat på de två fraktionerna barr och grenar+toppar. Mängden trädrester angavs i den ”neutrala” sorten ton torrsubstans (tts), tabell 4.

Tabell 4.

Potentialen grenar och toppar i dagens slutavverkningsbestånd enligt Marklunds funktioner, tts.

	Bestånd				
	G24	G 26	G 28	T 22	T 26
Grenar	31,7	32,1	36,5	24,2	28,7
Barr	13,2	12,8	16,5	8,3	10,0
Totalt	44,9	44,9	53,0	32,6	38,8

Näringsuttaget, i form av kiloekvivalenter baskatjoner per hektar, samt för näringsämnenen N, P, K, Ca och Mg (kg/ha), beräknades med utgångspunkt från kända näringshalter i respektive trädrestfraktion.

Tabell 5.

Bränslemängder brutto tTS/ha i form av grenar, toppar och barr samt dess näringsinnehåll, kg/ha för ämnena N, P, K, Ca, Mg, kiloekvivalenter baskatjoner, beräknade med utgångspunkt från kända näringshalter i respektive trädrestfraktion per träslag. Den kompensande askgivan som krävs för att neutralisera bränsleuttagets försurande verkan, ton/ha (SkogForsks normalaska).

	Bränsle, brutto tTS/ha	Näringsinnehåll, kg/ha					Kompenserande askgiva	
		N	P	K	Ca	Mg	BC (kmol(c)/ha)	Baskatjoner, ton/ha
T22	32,6	194,7	21,1	83,0	101,8	18,6	8,9	0,9
T26	38,8	238,2	26,3	101,9	130,2	23,1	11,3	1,1
G24	44,9	316,3	35,8	132,2	189,1	31,0	15,9	1,6
G26	44,9	295,0	33,3	126,7	168,8	29,1	14,5	1,5
G28	53,0	372,6	43,0	160,6	222,9	37,4	19,0	1,9

Skogsbränsleuttag

Metoder för skogsbränsleuttag

I beräkningarna har både ett konventionellt skogsbränslesystem och ett framtida, tänkt, system använts. Kostnader och intäkter för bränslehanteringen baserades på SkogForsks kalkyler (Brunberg et al. 1998, Andersson & Nordén 1998), för dessa system korrigerade med Stora Ensos erfarenhetstal för det konventionella systemet, se tabell 8.

Det konventionella systemet bestod av

- bränsleanpassad avverkning med engreppsskördare,
- försommartork på hygget,
- skotning till välta vid eller nära väg, papptäckning,
- flisning i välta med mobil flisare,
- transport med containerfordon till slutförbrukare.

Det mera visionära systemet baserades på en analys utförd av SkogForsk, (Glöde 2000), där skördaren byggts ihop med en komprimeringsutrustning för grenar och toppar. Det tänkta systemet bestod av

- integrerad skördare – buntare,
- konventionell skotare för rundvirke och bränslebuntar,
- konventionell virkesbil för rundvirke och bränslebuntar, eventuellt kompletterad med någon täckning för att förhindra att findelar faller av vid lastbilstransporten
- transport av bränslebuntar till terminal eller slutförbrukare för sönderdelning

Glöde beräknade att kostnaden för det visionära systemet skulle kunna sänka systemkostnaden med 22 – 36 % jämfört med ett konventionellt flissystem. Detta förutsatt att skördarens prestation, med avseende på rundvirkesskörden inte påverkas, utnyttjandet av buntaggregatet är 1 500 timmar per år och att investeringen för buntaggregatet motsvarar en investering på 1 – 1,5 miljoner kr.

I dessa analyser har buntkostnaden med det visionära systemet satts till 20 kr/m³s, vilket tillsammans med övriga antaganden om kostnaderna för ett buntsystem sänker kostnaden jämfört med det konventionella flissystemet med drygt 20 %, se tabell 9.

Tillvaratagandegrad av grenar och graden av avbarrning

I de olika alternativ för bränsleuttag som konstruerades har uttaget av grenar, toppar och barr varierats. De olika alternativen beskrivs i detalj på sid. 16–17. För det konventionella alternativet sattes uttaget till 85 % av grenarna och vid avbarrningen antogs att 50 % av barren lämnades kvar på hygget.

Ett annat alternativ som beräknades utgick från att 85 % av grenarna togs ut vid skogsbränsleskörden men med den skillnaden att en fullständig avbarrning skedde före uttaget. Den fullständiga avbarrningen antogs kunna uppnås genom en kombination av torkning och mekanisk behandling, t.ex. skakning med gripen vid lastning. Kostnaden för den aktiva avskiljningen har bedömts till ca 5 kr/m³s. Bedömningen baseras på att kranarbetet fördubblas.

Ett antal alternativ med grönt uttag och olika andel av kvarlämnande av grönt material beräknades för det konventionella systemet samt för det framtida integrerade systemet.

I beräkningarna antogs vidare att man genom att lämna delar av grotmängden kvar på hygget kan del av näringsuttaget vid uttag av färsk grot kompenseras till en nivå motsvarande uttag av avbarrad grot.

Askåterföring

Askåterföring antogs i kalkylerna genomföras med valspletterad askprodukt. Askan förutsattes ha sådan kvalitet att den kunde spridas på hygge. Som jämförelse beräknades också spridning av aska efter 1:a gallringstillfället i växande skog.

Kostnaderna för askhantering och spridning baserades på Storas Ensos erfarenheter från projektet Kretsloppsanpassning av bioaskor – Valsplettering, (Lövgren m.fl., 2000), Storskalig askåterföring i Mellansverige (Hansson, 1998) samt SkogForsks litteraturstudier (Andersson & Westerberg, 1998).

I samtliga fall då askåterföring ingått i beräkningarna har en giva på 3 ton/ha använts. Askåterföringen har antagits vara indifferent för tillväxten i beståndet.

Tabell 6.

Beräknad askåterföringskostnad baserad på Stora Ensos erfarenheter från projekt "Valspelletering", "Storskalig askhantering i Mellansverige" samt SkogForsks litteraturstudier, kr/ton befuktad aska.

	Hygge	Gallring
Valspelletering	90	90
Hantering-lager-lastning	20	20
Transport, 60 km	60	60
Spridning	125	175
Summa	295	345

Kostnad för tillväxtförlust och kompensationsgödsling med kväve

I analyserna har en tillväxtnedläggning p.g.a. skogsbränsleuttaget antagits motsvara två års tillväxt för både tall och gran under en omloppstid. Antagandet baseras på MKB för skogsbränsle (Egnell m.fl. 1998).

Kostnaden för tillväxtförlusten beräknades schablonmässigt som virkesvärdet av två års löpande tillväxt vid förstagallringstillfället. Alternativt antogs att tillväxtförlusten orsakad av bränsleuttaget kunnat kompenseras med en kvävegödsling.

Tabell 7.

Skattning av värdet för tillväxtförlusten orsakad av skogsbränsleuttag, nettovärdet av två års löpande tillväxt vid förstagallringstillfället, kr/ha samt nuvärde kr/ha

Bestånd	Gallring	Löpande tillväxt		Avv. Vol.	Virkesvärde, netto		2-års löpande tillväxt, värde	
		År	m ³ sk		m ³ fub	Kr/ha	Kr/m ³ fub	kr
T22	44	5,2	4,4	38	2 140	56	492	166
T26	31	8,1	6,8	40	2 340	59	796	370
G24	45	7,3	6,1	40	4 235	106	1 298	427
G26	37	9,6	8,1	37	2 654	72	1 157	464
G28	38	10,2	8,6	55	6 543	119	2 039	798

Kvävegödsling antogs ske vid beståndsåldern femtio år. Kostnaden för denna kvävegödsling har för vissa uttagsalternativ av skogsbränsle reducerats. Denna reduktion hänförs till att den normala givan i dessa fall ger en tillväxteffekt som är större än tillväxtförlusten orsakad av skogsbränsleuttaget.

I genomsnitt finns ca hälften av den sammanlagda mängden kväve i trädresterna i barren och hälften i grenar och toppar. Vi har antagit att en normalgödselgiva på 150 kg kväve kompenserar för tillväxtförlusterna vid grotuttag utan avbarrning. Om samtliga barr lämnats på hygget har vi antagit att kvävegödslingen ger en mertillväxt motsvarande 50 % av givan.

Det går inte att minska kvävegivan proportionellt mot förändringen i kväveuttag i skogsbränsleuttaget. Effekten av gödslingen avtar snabbt under visst tröskelvärde, därav lösningen i dessa kalkyler att minska kostnaden för kvävegödslingen när tillväxteffekten är större än tillväxtförlusten orsakad av bränsleuttaget.

Bränsleuttagets påverkan på beståndsanläggning och planteringskostnader

Nedan har de faktorer som påverkar grundförutsättningarna i kalkylerna sammanställt, materialet baseras på tidigare analys av kostnaderna för tillväxtned-

sättningen vid bränsleuttag och nyttan av förenklad skogsvård (Mattsson, 1999). Graden av påverkan har bedömts utifrån litteraturstudier.

Tillväxtnedsättning

En rad studier tyder på att höjdtillväxten på planterad gran påverkas negativt av skogsbränsleuttag i slutavverkning, medan höjdtillväxten på tall påverkas i mindre grad (bl.a. Sinclair m.fl., 1992 och Egnell m.fl., 1996). Tillväxtnedsättningen visar inga samband med aktuella ståndortsindex. I en sammanställning av olika studier (Egnell m.fl. 1998) bedöms tillväxtnedsättningen motsvara i genomsnitt två års tillväxt för både tall och gran under en omloppstid.

Ökad plantöverlevnad

Plantöverlevnaden har i flera studier varit högre efter uttag av skogsbränsle (bl.a. Sinclair m.fl., 1992 och Egnell m.fl., 1996). I en sammanställning av en mängd studier (Egnell m.fl., 1998) varierar den relativa plantöverlevnaden mellan 70 och 180 % för tall och mellan 85 och 130 % för gran.

I kalkylerna har effekten av ökad plantöverlevnad antagits minska planteringskostnaden för tall tack vare möjligheten att sätta ett mindre antal plantor per hektar. Minskningen av planteringskostnaden tack vare högre plantöverlevnad är satt till 5 % i alla talldominerade bestånd.

Trädrestklass och minskad kostnad för plantering

Uttag av skogsbränsle påverkar genomförandet av markberedning och plantering positivt genom att hindrande trädrester tas bort. Denna påverkan har ett samband med mängden trädrester och deras rumsliga fördelning före skogsbränsleuttaget. Med hjälp av SkogForsks Terrängtypsschema (Berg, 1995) klassas mängden och fördelningen av trädresterna i fem olika klasser, där klass 1 innebär att högst 10 % av ytan täcks av ett lager trädrester tunnare än 10 cm, medan klass 5 innebär att 90–100 % av ytan täcks och lagret fläckvis är mer än 30 cm.

I kalkylerna ligger trädrestklassen till grund för förändringarna av skogsvårdskostnaderna efter skogsbränsleuttag. Klasserna har då grovt bedömts genom att de antagits ha ett direkt samband med ståndortsindex så att $SI < 24$ ger klass 2, $24 \leq SI \leq 26$ ger klass 3 och $SI > 26$ ger klass 4. Efter uttag av skogsbränsle antas trädrestklassen vara 1.

Tidsåtgången för plantering har bedömts med hjälp av Stora Enso's bortsättningsnormer (Anon, 1985). Genom att minska utbetalningarna för planteringen med motsvarande procenttal efter uttag av skogsbränsle, tas hänsyn till de prestationsförbättringar som kan följa av att hindrande trädrester transporterats bort.

I vissa fall kan skogsbränsleuttag ge möjligheter till tidigareläggning av markberedningen. Detta innefattas ej i kalkylerna.

Tabell 8.

Trädrestklassernas påverkan på tidsåtgången tolkat som procentuell minskning av kostnaden vid plantering efter skogsbränsleuttag.

Trädrestklass	Minskning av kostnader vid skogsbränsleuttag, %
	Plantering (Anon. 1985)
1	0
2	2,4
3	4,8
4	7,1
5	9,5

Alternativ vid skogsbränsleuttag

Skogsbränsleuttag med och utan askåterföring har jämförts med ett referensalternativ med endast rundvirkesuttag. Jämförelserna resulterar i nuvärden och kassaöverskott sett över beståndets livscykel. Alternativen med bränsleuttag har i samtliga fall beräknats både med och utan kompenserande kvävegiva.

1. Referensalternativ

För samtliga bestånd har nuvärde och kassaöverskott beräknats för ett referensalternativ utan skogsbränsleuttag.

2. Slutavverkning med bränsleuttag, ingen askåterföring

2.1. Konventionellt system – Groten avbarrad till 100 % (med ny okänd teknik).

- förutsätter ”avskakning” av barren, vilket ger förhöjd skotningskostnad
- tillvaratagandegrad av grot: 85 %
- i de alternativ där kompensationsgödsling med kväve beräknas antas denna utföras år 50, halva gödselgivan beräknas åtgå för att kompensera näringsuttaget vid skogsbränsleuttaget. Hälften av gödslings-effekten antas därför ge en mertillväxt jämfört med referensalternativet. Halva gödslingskostnaden nyttjas i kalkylerna.

2.2 Dagens konventionella system – Groten avbarrad till 50 %

- tillvaratagandegrad av grot: 85 %, 50 % av barren faller på hygget
- = kompensationsgödsling med kväve vid år 50, 25 % av gödslings-effekten ger en mertillväxt varför endast 75 % av gödslingskostnaden räknas med i kalkylen.

