

Skörd av färsk eller avbarrad GROT – växtnäringsaspekter

Staffan Jacobson

Ämnesord: Skogsbränsle, kväve, baskatjoner, integrerad skörd.

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

Innehåll

Sammanfattning.....	2
Inledning.....	3
Myndigheternas riktlinjer	4
Syfte.....	4
Material och metoder.....	5
Beräkningar	6
Resultat	7
Diskussion	11
Referenser.....	12

Sammanfattning

En möjlig väg till effektivisering av skogsbränslesystemet skulle kunna vara att vid slutavverkningar integrera skörden av skogsbränsle med skörden av timmer och massaved. Ett sådant system innefattar att skogsbränslet tas ut grönt, d.v.s. utan någon avbarrning.

Syftet med denna studie var att jämföra näringsuttaget i ett system med integrerad skörd av trädrester och gagnvirke (system 1) med dagens dominerande system (system 2) och dagens system och fullständig avbarrning på hygget (system 3). Ett annat syfte var att utifrån detta beräkna hur mycket trädrester som måste lämnas kvar på hygget vid den integrerade skörden för att näringsuttaget skall hamna på samma nivå som vid jämförelsesystem 2 och 3.

Med hjälp av beståndsdata från ett typbestånd och befintliga biomassafunktioner, kunde mängden trädrester vid en tänkt slutavverkning beräknas. Näringsuttaget för respektive trädbränsleskördssystem, i form av kiloekvivalenter baskatjoner samt för näringsämnenen N, P, K, Ca och Mg, beräknades med utgångspunkt från kända näringshalter i respektive trädrestfraktion.

Mängd uttagna trädrester, angivet i ton torrsubstans, blev vid alternativet integrerad skörd (system 1) 24 % högre jämfört med system 2, och 54 % högre jämfört med system 3. Räknat i kiloekvivalenter baskatjoner, blev näringsuttaget vid integrerad skörd 33 % högre jämfört med system 2, och 94 % högre jämfört med system 3.

Om det i den integrerade skörden kvarlämnades trädrester på hygget i den omfattning att näringsuttaget, uttryckt i kiloekvivalenter baskatjoner, hamnade på samma nivå som vid jämförelsesystem 2, så minskade nettouttaget vid integrerad skörd med 1,6 ton ts ha⁻¹ (5 %). Jämfört med uttaget i system 3 var minskningen 4,8 ton ts ha⁻¹ (19 %). Resultatet från beräkningarna antyder att det är fullt möjligt att vid ett tänkt s.k. integrerat system för skörd av trädrester, jämställa näringsuttaget med andra i dag befintliga system, utan alltför stora minskningar i uttagna mängder trädbränsle.

Inledning

Skogsbruket tar ut allt mer trädrester för energiändamål. Uttag av grenar, toppar och barr innebär samtidigt 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 and 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, som ju innehåller alla borttagna närings- och spårämnen utom kväve (N), och som samtidigt är ett kvittblivningsproblem. 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 efter skogsbränsleuttag som uppmäts i försök brukar i genomsnitt uppgå till mellan 5 och 10 % (Egnell m.fl. 1998). Dessa förluster gäller för både tall och gran, samt efter uttag i såväl slutavverkning som i 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 körsstråken. I vad mån detta ytterligare begränsar de faktiska tillväxtförlusterna p.g.a. skogsbränsleuttag är svårt att uttala sig om. Den eventuella negativa effekten på trädens tillväxt p.g.a. riskoncentration är svår att kvantifiera teoretiskt, varför sådana fältförsök borde etableras.

