

Jämförande studier av balning, anpassade trädrester, ej an- passade och trädrester i välta

Berndt Nordén



Omslag: Balning, anpassade trädrester. **Foto:** Berndt Nordén.

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.

Innehåll

Sammanfattning.....	3
Bakgrund	3
Syfte	4
Uppläggning och genomförande.....	4
Studieförutsättningar	5
Maskinbeskrivning	5
Tidsstudier	6
Vägning.....	6
Resultat.....	6
Normering	6
Kostnader	7
Bilaga 1 Momentgränser vid studie av balning.....	9
Bilaga 2 Studieresultat, anpassat	11
Bilaga 3 Balvikter	13
Bilaga 4 Fukthalter.....	15
Bilaga 5 Maskinkostnads kalkyl	17

Sammanfattning

Eftersom trädränslen har ett relativt lågt värde före bearbetning och transporter, måste dessa kostnader begränsas för att det överhuvudtaget skall vara lönsamt att tillvarata trädrester på längre avstånd både från väg men även från värmeindustri.

Ett sätt som har använts är att flisa trädresterna direkt på hygget för att på det sättet erhålla en högre volymvikt vid efterföljande transporter. Metoden medför dock att det blir ”heta system”, vilka är mycket känsliga för störningar. Den färdiga flisen kan inte heller lagras någon längre tid, vilket ställer krav på att produktionsapparaten måste anpassas kontinuerligt till värmepannornas förbrukning.

Trädenergi Väst AB har tillsammans med Bala Press AB utvecklat en maskin för att komprimera trädresterna tidigt i kedjan och på så sätt minska både problem med lagring och hantering samt att sänka både transport- och sönderdelningskostnaderna.

I denna studie har jämförelser gjorts mellan tre olika system för balning av trädrester:

1. Balning av trädrester ihopskotade till välta.
2. Balning av stora trädresthögar som anpassats av skördaren vid avverkningen.
3. Balning av trädrester från små trädresthögar utan anpassning för tillvaratagande.

Kostnaden för balning varierade inte så mycket mellan de tre systemen. Balning av träddeklar ihopskotade till välta, visade sig vara ca 10 % billigare än balning på hygget. Skillnaden mellan att bala trädrester som av skördaren anpassats för tillvaratagande och trädrester som inte anpassats, gav inte mer än drygt 3 % billigare balning för de anpassade trädrestererna.

Bakgrund

Den största olägenheten vid transport av trädrester är att materialet har så låg relativ fastvolym. Det gör att skotarens lastkapacitet endast utnyttjas till ca 30–60 % och att lastbilens lastkapacitet utnyttjas till ca 50–80 %.

Under ett stort antal år har åtskilliga olika försök gjorts med att på olika sätt komprimera trädresterna och därigenom öka fastmassan för att minska transportkostnaderna. Olika metoder har haft varierande framgång mycket beroende på tids- och kostnadsaspekten.

Stora mängder trädrester tas tillvara för användning som bränsle redan i dag. Eftersom trädrester är ett mycket skrymmande sortiment, vilket ger en dyr transport och hantering medför det att stora mängder på längre transportavstånd inte är lönsamt att tillvarata.

Genom att komprimera trädrester på ett tidigt stadium i hanteringskedjan bör transport- och hanteringskostnaderna kunna minskas. Detta bör i sin tur medföra att även trädrester på lite längre transportavstånd som i dag inte är lönsamma att tillvarata, skulle kunna användas som bränsle.

En väl fungerande teknik för bestående komprimering medför även en mindre het logistik, genom att materialet kan lagras på olika ställen i kedjan från hygge till värmeverk. Dessutom bör sönderdelningskostnaden kunna minska väsentligt genom att använda stora effektiva utrustningar vid central upparbetning.

Syfte

Syftet med studien är att få underlag för att göra beräkningar om var och hur komprimering av trädrester kan vara konkurrenskraftigt. Dessutom bör det ge underlag för att beräkna vilka tillskottsvolymer som kan vara lönsamma att tillvarata. Studien skall jämföra balarens prestation och kostnad vid tre olika förutsättningar:

1. Balning av trädrester ihopskotade till välta.
2. Balning av stora trädresthögar som anpassats vid avverkningen av skördaren.
3. Balning av trädrester från små trädresthögar utan anpassning för tillvaratagande.

Uppläggning och genomförande

Tre olika förutsättningar för balaren studerades:

1. Balning av trädrester ihopskotade till stora välter vid väggkant.
2. Balning av stora högar med trädrester som anpassats för tillvaratagande av skördaren.
3. Balning av ej anpassade trädrester utspridda över hela hygget efter skörden.