2.3 Slutavverkning med bränsleuttag – Groten tas ut färsk, ingen askåterföring

2.3.1 Konventionella system

2.3.1.1. Konventionellt system – Groten tas ut färsk, ingen avbarrning

- tillvaratagandegrad av grot: 85 %

- lämna så mycket grot (inklusive barr) som motsvarar näringsmängden av alla barr (100 % avbarrning)
- Jämför system 2.2 kompensationsgödsling med kväve vid 50 års ålder, hälften av gödslingseffekten ger en mertillväxt varför halva gödslingskostnaden nyttjas i kalkylerna.

2.3.1.2. som system 2.3.1.1. men

- lämna så mycket grot (inklusive barr) så att näringsuttaget motsvarar det vid 100 % avbarrning
- Jämför system 2.1. kompensationsgödsling med kväve år 50, hälften av gödslingseffekten ger en mertillväxt varför halva gödslingskostnaden nyttjas i kalkylerna.

2.3.2 Integrerad skörd – Groten tas ut färsk, ingen avbarrning

- tillvaratagandegrad av grot: 100 % (10 % av barren faller dock av vid komprimeringen)
- lämna så mycket grot (inklusive barr) som motsvarar näringsmängden av alla barr =(90 % av barren)
- kompensationsgödsling med kväve år 50, hälften av gödslingseffekten ger en mertillväxt varför halva gödslingskostnaden nyttjas i kalkylerna.

3. Slutavverkning med bränsleuttag och askåterföring

3.1 Konventionella system

3.1.1. Konventionellt system – askgödsling på färskt hygge

- groten tas ut färsk, ingen avbarrning
- tillvaratagandegrad av grot: 85 %
- kompensationsgödsling med aska på färskt hygge,
- hela kvävegivan (år 50) åtgår för att kompensera näringsuttaget vid skogsbränsle.

3.1.2. Konventionellt system – askgödsling i gallringskog, efter 1:a gallring

- som 3.1.1. men kompensationsgödsling med aska efter 1:a gallring.

3.2 Integrerad skörd

3.2.1. Integrerad skörd – askgödsling på färskt hygge

- Integrerad skörd där groten tas ut färsk utan avbarrning, 10 % av barren faller vid komprimeringen.
- kompensationsgödsling med aska på färskt hygge
- hela kvävegivan (år 50) åtgår för att kompensera näringsuttaget vid skogsbränsle.

3.2.2. Integrerad skörd – askgödsling i gallringskog, efter 1:a gallring

- som 3.2.1. men kompensationsgödsling med aska efter 1:a gallring.

Kostnadsmatris

Kostnaderna för de skogsbränslerelaterade operationerna har sammanställts i en matris vilken används tillsammans med beståndsdata och övriga kostnader och intäkter per bestånd för att beräkna nuvärden och kassaöverskott per bestånd och handlingsalternativ.

Tabell 9.
Kostnadsmatris för skogsbränslerelaterade operationer.

Konventionellt flissystem, kr/m ³ s	Kostnad till skogsbränsleuttag							
	Ej askåterföring				Askåterföring			
	2.1	2.2	2.3.1	2.3.2	3.1.1	3.1.2	3.2.1	3.2.2
Markägare	12	12	12		12	12		
Skotning	22	22	22		22	22		
Barravskiljning	5							
Flisning	37	37	37		37	37		
Transport 60 km	20	20	20		20	20		
Lager 20 % á 15 kr/m ³ s	3	3	3		3	3		
Vägar, inkurans m.m.	6	6	6		6	6		
Summa	105	100	100		100	100		
Framtida, integrerat system								
Markägare				12			12	12
Buntning				20			20	20
Skotning				8			8	8
Transport 1 t. terminal 30 km				10			10	10
Sönderdelning				10			10	10
Lagerkostnad 100 %				10			10	10
Transport 2, 40 km				8,5			8,5	8,5
Summa integrerat				78,5			78,5	78,5
Askåterföring, kr/vått ton								
Valspelletering					90	90	90	90
Hantering-lager-lastning					20	20	20	20
Transport, 60 km					60	60	60	60
Spridning					125	175	125	175
Summa					295	345	295	345
N-gödsling, kr/ha	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500
Intäkt, kr/m³s	100	100	100	100	100	100	100	100

Ekonomiska beräkningar

Nuvärdesberäkningarna är gjorda med 2,5 % kalkylränta. Ingen upprepningskorrektur har gjorts eftersom omloppstiden för varje alternativ som skall jämföras är densamma. Minskade planteringskostnader samt ökad plantöverlevnad har tillgodoräknats de alternativ som innefattar skogsbränsleuttag. I de kompensationsgödslade alternativen har tillväxtförlusterna helt kompenserats. I de icke kompensationsgödslade alternativen har kostnaden för tillväxtförlusten beräknats som netto virkesvärde för två års löpande tillväxt vid förstagallrings-tillfället.

Resultat

Uttagsalternativ

Beräknat bränsle- och näringsuttag för respektive uttagsalternativ är i tabell 9–12 samt figur 8–9 redovisade för bestånd G26, (50 % tall och 50 % gran). Värdena för övriga bestånd redovisas i bilaga 3.

Näringsuttaget i alternativet med konventionellt uttag med fullständig avbarrning (2.1) kan närmast jämföras med uttagsalternativ (2.3.1.2.) d.v.s. uttag av färskt skogsbränsle med konventionell teknik där hälften (49 % i bestånd G26) av grenarna och topparna lämnas kvar på hygget

Näringsuttaget vid konventionellt uttag som det genomförs i dag (2.2) kan närmast jämföras med två alternativ:

- Uttag av färskt skogsbränsle med konventionell teknik där så mycket grot lämnas som motsvarar näringsmängden i alla barr, (2.3.1.1.).
- Integrerad skörd där färsk grot tas ut men grot motsvarande näringsmängden av 90 % av barren lämnas (2.3.2.).

Alternativen 3.1 och 3.2 ger de högsta bränsleuttagen och följaktligen högst uttag av baskatjoner och kväve, då det i dessa alternativ antas att i det närmaste all grot i beståndet tas ut färsk.

Tabell 10.

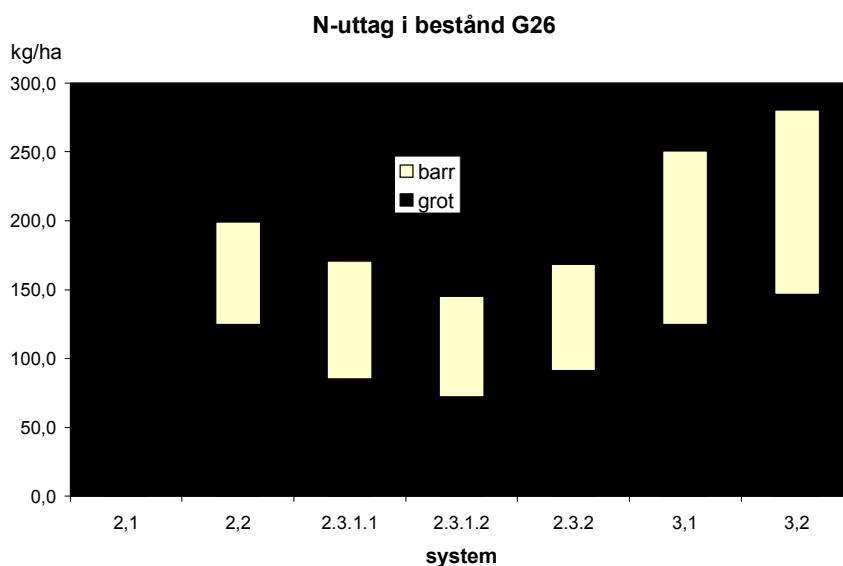
Bränsle- och näringsuttag vid olika uttagsalternativ för bestånd G26 samt storleken på kompenserande askgiva räknat på ekvivalenter baskatjoner.

System	Bränsle- uttag tts/ha	Näringsuttag, kg/ha					Kilo ekvivalenter Baskatjoner BC (kmol(c)/ha	Kompenserande Askgiva baskatjoner, ton/ha
		N	P	K	Ca	Mg		
2.1.	27,3	125	14	56,0	86,2	14,5	7,1	0,7
2.2.	33,7	199	22	86,4	119,9	20,5	10,2	1,0
2.3.1.1.	26,0	171	19	73,4	97,8	16,9	8,4	0,8
2.3.1.2.	22,1	145	16	62,4	83,1	14,3	7,2	0,7
2.3.2.	26,6	168	19	72,6	98,1	16,9	8,4	0,8
3.1.	38,1	251	28	107,7	143,5	24,7	12,3	1,2
3.2.	43,6	280	32	120,6	162,1	27,9	13,9	1,4

Tabell 11.

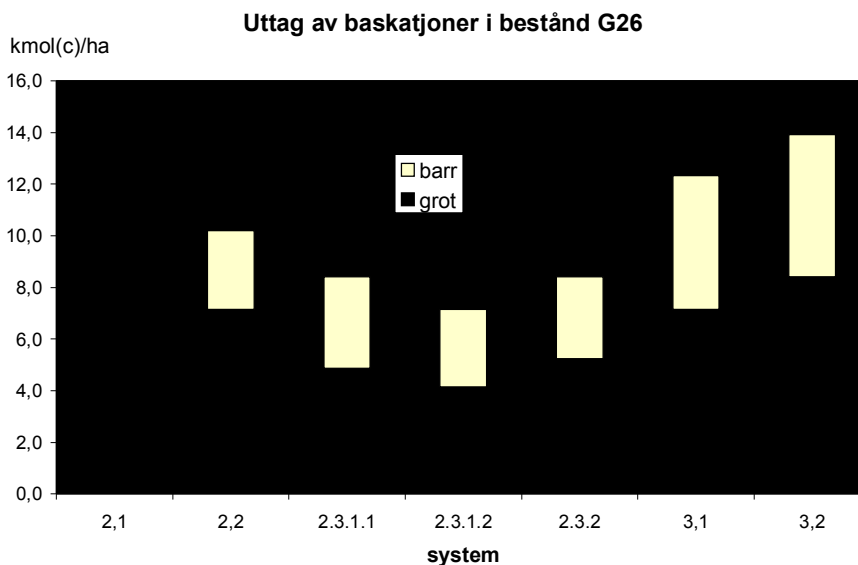
Uttag av kväve samt baskatjoner för de olika uttagsalternativen fördelat på gren+topp respektive barr.

System	Uttag kväve, kg/ha			Uttag baskatjoner, kg/ha		
	Gren+topp	Barr	tot	Gren+topp	Barr	Tot
2.1	125		125	7,2		7,2
2.2	125	74	199	7,2	3,1	10,2
2.3.1.1	85	86	171	4,9	3,5	8,4
2.3.1.2	72	73	145	4,1	3,0	7,2
2.3.2	91	77	168	5,2	3,2	8,4
3.1	125	126	251	7,2	5,2	12,3
3.2	147	134	280	8,4	5,5	13,9



Figur 8.

Uttag av kväve för de olika uttagsalternativen, fördelning på grot (grenar och toppar) samt barr, kg/ha.



Figur 9.

Uttag av baskatjoner (skoogsbränsleuttaget) för de olika uttagsalternativen, fördelning på gren+topp respektive barr.

Tabell 12.

Kassaöverskott och nuvärden för bestånd G 26, kvävekompensation.

	Rundv.	Rundvirkesuttag, bränsleuttag samt kvävekompensation									
	Ref.	Ej askåterföring					Askåterföring				
	Ej uttag	Avbarrat		Färskt							
		2.1	2.2	2.3.1.1	2.3.1.2	2.3.2	3.1.1	3.1.2	3.2.1	3.2.2	
Avbarrning, %	100	100	50	0	0	10	0	0	10	10	
Uttag Grot, %	0-	85	85	58 – Motsv. 2.2	49 – Motsv. 2.1	62 – Motsv. 2.2	85	85	100	100	
Teknik	-	Flis	Flis	Flis	Flis	Integ	Flis	Flis	Integ	Integ	
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	Hygge	Gallring	Hygge	Gallring	
Gödslingseffekt, %	-	50	25	50	50	50	0	0	0	0	
Bränsleuttag, Tts	(44,9)	27,3	33,7	26	22	26,6	38,2	38,2	43,6	43,6	
Åtgärd	-										
Skogsvård	-11 175	-10 891	-10 891	-10 891	-10 891	-10 891	-10 891	-10 891	-10 891	-10 891	
Askåterföring *	-	-	-	-	-	-	-1 106	-1 294	-1 106	-1 294	
Kompensationsgödsling	-	-750	-1 125	-750	-750	-750	-1 500	-1 500	-1 500	-1 500	
Netto Bränsle	-	-640	0	0	0	3 204	0	0	5 246	5 246	
Netto Rundvirke	115 564	115 564	115 564	115 564	115 564	115 564	115 564	115 564	115 564	115 564	
Summa	104 389	103 283	103 548	103 923	103 923	107 127	102 067	101 879	107 313	107 125	
		Nuvärden vid 2,5 % ränta, Bestånd G 26									
Åtgärd	-										
Skogsvård	-9 954	-9 688	-9 688	-9 688	-9 688	-9 688	-9 688	-9 688	-9 688	-9 688	
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	-1 106	-494	-1 106	-494	
Kompensationsgödsling	-	-218	-327	-218	-218	-218	-436	-436	-436	-436	
Netto Bränsle	-	-624	0	0	0	3 204	0	0	5 246	5 246	
Netto Rundvirke	17 067	17 067	17 067	17 067	17 067	17 067	17 067	17 067	17 067	17 067	
Summa nuvärde	7 113	6536	7052	7 161	7 161	10 364	5 636	6 449	11082	11 695	

* Askåterföringskostnaden baseras på en kostnad på 295 kr/befuktat ton aska respektive 345 kr/ton befuktad aska (hygge respektive gallring). För att sprida 3 ton torrsbstans aska per ha multipliceras kostnaden för spridning med faktorn 1,25.