Med syftet att få en bild av trädresternas areella fördelning, både efter bränsleanpassad och konventionellt utförd slutavverkning, utförde SkogForsk en inventering av 20 hyggen, varav hälften av objekten var avverkade enligt en bränsleanpassad metod. De av Jacobson & Filipsson (1999) redovisade resultaten visade att efter bränsleanpassad avverkning befanns i genomsnitt 87 % av den totala volymen trädrester ligga i de bränsleanpassade rishögarna. Dessa högar täckte sannolikt mindre än 15 % av hyggesarealen. I de konventionellt avverkade objekten utan bränsleanpassning, där trädresterna var koncentrerade

i betydligt mindre grad, täckte den totala volymen trädrester i genomsnitt 62 % av hyggets areal, varav 91 % av denna volym täckte 61 % av arealen. Resultaten från denna studie kan tjäna som underlag vid utformning av framtida anläggningar av fältförsök, exempelvis vid studier av skogsbränsleuttagets effekter på näringsutlakning och trädillväxt.

Myndigheternas riktlinjer

Skogsstyrelse 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.

I korthet säger man att ett skogsbränsleuttag i princip alltid bör föranleda en kompensationsgödsling. Men, då tekniksystem 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 trädresterna läggs att torka i högar på hygget. Detta anses dock 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+}).

Syfte

I samband med teknik- och metodutveckling samt effektivisering av skogsbränslesystemet diskuteras även möjligheterna att vid slutavverkningar integrera skörden av skogsbränsle med skörden av timmer och massaved (Glöde, 2000). Ett tänkbart system är att förse en engreppsskördare som försörjs med trädrester i samband med kvistningsarbetet och som producerar GROT-stockar (Löfroth, 1998) som kan vidaretransporteras av befintliga skotare och rundvirkesfordon. Genom att kvistarna på detta sätt fångas upp innan de faller till marken minimeras spillet och ett nästintill hundra procentigt tillvaratagande av trädresterna möjliggörs. Förutom ett litet spill av framför allt barr vid själva komprimeringen av trädresterna, medför detta system att skogsbränslet tas ut grönt, d.v.s. utan någon avbarrning.

Syftet med denna studie var att beräkna hur mycket större näringsuttaget kan bli vid ett system med integrerad skörd av trädrester och gagnvirke, jämfört med:

1. hur det ser ut i dag
2. dagens metoder och fullständig avbarrning på hygget

samt att utifrån detta beräkna hur mycket trädrester som måste lämnas kvar på hygget vid den integrerade skörden för att näringsuttaget skall hamna på samma nivå som vid jämförelse 1 och 2.

Då koncentrationerna av de olika näringsämnen varierar mellan trädresternas olika fraktioner (grenar och barr), utfördes beräkningarna dels utifrån trädresternas kalkverkan, dels utifrån enskilda näringsämnen.

Material och metoder

Ett slutavverkningsmoget grandominerat typbestånd hämtades från AssiDomän Skog & Trä, Värnamo Skogsförvaltnings indelningsregister. Med hjälp av beståndsdata från detta typbestånd (tabell 1) och biomassafunktioner (Marklund, 1988), kunde mängden trädrester vid en tänkt slutavverkning beräknas (tabell 2).

Tabell 1.
Beståndsdata för typbestånd.

Beståndsdata	
Aritmetisk medeldiameter (cm)	22,9
Grundtyevägd medeldiameter (cm)	27,2
Virkesförråd (m ³ sk ha ⁻¹)	274
Trädslagsblandning, tall-gran-löv (%)	09-86-05
Medelstamvolym (m ³ fub)	0,389
Stammar (antal ha ⁻¹)	593

Fördelningen mellan trädresternas olika fraktioner varierar med vilken enhet trädresterna anges i, beroende på skillnader i torr-rådensitet. Barrens torr-rådensitet är här satt till 300 kg/m³f, både för tall och gran. Lövträden förutsätts vara avlövide. Grenarnas torr-rådensitet varierar mellan 430 (tall), 580 (gran) och 530 kg/m³f (björk) (Hakkila, 1971).

I samband med tidsstudier av aggregat för komprimering av GROT till stockar uppmättes också mängden spill vid upparbetningen. För båda av de två på marknaden förekommande aggregaten var spillmängden ca 6-viktsprocent vid komprimering av grönt färskt material, och bestod till övervägande del av barr (Nordén, muntl. medd.). Med dessa förutsättningar, med korrektion för olika torr-rådensiteter för de olika bränslefraktionerna, kunde spillet beräknas till motsvarande drygt 10 % av den totala barmängden. Denna mängd spill antas gälla även vid produktion av GROT-stockar i samband med en integrerad avverkning.

