

ARBETSRAPPORT

FRÅN SKOGFORSK NR 678 2009



Lossning vid ankomst till kraftvärmeverk.

Systemtransporter av skogsbränsle på järnväg

Johanna Enström, Skogforsk & Pär Winberg, Green Cargo

Ämnesord: Järnväg, långväga transporter, skogsbränslelogistik.

SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiften, gods, skogsmaskinföretagare, allmänningar 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.

FORSKNING OCH UTVECKLING

Två forskningsområden:

- Skogsproduktion
- Virkesförsörjning

UPPDRAG

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter. Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

KUNSKAPSFÖRMEDLING

För en effektiv spridning av resultaten används flera olika kanaler: personliga kontakter, webb och interaktiva verktyg, konferenser, media samt egen förlagsverksamhet med produktion av trycksaker och filmer.

Innehåll

1. Sammanfattning.....	2
2. Inledning.....	4
Bakgrund.....	4
Tidigare systemtransporter av liknande slag i Sverige.....	4
Litteratur.....	5
Syfte.....	5
Avgränsningar.....	6
3. Material och metod.....	6
Studieupplägg.....	6
Järnvägssystemet.....	7
Aktuella orter under försöket.....	7
Tilldelning av spårtider.....	7
Miljöpåverkan från järnvägstrafik.....	8
Teknisk beskrivning av utrustningen.....	9
Vägning och mätning.....	11
Lastningsterminaler.....	12
Upplägg vid lastning.....	13
Lastning.....	13
Effektivitet vid lastning.....	14
Lossningsterminaler.....	15
Örebro.....	15
Västerås.....	16
4. Resultat.....	17
Terminalhantering.....	17
Effektivitet vid lastning.....	17
Effektivitet vid lossning.....	19
Vägning.....	20
Summering terminaleffektivitet.....	20
Tågsystemet.....	21
Uppstartsperiod.....	21
Kapacitetsutnyttjande.....	21
Affärsupplägget.....	22
Rättidighet.....	23
Summering tågsystemet.....	23
5. Diskussion.....	24
Tågsystemet.....	24
Terminalhantering.....	24
Lastning.....	24
Lossning.....	25
Fastfrysning.....	25
Vidare studier.....	26
6. Referenser.....	27
Litteratur.....	27
Websidor.....	27
Intervjuer.....	27

1. Sammanfattning

Rapporten bygger på en systemstudie över järnvägstransporter av flisat skogsbränsle i containrar. Studien ingår som en del i projektet Järnvägsterminaler som leds av Skogforsk i samarbete med företag inom skogsnäringen, transport- och energisektorn.

Detta storskaliga försök har studerats i syfte att ge ett systemperspektiv på tågtransporter av biobränslen. Samband mellan terminalutformning och effektivitet i lastning och lossning har identifierats. Även frågor som rör vägning och mätning samt systemupplägget som helhet har varit i fokus för studien.

Material har samlats in genom praktiska studier av lastning och lossning samt intervjuer med engagerad personal. Dessa har resulterat i en jämförelse av de system som används.

Tåget har gått enligt ett veckoschema mellan 5 avsändande och 2 mottagande terminaler, varav E.on:s anläggning i Örebro är den ena. De system som studerats har varit en lösning bestående av stora specialcontainrar för flistransporter, men även en lösning bestående av kombinerade lastbil- och tågcontainrar (rullflak). Även leveranser till Västerås har ingått i systemet. Data från dessa leveranser har hämtats in som referens.

Materialet bestod i huvudsak av torv eller grottflis. Lastningen tog mellan fyra och sex timmar på de olika terminalerna. En till tre hjullastare användes. Materialet var i de flesta fall framkört till spåret inför lastningen, men spridningen varierade från en lång stack längs hela lastningsspåret till endast en stor hög. Därmed varierade även köravståndet vid lastningen. En normering av lastningstiden har gjorts för att belysa effektiviteten vid lastning oberoende av antal lastmaskiner. Resultaten skiljer sig då avsevärt och den normerade lastningstiden har visat sig vara nära kopplad till köravståndet på terminalerna.

Vägning till grund för betalning, skedde vid varje lastning genom att hjullastarna var försedda med krönta vågar som ackumulerade vikten för varje lastad skopa. Vågarna hade en krönt noggrannhet på $\pm 1\%$. Även i lossningstrucken fanns en våg som enligt tillverkaren hade en noggrannhet på $\pm 4,5\%$. Möjlighet finns även på lossningssidan att få en noggrannare vägning med krönt våg.

Lossningen i Örebro tog i normalfallet mellan 4–5 timmar, inklusive en omflyttning av vagnarna.

För att systemet skall bli ekonomiskt lönsamt krävs att man i möjligaste mån optimerar flödet och antalet leveranser per tidscykel. Fler tågomlopp kan möjliggöras genom effektiv lastning och lossning samt en optimerad tidtabell. Det är dock viktigt att planera in viss bufferttid i systemet.

Slutsatser kring tågsystemet

- Erfarenheten visar att man bör planera för viss startsträcka under vilken det skall finnas alternativa försörjningsmöjligheter.
- Väl genomtänkta avtal med rätt drivkrafter för samtliga parter bör finnas, både med avseende på kapacitetsutnyttjande och för att minimera störningar.
- Att maximera fyllnadsgraden av tåget är betydelsefullt. Allt för fuktigt material gör att maximal volym inte kan utnyttjas och levererade MWh, uttryckt per tåg, minskar.
- Noggrann vägning är betydelsefull för såväl affärsupplägg som utnyttjande av tågsystemet.
- Tillräcklig framförhållning i planeringen är viktig för att säkra tillgänglig spårkapacitet och ett effektivt flöde.

Slutsatser kring terminaleffektivitet

- Noggranna vågar och god koordinering mellan lastmaskinsförarna är väsentligt för effektiv lastning.
- Avståndet mellan vagn och stack har betydelse för tidsåtgången vid lastning och i viss mån också vid lossning.
- För att minska köravståndet vid lastningen kan materialet köras fram i förväg, vilket dock innebär extra hantering. Att flytta tåget under lastningen kan vara effektivt om tågpersonal finns på plats. För att kunna lasta ett tåg med ellok effektivt med framflyttning, bör terminalen ha en bränsleyta i anslutning till kontaktledningen. Om denna yta är permanent behövs ingen omflyttning av materialet före lastning.
- God kommunikation mellan lastnings-/lossningspersonal och tågpersonal underlättar hanteringen. Vid flera av de lastnings- och lossningstillfällen som studerats fanns lokpersonal på plats.
- Elektrifiering ända fram till lastande och lossande terminaler är viktigt för att kunna skapa ett ekonomiskt och miljömässigt bra system där ellok kan användas hela vägen.
- Parallella aktiviteter vid lastning och lossning måste beaktas i planeringen och om möjligt anpassas.

Ett alternativ till hjullastare är användning av separatlastare. Dessa ger god överblick vid lastningen och kan snabbt svänga runt skopan mellan vagn och flisstack. Separatlastare förutsätter dock att materialet kan placeras i direkt anslutning till spåret. Separatlastare kan även användas för rundvirkeshantering efter byte av redskap.