Tabell 13.

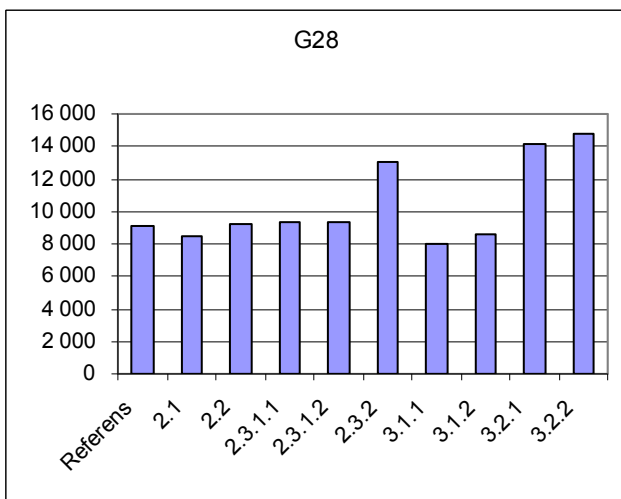
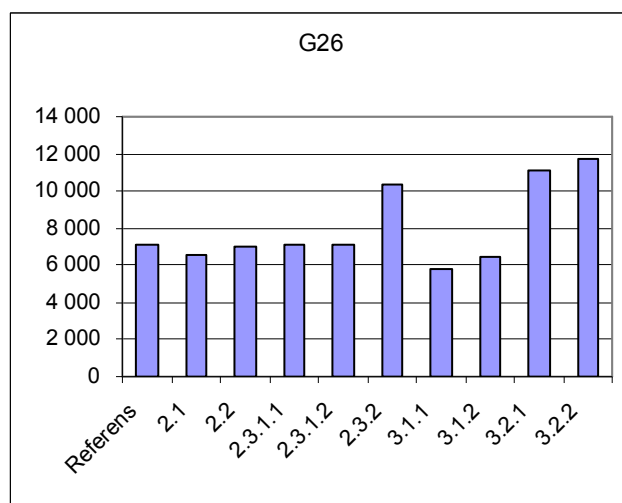
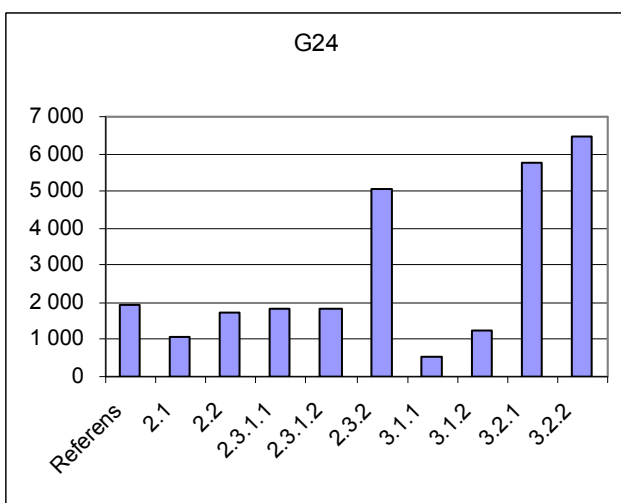
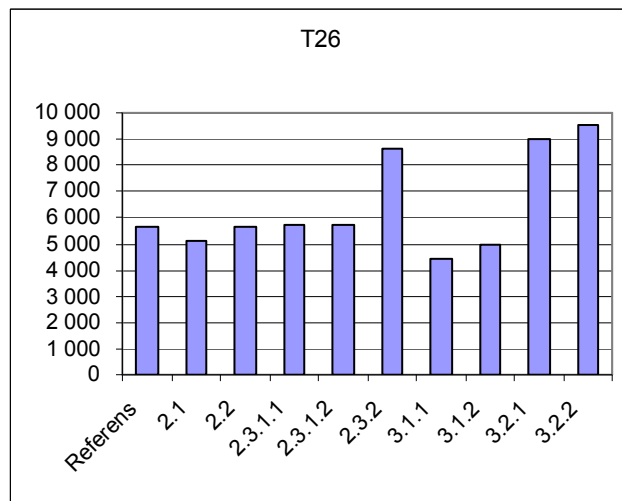
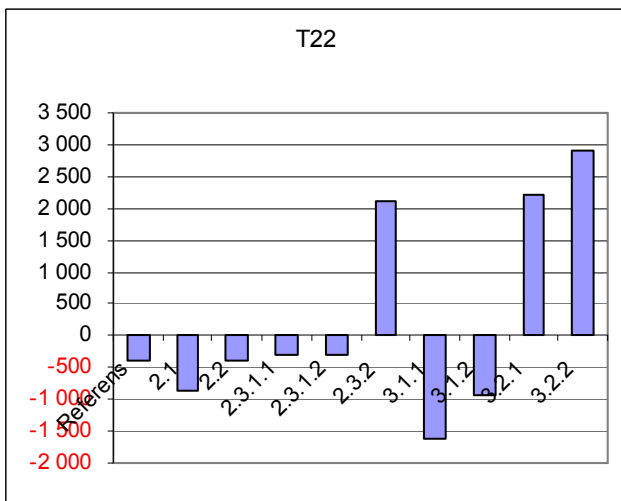
Kassaöverskott och nuvärden för bestånd G 26, ej kvävekompensation.

	Endast Rund- virkes-	Rundvirkesuttag, bränsleuttag (ej kvävekompensation)								
		Ej askåterföring					Askåterföring			
	Uttag	Avbarrat		Färskt						
		2.1	2.2	2.3.1.1	2.3.1.2	2.3.2	3.1.1	3.1.2	3.2.1	3.2.2
Avbarrning, %	100-	100	50	0	0	10	0	0	10	10
Uttag Grot, %	-0	85	85	58 – Motsv. 2.2	49 – Motsv. 2.1	62 – 2.2	85	85	100	100
Teknik	-	Flis	Flis	Flis	Flis	Integ	Flis	Flis	Integ	Integ
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	Hygge	Gallring	Hygge	Gallring
Tillväxtförlust, år	-	1	1,5	1	1	1	2	2	2	2
Bränsleuttag, Tts	(44,9)	27,3	33,7	26	22	26,6	38,2	38,2	43,6	43,6
K/I – kr/ha, Bestånd G 26										
Åtgärd	-									
Skogsvård	-11 175	-10 891	-10 891	-10 891	-10 891	-10 891	-10 891	-10 891	-10 891	-10 891
Askåterföring*	-	-	-	-	-	-	-1 106	-1 294	-1 106	-1 294
Tillväxtförlust**	-	-579	-868	-579	-579	-579	-1157	-1157	-1157	-1157
Netto Bränsle	-	-640	0	0	0	3 204	0	0	5 246	5 246
Netto Rundvirke	115 564	115 564	115 564	115 564	115 564	115 564	115 564	115 564	115 564	115 564
Summa	104 389	103 455	103 805	104 095	104 095	107 298	102 410	102 222	107 656	107 468
Nuvärden vid 2,5 % ränta, Bestånd G 26										
Åtgärd	-									
Skogsvård	-9 954	-9 688	-9 688	-9 688	-9 688	-9 688	-9 688	-9 688	-9 688	-9 688
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	-1 106	-494	-1 106	-494
Tillväxtförlust	-	-232	-348	-232	-232	-232	-464	-464	-464	-464
Netto Bränsle	-	-624	0	0	0	3 204	0	0	5 246	5 246
Netto Rundvirke	17 067	17 067	17 067	17 067	17 067	17 067	17 067	17 067	17 067	17 067
Summa nuvärde	7 113	6 523	7 031	7 147	7 147	10 350	5 809	6 421	11 055	11 667

* Askåterföringskostnaden baseras på en kostnad på 295 kr/befuktat ton aska respektive 345 kr/ton befuktad aska (hygge respektive gallring). För att sprida 3 ton torrsbstans aska per ha ökas kostnaden för spridning med 1,25.

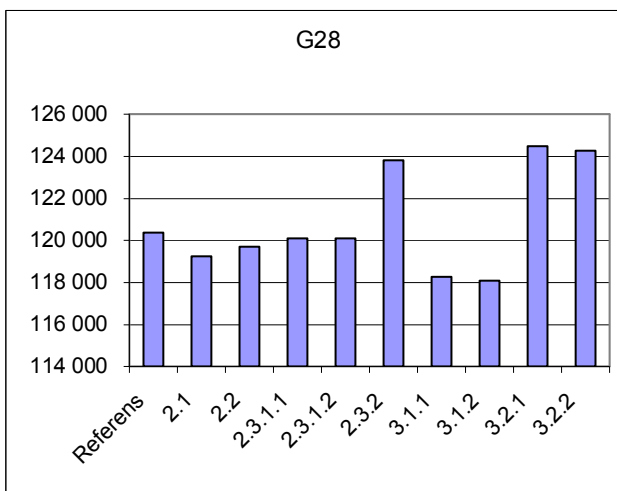
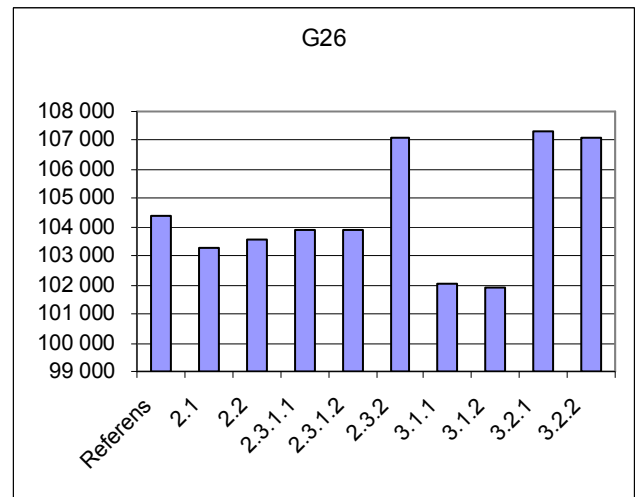
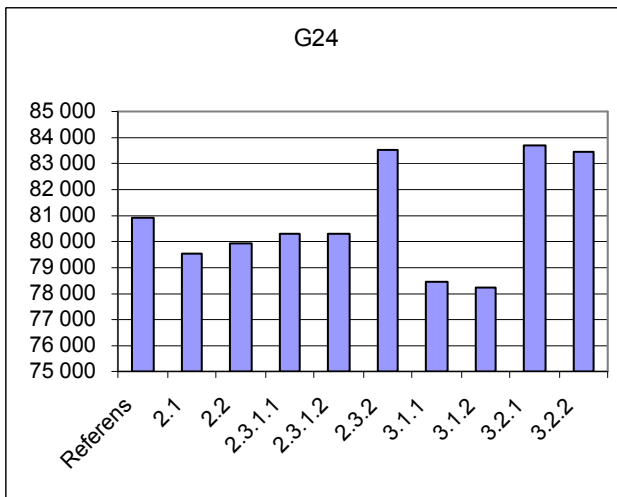
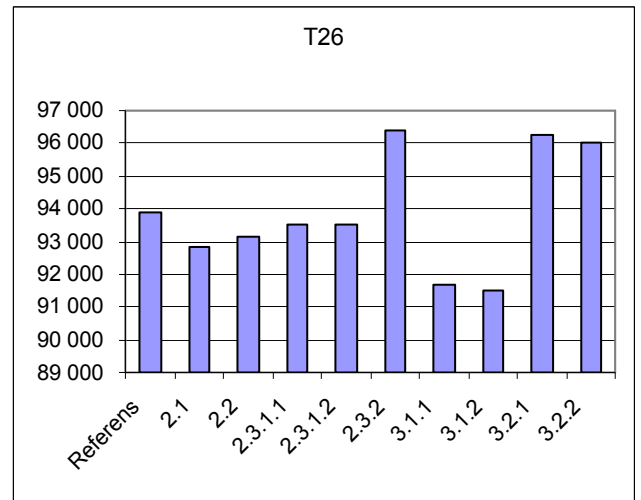
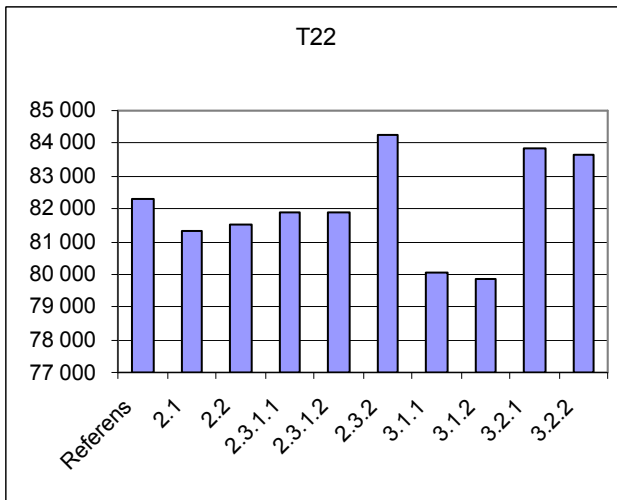
**Netto virkesvärde baserat på två års löpande tillväxt vid förstagallring.

I figurerna 10 och 13 nedan redovisas nuvärde och kassaöverskott för samtliga bestånd. I vänstra kolumnen är nuvärde och kassaöverskott beräknat med en kompensande kvävegiva och i högra kolumnen belastas resultatet av en tillväxtförlust p.g.a. skogsbränsleuttaget.