Först genomfördes studien efter en mindre slutavverkning av gran där ingen anpassning för tillvaratagande av trädrester gjorts. Trädresterna lastades in i balaren från båda sidor av maskinen. Balning genomfördes endast där markens bärighet var god och utan terrängsvårigheter. Fjorton balar tidsstuderades och hälften av dessa vägdes. Tillvaratagandet uppgick till 35,5 ton per

hektar. Dessutom togs fukthaltsprover genom att med hjälp av motorsåg såga ur ett prov på ca två liter ur de vägda balarna.

Vid studien av balning från välta lastades alla trädresterna in från samma sida. Trädresterna bestod till största delen av gran med ett mindre inslag av löv. Trettiotvå balar tidsstuderades och femton balar vägdes. Fukthaltsprover togs från tio balar.

Trädresterna efter den anpassade avverkningen var samlade i stora högar, vilket gjorde det lätt att mata in i balaren. Även här var markförhållandena mycket lätta, och bärigheten helt utan problem. Här studerades trettiofem balar av vilka tjugonio vägdes. Tillvaratagandet var i denna studie hela 60,5 ton hektar. Även detta var uteslutande trädrester efter grov gran. Här togs tio fukthaltsprover, vilka vägdes direkt på platsen för att senare torkas i ugn.

Studieförutsättningar

Studien genomfördes i mitten av september 1996 efter Munkedal Skog AB:s tre olika avverkningar i närheten av Färgelanda.

Maskinförare var Tobias Karlsson anställd hos Skaraborgs Bioenergi AB, vilka äger båda balmaskinerna som finns tillverkade. Föraren hade inte mer än drygt en månades erfarenhet av maskinen, men har flera års vana av att köra en flishugg, vilket är ett liknande arbete. Samma förare anlätades i samtliga studieled.

Ansvarig för studien och efterföljande analys är Berndt Nordén, SkogForsk.

Trädresterna var inköpta av Trädenergi Väst AB, vilka även fungerade som studievärd.

Det var solsken och ca 10 grader varmt under hela studien.

Maskinbeskrivning

Den studerade maskinen är maskin nummer två som anpassats för att bala trädrester.

Balningsutrustningen består av en trumma med hydrauliskt drivna gavlar, inmatningsbord, driven överrulle för inmatning och en separat motor på drygt 100 hk. Trädresterna komprimeras till cylindriska balar, 112 × 120 cm, vilket ger en volym på 1,27 m³. Balningsutrustningen är placerad på en svängkrans för att vara oberoende av från vilken sida trädresterna lämpligast matas in. En stor del av balarens arbetsmoment styrs av en inbyggd dator. Hela balningsutrustningen väger i detta utförande ca 11 ton inklusive ram.

Den studerade balaren är monterad på en begagnad ÖSA 250 åttahjulig skotare och inmatningen av trädresten görs med skotarkranen, vilken är försedd med en risgrip.

När balaren inte orkar dra in mer material omsluts den av ett nät innan trumman öppnas och balen lyfts ur med hjälp av skotarkranen.

Tidsstudier

Studierna utfördes som centiminuterstudier där de olika arbetsmomenten registrerades på en Husky Hunter minidator. De momentgränser som användes samt momentbeskrivning återfinns i bilaga 1.

Vägning

Balarna vägdes på Bala Press ABs transportabla vågutrustning. Fukthaltsproverna vägdes kontinuerligt vartefter de togs, på en liten batteridrivna våg med god upplösning och tillförlitlighet.

Resultat

Resultatredovisningen delas upp i en redovisning för varje studie: **anpassat**, **ej anpassat** och **välta**. Det kompletta tidsstudiematerialet återfinns i bilaga 2.

Tabell 1.

Genomsnittliga momenttider för varje studieled.

Cmin/bal	Kran ut	Gripa	Kran in	Trycka	Bala	Fmup	Näta	Öppna	Lyfta	Vända	Summa
Anpassat	46,7	49,2	53,4	24,0	26,0	30,8	62,3	9,8	25,0	4,5	312,4
Ej anp.	46,4	59,0	57,0	8,5	20,0	4,8	61,0	12,5	9,0	8,1	324,5
Välta	41,3	33,4	46,1	37,8	41,1	4,6	59,1	13,3	27,0	4,6	308,4

Normering

Av praktiska skäl begränsades studien av de anpassade träderna till ett hörn av avverkningsområdet. Detta medförde ett ökat antal vändningar för maskinen, vilket inte kan betraktas som normalt annat än för mycket små hyggen.