Fastfrysning av material i containrarna har varit ett problem vid liknande transporter och utarbetning av lösningar pågår. Hösten 2008 innebar till största delen ett mildt klimat och inga nämnvärda problem med fastfrysning uppkom under försöket.

2. Inledning

BAKGRUND

Denna studie ingår som en del i projektet ”Järnvägsterminaler” som leds av Skogforsk i samarbete med företag inom skogsnäringen, transport- och energisektorn.

Två tidigare studier av transporter med sönderdelat skogsbränsle på järnväg har gjorts inom projektet. Dessa visade på en god potential för användandet av stora containrar i större flöden, då man maximerar den transporterade volymen. De tidigare försöken gjordes i liten skala då endast två vagnar per vecka transporterades. I denna studie utfördes transportererna i industriell skala. Tre tåg inkom varje vecka till Åbyverket i Örebro. Ett storskaligt test ger ytterligare möjligheter att studera logistiken och upptäcka faktorer som framkommer först i praktisk drift. Studien ger också möjlighet att jämföra olika system för transport och lossning under i övrigt lika förutsättningar.

E.on, som äger och driver anläggningen i Örebro har sedan 2004 tagit emot tågtransporter av torv i lastbilscontainrar. Under hösten 2008 prövade man också att ta emot tåg med flisat skogsbränsle genom ett system med större öppna containrar som töms genom att vridas runt med gaffeltruck. Bakgrunden till försöket är att E.on vill utveckla sin logistik och testa ett nytt koncept. Man arbetar vidare med tågtransporter eftersom det ger ett större upptagningsområde och är ett miljömässigt bra alternativ. Man ville nu också undersöka hur konceptet med stora containrar fungerar praktiskt och ekonomiskt.

Tidigare systemtransporter av liknande slag i Sverige

Biopendeln var ett tågssystem som rullade tre år med början år 2000. SJ Cargo group körde systemet på uppdrag av Naturbränsle. Man använde 20 fots containrar (40 m³) med gaffeltunnlar och gaveldörr. Trafiken gick från olika platser mot Mälarenergi i Västerås. Tömning gjordes med gaffeltruck utrustad med vriddon.

Korsnässystemet för cellulosaflis är ett tågssystem som rullat sedan mitten av 1990-talet. Green Cargo kör systemet på uppdrag av Korsnäs. Man använder pikcontainers (45 m³), där piktunneln är centrerad på långsidan, och en truck utrustad med en pik vänder behållaren upp och ner vid tömning. Flisen kommer från Siljansbygden och går till Korsnäs i Gävle. Systemet rullar alltså alltjämt.

Uppsala kraftvärmeverk har använt tågtransporter för leverans av torvbriketter sedan oljekrisen 1973, då pannor konverterades från olja. Sedan början av 1990 efter en storbrand i en torvlada, har man gått över till att transportera och lagra briketterna i 20 fots sjöcontainrar. Torven kommer i huvudsak från Sveg. Denna trafik fortgår och kommer att kompletteras med torv från Småland.

Litteratur

En världsvid översikt över intermodala transportlösningar för järnväg har gjorts av *Voxenius J. 1998*. I denna omfattande översikt finns även Korsnässystemet beskrivet i korthet.

En systemanalys över balning av trädrester har tidigare gjorts av Skogforsk (*Andersson, G. & Nordén, B. 1996*). I denna studie ingår även försök med järnvägstransporter. För en järnvägstransport på 160 km har kostnaden 20kr/MWh använts i beräkningarna, både för balar och för flis i containers. Resultatet av systemjämförelsen visar på en ekonomisk potential för balningssystemet som helhet.

Miljöbelastningen från svensk eldriven järnvägstrafik påverkas till stor del av hur elen är producerad. Detta beskrivs, för en av våra stora elproducenter av *Brännström-Norberg B-M et al. 1996*. Vattenkraften, som är den största energikällan för banverkets el, släpper enligt utredningen ut 5 gram CO₂ per KWh, vilket kan jämföras med el från bioeldade kraftverk som avger 16 g CO₂/KWh eller med koleldade kraftverk som avger ca 600g CO₂/KWh.

Miljöfrågor gällande diesellok behandlas i MTCs rapport (*Peter Ahlwik, 1996*). Rapporten gäller gamla lok som dock fortfarande går i drift. En jämförelse av miljöbelastningen från äldre respektive nyare diesellok återfinns i en utredning från IVL (*Åke Sjödin m.fl. 2001*). Skillnaden i avgasemissioner uppmättes där till att vara mellan 40-80 % lägre för det moderna loket.

SYFTE

Studien skall ge ett systemperspektiv på tågtransporter av biobränslen. Samband mellan terminalutformning och effektivitet i lastning och lossning skall identifieras.

Följande frågeställningar kommer att besvaras:

- Vad påverkar effektiviteten vid lastning?
- Hur väl utnyttjades kapaciteten i tågtransporten med avseende på vikt och volym? Kan utnyttjandet förbättras?
- Hur fungerade vägning och mätning? Finns det förbättringspotentialer?
- Vilka faktorer är avgörande för en effektiv lossning?
- Vilka faktorer är viktiga för att ett systemupplägg som helhet skall vara en god lösning?

AVGRÄNSNINGAR

Systemgränser för studien sträcker sig från det att materialet finns tillgängligt i flisad form på den utlastande terminalen till dess att det lossats och ligger i stack på den mottagande anläggningen. Transporterna in till avsändande terminal liksom upparbetnings- och lagringsfrågor ingår inte i studien.

Tåget har gått i ett systemupplägg med leveranser till de båda verken i Örebro och Västerås. Av tidsskäl har endast anläggningen i Örebro och lossningen där studerats. Data från leveranserna till Västerås har dock tagits in som referens.

Biobränsletransporter på tåg i den skala som försöket avser, har inte genomförts tidigare. Rapporten beskriver ett test där ett huvudsyfte varit att samla in och dokumentera kunskap och erfarenhet. I en reguljär produktion kan man justera systemet efter testets erfarenheter och även teckna långsiktiga avtal.

De ekonomiska faktorerna för en fullskalig lösning är naturligtvis viktiga. De faktiska kostnader som respektive företag haft för transporterna är konfidentiella. En generell analys av ekonomin kring järnvägstransporter av skogsbränslen kommer dock att göras inom projektet Järnvägsterminaler.

3. Material och metod

STUDIEUPPLÄGG

Det metodupplägg som valts har inneburit studier av lastning och lossning i praktik. Detta har resulterat i en systemjämförelse. Fältstudier av sändande och mottagande terminaler, intervjuer med engagerad personal samt insamling och bearbetning av mätdata har ingått i studien.

Data från varje sändning till E.on i form av lossningstider, materialets vikt, fukthalt och värmevärde samt noteringar från lossningen har legat till grund för analysen. Även från lastningsplatserna har lastningstider och annan information samlats in kontinuerligt med hjälp av en enkät.

JÄRNVÄGSSYSTEMET

Aktuella orter under försöket

Tåget gick enligt ett veckoschema mellan 5 avsändande och 2 mottagande terminaler som visas på kartan nedan.