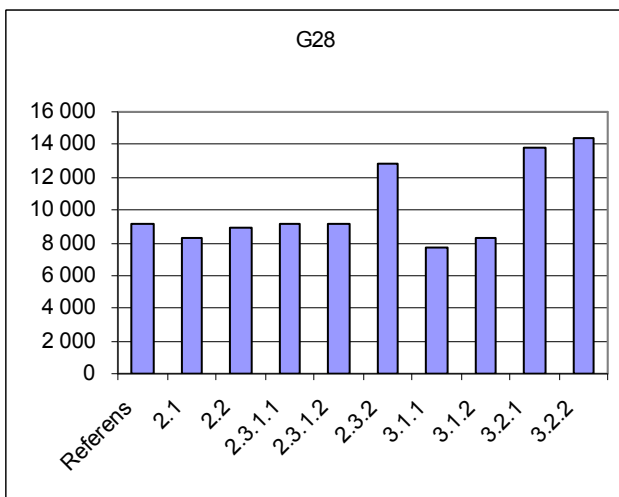
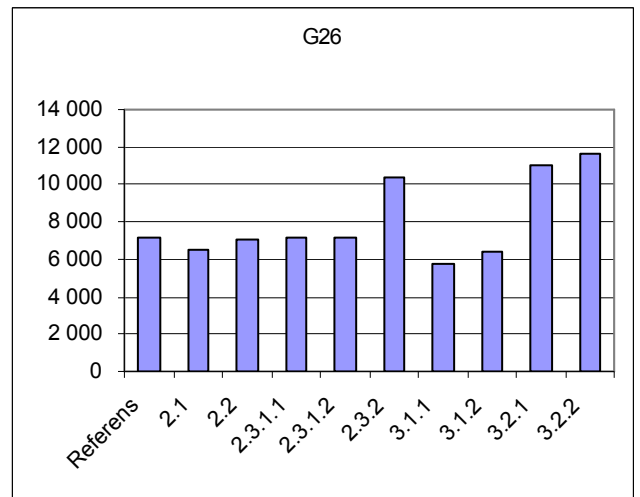
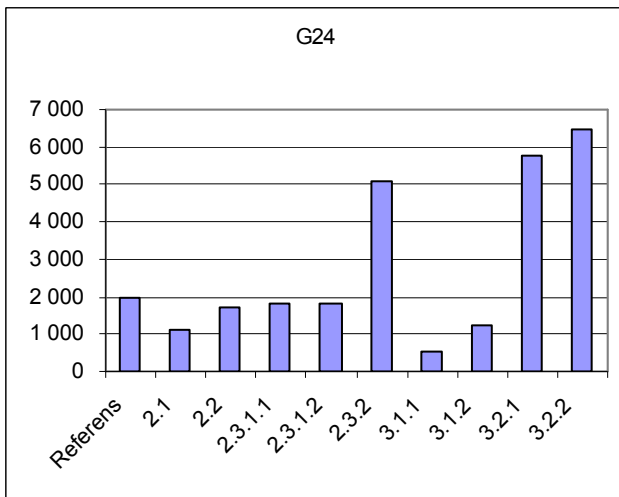
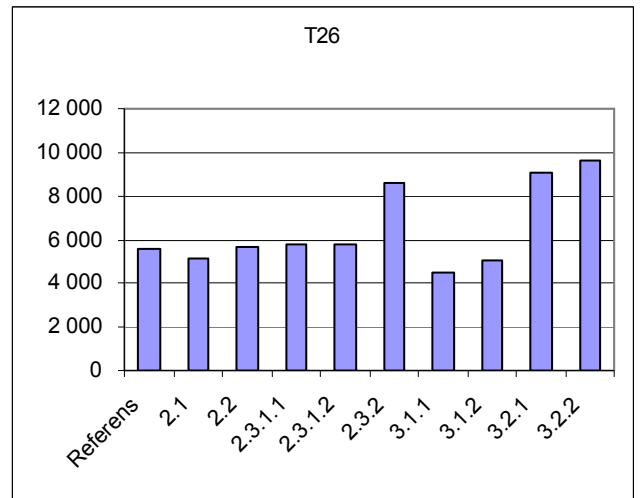
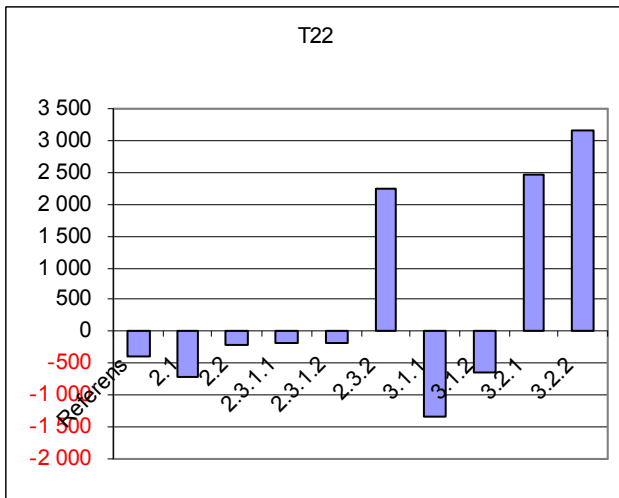
- Referens Rundvirkesuttag, ej bränsleuttag
- 2.1 Konv. syst., 100 % avbarrn., 85 % grot ut
 - 2.2 Konv. syst., 50 % avbarrn., 85 % grot ut
 - 2.3.1.1 Konv. syst., 56–60 % färsk grot ut
 - 2.3.1.2 Konv. syst., 48–51 % färsk grot ut
 - 2.3.2 Integ.syst. 61–64% färsk grot ut (10% barr kvar)
 - 3.1.1 Konv. syst., 85 % färsk grot ut, aska hygge
 - 3.1.2 Konv. syst., 85 % färsk grot ut, aska gallr
 - 3.2.1 Integ.syst. 100 % färsk grot ut (10% barr kvar), aska hygge
 - 3.2.2 Integ.syst. 100 % färsk grot ut (10% barr kvar), aska gallr

Figur 10.
Nuvärde vid 2,5 % ränta, kvävekompensation.



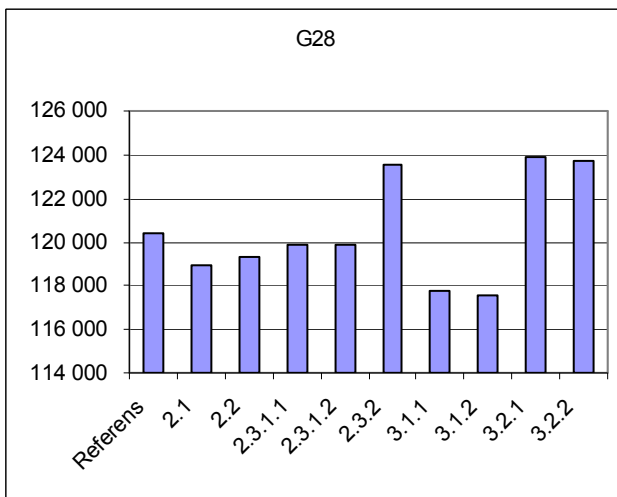
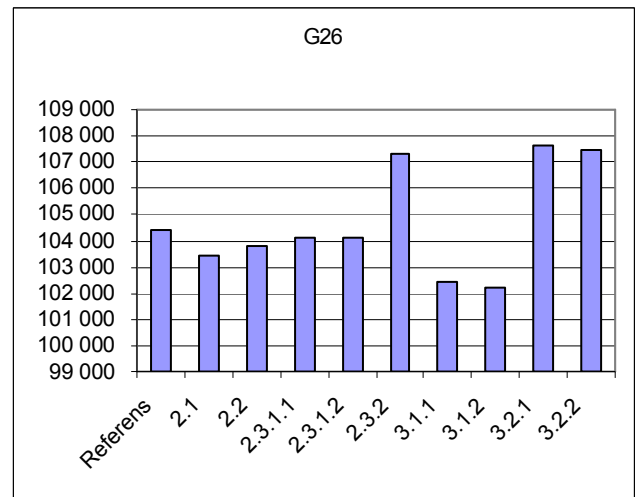
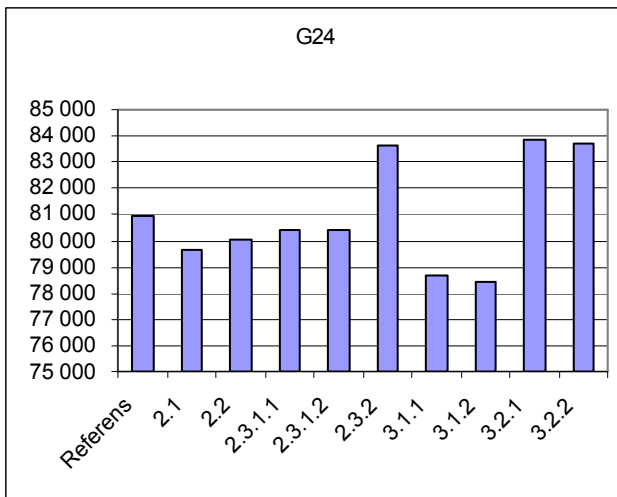
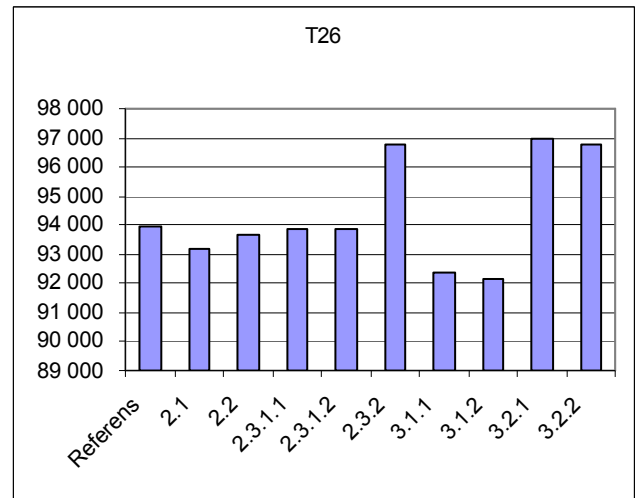
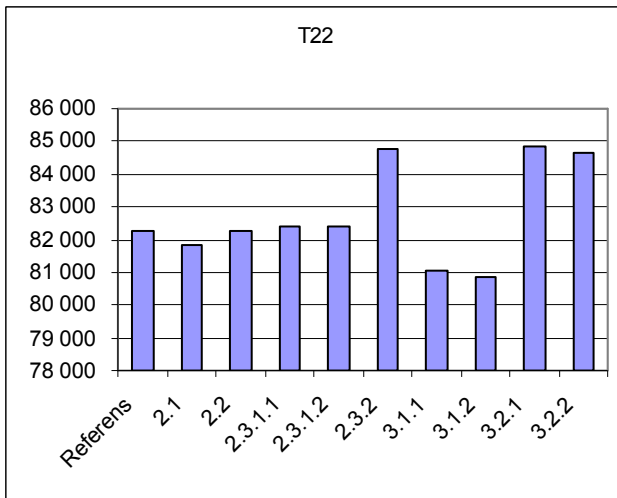
- Referens : Rundvirkesuttag, ej bränsleuttag
- 2.1: Konv. syst., 100 % avbarrn., 85 % grot ut
- 2.2: Konv. syst., 50 % avbarrn., 85 % grot ut
- 2.3.1.1: Konv. syst., 56–60 % färsk grot ut
- 2.3.1.2: Konv. syst., 48–51% färsk grot ut
- 2.3.2: Integ.syst. 61–64 % färsk grot ut (10 % barr kvar)
- 3.1.1: Konv. syst., 85 % färsk grot ut, aska hygge
- 3.1.2: Konv. syst., 85 % färsk grot ut, aska gallr
- 3.2.1: Integ.syst. 100 % färsk grot ut (10 % barr kvar), aska hygge
- 3.2.2: Integ.syst. 100 % färsk grot ut (10 % barr kvar), aska gallr

Figur 11.
Kassaöverskott, kvävekompensation.



- Referens: Rundvirkesuttag, ej bränsleuttag
- 2.1: Konv. syst., 100 % avbarrn., 85 % grot ut
- 2.2: Konv. syst., 50 % avbarrn., 85 % grot ut
- 2.3.1.1: Konv. syst., 56–60 % färsk grot ut
- 2.3.1.2: Konv. syst., 48–51 % färsk grot ut
- 2.3.2: Integ.syst. 61–64 % färsk grot ut (10% barr kvar)
- 3.1.1: Konv. syst., 85 % färsk grot ut, aska hygge
- 3.1.2: Konv. syst., 85 % färsk grot ut, aska gallr
- 3.2.1: Integ.syst. 100 % färsk grot ut (10 % barr kvar), aska hygge
- 3.2.2: Integ.syst. 100 % färsk grot ut (10 % barr kvar), aska gallr

Figur 12.
Nuvärde vid 2,5 % ränta. Ej kvävekompensation.



- Referens: Rundvirkesuttag, ej bränsleuttag
- 2.1: Konv. syst., 100 % avbarrn., 85 % grot ut
- 2.2: Konv. syst., 50 % avbarrn., 85 % grot ut
- 2.3.1.1: Konv. syst., 56–60 % färsk grot ut
- 2.3.1.2: Konv. syst., 48–51 % färsk grot ut
- 2.3.2: Integ.syst. 61–64 % färsk grot ut (10 % barr kvar)
- 3.1.1: Konv. syst., 85 % färsk grot ut, aska hygge
- 3.1.2: Konv. syst., 85 % färsk grot ut, aska gallr.
- 3.2.1: Integ.syst. 100 % färsk grot ut (10 % barr kvar), aska hygge
- 3.2.2: Integ.syst. 100 % färsk grot ut (10 % barr kvar), aska gallr

Figur 13.
Kassaöverskott. Ej kvävekompensation.