För att få en rättvis jämförelse mellan de tre metoderna reducerades tiden för förflyttning mellan uppställningsplatser med den extra tid som användes för att vända maskinen och för att komma i läge för ett nytt slag.

Tabell 2.**Normerad summatid per bal för anpassade träddelar.**

Cmin/bal	Kran ut	Gripa	Kran in	Trycka	Bala	Fmup	Näta	Öppna	Lyfta	Vända	Summa
Anpassat	46,7	49,2	53,4	24	26	15,6	62,3	9,8	25	4,5	298

Tabell 3.**Balvikter, torrhalter och energiinnehåll.**

	Balvikter kg			Torrhalter %			Energi-innehåll KWh
	Min	Medel	Max	Min	Medel	Max	KWh
Anpassat	237	372,4	474	61	71	80	1 295
Ej anpassat	267	353,0	397	74	77	81	1 351
Välta	330	435,0	568	60	69	76	1 461

Kostnader

Maskinkostnaden är beräknad till 645 kronor/G₁₅-timme.

(Maskinkostnads kalkyl i bilaga 5). Nätkostnad 6 kronor per bal.

Tabell 4.**Balningskostnad i kronor/MWh.**

	Anpassat	Ej anpassat	Välta
Cmin/bal	298	324,5	308,4
Balar/G ₁₅ -timme	17,1	15,7	16,5
KWh/bal	1 295	1 351	1 461
Kronor/MWh	33,76	34,85	30,86

Tabell 5.**Normerad summatid för anpassade träddelar.**

	Kran ut	Gripa	Kran in	Trycka	Bala	Fmup	Näta	Öppna	Lyfta	Vända	Summa
Summa	1 542	1 624	1 762	792	858	514	2 055	322	811	150	10 430
tid/bal	46,7	49,2	53,4	24	26	15,6	62,3	9,8	25	4,5	298

Momentgränser vid studie av balning

Krut	Börjar med att kranen börjar röra sig för att hämta grot.
Grip	Från att gripen vidrör träddelarna tills gripen lyfts från marken.
Krin	Från att gripen fyllts och lyfter från marken till att gripen börjar öppnas för att släppa träddelarna på inmatningsbordet.
Loss	Börjar när gripen öppnas, slutar när gripen är tom på trädrester.
Bala	Om balningstrumman går när kranen är överksam.
Fmup	Förflyttning mellan uppställningsplatser.
Nata	När nätning av balen pågår.
Oppn	Efter avslutad nätning för att öppna baltrumman för att frilägga balen.
Lyft	Att med kranen lyfta ner den färdiga balen till marken.
Stng	Stängning av baltrumman.
Tomk	Tomkörning för förflyttning av maskinen.
Vand	Vändning av baltrumman för lastning från motstående sida.
Paus	Rast för samtal och dylikt.
Over	Övrig tid som tillhör balningsarbetet.
Stor	All annan tid som inte kan hänföras till rent balningsarbete.