Sträcka	Avstånd jvg (km)	Avstånd väg (km)
Töva-Örebro	457 via Sundsvall	499
Krokoms-Örebro	579	555
Haxäng-Örebro	540	530
Tallåsen-Örebro	359	467
Stockaryd-Örebro	249	278

Figur 1.
Kartan visar avsändande och mottagande terminaler i försöket.

Tilldelning av spårtider

Banverket äger och underhåller järnvägsnätet i Sverige med undantag av vissa spår ute i kapillärnätet som kan ha andra ägare. Banverket sköter också fördelningen av kapacitet på sina spår. Tilldelningen av kapacitet/tidtabeller ansöks av de olika järnvägsföretagen, och görs för olika perioder beroende om det gäller optimerad tidtabell för en lång period eller för enstaka tåg. För att få denna process att fungera krävs god planering när de olika järnvägsföretagen skall tilldelas optimerade tidtabellslägen. För att få optimerade tidtabeller i grundplaneringen sker ansökan i mitten av april. Planeringsprocessen avslutas i slutet av oktober och tidtabellerna börjar gälla i mitten av december. Dessa optimerade tidtabeller gäller sedan ett år framåt. Det går att ansöka om tidtabeller löpande, men då får man inte optimerade tabellerna, utan tilldelningen sker på den restkapacitet som finns tillgänglig vid den aktuella tidpunkten. Tilldelningen av tidtabeller för de tåg som finns med i studien har skett på restkapacitet.

Det är vanligt att upphandlingen av bränsle för höst- och vintersäsongen sker under våren samma år som säsongen börjar. Sen upphandling kan vara ett hinder för planeringen av tågupplägg då ansökan om tåglägen bör vara gjord redan i april.

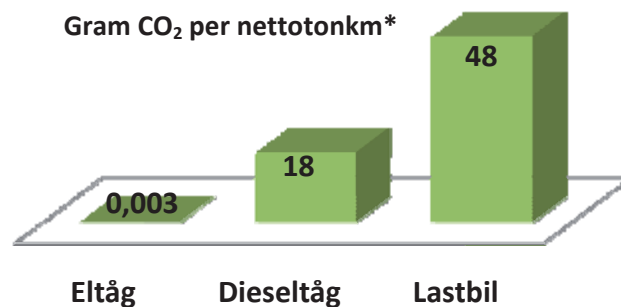
Miljöpåverkan från järnvägstrafik

Någon livscykelanalys för det aktuella järnvägssystemet ingår inte i studien. För att få en fullständig bild av förhållandena mellan olika transportslag måste påverkan i hela kedjan inkluderas, t.ex. från lastning och lossning. Schablonmässiga värden för utsläpp av CO₂, anges dock nedan för transport på järnväg (el och diesel) respektive lastbil. Dessa är hämtade från Nätverket För Transport och Miljö (NTM)s kalkyleringsmodell för miljöpåverkan.

Elproduktionen som siffrorna avser kommer från vatten och vindkraft som Banverket köper och levererar till samtliga järnvägsföretag (som använder ellok) i Sverige.

Det diesellok som avses i kalkylen är T44, vilket är det klart vanligaste dieselloket i fjärtrafik idag. Ett projekt pågår för närvarande med att byta ut motorerna i flottan av T44 lok till 20 % snålare varianter.

Som lastbil avses en 60 tons bil i fjärtrafik med en lastfyllnadsgrad på 70 %.



Figur 2.
Miljöbelastning i CO₂ för olika transportslag.

*Nettotonkm avser transporterad nyttolast.

TEKNISK BESKRIVNING AV UTRUSTNINGEN

I detta avsnitt beskrivs utrustningen för två lösningar. Dels systemet för SCA och Stora Enso, med Innofreights lösning bestående av specialcontainrar för flistransporter, dels för Neovas flöde med Stenas lösning bestående av kombinerade lastbil och tågcontainrar.

Hector Rail har på uppdrag av SCA/Stora Enso stått för tågdragningen gällande Innofreightsystemet. Medan Stena på uppdrag av Neova svarat för tågdragning med standardcontainrar. De olika lösningarna sammanfattas i tabell 1 nedan.

Tabell 1.
Utrustning för respektive system.

	Innofreight	Stena
Vagnar modell	Sgnss	Sgs
Längd	19,8 m	20,74 m
Egenvikt	20 ton	22 ton
Axlar	4 st	4 st
Maxlast/vagn	70 ton	58 ton
Antal vagnar i försöket	23st (22st från Tallåsen)	20 st
Containertyp	Woodtainer XXL, Innofreight	Växelflak med gaffeltunnlar, Stena
Containers/vagn	3 st	3 st
Egenvikt	2,95 / 3,5* ton	2,5 ton
Volym	46 m ³ / 55 m ³ *	35 m ³
Lossningsutrustning	33 tons Kalmartruck med vriddon. Special avstånd mellan gafflarna (CC 1 700 mm)	20 tons LMV truck och lastväxlarflakbil. Standard gaffelavstånd (CC 2050 mm) I Västerås: Lossning genom truck med vriddon.
Lok	Hector Rail 142 (ellok)	TMZ (diesellok)
Max dragkapacitet	1 600 ton under aktuella förutsättningar	1 740 ton under aktuella förutsättningar.
Max nyttolastvikt i försöket	950 ton (lokets dragkapacitet begränsar)	1 010 ton (axellasten begränsar)
Total tåglängd i försöket	455 m	415 m

* Med förhöjningskrage, vilket förekom på tolv containrar i försöket.

Innofreight



Container XXL, 46 m³.



Containerfäste.



Kalmar DCE 330



Container bil med krok för hantering av rullflak.

Stena



Container (rullflak) 35 m³.



Container lastad på vagn.



Gaffeltruck LMV (Ro-Ro)

Figur 3.

T.v. Utrustning i Innofreight-systemet. T.h. Utrustning för hantering av rullflak.

VÄGNING OCH MÄTNING

Sortiment, vikt och torrhalt ligger normalt till grund för ett antagande om värmevärde (MWh), vilket är den betalningsgrundande enheten i förbrukarledet. För transportören ger vikten i ton normalt grunden för ersättningen. Vid järnvägstransporter förekommer det även att betalning utgår för tilldelad kapacitet i form av volym och möjlig nyttolastvikt.

Vägning, till grund för betalning, skedde vid varje lastning genom att hjullastarna var försedda med krönta vågar som ackumulerade vikten för varje lastad skopa. Vågarna hade en noggrannhet på ± 1 %.

För kröning krävs att själva vågmodellen först är typgodkänd (utförs av SP, Sveriges tekniska forskningsinstitut). Det specifika exemplaret av vågen kan sedan testas i sin verkliga miljö och kan då krönas till en viss noggrannhet. Detta garanterar att vågen fortsätter att väga inom utsatt intervall under den tidsperiod som kröningen är giltig (vanligtvis ett år).

Leverantörens vikt var betalningsgrundande men det fanns också en möjlighet till vägning med den Kalmartruck som utförde lossningen. Denna var försedd med en våg av modellen Loadmaster 8000i som dock inte var krönt eller typgodkänd. Enligt tillverkaren har vågen en noggrannhet på ± 2 % av maxlasten. Då maximal lastkapacitet i plant läge är 33 ton innebär det ett möjligt fel på ± 660 kg per vägning. De fyllda containrarna väger omkring 15 ton och det möjliga felet blir då $\pm 4,4$ %. Till en början var vågen i trucken inte kalibrerad och gav därför avvikelser på uppåt 20 % från lastningsvikten. Efter kalibrering låg felet (utifrån 7 vägda leveranser) på ± 6 % jämfört med vikterna uppmätta vid lastning.