Jämförelse av kostnad för tillväxtförlust och kostnad för kompensationsgödsling

Kostnaden för full tillväxtförlust för alternativ 3 där all grot tas ut grön uppgår i beräkningarna till mellan 490 och 2 040 kr/ha (165 och 800 kr/ha i nuvärde). Kostnaden reduceras med 50 respektive 25 % i alternativ 2 beroende på hur mycket material som kvarlämnats i de olika uttagsalternativen. Kostnaden för kompensationsgödsling uppgår till 1 500 kr/ha (436 kr/ha nuvärde) för full kompensation i alternativ 3 och reduceras liksom vid beräkningen av tillväxtförlusten med 50 respektive 25 % efter andelen kvarlämnat material i alternativ 2. På de bättre boniteterna framstår kvävegödsling som klart lönsam, tabell 14.

Tabell 14.

Jämförelse av beräknade kostnader för tillväxtförlust och kvävekompensation, kr/ha, full kostnad enligt uttagsalternativ 3. Kostnaderna reduceras med 50 respektive 25 % beroende av hur mycket grenar, toppar och barr som kvarlämnas på hygget i de olika uttagsalternativen.

Bestånd	Kostnad tillväxtförlust, kr/ha		Kostnad kvävekompensation, kr/ha	
	Belopp	nuvärde	belopp	nuvärde
T22	492	166	1 500	436
T26	796	370	1 500	436
G24	1 298	427	1 500	436
G26	1 157	464	1 500	436
G28	2 039	798	1 500	436

Diskussion och slutsatser

Beräkningar av näringsuttag, tillväxtförlust och kompensation med aska och kväve

Ett av syftena med analyserna har varit att utifrån befintlig kunskap skapa en ekonomisk helhetsbild av skogsbränslehanteringen där även faktorerna barravskiljning, askåterföring och kvävekompensation ingått.

Beräkningarna har utgått från skogsbränsleskörd efter slutavverkning i faktiska typbestånd hämtade från Stora Ensos marker i Sverige samt beräkningar av kommande generations skog enligt Stora Ensos beräkningsrutiner. Kostnader för konventionella skogliga operationer är baserade på Stora Ensos omfattande driftsstatistik och kostnader från skogsbränslehantering är hämtade från SkogForsks studier av skogsbränslesystem (Brunberg m.fl., 1998) samt Stora Ensos erfarenheter. Förutom dessa relativt välkända förutsättningar innehåller också beräkningarna en rad antaganden av mera osäker natur, t.ex. kostnader för framtida teknik för integrerad bränsleavverkning samt aktiv barravskiljning. Kostnaden för askåterföring baseras på både teoretiska beräkningar och mindre fältförsök och storskalig askåterföring i Skogsstyrelsens regi i södra Sverige.

Kostnaderna för det visionära integrerade systemet förutsätter att buntningen kan utföras parallellt med rundvirkesavverkningen utan att prestationen för rundvirkesavverkningen sänks. Detta är naturligtvis mycket svårt att nå på kortare sikt. Förutsättningarna i övrigt är vad gäller investeringsnivå på buntaggregatet samt utnyttjande över året är mera realistiska och är skattade utifrån dagens kunskap om buntningstekniken.

En jämförelse av de två beräkningsmodellerna visar att den förenklade skattningen som använts i denna analys ger en något lägre nivå på kostnaden än modellen där nettointäkterna från gallring och slutavverkning skjuts två år framåt i tiden. Jämförelsen mellan beräkningsmodellerna där omloppstiderna är olika långa kräver att nuvärdet multipliceras med en upprepningsfaktor (evighetsfaktor). Skillnaden mellan metoderna uppgår till mellan ca 140–400 kr/ha i nuvärde. Största skillnaden erhålls för de två bestånden med relativt stor andel tallmassaved, (T24 och G26). Tallmassaveden betingar ett relativt lågt pris, vilket får genomslag i den förenklade beräkningsmodellen där nettovärdet av den löpande tillväxten vid förstagallringstidpunkten värderas.

Tabell 15.

Jämförelse av två metoder för skattning av nuvärdet av kostnaden för tillväxtförlust orsakad av skogsbränsleuttag.

	Förlängd omloppstid 2 år, nuvärde, kr/ha	Värdet av 2 års löpande tillväxt vid 1:a gallring, nuvärde, kr/ha	Differens mellan metoderna, nuvärde, kr/ha
T22	$348 \times 1,07 = 372$	$166 \times 1,07 = 178$	194
T26	$769 \times 1,15 = 883$	$370 \times 1,16 = 429$	454
G24	$553 \times 1,11 = 617$	$427 \times 1,12 = 478$	139
G26	$822 \times 1,14 = 941$	$464 \times 1,15 = 534$	407
G28	$955 \times 1,14 = 1\ 088$	$798 \times 1,15 = 918$	170

Kostnaden för kvävekompensation är väl kända från praktisk drift. I beräkningarna har dock en reduktion av kostnaden för kvävekompensation genomförts i de uttagsalternativen där delar av grotmängden kvarlämnats på hygget (alternativ 2). Reduktionen av kostnaden för kvävekompensation är baserad på en skattning utifrån erfarenheter av tillväxtreaktioner av kvävekompensation. I uttagsalternativen där all grot tagits ut färsk (alternativ 3) antas hela kvävegivan åtgå för att kompensera tillväxtnedsettningen. Kvävekompensationen antas i kalkylerna utföras vid femtio års ålder.

Ett alternativt beräkningssätt vore att utnyttja befintliga program för beräkning av tillväxteffekten av N-gödsling (Palle-kalkyl) för respektive bestånd. Effekten av N-gödslingen var dock inte det primära i denna analys varför en mera schablonmässig metod använts. De absoluta värdena av N-gödslingen i dessa kalkyler bör därför beaktas med stor försiktighet. Det väsentliga för dessa analyser är att kostnaden för N-gödslingen är konsekvent för samtliga systemalternativ i samma bestånd.

Barravskiljning eller grönrisuttag

Med dagens konventionella teknik för skogsbränsleuttag samlas avverkningsresterna till en liten areal i de bränsleanpassade högarna. Avbarrningen i högarna beror av årsmånen, högens placering på hygget och när utskotning av materialet sker. Även under ideala förutsättningar finns risk att de torkade och avskilda barren hamnar relativt koncentrerat på hygget. Under sämre torkbetingelser eller när groten måste skotas ut innan ordentlig avbarrning kunnat ske finns risk att större mängder barr förs ut från hygget till vältan.

Vid de kostnader och intäkter i övrigt som använts i beräkningarna för konventionella system medför denna aktiva barravskiljning att nettot, som för konventionella system beräknats till 0 kr/ha, i stället blir -640 kr/ha för bestånd G26.

Utrymmet för fördyrande investeringar i teknik för aktiv barravskiljning och spridning av barren för konventionella system bedöms därför som mycket litet eller obefintligt.

Askåterföring

I dessa kalkyler har askåterföring antagits kunna genomföras både på hygge och i gallringsskog. För att kunna återföra aska på hygge krävs en aska som är mycket väl härdad för att undvika för stora läckage. Huruvida den valspellerade aska som varit utgångspunkt i dessa kalkyler klarar kraven för återföring på hygge är ännu ej känt. De fältförsök som är utlagda kommer dock efterhand försöka ge svar på denna fråga.

Fördelen med spridning av aska på hygge jämfört med spridning i gallringsskog är främst:

- Lägre spridningskostnad, ca 200 kr/ha.
- Tydligare logik, askan återförs där skogsbränslet tas ut (vi har räknat med att skogsbränsle huvudsakligen hämtas från slutavverkning).
- Enklare hantering vid spridning på hygge jämfört med gallringsskog.
- Risk för stamskador vid spridning i gallringsskog.

I kalkylerna har ingen hänsyn tagits till eventuella tillväxteffekter av aska vid askåterföring. Kunskapen om tillväxteffekter av askåterföring är i dag bristfällig men det kan finnas en risk för tillväxtnedsättningar på sämre marker och en möjlighet till tillväxtförbättringar på bättre marker.

Kostnaden för askåterföring uppgår i dessa kalkyler till ca 1 100 kr/ha på hygge och ca 1 300 kr/ha i gallring, (nuvärde ca 100 kr/ha i slutavverkning respektive ca 500 kr/ha i 1:a gallring).

Kostnaden för askåterföring sett ur markägarens perspektiv kan jämföras med:

- Nettot vid skogsbränslehanteringen som är beräknat till 0 kr/ha för konventionell hantering. Vid konventionell skogsbränslehantering med aktiv barravskiljning uppgår nettot till 640 kr/ha för bestånd G26. För den

visionära integrerade tekniken uppgår nettot till ca 3 200 – 5 200 kr/ha. Dessa netton är beräknade för en ersättning fritt mottagare på 100 kr/m³s.

- Ersättningen till markägaren på 12 kr/m³s, vilket beroende på uttagen mängd skogsbränsle motsvarar ca 1 450 – 2 450 kr/ha. I kostnaden för skogsbränslehanteringen ingår ingen ersättning för administration av bränslehanteringen.

Sett ur ett industriperspektiv kan kostnaden för askåterföring ställas mot alternativet att deponera askan. Denna kostnad uppgår till 250 kr/ton (befuktat material) samt tillkommande kostnader för härdning, hantering, transport och skötsel av deponi. Vi har i denna analys inga siffror på kostnaden för industrins hanterings- och deponikostnader av aska. Det är inte orimligt att anta att dessa kostnader väl kan överstiga den totala kostnaden för spridning av aska.

Slutsatser

Skogsbränslehanteringen är i dag satt under stor ekonomisk press med mycket små marginaler för alla inblandade i kedjan från markägare fram till leverans vid värmeverk.

Skogsbränslehanteringen måste förändras/rationaliseras för att i längden kunna försvaras ekonomiskt.

Tillkommande åtgärder för att bibehålla den långsiktiga näringsbalansen kan vara aktiv barravskiljning och/eller askåterföring. De innebär extra kostnader, som på något sätt måste kunna kompenseras genom antingen kostnadssänkningar eller intäktsökningar i skogsbränslehanteringen.

En teknik för aktiv barravskiljning och spridning som komplement till ett konventionellt system måste vara billig och troligen utgå från befintlig utrustning. En möjlig lösning kan vara att utnyttja skakning av materialet med skotargripen. Denna teknik kräver en bra sommartorkning av materialet, men medför troligen också tillkommande kostnader vilka kan vara avgörande om skogsbränsleuttaget ger ett positivt eller negativt ekonomiskt resultat.

Ett alternativ till att lämna barren på hygget är att bara ta ut en del av groten grön med barr och lämna resten av groten på hygget. Att lämna grön grot kräver ingen ny teknik och kan utföras med den skotare eller buntare som hanterar materialet. Men genom att ta ut en mindre mängd grot per objekt ökar kostnaden per m³s bränsleflis för flytt och andra fasta kostnader. För att undvika detta och för att också öka bränsleintakten per ha (och indirekt per avverkad m³fub industrivirke) kan man gå andra vägen och ta ut all grot på hygget och i stället kompensera för detta uttag med både aska och kväve. De redovisade kalkylerna indikerar att denna väg åtminstone ”på skrivbordet” är den ekonomiskt klart intressantaste. Samtidigt förutsätter de ”intressanta” alternativen att man kan integrera stamvirkes-skörden med komprimering och buntning av den färska groten – ett system där visserligen komponenterna finns, men som inte har provats praktiskt. Det innebär dessutom ett ”maximalt” näringsuttag genom den färska grotskörden och bör därför inbegripa en mycket tydlig och direkt mineralnäringskompensation med ”hyggestabil” aska

till de grotskördade hyggena. Som framgår av de redovisade kalkylerna bör man också ta med i beräkningen att det kommer att behövas en extra kväve-kompensation senare under omloppstiden alternativt att det uppstår en viss extra produktionsförlust p.g.a. det färska grotuttaget.

För värmeverk och skogsindustri kan det vara billigare att betala askåterföring till skogsmark än att stå för kostnader för deponiskatt och övriga långsiktiga kostnader förknippade med en deponi. Grundläggande för att askåterföring ska kunna genomföras är att markägaren bedömer att askan har en positiv effekt på skogsmarken, på både lång och kort sikt.

Ur ett skogsägarperspektiv kan det vara intressant att se vad de redovisade ”intressanta” alternativen (med ”integrerad skörd”) innebär jämfört med referensalternativet (utan grotskörd). Som exempel kan man ta bestånd G26, med kvävekompensation:

- Skillnaden i K/I – kr/ha mellan alternativet 3.2.1 (integrerad skörd samt askåterföring till hygget) och ref.alt. = $107\,313 - 104\,389 = 2\,924$ kr/ha.
- Inräknat i kalkylen är att skogsägaren härutöver får 12 kr/m³s, vilket i detta fall torde motsvara ca $2\,600$ kr/ha. Dessutom är det i dagens situation högst realistiskt att räkna med att askproducenten får stå för hela kostnaden för askåterföringen, $1\,106$ kr/ha.
- Den totala ”vinsten” för skogsägaren av att ta ut groten enligt detta alternativ jämfört med att låta bli, blir därmed: $2\,924 + 2\,600 + 1\,106 =$ ca $6\,600$ kr/ha.
- Enligt beståndförutsättningarna höll ”dagens” bestånd G26 före avverkning 379 m³sk eller 318 m³fub per ha. Utslagen per avverkad m³fub **blir skogsägarens ”vinst” av att ta ut groten** därmed $6\,600 : 318 =$ **ca 20 kr/m³fub**. Ur skogsägarens synpunkt bör den siffran kunna jämföras med andra möjligheter att förbättra ekonomin ex.vis genom att sänka drivningskostnaden eller genom att öka virkesintäkten.