Tabell 2.

Totala tillgängliga mängder trädrester i typbestånd, samt dess fördelning mellan grenar (inklusive toppar) och barr.

Trädrester, sorter	totalt	grenar+toppar	barr
flisat ($\text{m}^3 \text{s ha}^{-1}$)	223,0	123,8	99,2
fast volym ($\text{m}^3 \text{f ha}^{-1}$)	89,2	49,5	39,7
Torrsubstans (ton ts ha^{-1})	39,8	27,9	11,9
Energivärde (MWh ha^{-1}) *	187,7	131,6	56,1

* enligt omräkningsfaktor: 1 MWh = 0,212 ton ts

I analysen jämfördes tre olika tänkta system för trädbränsleskörd med varierande grad av effektivitet vad gäller tillvaratagande av trädresterna samt med varierande grad av avbarrning på hygget.

Antagna förutsättningar:

1. Integrerad skörd

Komprimerade GROT-stocker produceras av skördaren direkt i samband med trädens upparbetning. 100 % av mängden grenar och toppar och 90 % av mängden barr tas ut från hygget (10 % av barren faller av vid komprimeringen).

2. Dominerande system i dag

Trädrester samlas i högar på hygget efter bränsleanpassad avverkning. 90 % av mängden grenar och toppar tas ut från hygget och 10 % blir kvar på hygget i form av spill. Efter ett par månaders lagring i högar blir 50 % av barmängden kvar på hygget efter utskotning.

3. Dominerande system och fullständig avbarrning

Högarnas lagringstid förlängs tills dess att fullständig avbarrning skett. 90 % av mängden grenar och toppar tas ut från hygget och 100 % av barmängden blir kvar på hygget efter utskotning.

Beräkningar

Ett beräkningsprogram finns framtaget (Snurran 1.0), med vilket man kan beräkna vilka mängder av olika näringsämnen som förs ut från olika ståndorter och vid varierande typer av skogsbränsleuttag (Jacobson & Mattsson, 1998). Programmet bygger på ett femtiotal nordiska studier där näringshalter och näringsmängder i trädens olika fraktioner bestämts. För att få fram värden på uttagna näringsmängder i aktuella bestånd, så arbetar beräkningsprogrammet med viktsrelationer mellan trädets olika fraktioner (enl. Marklund, 1988), vilka varierar med trädstorleken. Med hjälp av en modifierad version av detta beräkningsverktyg, samt bakgrundsunderlaget till detsamma, kunde näringsuttaget för respektive trädbränsleskördssystem beräknas.

Näringsuttagen i typbeståndet för respektive system för trädbränsleskörd beräknades i form av kiloekvivalenter baskatjoner ($\text{kmol}(+) \text{ ha}^{-1}$) samt i absoluta tal (kg ha^{-1}) för enskilda viktiga makronäringsämnen (N, P, K, Ca samt Mg).

Utifrån dessa resultat kunde därefter beräknas hur mycket trädrester som måste lämnas kvar på hygget i systemet ”Integrerad skörd” (system 1) för att näringsuttaget ej skulle överskrida system 2 respektive system 3.

Resultat

Mängd uttagna trädrester, angivet i ton torrsubstans, blev vid alternativet integrerad skörd (system 1) 24 % högre jämfört med system 2, och 54 % högre jämfört med system 3 (tabell 3).

Näringsuttag i respektive system för trädbränsleskörd redovisas i tabell 4. Räknat i kiloekvivalenter baskatjoner, blev näringsuttaget vid integrerad skörd 33 % högre jämfört med system 2, och 94 % högre jämfört med system 3.

Tabell 3.

Uttagna mängder trädrester i typbestånd för respektive system av trädbränsleskörd, samt dess fördelning mellan grenar (inklusive toppar) och barr.