Tabell 2.
Resultat från vägningar efter kalibrering av truckvåg.

Datum	Lastningsvikt (ton)	Lossningsvikt (ton)	Diff. (ton)	Diff. (%)
2008-11-24	950,65	972,46	-21,81	-2,30
2008-11-25	951,12	1 013,51	-62,39	-6,60
2008-12-01	949,75	981,7	-31,95	-3,40
2008-12-02	952,44	997,73	-45,29	-4,80
2008-12-15	942,65	947,87	-5,22	-0,60
2008-12-19	712,21	703,14	9,07	1,30
2008-12-22	724,91	683,32	41,59	5,70

Mätning av torrhalter har gjorts för varje leverans vid E.ons mätstation i Örebro. Tio prover per levererat sortiment har tagits vid varje tillfälle från stacken där materialet lossats. Detta är en metod som säljare och köpare har kommit överens om. Resultatet av mätningarna registrerades även i Viol/SDC. Värmevärden och askhalter har beräknats utifrån fukthalt och schabloner för respektive material.

De volymangivelser som finns för Stora Ensos leveranser grundar sig dels på antalet skopor som lastats, dels på beräkningar av densiteten som jämförts med den lastade vikten. Det vill säga man vägde några fulla skopor från olika sidor av flishögen (före lastning) och räknade ut densiteten utifrån tillverkarens uppgift på skopans volym. Utifrån dessa båda mätningar har man uppskattat volymen i kubikmeter stjälpått mått (m³s).

För Stenaleveranserna till Örebro, som tömdes med lastbil, fanns ingen effektiv möjlighet till vägning vid ankomst utan köparen har helt litat till uppgifterna från lastningen. I Västerås används en vagnvåg som finns monterad i ankomstspåret till lossningsspåret.

LASTNINGSTERMINALER

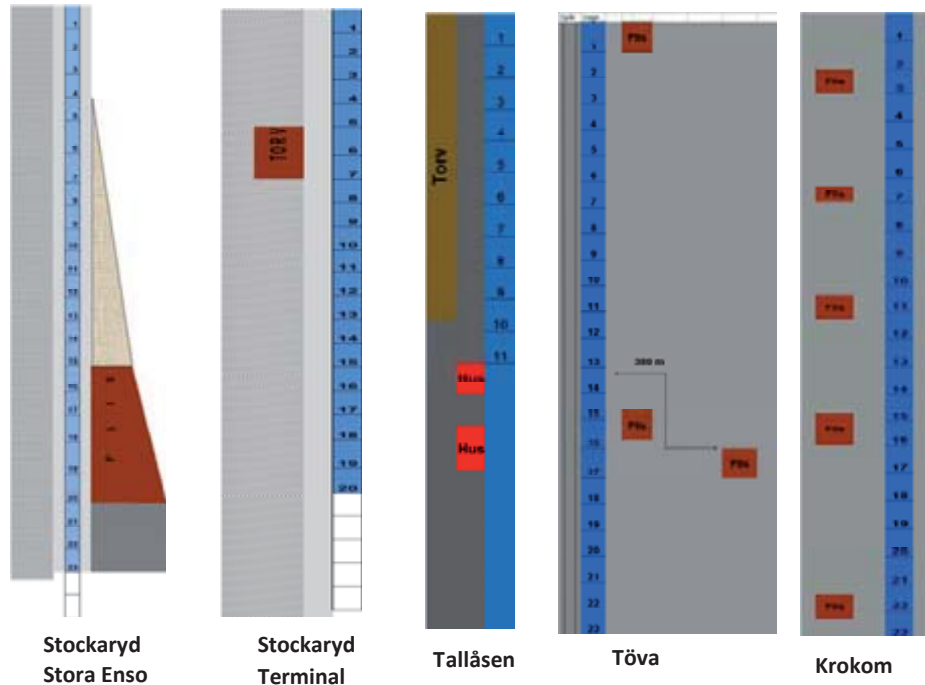
Förhållandena för respektive lastningsterminal beskrivs kortfattat i tabell 3 nedan. Mer utförlig information återfinns i respektive bilaga.

Tabell 3.
Sammanställning över avsändningsplatser i försöket.

	Stockaryd Stora Enso	Stockaryd Sävsjö kommun	Töva	Tallåsen	Krokom
Ägs av	Stora Enso	Sävsjö kommun och Sävsjö Transport	SCA	Banverket	SCA
Huvudfunktion	Rundvirke och biobränsle	Rundvirke och biobränsle	Främst virkeshantering	Lastningsplats för torv	Främst virkeshantering
Lastningsspår	495 m	530 m	2 spår a 600 m	220 m	600 m
Total yta	6 ha	8 ha	18 ha	Ca 0,5 ha utmed lastningsspåret	16 ha
Asfalterad yta för biobränsle	0,5 ha	0,6 ha	18 ha (ca 13 ha klarar tyngre maskiner)	Endast grus	3,5 ha i 50 m bred remsa
Elektrifiering	Fram till lastningsspåret	Fram till lastningsspåret	Fram till lastningsspåret	Ja, fram till lastningsspåret	Fram till lastningsspåret
Spårets höjd i förhållande till ytan	Normalräl (rälen sticker upp)	Normalräl (rälen sticker upp)	Samma nivå, s.k. stadsräl	Nedsänkt i ena änden, parallellt med marken i den andra.	Normalräl (rälen sticker upp)
Behov av tågförflyttning vid lastning	Nej	Nej	Nej	Ja, en växling	Nej
Typ av tåglösning i studien	Innofreight	Stena	Innofreight	Innofreight	Innofreight
Bilaga nr.	II.A	II.A	II.D	II.F	II.H

Upplägg vid lastning

På skisserna framgår hur materialet var placerat vid lastningen på respektive terminal.



Figur 4.

Schematiska skisser över materialets placering vid lastning på terminalerna. De blå fälten i skisserna är den del av spåret där vagnarna står underlastningen.

Lastning

Lastningstiden har räknats som den tid det tar att fylla tåget, inklusive montering och invägning av skopa före lastning och eventuell städning efter själva lastningen. Tabell 4 nedan visar en sammanställning över tillvägagångssätten vid lastning. I respektive bilaga återfinns information om terminalernas läge och anknötning till respektive stambana.

Tabell 4.
Sammanställning över genomförda lastningar i studien.