Referenser

- Andersson, G. & Nordén, B. 2000. Fiberpac 370 – en systemstudie. SkogForsk Arbetsrapport nr. 448. SkogForsk, Uppsala.
- Andersson, G. & Westerberg, D. 1998. Beskrivning av askproduktion vid bio-bränsleeldade värmeverk och återföring av askan till skogen. Arbetsrapport nr. 402. SkogForsk, Uppsala.
- Anon. 1985. – Prissättning av plantering med rotade plantor och rör samt barrotsplantor och hacka. Stencil 1985-04-03. Stora Skog AB, Falun.
- Anon. 1998. Rekommendationer vid uttag av skogsbränsle och kompensationsgödsling. Skogsstyrelsen. 6 s.

- Berg, S. 1995. Terrängtypschema för skogsarbete.Handledning. SkogForsk. Uppsala.
- Brunberg, B., Andersson, G. Nordén, B. & Thor, M. 1998. Uppdrag Skogsbränsle – Slutrapport. Redogörelse nr 6, 1998. SkogForsk. 60 sid.
- Egnell, G. & Leijon, B. 1996. Kortsiktiga effekter på skogsproduktionen av helträdsuttag i gallring och slutavverkning. Ekologiska effekter av skogsbränsleuttag och askåterföring. Konferens på Kungliga Skogs- och Lantbruksakademien den 5 juni 1996. Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens tidskrift 13: 73–82
- Egnell, G. & Leijon, B. 1999. Survival and growth of planted seedlings of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* after different levels of biomass removal in clear-felling. *Scand. J. For. Res.* 14: 303–311.
- Egnell, G., Nohrstedt, H.-Ö., Weslien, J., Westling, O. & Örlander, G. 1998. Miljökonsekvensbeskrivning av skogsbränsleuttag, asktillförsel och övrig näringskompensation. Skogsstyrelsen, Rapport 1 1998. Jönköping. 170 s.
- Glöde, D., 2000. GROT & gagnvirkesskördaren – analys av ett framtida koncept för bättre lönsamhet vid GROT-skörd. Arbetsrapport nr 449. SkogForsk, Uppsala.
- Hofsten, v. H. 1993. Donaren 380 MIDAS i grönnris, Resultat nr. 25 1993. SkogForsk. Uppsala.
- Hansson, M. 1998. Storskalig askhantering i Mellansverige. Rapport nr 1998/3. Vattenfall AB, projekt uthålliga energilösningar.
- Jacobson, S. & Filipsson, J. 1999. Trädresternas rumsliga fördelning efter slutavverkning – jämförelse mellan bränsleanpassad och konventionell avverkningsmetod. Arbetsrapport nr 422. SkogForsk, Uppsala.
- Jacobson, S. & Ring, E. 1995. Effekter av granulerad vedaska på skogsproduktion, barrkemi och markvattenkemi. Slutrapport för projekt U(B)92–794, Ramprogram askåterföring. SkogForsk, Uppsala. Opubl. manus. 19 s.
- Jacobson, S. 1996. Askåterföring och kompensationsgödning efter helträdsavverkning – effekt på trädens stamtillväxt. I: Ekologiska effekter av skogsbränsleuttag och askåterföring. Konferens på Kungliga Skogs- och Lantbruksakademien den 5 juni 1996. Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens tidskrift nr 13: 91–102.
- Jacobson, S. 1997. Återföring av aska kan ge tillväxtförluster. Resultat nr 23. SkogForsk, Uppsala. 4 s.
- Lundkvist, H., Bergh, J., Bergholm, J., Flower-Ellis, J., Linder, S., Nilsson, L.-O., Wiklund, K., Alavi, G., Jansson, P.-E., Grip, H. & Rosengren-Brinck, U. 1995. Återföring av granulerad vedaska till fastmark – effekter på mark och träd. Rapport till Vattenfall Utveckling. Manuskript.
- Lövgren, L., Lundmark, J.-E. & Jansson, C. 2000. Kretsloppsanpassning av bioaskor – Valspelletering. Rapport till Statens Energimyndighet, manuskript.
- Marklund, L.-G. 1988. Biomassafunktioner för tall, gran och björk i Sverige. SLU, Inst. för skogstaxering, Rapport 45. Umeå. 73 sid.

- Mattsson, S., 1999, Ekonomiska konsekvenser av tillväxtförluster och billigare beståndsanläggning vid skogsbränsleuttag – exempel på beståndsnivå, Arbetsrapport nr 425. SkogForsk, Uppsala.
- Nohrstedt, H.-Ö. & Westling, O. 1995. Miljökonsekvensbeskrivning av STORA Skogs gödslingsprogram. Del 1, faktaunderlag. Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning, Rapport IVL B 1218. Aneboda. 90 s.
- Olsson, M., Melkerud, P.-A. and Rosén, K. 1993. Regional modelling of base cation losses from Swedish forest soils due to whole-tree harvesting. Applied Geochemistry. Supplement 2: 189–194.
- Sikström, U. & Nohrstedt, H.-Ö. 1995. Näringstillgång som kritisk faktor för trädens tillväxt och vitalitet – erfarenheter från fältförsök. KSLAs tidskrift 134:11, s. 111–128.
- Sinclair, E., Leijon, B. & Albrektson, A. 1992. Plantöverlevnad och tillväxt efter helträdsutnyttjande – sammanställning av fältförsök. Rapport från Vattenfall Utveckling AB, Projekt Bioenergi nr 7.
- Warfinge, P. & Sverdrup, H. 1992. Effekter av luftföroreningar på framtida skogstillväxt. Skogspolitiken inför 2000-talet. Bilagor II. SOU 1992:76, Stockholm. pp. 379–409.
- Westling, O. & Nohrstedt, H.-Ö. 1995. Miljökonsekvensbeskrivning av STORA SKOGs gödslingsprogram. Del 2, Bedömning. (Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning, IVL Rapport B1219), Aneboda. 59 s.

Utdrag ur Skogsstyrelsens allmänna råd SKSFS 1998:5

I barrskog kan skador på näringsbalansen vid uttag av träddelar utöver stamvirke begränsas om merparten av barren lämnas kvar, så jämnt spridda som möjligt över det avverkade området. Ovan nämnda skador kan även undvikas eller begränsas genom tillförsel av mineralnäring (t.ex. aska). Utan tillförsel av mineralnäring bör uttag inte ske mer än en gång under ett bestånds omloppstid. Vidare bör uttag inte ske på starkt försurade marker utan tillförsel av mineralnäring. På marker med hög kvävebelastning kan uttaget även omfatta barren, under förutsättning att tillförsel av mineralnäring sker. Utan tillförsel av mineralnäring bör uttag inte ske på torvmarker.

Vid användande av aska vid vitaliseringsgödning och kompensationsgödning bör, för att undvika eller begränsa skador på miljön, askans mängd, form och sammansättning samt tidpunkt för åtgärden väljas så att kväveutlakning och förluster av tillförd näring begränsas. Exempelvis bör askan ha sitt ursprung i biobränsle samt vara stabiliserad och långsamlöslig. Dessutom bör den totala tillförseln av skadliga ämnen (t.ex. tungmetaller) under ett bestånds omloppstid inte överstiga den bortförsl av sådana ämnen som sker genom det totala biomassauttaget. Vid kompensationsgödning bör sammantaget under ett bestånds omloppstid inte mer än 3 ton aska TS (torrsubstans) tillföras per hektar.

Bilaga 2

Beståndsbeskrivning

Näringshalter brutto, i form av kiloekvivalenter baskatjoner samt näringsämnen N, P, K, Ca och Mg i grenar och barr, beräknade med utgångspunkt från kända näringshalter i respektive trädrestfraktion per träslag

	Mg/g	N	P	K	Ca	Mg	BC (kmol(c)/ton TS)
G 24	Grenar	5,21	0,58	2,21	3,58	0,57	0,294
	Barr	11,43	1,33	4,69	5,71	0,97	0,500
	Gren+barr	7,043	0,798	2,945	4,210	0,689	0,355
G 26	Grenar	4,57	0,51	2,05	3,16	0,53	0,262
	Barr	11,6	1,32	4,76	5,27	0,94	0,478
	Gren+barr	6,573	0,741	2,823	3,761	0,649	0,323
G 28	Grenar	5,05	0,58	2,28	3,51	0,59	0,294
	Barr	11,42	1,33	4,69	5,75	0,97	0,502
	Gren+barr	7,03	0,81	3,031	4,205	0,706	0,358
T 22	Grenar	3,93	0,42	1,75	2,7	0,46	0,22
	Barr	11,95	1,31	4,89	4,39	0,9	0,434
	Gren+barr	5,98	0,649	2,549	3,129	0,57	0,275
T 26	Grenar	4,17	0,45	1,86	2,87	0,48	0,235
	Barr	11,8	1,32	4,83	4,77	0,92	0,453
	Gren+barr	6,143	0,677	2,629	3,359	0,597	0,292

	Näringsuttag, kg/ha							Kompenserande askgiva baskatjoner, ton/ha
	tts/ha	N	P	K	Ca	Mg BC (kmol(c)/ha)		
T22	32,55	194,67	21,13	82,98	101,85	18,55	8,94	0,9
T26	38,77	238,17	26,26	101,92	130,24	23,13	11,31	1,1
G24	44,91	316,33	35,85	132,25	189,08	30,97	15,93	1,6
G26	44,88	295,02	33,28	126,69	168,79	29,11	14,52	1,5
G28	52,99	372,61	42,95	160,62	222,87	37,39	19,00	1,9

T22

Bränsleuttag	Näringsuttag, kg/ha							komp. askgiva baskatjoner, ton/ha
	tts/ha	N	P	K	Ca	Mg BC (kmol(c)/ha)		
grenar	17,35	58,75	6,01	25,76	39,81	6,82	3,19	0,3
barr	4,90	60,65	6,35	24,74	16,19	4,14	1,86	0,2
grenar	6,91	36,67	4,23	16,62	25,55	4,26	2,15	0,2
barr	3,41	38,60	4,54	15,86	20,30	3,33	1,75	0,2
tot	32,55	194,67	21,13	82,98	101,85	18,55	8,94	0,9

T26

Bränsleuttag	Näringsuttag, kg/ha							komp. askgiva baskatjoner, ton/ha
	tts/ha	N	P	K	Ca	Mg BC (kmol(c)/ha)		
grenar	17,08	57,84	5,92	25,36	39,19	6,72	3,14	0,3
barr	4,48	55,47	5,81	22,64	14,81	3,78	1,70	0,2
grenar	11,67	61,95	7,14	28,07	43,16	7,20	3,63	0,4
barr	5,55	62,91	7,40	25,85	33,08	5,43	2,84	0,3
tot	38,77	238,17	26,26	101,92	130,24	23,13	11,31	1,1

G24

Bränsleuttag	Näringsuttag, kg/ha						Mg BC (kmol(c)/ha)	komp. askgiva baskatjoner, ton/ha
	tts/ha	N	P	K	Ca			
grenar	4,28	14,49	1,48	6,35	9,82	1,68	0,79	0,1
barr	1,26	15,55	1,63	6,35	4,15	1,06	0,48	0,0
grenar	23,81	126,44	14,57	57,30	88,09	14,70	7,40	0,7
barr	11,99	135,82	15,97	55,81	71,42	11,73	6,14	0,6
grenar	3,58	24,03	2,19	6,44	15,60	1,79	1,12	0,1
tot	44,91	316,33	35,85	132,25	189,08	30,97	15,93	1,6

GT26

Bränsleuttag	Näringsuttag, kg/ha						Mg BC (kmol(c)/ha)	komp. askgiva baskatjoner, ton/ha
	tts/ha	N	P	K	Ca			
grenar	12,36	41,87	4,28	18,35	28,37	4,86	2,27	0,2
barr	3,31	40,94	4,29	16,70	10,93	2,79	1,25	0,1
grenar	19,74	104,81	12,08	47,50	73,02	12,19	6,14	0,6
barr	9,48	107,39	12,63	44,13	56,47	9,27	4,86	0,5
tot	44,88	295,02	33,28	126,69	168,79	29,11	14,52	1,5

G28

Bränsleuttag	Näringsuttag, kg/ha						Mg BC (kmol(c)/ha)	komp. askgiva baskatjoner, ton/ha
	tts/ha	N	P	K	Ca			
grenar	4,93	16,68	1,71	7,31	11,31	1,94	0,91	0,1
barr	1,32	16,40	1,72	6,69	4,38	1,12	0,50	0,1
grenar	31,58	167,70	19,33	76,00	116,83	19,50	9,82	1,0
barr	15,16	171,83	20,20	70,61	90,35	14,84	7,77	0,8
tot	52,99	372,61	42,95	160,62	222,87	37,39	19,00	1,9

Tabell 1. Beståndsdata samt totala mängder tillgängliga trädrester

SI	Slutavv.år	m ³ sk/ha	m ² /ha	dg	stam/ha	grot	barr	tot
T22d	122	306	31,0	22,9	755	24,3	8,3	32,6
T26d	97	391	36,0	26,3	663	28,7	10,0	38,8
G24d	101	331	32,0	22,2	827	31,7	13,2	44,9
G26d	99	379	35,0	24,8	725	32,1	12,8	44,9
G28d	91	408	36,0	25,1	725	36,5	16,5	53,0
T22f	109	329	36,1	23,9	804	25,1	6,9	32,0
T26f	81?!	367	38,5	24,4	823	28,1	7,5	35,6
G24f	90	342	36,9	22,7	912	40,8	20,4	61,2
G26f	82	397	42,0	26,2	778	38,6	15,0	53,6
G28f	83	442	43,6	24,9	896	47,7	23,2	70,9