	Trädrester, sorter			
	flisat ($\text{m}^3 \text{ s ha}^{-1}$)	fast volym ($\text{m}^3 \text{ f ha}^{-1}$)	torrsubstans (ton ts ha^{-1})	energivärde (MWh ha^{-1}) *
System 1				
gren+topp	123,8	49,5	27,9	131,6
Barr	89,3	35,7	10,7	50,5
Totalt	213,1	85,2	38,6	182,1
System 2				
gren+topp	111,4	44,5	25,1	118,4
Barr	49,6	19,9	6,0	28,3
Totalt	161,0	64,4	31,1	146,7
System 3				
gren+topp	111,4	44,5	25,1	118,4
Barr	0,0	0,0	0,0	0,0

* enligt omräkningsfaktor: 1 MWh = 0,212 ton ts

Om näringsuttaget istället beräknades i form av uttagen mängd N, så blev uttaget vid integrerad skörd 37 % högre jämfört med system 2, och 120 % högre jämfört med system 3.

Tabell 4.
Näringsuttag i respektive system för trädbränsleskörd, samt vid enbart gagnvirkesskörd (stamved).

	Näringsämne, kg ha ⁻¹					Baskatjoner
	N	P	K	Ca	Mg	kmol(+) ha ⁻¹
Stamved	121,5	14,6	76,7	138,5	19,2	10,7
System 1						
gren+topp	164,2	18,8	74,3	114,2	19,1	9,6
Barr	159,5	18,7	65,5	81,9	13,6	7,1
Totalt	323,7	37,5	139,8	196,2	32,7	16,7
System 2						
gren+topp	147,8	16,9	66,9	102,8	17,2	8,6
Barr	88,6	10,4	36,4	45,5	7,6	3,9
Totalt	236,4	27,3	103,3	148,3	24,8	12,6
System 3						
gren+topp	147,8	16,9	66,9	102,8	17,2	8,6
Barr	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Mängden GROT (grenar+toppar, inklusive barr) som i systemet med integrerad skörd (system 1) måste lämnas kvar på hygget för att näringsuttaget ej skall överskrida uttagen i system 2 respektive system 3, redovisas i tabell 5–7. Den högsta mängden GROT som behöver lämnas erhålles om näringsuttaget baseras på uttagen mängd N eller P. Den minsta mängden erhålles om beräkningarna baseras på kiloekvivalenter baskatjoner eller uttagen mängd Ca och Mg.

Räknat i kiloekvivalenter baskatjoner, måste man vid integrerad skörd lämna 23 % av den totala mängden GROT, motsvarande 9,2 ton ts ha⁻¹, för att näringsuttaget skall vara jämförbart med uttaget i system 2. För att baskatjonuttaget skall vara jämförbart med uttaget i system 3, måste 46 % av den totala mängden GROT kvarlämnas, motsvarande 18,3 ton ts ha⁻¹.

Då näringsuttaget baseras på uttagen mängd N, behöver man vid integrerad skörd lämna 26 % av den totala mängden GROT, motsvarande 10,3 ton ts ha⁻¹, för att näringsuttaget skall vara jämförbart med uttaget i system 2. För att N-uttaget skall vara jämförbart med uttaget i system 3, måste 52 % av den totala mängden GROT kvarlämnas, motsvarande 20,7 ton ts ha⁻¹.

Tabell 5.

Andel av den totala tillgängliga mängden trädrester som i systemet med integrerad skörd (system 1) måste lämnas kvar på hygget för att uttaget av baskatjoner (alternativt Ca eller Mg) ej skall överskrida uttagen i system 2 respektive system 3, samt vad denna andel motsvarar i mängd grenar + toppar och barr.