	Stockaryd Stora Enso	Stockaryd Sävsjö	Töva	Tallåsen	Krokom
Tid för lastning (genomsnitt)	5,5 h	4,1 h	5,5 h	4,5 h	6 h
Hjullastare som användes	3 st: L70/90/120	3 st: L70/90/120	2 st: L90 D, L180 E	1st: L120 E	1 st: L150 E
Skopvolym	6,5 / 8 / 12 m ³	6,5 / 7,5 / 12 m ³	7 / 13 m ³	6 m ³	11 m ³
Material	Grotflis	Torv	Grotflis och stamvedsflis	Torv	Grotflis och stamvedsflis
Placering av materialet	Allt material i en hög.	Allt material i en hög.	Framkört till 2 högar. Stamvedsflis hämtades ca 380 m bort.	Utmed hela lastningsspåret 10–15 m ifrån.	Framkört till 5 högar utmed spåret.
Tågförflyttningar vid lastning	Inga	Flera framflyttningar	Ingen tågförflyttning under lastningen	En växling	En framflyttning
Övrigt		Diesellok användes.	Trångt p.g.a. virkesupplägg.	Endast 22 vagnar. Ojämnt underlag.	Virkesgrip hjälpte till att fördela ut materialet.
Bilaga	II.C	II.B	II.E	II.G	II.I

Effektivitet vid lastning

För att på bästa sätt utnyttja den resurs som ett tåg utgör och hinna med så många leveranser som möjligt per vecka är det viktigt att stilleståndstiden för lastning och lossning kan hållas nere. Lastningstiden varierar mellan de olika avsändande terminalerna i studien, dessutom varierar kapaciteten för de resurser som används. För att kunna jämföra effektiviteten mellan de olika lastningsterminalerna har vi gjort ett räkneexempel som visar hur lång tid det teoretiskt skulle ha tagit att lasta med endast en lastmaskin utrustad med en 10 m³ skopa. I de fall den faktiska kapaciteten varit högre har lastningstiden multiplicerats med en faktor (faktisk skopvolym/10). Metodiken innebär att de terminaler som haft lastkapacitet i skopvolym >10 m³ fått motsvarande ökning av sin lastningstid, medan det fall som legat under fått en sänkning. Detta innebär en generalisering då vi ej tagit hänsyn till följande faktorer:

- En mindre lastmaskin kan antas vara smidigare och ha en snabbare lastningscykel.
- Körsträckan per lastad m³ blir längre då man kör med mindre skopa.
- Många maskiner på ett avgränsat område kan tänkas komma i vägen för varandra och därmed minska effektiviteten.

- Material med hög densitet gör att maximal lastvolym inte kan utnyttjas, därmed varierar den volym som lastas något mellan de olika terminalerna. Analysen visar lastad vikt per tidsenhet.

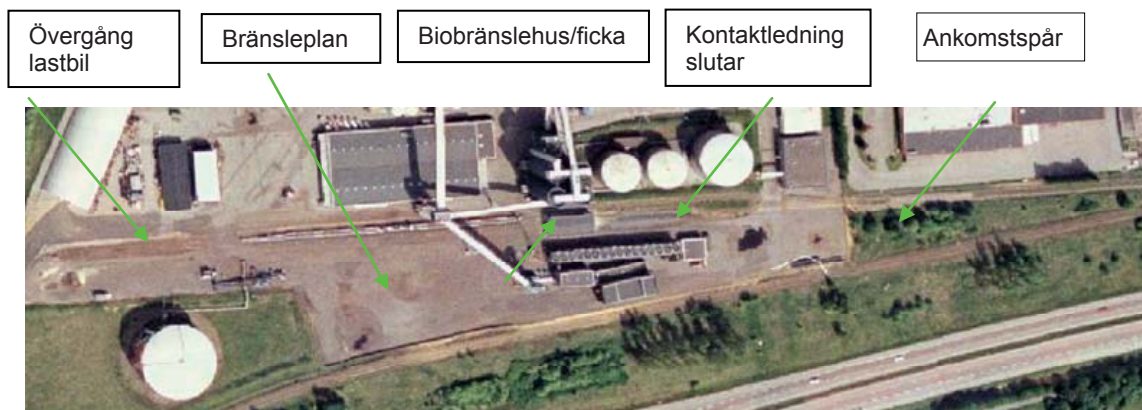
Den omräknade lastningstiden för Tallåsen har justerats upp med 4,5 % med hänsyn till att en vagn mindre lastades där. Trots de förenklingar som gjorts kan resultatet ge en bild av effektiviteten vid de olika lastningsterminalerna. Resultatet från analysen återfinns i kapitel 4.

LOSSNINGSTERMINALER

Örebro

Fakta mottagningsanläggningen:

- Förbrukning av flis och torv: ca 170 m³/h el, 4 000 m³/dygn, vid maxeffekt.
- Lagringskapacitet på bränsleplan: 12 000 m³s (ca 3–4 dagars förbrukning under högsäsong).
- Total spårlängd från kontaktledning: 335 m. Varav spår vid lossningsyta 215 m.
- Vagnförflyttningar: En omväxling krävs, samt minst en framdraging.
- Parallella aktiviteter: Lastmaskiner hämtar material för inmatning till pannorna. Flisbilar ankommer och tömmer i samma stack som lossnings-trucken.
- Tidåtgången för lossning av Innofreight-systemet var i genomsnitt 4,5 h och för Stena-systemet 7–8 h.



Figur 5.
Ankomst Åbyverket.



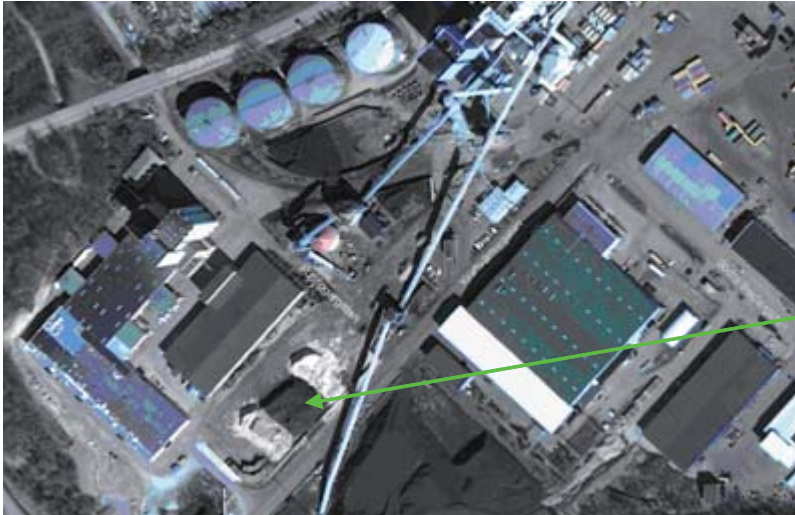
Figur 6.

Det är trångt på bränsleplan mellan flisstacken och lossningsspåret. Lastmaskinen måste passera för att hämta torv och pellets som lagras på den västra delen av tomten.

Västerås

Fakta mottagningsanläggningen:

- Lossningsspårets längd: 210 m.
- Diesellok krävs, kontaktledning saknas fram till anläggningen.
- Vagnförflyttningar: Två omväxlingar krävs, tre vid halt underlag p.g.a. spårets lutning.
- Tidåtgången för lossning av Stena-systemet var ca 3,0–3,5 h.



Figur 7.

Bränsleplan, järnvägsspår till vänster om stackarna.

Vid Mälarenergi i Västerås används samma tågkoncept som i Örebro, d.v.s. Stenlösningen vid leverans av Neovas torv. Skillnaden är att man här använder en truck med vriddon, i stället för truck och containerlastbil vid lossning. Körsträckan för trucken i samband med lossning är jämförbar med den i Örebro. En Swetruck används vid lossningen och samma truck kan via en specialadapter byta gafflar och då även lossa Innofreight containrar.