Tabell 2. Uttagen N-mängd (kg/ha), uppdelat på grot och barr, för respektive system i beståndet "G26-i dag"

System	Barr	tot
2,1		124,7
2,2	74,2	198,9
2.3.1.1	85,9	170,9
2.3.1.2	73,0	145,3
2.3.2	77,3	168,5
3,1	126,1	250,8
3,2	133,5	280,2

Tabell 3. Uttagen mängd baskatjoner (kmol(c)/ha), uppdelat på grot och barr, för respektive system i beståndet "G26-i dag"

System	Barr	tot
2,1		7,2
2,2	3,1	10,2
2.3.1.1	3,5	8,4
2.3.1.2	3,0	7,2
2.3.2	3,2	8,4
3,1	5,2	12,3
3,2	5,5	13,9

Bilaga 3

Ekonomiska beräkningar per bestånd

	Endast rund- virkes- uttag	Rundvirkesuttag, bränsleuttag samt kvävekompensation								
		Ej askåterföring					Askåterföring			
		Avbarrat		Färskt						
		2.1	2.2	2.3.1.1	2.3.1.2	2.3.2	3.1.1	3.1.2	3.2.1	3.2.2
Avbarrning, %	-	100	50	0	0	10	0	0	10	10
Uttag Grot, %	-	85	85	58 – Motsv. alla barr	50 – Motsv av- barrat	63 – Motsv. alla barr	85	85	100	100
Teknik	-	Flis	Flis	Flis	Flis	Integ	Flis	Flis	Integ	Integ
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	Hygge	Gallring	Hygge	Gallring
Gödslingseffekt, %	-	50	25	50	50	50	0	0	0	0
Bränsleuttag, Tts	44,9	26,9	33,6	26,2	22,3	26,8	38,2	38,2	43,6	43,6

K/I – kr/ha, Bestånd G 24										
Åtgärd	-									
Skogsvård	-10 725	-10 615	-10 615	-10 615	-10 615	-10 615	-10 615	-10 615	-10 615	-10 615
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	-1 106	-1 294	-1 106	-1 294
Kompensationsgödsling	-	-750	-1 125	-750	-750	-750	-1 500	-1 500	-1 500	-1 500
Netto Bränsle	-	-755	0	0	0	3 225	0	0	5 246	5 246
Netto Rundvirke	91 655	91 655	91 655	91 655	91 655	91 655	91 655	91 655	91 655	91 655
Summa	80 930	79 535	79 915	80 290	80 290	83 515	78 434	78 247	83 680	83 493

Nuvärden vid 2,5 % ränta, Bestånd G 24										
Åtgärd	-									
Skogsvård	-9 527	-9 422	-9 422	-9 422	-9 422	-9 422	-9 422	-9 422	-9 422	-9 422
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	-1 106	-405	-1 106	-405
Kompensationsgödsling	-	-218	-327	-218	-218	-218	-436	-436	-436	-436
Netto Bränsle	-	-737	0	0	0	3 225	0	0	5 246	5 246
Netto Rundvirke	11 478	11 478	11 478	11 478	11 478	11 478	11 478	11 478	11 478	11 478
Summa nuvärde	1 951	1 101	1 728	1 837	1 837	5 062	513	1 214	5 759	6 460

	Endast Rund- virkes- uttag	Rundvirkesuttag, bränsleuttag samt kvävekompensation									
		Ej askåterföring						Askåterföring			
		Avbarrat		Färskt							
		2.1	2.2	2.3.1.1	2.3.1.2	2.3.2	3.1.1	3.1.2	3.2.1	3.2.2	
Avbarrning, %	-	100	50	0	0	10	0	0	10	10	
Uttag Grot, %	-	85	85	58 – Motsv. alla barr	49 – Motsv. avbarrat	62 – Motsv. alla barr	85	85	100	100	
Teknik	-	Flis	Flis	Flis	Flis	Integ	Flis	Flis	Integ	Integ	
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	Hygge	Gallring	Hygge	Gallring	
Gödslingseffekt, %	-	50	25	50	50	50	0	0	0	0	
Bränsleuttag, Tts	44,9	27,3	33,7	26	22	26,6	38,2	38,2	43,6	43,6	

K/I – kr/ha, Bestånd G 26

Åtgärd	-									
Skogsvård	-11 175	-10 891	-10 891	-10 891	-10 891	-10 891	-10 891	-10 891	-10 891	-10 891
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	-1 106	-1 294	-1 106	-1 294
Kompensationsgödsling	-	-750	-1 125	-750	-750	-750	-1 500	-1 500	-1 500	-1 500
Netto Bränsle	-	-640	0	0	0	3 204	0	0	5 246	5 246
Netto Rundvirke	11 564	115 564	115 564	115 564	115 564	115 564	115 564	115 564	115 564	115 564
Summa	104 389	103 283	103 548	103 923	103 923	107 127	102 067	101 879	107 313	107 125

Nuvärden vid 2,5 % ränta, Bestånd G 26

Åtgärd	-									
Skogsvård	-9 954	-9 688	-9 688	-9 688	-9 688	-9 688	-9 688	-9 688	-9 688	-9 688
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	-1 106	-494	-1 106	-494
Kompensationsgödsling	-	-218	-327	-218	-218	-218	-436	-436	-436	-436
Netto Bränsle	-	-624	0	0	0	3 204	0	0	5 246	5 246
Netto Rundvirke	17 067	17 067	17 067	17 067	17 067	17 067	17 067	17 067	17 067	17 067
Summa nuvärde	7 113	6 536	7 052	7 161	7 161	10 364	5 836	6 449	11 082	11 695

	Endast rund- virkes- uttag	Rundvirkesuttag, bränsleuttag samt kvävekompensation									
		Ej askåterföring						Askåterföring			
		Avbarrat		Färskt							
		2.1	2.2	2.3.1.1	2.3.1.2	2.3.2	3.1.1	3.1.2	3.2.1	3.2.2	
Avbarrning, %	-	100	50	0	0	10	0	0	10	10	
Uttag Grot, %	-	85	85	56 – Motsv. alla barr	48 – Motsv avbarrat	61 – Motsv. alla barr	85	85	100	100	
Teknik	-	Flis	Flis	Flis	Flis	Integ	Flis	Flis	Integ	Integ	
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	Hygge	Gallring	Hygge	Gallring	
Gödslingseffekt, %	-	50	25	50	50	50	0	0	0	0	
Bränsleuttag, Tts	53	31	39,3	29,9	25,4	30,6	45	45	51,3	51,3	

K/I – kr/ha, Bestånd G 28

Åtgärd	-									
Skogsvård	-11 825	-11 346	-11 346	-11 346	-11 346	-11 346	-11 346	-11 346	-11 346	-11 346
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	-1 106	-1 294	-1 106	-1 294
Kompensationsgödsling	-	-750	-1 125	-750	-750	-750	-1 500	-1 500	-1 500	-1 500
Netto Bränsle	-	-870	0	0	0	3 677	0	0	6 171	6 171
Netto Rundvirke	132 217	132 217	132 217	132 217	132 217	132 217	132 217	132 217	132 217	132 217
Summa	120 392	119 251	119 746	120 121	120 121	123 798	118 265	118 077	124 435	124 248

Nuvärden vid 2,5 % ränta, Bestånd G 28

Åtgärd	-									
Skogsvård	-10 696	-10 247	-10 247	-10 247	-10 247	-10 247	-10 247	-10 247	-10 247	-10 247
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	-1 106	-482	-1 106	-482
Kompensationsgödsling	-	-218	-327	-218	-218	-218	-436	-436	-436	-436
Netto Bränsle	-	-849	0	0	0	3 677	0	0	6 171	6 171
Netto Rundvirke	19 819	19 819	19 819	19 819	19 819	19 819	19 819	19 819	19 819	19 819
Summa nuvärde	9 124	8 505	9 245	9 354	9 354	13 031	8 030	8 654	14 200	14 824

	Endast Rund- virkes- uttag	Rundvirkesuttag, bränsleuttag samt kvävekompensation									
		Ej askåterföring						Askåterföring			
		Avbarrat		Färskt							
		2.1	2.2	2.3.1.1	2.3.1.2	2.3.2	3.1.1	3.1.2	3.2.1	3.2.2	
Avbarrning, %	-	100	50	0	0	10	0	0	10	10	
Uttag Grot, %	-	85	85	60	51	64	85	85	100	100	
				Motsv. alla barr	Motsv. av- barrat	Motsv. alla barr					
Teknik	-	Flis	Flis	Flis	Flis	Integ	Flis	Flis	Integ	Integ	
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	Hygge	Gallring	Hygge	Gallring	
Gödslingseffekt, %	-	50	25	50	50	50	0	0	0	0	
Bränsleuttag, Tts	32,6	20,6	24,8	19,4	16,5	19,9	27,7	27,7	31,7	31,7	

K/I – kr/ha, Bestånd T 22										
Åtgärd	-									
Skogsvård	-8 475	-8 135	-8 135	-8 135	-8 135	-8 135	-8 135	-8 135	-8 135	-8 135
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	-1 106	-1 294	-1 106	-1 294
Kompensationsgödsling	-	-750	-1 125	-750	-750	-750	-1 500	-1 500	-1 500	-1 500
Netto Bränsle	-	-575	0	0	0	2 408	0	0	3 827	3 827
Netto Rundvirke	90 773	90 773	90 773	90 773	90 773	90 773	90 773	90 773	90 773	90 773
Summa	82 298	81 313	81 513	81 888	81 888	84 296	80 032	79 845	83 859	83 672

Nuvärden vid 2,5 % ränta, Bestånd T 22										
Åtgärd	-									
Skogsvård	-7 621	-7 297	-7 297	-7 297	-7 297	-7 297	-7 297	-7 297	-7 297	-7 297
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	-1 106	-415	-1 106	-415
Kompensationsgödsling	-	-218	-327	-218	-218	-218	-436	-436	-436	-436
Netto Bränsle	-	-561	0	0	0	2 408	0	0	3 827	3 827
Netto Rundvirke	7 215	7 215	7 215	7 215	7 215	7 215	7 215	7 215	7 215	7 215
Summa nuvärde	-406	-861	-409	-300	-300	2 108	-1 625	-934	2 202	2 893

	Endast Rund- virkes- uttag	Rundvirkesuttag, bränsleuttag samt kvävekompensation									
		Ej askåterföring						Askåterföring			
		Avbarrat		Färskt							
		2.1	2.2	2.3.1.1	2.3.1.2	2.3.2	3.1.1	3.1.2	3.2.1	3.2.2	
Avbarrning, %	-	100	50	0	0	10	0	0	10	10	
Uttag Grot, %	-	85	85	60 – Motsv. alla barr	51 – Motsv. av- barrat	64 – Motsv. alla barr	85	85	100	100	
Teknik	-	Flis	Flis	Flis	Flis	Integ	Flis	Flis	Integ	Integ	
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	Hygge	Gallring	Hygge	Gallring	
Gödslingseffekt, %	-	50	25	50	50	50	0	0	0	0	
Bränsleuttag, Tts	38,8	24,4	29,4	23,2	19,7	23,8	33	33	37,8	37,8	

K/I – kr/ha, Bestånd T 26										
Åtgärd	-									
Skogsvård	-11 500	-11 130	-11 130	-11 130	-11 130	-11 130	-11 130	-11 130	-11 130	-11 130
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	-1 106	-1 294	-1 106	-1 294
Kompensationsgödsling	-	-750	-1 125	-750	-750	-750	-1 500	-1 500	-1 500	-1 500
Netto Bränsle	-	-685	0	0	0	2 860	0	0	4 558	4 558
Netto Rundvirke	105 416	105 416	105 416	105 416	105 416	105 416	105 416	105 416	105 416	105 416
Summa	93 916	92 851	93 161	93 536	93 536	96 396	91 680	91 492	96 238	96 050

Nuvärden vid 2,5 % ränta, Bestånd T 26										
Åtgärd	-									
Skogsvård	-10 337	-9 985	-9 985	-9 985	-9 985	-9 985	-9 985	-9 985	-9 985	-9 985
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	-1 106	-573	-1 106	-573
Kompensationsgödsling	-	-218	-327	-218	-218	-218	-436	-436	-436	-436
Netto Bränsle	-	-668	0	0	0	2 860	0	0	4 558	4 558
Netto Rundvirke	15 957	15 957	15 957	15 957	15 957	15 957	15 957	15 957	15 957	15 957
Summa nuvärde	5 620	5 086	5 645	5 754	5 754	8 614	4 430	4 963	8 988	9 521

	Endast Rund- virkes- uttag	Rundvirkesuttag, bränsleuttag (ej kvävekomp.)								
		Ej askåterföring					Askåterföring			
		Avbarrat		Färskt						
		2.1	2.2	2.3.1.1	2.3.1.2	2.3.2	3.1.1	3.1.2	3.2.1	3.2.2
Avbarrning, %	-	100	50	0	0	10	0	0	10	10
Uttag Grot, %	-	85	85	58 – Motsv. alla barr	50 – Motsv. av- barrat	63 – Motsv. alla barr	85	85	100	100
Teknik	-	Flis	Flis	Flis	Flis	Integ	Flis	Flis	Integ	Integ
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	Hygge	Gallring	Hygge	Gallring
Tillväxtförlust, år	-	1	1,5	1	1	1	2	2	2	2
Bränsleuttag, Tts	44,9	27,3	33,7	26	22	26,6	38,2	38,2	43,6	43,6