	Andel (%)	flisat ($\text{m}^3\text{s ha}^{-1}$)	Trädrester, sorter		
			fast volym ($\text{m}^3\text{f ha}^{-1}$)	torrsubstans (ton ts ha^{-1})	energivärde (MWh ha^{-1}) *
Norm: System 2					
gren+topp	23	28,5	11,4	6,4	30,2
Barr	23	22,8	9,1	2,7	12,9
Totalt		51,3	20,5	9,2	43,2
Norm: System 3					
gren+topp	46	56,9	22,8	12,8	60,5
Barr	46	45,6	18,3	5,5	25,8
Totalt		102,6	41,0	18,3	86,3

* enligt omräkningsfaktor: 1 MWh = 0,212 ton ts

Tabell 6.

Andel av den totala tillgängliga mängden trädrester som i systemet med integrerad skörd (system 1) måste lämnas kvar på hygget för att uttaget av kväve (N) eller fosfor (P) ej skall överskrida uttagen i system 2 respektive system 3, samt vad denna andel motsvarar i mängd grenar + toppar och barr .

	Andel (%)	flisat ($\text{m}^3\text{s ha}^{-1}$)	Trädrester, sorter		
			fast volym ($\text{m}^3\text{f ha}^{-1}$)	torrsubstans (ton ts ha^{-1})	energivärde (MWh ha^{-1}) *
Norm: System 2					
gren+topp	26	32,2	12,9	7,3	34,2
Barr	26	25,8	10,3	3,1	14,6
Totalt		58,0	23,2	10,3	48,8
Norm: System 3					
gren+topp	52	64,4	25,7	14,5	68,4
Barr	52	51,6	20,6	6,2	29,2
Totalt		116,0	46,4	20,7	97,6

* enligt omräkningsfaktor: 1 MWh = 0,212 ton ts

Tabell 7.

Andel av den totala tillgängliga mängden trädrester som i systemet med integrerad skörd (system 1) måste lämnas kvar på hygget för att uttaget av kalium (K) ej skall överskrida uttagen i system 2 respektive system 3, samt vad denna andel motsvarar i mängd grenar + toppar och barr.

	Andel (%)	Trädrester, sorter			
		flisat (m ³ s ha ⁻¹)	fast volym (m ³ f ha ⁻¹)	torrsubstans (ton ts ha ⁻¹)	energivärde (MWh ha ⁻¹)*
Norm: System 2					
gren+topp	25	31,0	12,4	7,0	32,9
Barr	25	24,8	9,9	3,0	14,0
Totalt		55,8	22,3	10,0	46,9
Norm: System 3					
gren+topp	50	61,9	24,8	14,0	65,8
Barr	50	49,6	19,9	6,0	28,1
Totalt		111,5	44,6	19,9	93,9

* enligt omräkningsfaktor: 1 MWh = 0,212 ton ts

Genom att reducera uttagna mängder trädrester i grundalternativet för systemet med integrerad skörd (tabell 3), med de enligt tabell 5–7 kvarlämnade mängderna, erhöles tänkta nettouttag för system 1. Baserat på näringsuttaget i form av ekvivalenter baskatjoner (tabell 5), redovisas i tabell 8 sådana nettouttag för system 1. Dessa nettouttag kan sedan jämföras med uttagen för system 2 och system 3 (tabell 3). Vid en sådan jämförelse framgår att skillnaderna, uttryckt i formen m³s, är försumbar. Dock är fördelningen mellan andelen grenar och andelen barr kraftigt förändrad. Andelen barr är mycket högre i nettouttagen för system 1. Detta leder till att uttagen, uttryckt i formen ton ts eller MWh, blir lägre för de framräknade nettouttagen vid integrerad skörd. I detta typbestånd minskade nettouttaget vid integrerad skörd med 1,6 ton ts ha⁻¹ (5 %) jämfört med uttaget i system 2. Jämfört med uttaget i system 3 var minskningen 4,8 ton ts ha⁻¹, motsvarande 19 %.

Om nettouttagen för system 1 istället baseras på uttaget av enskilda näringsämnen (N, P eller K), kommer skillnaderna i uttag gentemot system 1 respektive system 2 att bli än större.

Tabell 8.