Figur 8.
Trucken lyfter av en container



Figur 9.
Trucken har tömt en container

4. Resultat

TERMINALHANTERING

Effektivitet vid lastning

Tabellen nedan visar teoretiskt beräknad tidsåtgång utifrån antagandet att endast en hjullastare med 10 m³ skopa användes vid lastning (se metod kap 3).

Tabell 5.
Medelvärden enligt omräkningsmodell.

Terminal	Vara	Faktisk lasttid (h)	Antal lastmaskiner	Kapacitet skopvolym	Omräknad lastningstid	Antal ton/h en lastmaskin skopvolym 10 m ³
Krokom	Flis	06:00	1	11	06:36	141
Stockaryd SE/Trätåg	Flis	05:30	3	26,5	14:34	59
Stockaryd Terminal	Torv	04:00	3	26	10:24	76
Stockaryd Terminal 2*	Torv	04:30	2	16	07:12	98
Tallåsen	Torv	04:30	1	6	02:48	352
Töva	Flis	05:30	2	20	11:00	86

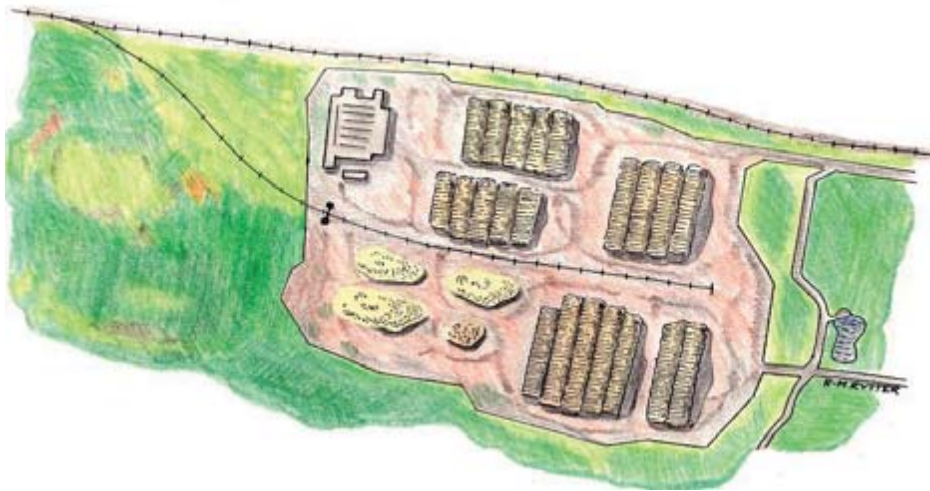
*) Veckor efter försöket slut med endast två lastmaskiner.

Även om förenklingar gjorts i beräkningen visar resultatet tydligt att det finns tid att tjäna in genom god terminallogistik. Den tydligaste skillnaden som framkom mellan lastningsplatserna var skillnaden i avstånd mellan vagn och flisstack vid lastningen. Tallåsen framstår med marginal som mest effektiv och där behöver lastaren endast vända sig om från tåget för att ta nytt material medans man i Töva i vissa fall hämtar material ca 380 m bort. Det är dock viktigt att beakta att material vid samtliga lastningsterminaler var framkört inför lastningen. Tid och resurser för detta är inte inräknat i lastningstiden (skedde i många fall dagen före). Det är

inte lönt att köra fram material inför lastningen om det ändå finns så mycket tid avsatt att man hinner lasta från en stack längre bort som inte behöver flyttas. Extra hantering måste givetvis undvikas, men frågan om terminaleffektivitet vid själva lastningstillfället kan vara avgörande för att klara av ytterligare tågomlopp i systemet och upplägget är därför av stor vikt. En snabb lastning kan uppnås på flera sätt:

- Förbereda lastning genom att köra fram material.
- Använda fler och/eller effektivare lastmaskiner.
- Utforma terminalen för biobränslehantering och därmed placera materialet rätt från början.
- Flytta tåget under lastningen.

Genom att kombinera en tågförflyttning med lämplig placering av materialet skulle rundvirkes- och flishantering kunna kombineras. Till exempel genom att avsätta en yta längs början av spåret för hantering och lastning av biobränsle. För att kunna flytta tåget även då man använder ellok är det viktigt att ytan för biobränsle är placerad i anslutning till kontaktledningen. Man lastar då bakre delen av tåget och flyttar sedan tåget längre in på terminalen. Ett alternativ till att positionera tåget med hjälp av loket är att använda för ändamålet avsedda vagnsflyttare. Någon sådan har dock inte undersökts inom ramen för den här studien.



Figur 10.
Skiss över terminal med bränsleyta intill lastningsspåret och i anslutning till kontaktledningen.

Med diesellok ges ytterligare möjligheter att anpassa vagnarnas position i förhållande till stackarna men det finns betydande miljömässiga och ekonomiska nackdelar jämfört med ellok. Detta gäller i synnerhet om transporten med diesellok även sker på fjärrsträckan. Det finns ur produktionssynpunkt fördelar med att använda samma lok på hela sträckan. Därför förekommer det att diesellok körs även under kontaktledning om kontaktledningen inte går ända fram till sändare och/eller mottagare. Att lastande och lossande terminaler är anslutna till elektrifiering är därför betydelsefullt både ur ekonomi- och miljösynpunkt.

Vid flera av de lastningstillfällena som studerats fanns lokpersonal på plats under lastningen men denna resurs utnyttjades inte fullt ut för att positionera vagnarna. Bättre kommunikationsmöjligheter mellan lokförare och lastningspersonal skulle kunna göra lastningen ännu effektivare. Lokföraren är dock också en resurs vars kostnader måste beaktas när man planerar lastningen.

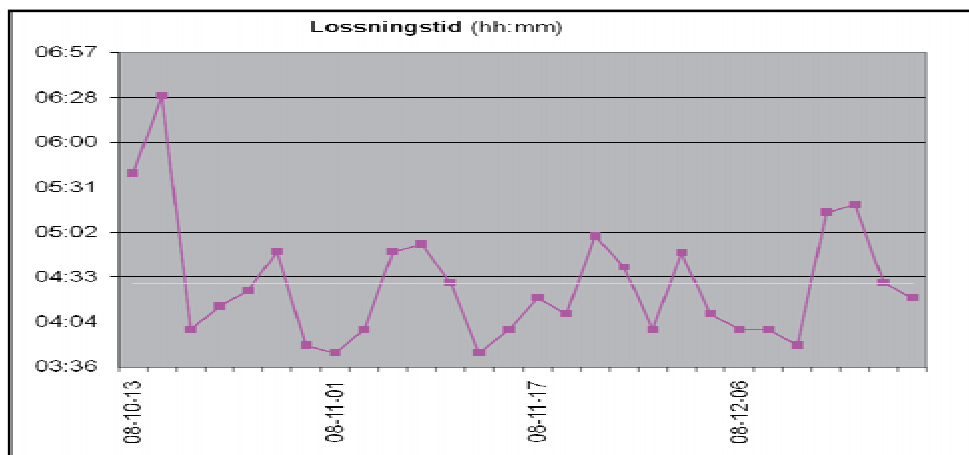
Effektivitet vid lossning

På samma sätt som vid lastningen är avståndet mellan vagn och stack av betydelse för tidsåtgången vid lossningen. Det faktum att vagnarna behöver växlas om under lossning kräver att växlingspersonal måste finnas på plats, vilket också skulle kunna utnyttjas för att minska körsträckan för lossningstrucken. Även vid lossningen skulle bättre kommunikation och samarbete mellan lokpersonal och truckförare kunna effektivisera hanteringen, t.ex. via radiokontakt.