K/I – kr/ha, Bestånd G 24

Åtgärd	-									
Skogsvård	-10 725	-10 615	-10 615	-10 615	-10 615	-10 615	-10 615	-10 615	-10 615	-10 615
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	-1 106	-1 294	-1 106	-1 294
Tillväxtförlust	-	-649	-974	-649	-649	-649	-1 298	-1 298	-1 298	-1 298
Netto Bränsle	-	-755	0	0	0	3 225	0	0	5 246	5 246
Netto Rundvirke	91 655	91 655	91 655	91 655	91 655	91 655	91 655	91 655	91 655	91 655
Summa	80 930	79 636	80 067	80 391	80 391	83 616	78 636	78 449	83 882	83 695

Nuvärden vid 2,5 % ränta, bestånd G 24

Åtgärd	-									
Skogsvård	-9 527	-9 422	-9 422	-9 422	-9 422	-9 422	-9 422	-9 422	-9 422	-9 422
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	-1 106	-405	-1 106	-405
Tillväxtförlust	-	-214	-320	-214	-214	-214	-427	-427	-427	-427
Netto Bränsle	-	-737	0	0	0	3 225	0	0	5 246	5 246
Netto Rundvirke	11 478	11 478	11 478	11 478	11 478	11 478	11 478	11 478	11 478	11 478
Summa nuvärde	1 951	1 106	1 735	1 842	1 842	5 067	522	1 223	5 768	6 469

	Endast Rund- virkes- uttag	Rundvirkesuttag, bränsleuttag (ej kvävekomp.)									
		Ej askåterföring						Askåterföring			
		Avbarrat		Färskt							
		2.1	2.2	2.3.1.1	2.3.1.2	2.3.2	3.1.1	3.1.2	3.2.1	3.2.2	
Avbarrning, %	–	100	50	0	0	10	0	0	10	10	
Uttag Grot, %	–	85	85	58 – Motsv. alla barr	49 – Motsv. av- barrat	62 – Motsv. alla barr	85	85	100	100	
Teknik	–	Flis	Flis	Flis	Flis	Integ	Flis	Flis	Integ	Integ	
Askåterföring	–	–	–	–	–	–	Hygge	Gallring	Hygge	Gallring	
Tillväxtförlust, år	–	1	1,5	1	1	1	2	2	2	2	
Bränsleuttag, Tts	44,9	27,3	33,7	26	22	26,6	38,2	38,2	43,6	43,6	

K/I – kr/ha, Bestånd G 26

Åtgärd	–									
Skogsvård	-11 175	-10 891	-10 891	-10 891	-10 891	-10 891	-10 891	-10 891	-10 891	-10 891
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	-1 106	-1 294	-1 106	-1 294
Tillväxtförlust	-	-579	-868	-579	-579	-579	-1 157	-1 157	-1 157	-1 157
Netto Bränsle	-	-640	0	0	0	3 204	0	0	5 246	5 246
Netto Rundvirke	115 564	115 564	115 564	115 564	115 564	115 564	115 564	115 564	115 564	115 564
Summa	104 389	103 455	103 805	104 095	104 095	107 298	102 410	102 222	107 656	107 468

Nuvärden vid 2,5 % ränta, Bestånd G 26

Åtgärd	–									
Skogsvård	-9 954	-9 688	-9 688	-9 688	-9 688	-9 688	-9 688	-9 688	-9 688	-9 688
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	-1 106	-494	-1 106	-494
Tillväxtförlust	-	-232	-348	-232	-232	-232	-464	-464	-464	-464
Netto Bränsle	-	-624	0	0	0	3 204	0	0	5 246	5 246
Netto Rundvirke	17 067	17 067	17 067	17 067	17 067	17 067	17 067	17 067	17 067	17 067
Summa nuvärde	7 113	6 523	7 031	7 147	7 147	10 350	5 809	6 421	11 055	11 667

	Endast rund- virkes- uttag	Rundvirkesuttag, bränsleuttag (ej kvävekomp.)								
		Ej askåterföring					Askåterföring			
		Avbarrat		Färskt						
		2.1	2.2	2.3.1.1	2.3.1.2	2.3.2	3.1.1	3.1.2	3.2.1	3.2.2
Avbarrning, %	-	100	50	0	0	10	0	0	10	10
Uttag Grot, %	-	85	85	56 – Motsv. alla barr	48 – Motsv. av- barrat	61 – Motsv. alla barr	85	85	100	100
Teknik	-	Flis	Flis	Flis	Flis	Integ	Flis	Flis	Integ	Integ
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	Hygge	Gallring	Hygge	Gallring
Tillväxtförlust, år	-	1	1,5	1	1	1	2	2	2	2
Bränsleuttag, Tts	53	31	39,3	29,9	25,4	30,6	45	45	51,3	51,3
K/I – kr/ha, Bestånd G 28										
Åtgärd	-									
Skogsvård	-11 825	-11 346	-11 346	-11 346	-11 346	-11 346	-11 346	-11 346	-11 346	-11 346
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	-1 106	-1 294	-1 106	-1 294
Tillväxtförlust	-	-1 020	-1 529	-1 020	-1 020	-1 020	-2 039	-2 039	-2 039	-2 039
Netto Bränsle	-	-870	0	0	0	3 677	0	0	6 171	6 171
Netto Rundvirke	132 217	132 217	132 217	132 217	132 217	132 217	132 217	132 217	132 217	132 217
Summa	120 392	118 982	119 342	119 852	119 852	123 528	117 726	117 538	123 896	123 709
Nuvärden vid 2,5 % ränta, Bestånd G 28										
Åtgärd	-									
Skogsvård	-10 696	-10 247	-10 247	-10 247	-10 247	-10 247	-10 247	-10 247	-10 247	-10 247
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	-1 106	-482	-1 106	-482
Tillväxtförlust	-	-399	-599	-399	-399	-399	-798	-798	-798	-798
Netto Bränsle	-	-849	0	0	0	3 677	0	0	6 171	6 171
Netto Rundvirke	19 819	19 819	19 819	19 819	19 819	19 819	19 819	19 819	19 819	19 819
Summa nuvärde	9 124	8 324	8 974	9 173	9 173	12 850	7 668	8 292	13 838	14 463

	Endast rund- virkes- uttag	Rundvirkesuttag, bränsleuttag (ej kvävekomp.)								
		Ej askåterföring					Askåterföring			
		Avbarrat		Färskt						
		2.1	2.2	2.3.1.1	2.3.1.2	2.3.2	3.1.1	3.1.2	3.2.1	3.2.2
Avbarrning, %		100	50	0	0	10	0	0	10	10
Uttag Grot, %	-	85	85	60 – Motsv. alla barr	51 – Motsv av- barrat	64 – Motsv. alla barr	85	85	100	100
Teknik	-	Flis	Flis	Flis	Flis	Integ	Flis	Flis	Integ	Integ
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	Hygge	Gallring	Hygge	Gallring
Tillväxtförlust, år	-	1	1,5	1	1	1	2	2	2	2
Bränsleuttag, Tts	32,6	20,6	24,8	19,4	16,5	19,9	27,7	27,7	31,7	31,7

K/I – kr/ha, Bestånd T 22										
Åtgärd	-									
Skogsvård	-8 475	-8 135	-8 135	-8 135	-8 135	-8 135	-8 135	-8 135	-8 135	-8 135
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	-1 106	-1 294	-1 106	-1 294
Tillväxtförlust	-	-246	-369	-246	-246	-246	-492	-492	-492	-492
Netto Bränsle	-	-575	0	0	0	2 408	0	0	3 827	3 827
Netto Rundvirke	90 773	90 773	90 773	90 773	90 773	90 773	90 773	90 773	90 773	90 773
Summa	82 298	81 817	82 269	82 392	82 392	84 800	81 040	80 853	84 867	84 680

Nuvärden vid 2,5 % ränta, Bestånd T 22										
Åtgärd	-									
Skogsvård	-7 621	-7 297	-7 297	-7 297	-7 297	-7 297	-7 297	-7 297	-7 297	-7 297
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	-1 106	-415	-1 106	-415
Tillväxtförlust	-	-83	-125	-83	-83	-83	-166	-166	-166	-166
Netto Bränsle	-	-561	0	0	0	2 408	0	0	3 827	3 827
Netto Rundvirke	7 215	7 215	7 215	7 215	7 215	7 215	7 215	7 215	7 215	7 215
Summa nuvärde	-406	-726	-206	-165	-165	2 243	-1 354	-663	2 473	3 164

	Endast rund- virkes- uttag	Rundvirkesuttag, bränsleuttag (ej kvävekomp.)								
		Ej askåterföring					Askåterföring			
		Avbarrat		Färskt						
		2.1	2.2	2.3.1.1	2.3.1.2	2.3.2	3.1.1	3.1.2	3.2.1	3.2.2
Avbarrning, %	-	100	50	0	0	10	0	0	10	10
Uttag Grot, %	-	85	85	xx – Motsv. alla barr	xx – Motsv. av- barrat	xx – Motsv. alla barr	85	85	100	100
Teknik	-	Flis	Flis	Flis	Flis	Integ	Flis	Flis	Integ	Integ
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	Hygge	Gallring	Hygge	Gallring
Tillväxtförlust, år	-	1	1,5	1	1	1	2	2	2	2
Bränsleuttag, Tts	38,8	24,4	29,4	23,2	19,7	23,8	33	33	37,8	37,8

K/l – kr/ha, Bestånd T 26

Åtgärd	-									
Skogsvård	-11 500	-11 130	-11 130	-11 130	-11 130	-11 130	-11 130	-11 130	-11 130	-11 130
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	-1 106	-1 294	-1 106	-1 294
Tillväxtförlust	-	-399	-599	-399	-399	-399	-798	-798	-798	-798
Netto Bränsle	-	-685	0	0	0	2 860	0	0	4 558	4 558
Netto Rundvirke	105 416	105 416	105 416	105 416	105 416	105 416	105 416	105 416	105 416	105 416
Summa	93 916	93 202	93 688	93 887	93 887	96 747	92 382	92 194	96 940	96 752

Nuvärden vid 2,5 % ränta, Bestånd T 26

Åtgärd	-									
Skogsvård	-10 337	-9 985	-9 985	-9 985	-9 985	-9 985	-9 985	-9 985	-9 985	-9 985
Askåterföring	-	-	-	-	-	-	-1 106	-573	-1 106	-573
Tillväxtförlust	-	-185	-278	-185	-185	-185	-370	-370	-370	-370
Netto Bränsle	-	-668	0	0	0	2 860	0	0	4 558	4 558
Netto Rundvirke	15 957	15 957	15 957	15 957	15 957	15 957	15 957	15 957	15 957	15 957
Summa nuvärde	5 620	5 119	5 695	5 787	5 787	8 647	4 496	5 030	9 054	9 588

Kostnad valsplettering

Vid långtidstestet i Fors var valspletteringsanläggningen i drift totalt ca sex månader, mestadels under nästan rutinmässiga förhållanden. Under långtidstestet registrerades uppgifter om arbetstid och transporter, vilka utgör underlag för kostnadsberäkningen för valspletteringsanläggningen. Personalkostnaden för framställning av pellets uppgick under försöksperioden till 42 kr/ton fuktig aska (54 kr/ton ts) (tabell) samt transportkostnaden internt på bruket till 10 kr/mil och ton.

Kostnader och tidsåtgång för valsplettering i Fors.

Askmängd	330 ton ts/månad
Bemanning	6 timmar/vardag
Timkostnad	150 kr/timme
Transportmängd	8 befuktade ton/växelflak(5,6 t ts/flak)
Transporttid	20 min/flak
Transportkostnad bil förare	370 kr/timme 180 kr/timme
Driftskostnad	54,50 kr/ton ts aska
Transportkostnad	32,70 kr/ton ts aska
Total kostnad för drift och transport vid Fors	87,30 kr/ton ts aska 61,10 kr/befuktade ton aska (30 % vatten)
Kapitalkostnad	68–80 kr/ton ts aska* 28–33 kr/ton ts aska**

* vid avskrivningstid 3 år, räntesats 10 %, annuitetsfaktor^a 0,4021 och 10 000 årston aska

** vid avskrivningstid 10 år, räntesats 10 %, annuitetsfaktor^a 0,1627 och 10 000 årston aska

^a annuitetsfaktor $[p/100(1+p/100)^n] / [(1+p/100)^n - 1]$ där p=räntesats och n=antal år.

Om den som sköter anläggningen parallellt har annan sysselsättning skulle uppskattningsvis en halvtidsbemanning vara tillräcklig för att betjäna valspletteringsanläggningen. Även om bruket skulle producera nästan dubbelt så mycket aska skulle troligen inte bemanningsbehovet överskrida 6 timmar/ vardag enligt uppgifter från Fors. Tillsynen av anläggningen kostar uppskattningsvis 40 kr per ton befuktad aska om arbetet sköts på halvtid. Hantering, lastmaskin, tömning av växelflak och biltransport till mellanlager beräknas kosta 20 kr/ton.

Om en valspletteringsanläggning, inklusive befuktningsanläggning, asksilo utmatningsskruv och styrutrustning kostar 1,7 – 2 miljoner kronor och har en årskapacitet av 10 000 ton skulle detta ge en kapitalkostnad på 68 till 80 kr per ton aska om avskrivningstiden sätts till tre år och en kapitalkostnad på 28 till 33 kr om avskrivningstiden sätts till tio år. Kalkylränta har satts till 10 %.

Dessa kostnader är påtagligt lägre än för andra behandlingstekniker av aska som är avsedd för återföring till skog (Hansson et al. 1998).