Mängd uttagbara trädrester i systemet med integrerad skörd (system 1), efter det att uttaget reducerats för att åstadkomma lika stora näringsuttag, uttryckt som kiloekvivalenter baskatjoner, som i de jämförande systemen.

	Trädrester, sorter			
	flisat (m ³ s ha ⁻¹)	fast volym (m ³ f ha ⁻¹)	torrsubstans (ton ts ha ⁻¹)	energivärde (MWh ha ⁻¹) *
Norm: System 2				
gren+topp	95,3	38,1	21,5	101,4
Barr	66,5	26,6	8,0	37,6
Totalt	161,8	64,7	29,5	139,0
Norm: System 3				
gren+topp	66,9	26,7	15,1	71,1
barr	43,7	17,4	5,2	24,7
totalt	110,6	44,1	20,3	95,8

* enligt omräkningsfaktor: 1 MWh = 0,212 ton ts

Diskussion

Det för dagen kanske mest relevanta sättet att utföra den här typen av näringsberäkningar, är att basera dessa på ekvivalenter baskatjoner (kalkverkan), eftersom Skogsstyrelsen baserar sina rekommendationer om näringskompensation utifrån denna beräkningsgrund. Anledningen till detta är att det i första hand är skogsbränsleskördens försurande verkan man vill motverka. Vid dessa beräkningar har Ca en stor inverkan på resultatet; dels för att det är tvåvärdigt positivt laddat, dels för att det förekommer i relativt höga halter. Ytterligare en förklaring till att det blir skillnader i resultat om beräkningarna baseras på baskatjoner i stället för enskilda näringsämnen (exv. N, P eller K) är att skillnaden i koncentration mellan barr och grenar är jämförelsevis mycket mindre för Ca.

Resultatet från beräkningarna visar att det är fullt möjligt att vid ett tänkt s.k. integrerat system för skörd av trädrester, jämställa näringsuttaget med andra i dag befintliga system, utan alltför stora minskningar i uttagna mängder trädbränsle. Huruvida detta skulle kunna vara ett realistiskt alternativ, ur ekonomisk synvinkel, beror på hur stora rationaliseringsbesparingarna blir i ett integrerat system. I en sådan ekonomisk kalkyl måste kostnaderna för en eventuell kompensationsgödsling med aska även vägas in, liksom eventuella effekter på den ökade andelen barr i de skördade trädresterna i systemet med integrerad skörd.

Ur skoglig produktionssynpunkt är kvarlämnandet av barr och/eller grenar att föredra framför en kompensationsgödsling med aska. På merparten av Sveriges skogliga fastmarker, även i södra Sverige, är N det primärt tillväxtbegränsande näringsämnet (Tamm, 1991). Ett skogsbränsleuttag medför också att ståndorten förlorar stora mängder N. En återföring av aska löser inte detta problem eftersom inget N återförs. Det är t.o.m. möjligt att problemet kan förvärras av en askåterföring i och med att det N som finns kvar kan bli än mer otillgängligt

(Jacobson, 1997). Det enda verksamma sättet att motverka en sänkt produktionsförmåga är då att gödsla med N. Detta sammantaget innebär att kostnaderna för en framtida N-gödsling eventuellt måste inkluderas i de ekonomiska kalkylerna, åtminstone om uttaget av N med trädresterna är högre än den andel som finns i barren (jmf. system 3). I en studie uteblev förväntade tillväxtreduktioner efter uttag av trädrester, i det fallet alla barr lämnades kvar jämnt spridd på hygget (Egnell & Leijon, 1999).

I befintliga system för trädbränsleskörd är mängden kvarlämnade trädrester oftast koncentrerad till platsen för de bränsleanpassade trädresthögarna. I systemet med integrerad skörd skulle mängden kvarlämnade trädrester enkelt kunna spridas relativt jämnt över hyggesarealen. Huruvida detta eventuellt skulle kunna minska risken för förhöjt näringsläckage under hyggesfasen, får för närvarande endast betraktas som en hypotes, då studier där man väger ihop effekterna över hela hyggesarealen saknas.