Andra faktorer som påverkar lossningen är de parallella aktiviteter som pågår på bränsleplan, och som i viss mån stör lossningen. Finns möjligheter att styra om lastbilstrafiken under de timmar som tåglossningen pågår är detta givet att föredra.

Tidsåtgången för lossning av Stena-systemet var endast halva tiden i Västerås jämfört med tidsåtgången i Örebro, beroende på de olika system som användes.

Tidsåtgången för lossningen varierade mellan 3 timmar och 45 minuter upp till 5 timmar, då inga större störningar inträffade. Vid några av studietillfällena har det kunnat konstateras att underlaget varit halt och att det påverkat körningen av lossningstrucken. Halka tycks inte ha haft någon märkbar inverkan på lossningstiden utan främst handlar det om säkerhetsaspekten i att framföra ett så pass tungt fordon med last i samspel med andra maskiner på planen. Andra tänkbara förklaringar till skillnaden i tidsåtgång är att platsen för tömning varierat något mellan lossningstillfällena och att det varit olika förare. Några statistiskt säkra slutsatser utifrån det insamlade materialet kan dock inte göras. Även leveranserna med 22 vagnar ifrån Tallåsen finns med i figuren nedan.



Figur 10.
Lossningstider i Örebro för Innofreight-leveranserna.

Vägning

Enligt tillverkarna har vi ett möjligt fel vid lastningen på 1 % och ett möjligt fel vid lossningen på 4,4 %. Skillnader mellan lastnings- och lossningsvikt på 5–6 % är därför fullt förklarliga enbart utifrån kvaliteten på vågarna. Därutöver kan det finnas andra orsaker till missvisande vägningresultat, t.ex. den mänskliga faktorn som skulle kunna orsaka fel genom spill vid lastning eller genom att vägning inte görs i rätt position.

Differenserna faller åt båda håll i denna studie, vilket tyder på att det inte rör sig om något systematiskt mätfel men det statistiska underlaget är för litet för att helt kunna utesluta detta. Vid de två tillfällena då lastningsvikten är högre än lossningsvikten är lastningarna gjorda på samma terminal. Vid ett större antal mätvärden från varje lastmaskin skulle det vara möjligt att se eventuella trender. Ett systematiskt fel skulle t.ex. kunna uppstå vid lastningen genom att material vägs in men ramlar ur skopan på vägen upp till containern, eller genom att någon procent av materialet blåser av under färd. Att 5 av 7 mätvärden (efter kalibrering) visar på högre vikt vid lossning än vid lastning ger dock inget stöd för just dessa teorier.

En noggrann vägning ger utöver ett rättvist betalningsunderlag också möjlighet till ett bättre utnyttjande av lastkapaciteten, vilket minskar transportkostnaden per levererad MWh. Ju noggrannare vägning som görs, desto närmare maxvikten kan man lasta utan att riskera att överskrida denna.

En krönt våg vid lossningen, med motsvarande noggrannhet som vid lastningen, skulle ge större möjligheter till kontroll och öka tillförlitligheten i affärssystemet. En sådan är möjlig att installera även i lossningstrucken. Trucktillverkaren, Kalmar Industries, har i dagsläget ett samarbete med vågtillverkaren Scanload som tillhandahåller krönta vågar.

Summering terminaleffektivitet

- Noggranna vågar och god koordinering mellan lastmaskinsförarna är väsentligt för effektiv lastning.
- Lastningsterminalen bör ha en bränsleyta i anslutning till kontaktledningen för att kunna lasta ett tåg med ellok effektivt.
- Avståndet mellan vagn och stack är väsentligt för tidsåtgången vid lastning, men också i viss mån, vid lossningen.
- God kommunikation bör finnas mellan lastnings-/lossningspersonal och tågpersonal.
- Elektrifiering ända fram till lastande och lossande terminaler är väsentligt för att kunna skapa ett ekonomiskt och miljömässigt bra system.
- Parallella aktiviteter vid lastning och lossning måste beaktas i planeringen och om möjligt anpassas.

TÅGSYSTEMET

För att tågsystemet skall bli ekonomiskt lönsamt krävs att man i möjligaste mån optimerar flödet och antalet omlopp per tidscykel så att de fasta kostnaderna kan slås ut på en större volym. För detta krävs god framförhållning så att tåglägen kan sökas i tid. Det krävs också en effektiv hantering vid lastning och lossning för att minska terminaltiden. Hur terminalen är placerad i förhållande till stamnätet har också betydelse för omloppstiden.

Upptstartsperiod

I ett systemupplägg med ett fast veckoschema finns alltid en känslighet för störningar. Ju snävare tidsluckor, desto mer känsligt blir systemet. Ett nytt upplägg för samtliga parter innebär att det krävs en viss tid för inkörning. Under försöket var det först den 5:e planerade leveransen till E.on som kom med ett fullt tåg på utsatt tid. Dessförinnan hade loket vid ett tillfälle gått sönder och vid ett annat tillfälle mottagningstrucken i Västerås, vilket innebar att tåget blev kraftigt försenat vid nästkommande leveranser. Efter dessa inledande problem fungerade systemet dock som planerat.

Kapacitetsutnyttjande

Tabellerna nedan visar en sammanställning över vikt och volymutnyttjande med avseende på maxkapacitet. Beroende på material, fukthalt och lokens kapacitet kommer det under året att skilja på om det är volym eller vikt som slår i taket först. Bränslekunderna strävar efter att få in så stor energimängd som möjligt till ett lågt pris. Skulle fukthalten vara för låg för att få optimal förbränning går det ofta att tillsätta vatten eller blanda in annat material i samband med förbränningen.

Tabell 6.
Kapacitetsutnyttjande.

	Möjlig lastvikt (ton)	Utfall % av möjlig lastvikt (medianvärde)	Möjlig volym (m ³ s)	Utfall % av möjlig volym (medianvärde)
Töva	929 ton	101		
Töva (m. extralok)	1 400 ton	81		
Stockaryd SE	929 ton	89	3 289 m ³ s	77
Tallåsen	958 ton	99		
Stockaryd Sävsjö	1 000 ton	80	2 100 m ³ s	110

Där volymuppgifter finns (leveranser från Stockaryd) visar det sig att i 4 fall av 6 är det viktgränsen, (lokets dragkapacitet) som först sätter begränsningen. Volymen är begränsande vid de övriga 2 leveranserna. Detta beror på materialet är relativt blött och tungt. SCA har i flera av sina leveranser kombinerat grottflis och stamvedsflis, vilket kan antas ge ett bättre volymutnyttjande (volymmätningar saknas dock). Utifrån tabell över kapacitetsutnyttjande kan konstateras att man i de flesta fall lyckats fylla tåget till nära eller strax över 100 % av kapaciteten. Leveranserna från Stockaryd ligger något under (89 %). Orsaken till detta kan inte fastställas utifrån studiematerialet, möjligen kan det faktum att vägning skett med tre olika

lastmaskiner ha bidragit då man tillämpade en marginal uppåt för varje maskin som sammanlagt kan uppgick till uppemot 11 %.