Bilaga 2

Studieresultat, anpassat

	Kran ut	Gripa	Kran in	Trycka	Bala	Fmup	Näta	Öppna	Lyfta	Vända	Summa
Bal 1	31	67	39	0	0	0	52	3	20	36	248
Bal 2	39	41	39	11	0	12	58	7	17	0	224
Bal 3	65	104	119	41	34	117	60	3	22	0	565
Bal 4	41	49	48	71	31	44	60	6	24	0	374
Bal 5	31	25	44	23	24	0	61	10	28	0	246
Bal 6											328
Bal 7											329
Bal 8	31	33	29	11	33	21	60	7	20	0	245
Bal 9	30	33	37	0	16	0	64	5	43	0	228
Bal 10	41	57	51	15	0	40	59	10	25	0	298
Bal 11	37	28	50	6	23	0	61	13	27	0	246
Bal 12	46	55	57	6	12	0	62	9	22	0	269
Bal 13	36	53	60	24	35	18	65	6	19	37	352
Bal 14	57	60	64	28	167	235	60	14	26	0	711
Bal 15	51	37	35	40	2	0	61	8	30	0	264
Bal 16	36	31	33	64	21	50	60	9	31	0	325
Bal 17	48	32	36	11	14	60	55	11	20	18	305
Bal 18	52	44	57	0	0	0	61	29	19	0	262
Bal 19	51	30	50	22	19	0	61	11	30	0	274
Bal 20	59	72	101	19	61	42	60	11	26	0	451
Bal 21	78	100	70	0	55	0	59	10	15	59	447
Bal 22	28	27	85	0	0	9	59	7	14	0	229
Bal 23	66	97	46	32	0	16	60	5	14	0	336
Bal 24	67	28	31	23	0	0	60	7	19	0	235
Bal 25	68	90	53	49	75	202	103	13	22	0	675
Bal 26	58	62	57	28	28	57	67	8	23	0	388
Bal 27	30	14	38	16	16	0	58	8	22	0	202
Bal 28	45	47	59	12	0	58	72	11	16	0	320
Bal 29	23	35	42	0	48	0	60	11	14	0	233
Bal 30	34	24	35	25	0	0	69	9	23	0	219
Bal 31	26	25	59	32	29	37	65	8	21	0	302
Bal 32	79	44	79	48	54	0	63	17	61	0	445
Bal 33	39	61	43	50	33	0	58	12	27	0	323
Bal 34	72	71	55	32	0	0	61	12	27	0	330
Bal 35	48	48	61	63	27	0	61	12	44	0	364
Summa	1 542	1 624	1 762	792	858	1 018	2 055	322	811	150	10 934
tid/bal	46,7	49,2	53,4	24	26	30,8	62,3	9,8	25	4,5	312,4

För bal 6 och 7 finns inte uppdelningen på moment p.g.a. störning från markägaren. Den genomsnittliga momenttiden är beräknad på 33 deltider medan den genomsnittliga totaltiden är beräknad för alla 35 studerade balarna.

Resultat ej anpassat.

	Kran ut	Gripa	Kran in	Trycka	Bala	Fmup	Näta	Öppna	Lyfta	Vända	Summa
Bal 1	26	20	36	26	5	21	62	13	15	0	223
Bal 2	74	57	94	0	29	20	62	12	25	0	373
Bal 3	26	71	39	13	0	0	60	11	21	24	265
Bal 4	32	43	43	8	10	51	60	10	33	0	290
Bal 5	48	72	57	0	20	19	63	23	22	0	324
Bal 6	46	58	67	0	0	23	60	12	26	0	292
Bal 7	36	50	60	0	47	21	60	12	42	54	382
Bal 8	48	60	54	0	27	25	60	12	26	0	312
Bal 9	48	45	36	0	5	0	62	10	22	0	228
Bal 10	29	43	40	46	41	112	58	13	24	35	441
Bal 11	38	46	43	0	12	0	61	8	34	0	242
Bal 12	65	71	68	9	12	34	60	13	46	0	378
Bal 13	82	118	87	10	42	21	60	13	30	0	463
Bal 14	52	74	67	8	23	0	60	13	33	0	330
Summa	650	828	791	119	273	347	848	175	399	113	4 543
tid/bal	46,4	59	57	8,5	20	24,8	61	12,5	29	8,1	324,5

Resultat vältat.

	Kran ut	Gripa	Kran in	Trycka	Bala	Fmup	Näta	Öppna	Lyfta	Vända	Summa
Bal 1	44	34	45	21	38	15	58	12	19	21	307
Bal 2	48	23	32	0	30	0	60	13	36	0	242
Bal 3	36	41	53	39	29	0	59	12	26	0	295
Bal 4	41	52	49	36	19	12	57	11	27	0	304
Bal 5	49	28	54	81	64	0	57	12	31	0	376
Bal 6	57	39	69	10	143	0	57	13	28	0	416
Bal 7	46	47	57	26	0	13	60	13	26	0	288
Bal 8	30	18	46	79	29	0	63	15	25	0	305
Bal 9	37	53	55	35	63	0	60	13	26	52	394
Bal 10	35	28	39	23	27	0	59	14	31	0	254
Bal 11	20	20	19	18	22	0	56	13	24	0	192
Bal 12	22	28	30	25	0	25	58	12	22	0	222
Bal 13	50	24	35	52	30	0	57	10	19	0	287
Bal 14	37	28	30	71	19	9	58	10	33	0	295
Bal 15	66	35	50	59	58	0	59	12	30	0	369
Bal 16	33	39	75	29	87	0	68	27	31	0	389
Bal 17	44	34	45	21	38	15	58	12	19	21	307
Bal 18	48	23	32	0	30	0	60	13	36	0	242
Bal 19	36	41	53	39	29	0	59	12	26	0	295
Bal 20	41	52	49	36	19	12	57	11	27	0	304
Bal 21	49	28	54	81	64	0	57	12	31	0	376
Bal 22	57	39	69	10	143	0	57	13	28	0	416
Bal 23	46	47	57	26	0	13	60	13	26	0	288
Bal 24	30	18	46	79	29	0	63	15	25	0	305
Bal 25	37	53	55	35	63	0	60	13	26	52	394
Bal 26	35	26	39	23	27	0	59	14	31	0	254
Bal 27	20	20	19	18	22	0	56	13	24	0	192
Bal 28	22	28	30	25	0	25	58	12	22	0	222
Bal 29	60	24	36	52	30	0	57	10	19	0	287
Bal 30	37	28	30	71	19	9	58	10	33	0	295
Bal 31	66	35	50	59	58	0	69	12	30	0	369
Bal 32	33	39	75	29	87	0	68	27	31	0	389
Summa	1 322	1 070	1 476	1 208	1 316	148	1 892	424	868	146	9 870
tid/bal	41,3	33,4	46,1	37,8	41,1	4,63	59,1	13,3	27	4,6	308,4