Beräkningarna i denna studie utgick från ett grandominerat bestånd. I ett mer talldominerat bestånd kommer relationerna att bli något annorlunda. Detta beroende på att andelen barr är lägre i tall, samt att relationerna vad gäller de olika trädrestfraktionernas näringshalter skiljer sig åt de två trädslagen emellan.

Referenser

- Andersson, F., Hallbäcken, L. & Popovic', B. 1995. Kalkning och trädutväxt. I: Skogsmarkskalkning – Resultat och slutsatser från Naturvårdsverkets försöksverksamhet. SNV Rapport 4559, s. 122-133.
- Anon., 1994. Biobränsle – aska i kretslopp. Naturvårdsverket Informerar, Temafakta Mark och grundvatten, juni 1994. Solna. 12 pp.
- Anon., 1998. Rekommendationer vid uttag av skogsbränsle och kompensationsgödsling. Skogsstyrelsen. 6 s.
- 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.
- 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.
- Glöde, D. 2000. GROT & gagnvirkes skördaren – analys av ett koncept för bättre lönsamhet vid GROT-skörd. SkogForsk, Arbetsrapport nr 449. Uppsala. 21 s.
- Hakkila, P. 1971. Coniferous branches as a raw material source. Com. Inst. For. Fenn. 75: 1.
- Hallgren-Larsson, E. & Westling, O. 1994. Luftföroreningar i södra Sverige. IVL-Rapport B 1150. Aneboda. 60 s.
- Jacobson, S. 1996. Askåterföring och kompensationsgödsling efter helträdsavverkning – effekter på trädens stamtillväxt. KSLAs tidskrift 135:13, s. 91-102.

- Jacobson, S. 1997. Återföring av aska kan ge tillväxtförluster. SkogForsk, Resultat Nr 23/1997. Uppsala. 4 s.
- Jacobson, S. & Mattson, S. 1998. ”Snurran” – ett excelprogram som beräknar näringsuttag vid skörd av trädrester. SkogForsk, Resultat nr 1/1998. Uppsala. 4 s.
- Jacobson, S. & Filipsson, J. 1999. Trädresternas rumsliga fördelning efter slutavverkning – jämförelse mellan bränsleanpassad och konventionell avverkningssmetod. SkogForsk, Arbetsrapport nr 422. Uppsala. 18 s.
- Johansson, M.-B., Nilsson, T. & Olsson, M. 1999. Miljökonsekvensbeskrivning av Skogsstyrelsens förslag till åtgärdsprogram för kalkning och vitalisering. Skogsstyrelsen, Rapport 1 1999. Jönköping. 168 s.
- Löfroth, C. 1998. Kartläggning av komprimeringsutrustning. SkogForsk, Arbetsrapport nr 384. Uppsala. 16 s.
- Marklund, L-G. 1988. Biomassafunktioner för tall, gran och björk i Sverige. SLU, Inst. för skogstaxering, Rapport 45. Umeå. 73 s.
- Persson, T. & Wirén, A. 1996. Effekter av skogsmarkskalkning på kväveomsättningen. I: Skogsmarkskalkning - Resultat och slutsatser från Naturvårdsverkets försöksverksamhet. SNV Rapport 4559, s. 70–91.
- Olsson, M., Melkerud, P-A. & Rosén, K. 1993. Regional modelling of base cation losses from Swedish forest soils due to whole-tree harvesting. Applied Geochemistry. Supplement 2: 189–194.
- Olsson, M. 1996. Långsiktiga näringsbalanser vid uttag av skogsbränsle. Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift 135(13), 37–51.
- Tamm, C. O. 1991. Nitrogen in terrestrial ecosystems. Ecol. Studies, Vol. 8. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 115 pp. ISBN 3-540-51807-X.
- 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., Hallgren-Larsson, E., Sjöblad, K. & Lövblad, K. 1992. Deposition och effekter av luftföroreningar i södra Sverige. IVL-Rapport B 1079. Aneboda. 109 s.