Balvikter

Anpassat		Ej anpassat	Välta
330	381	339	480
397	318	384	527
411	405	307	395
362	343	267	474
377	442	379	462
332	322	397	428
404			
364	320	397	378
237	383		387
423	338		400
354	282		421
377	415		330
	290		360
440	436		568
474	454		
388			441
			470
Summa invägda balar	10 799	2 470	6 521
Genomsnittlig balvikt	372,4	353	435

Fukthalter

Anpassat.

	Råvikt	Torrsvikt	Torrhalt, %	Fukthalt, %
	610	421	69	31
	752	599	80	20
	612	432	71	29
	364	271	74	26
	514	391	76	24
	544	387	71	29
	692	426	62	38
	518	372	72	28
	542	411	76	24
	708	434	61	39
Snitt:	5 856	4 145	71	29

Ej anpassat.

	Råvikt	Torrsvikt	Torrhalt, %	Fukthalt, %
	294	233	79	21
	263	213	81	19
	331	255	77	23
	613	467	76	24
	597	466	78	22
	569	420	74	26
Snitt:	2 669	2 053	77	23

Välta.

	Råvikt	Torrsvikt	Torrhalt, %	Fukthalt, %
	300	228	76	24
	686	479	70	30
	516	326	63	37
	309	215	70	30
	339	248	73	27
	640	412	64	36
	792	602	76	24
	518	373	72	28
	666	428	64	36
	450	269	60	40
Snitt:	5 217	3 580	69	31

Bilaga 5

Maskinkostnads kalkyl

Kalkylresultat:	
Totalkostnad tkr	52,4
Styckkostnad kr	52,4
Tidsåtgång h	95,5
Prestation enh/h	10,5
Timkostnad kr/h	548,4
Prestation enh/G ₁₅ -h	12,3
Timkostnad kr/ G ₁₅ -h	645,2

Underlag för kostnadsberäkning:

	Basmaskin	Aggregat	Tillbehör
Investering tkr		500	1 700
Restvärde tkr	0		
Avskrivningstid år	100	340	0
		5	5
	0		
Service o rep. tkr/år		200	0
Övriga kostnader tkr/år		0	0 0
Ränta %	8		
Utnyttjad tid per år h		2 688	
Tekniskt utnyttjande %		85	
Personalkostnad tkr/år		351	
Resekostnader tkr/år		62,5	
Skatt tkr/år			
Försäkring tkr/år		3,3	
Däckkostnad tkr/år		0	
Bränsle och olja kr/G ₁₅ -h		145	
Underlag för prestationsberäkning:			
Balningsmaskin			
Grundprestation MWh/G ₁₅ -h		22,0	
Tillägg/avdrag till prestation			
Försvårande omständigheter %:	0		
Nivåläggning %		0	

Investering begagnat skotarchassi, kr 500 000
 Restvärde 20 % = 100 000 kr
 Utnyttjad tid per år: 8 månader × 21 dagar
 × skift = 2 688 tim/år. Personalkostnad
 90 kr/tim × 145 × 2 688 tim = 351 000 kr/år.

Resekostnader: 2 × 6 mil/dag × 168 dagar × 31 kr/mil (25 kr/mil + (1,45 × 13)) = 62 500 kr/år.
 Försäkring 1,5 promille av maskinvärdet.

Bränsle och oljekostnad: 20 liter/tim á 6,50 kr/liter + 0,5 liter á 30 kr/liter.