AFFÄRSUPPLÄGGET

Då många parter är inblandade är det viktigt att samarbetet fungerar väl. Att problem hos en avsändare eller mottagare kan påverka även övriga i systemet är viktigt att ta hänsyn till och beakta i avtal. Upplägget bör vara sådant att alla parter som tjänar på leveranserna går enligt schema, och det bör vara reglerat vem som ansvarar för vad om något fallerar. Det bör också finnas en inbyggd drivkraft att utnyttja total lastkapacitet på bästa sätt med avseende på vikt, volym och energiinnehåll.

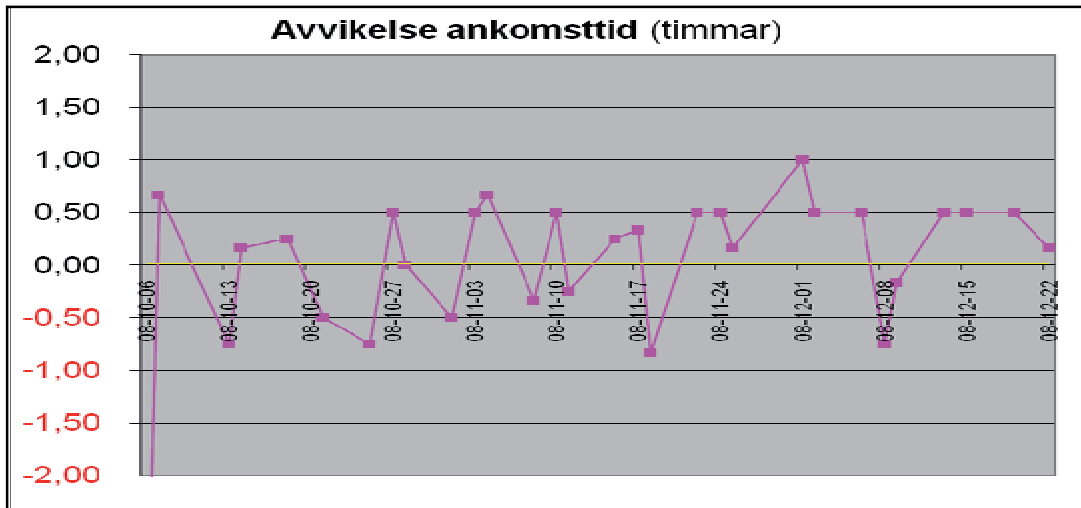
När vi ser på energiinnehållet i vårt försök skiljer det 37 % i energiinnehåll per ton mellan de olika materialen. Även för leveranser med samma typ av material skiljer sig energiinnehållet vilket framgår av tabellen nedan. Eftersom stamvedsflisen från SCA finns redovisad separat är den särredovisad i tabellen nedan. Leveranser från Krokomb till Mälarenergi finns med som jämförelse.

Tabell 7.
Genomsnitt för torrhalt och värmevärde.

Avsändande terminal	Bränsle	Medel torrhalt %	Energi/ton (MWh)
Töva	Grotflis	53	2,47
Töva	Stamvedsflis	69	3,39
Krokomb	Grotflis	62	2,95
Krokomb	Stamvedsflis	65	3,05
Stockaryd	Grotflis	58	2,83
Tallåsen	Torv	56	2,83
Stockaryd	Torv	60	3,26

Rättidighet

Tidsangivelserna anger när tåget är inväxlat och är klart i position för lossning. Vi ser att det rör sig om en spridning på 1–2 timmar för tågens ankomsttider till E.on. Tabellen nedan gäller systemet med Innofreight containrar, d.v.s. tåg från Töva, Tallåsen och Stockaryd. Precisionen i leveranserna bör sättas i variation till kostnaden för att ha lossningspersonal på plats.



Figur 11.

Avvikelser från angiven ankomsttid till E.ons lossningsspar i Örebro. Negativa värden innebär försening.

Summering tågsystemet

För ett väl fungerande tågsystem är följande viktigt:

- Planera för viss startsträcka, så det finnas alternativa försörjningsmöjligheter.
- Planera in bufferttid/återhämtningstid, så att effekterna av en försening i ett omlopp för en viss kund inte sprider sig till andra kunder senare i kedjan.
- Väl genomtänkta avtal med rätt drivkrafter för samtliga parter bör finnas både med avseende på kapacitetsutnyttjande för och att minimera störningar.
- Maximera fyllnadsgraden av tåget med avseende på energiinnehåll. Allt för fuktigt material gör att maximal volym inte kan utnyttjas och att antalet transporterade MWh per tåg minskar.
- Noggrann vägning är betydelsefull för såväl affärsupplägg som för utnyttjandet av tågsystemet.
- Tillräcklig framförhållning i planeringen krävs för att säkra tillgänglig spårkapacitet.

5. Diskussion

TÅGSYSTEMET

De tåg som funnits med i våra studier har samtliga körts på restkapacitet. Detta innebär att det finns potential inför framtiden att erhålla optimerade tidtabeller, om branschen med gemensamma krafter kan skapa fasta flöden med god framförhållning. En optimerad tidtabell ger i regel snabbare tidtabeller, vilket ger möjligheter att köra fler omlopp. Detta i sin tur påverkar de fasta kostnaderna, med lägre transportkostnader som följd. Även rättidigheten påverkas i normalfallet positivt av optimerade tidtabeller. Detta innebär att det finns anledning att anta möjligheter till bättre punktlighet om biobränsletågen i framtiden mer och mer kan gå i optimerade tidtabeller istället för på restkapacitet.

Differenserna i mätningarna mellan lastnings- och lossningsvikt ligger mellan $-6,6\%$ – $5,7\%$ efter det att truckvågen kalibrerats. Vad som är acceptabel mätning är givetvis en fråga för parterna att ta ställning till, men en osäkerhet på omkring 5% bör anses orimligt hög om vikten ligger till grund för betalning. Fem procent av tågets lastvikt kan antas motsvara ca 120 MWh. Med ett pris på 175 kr per MWh rör det sig om en möjlig avvikelse på $\pm 21\,000$ kr per tågleverans från det faktiska värdet.

Utnyttjandegraden vad gäller lastvikt kan sannolikt förbättras och träffsäkerheten kan ökas genom planering av lastkapacitet i förhållande till materialets densitet. Under den del av året då flisen har lägre fukthalt kan någon form av enklare komprimering vara önskvärd för att uppnå ett optimalt viktutnyttjande.

Även andra typer av produktionslösningar, t.ex. fliscontainrar som fylls direkt vid skogsbilväg och omlastas vidare från lastbil till tåg, kan vara kostnadseffektiva. Speciellt om det går att använda standardfordon, som är lätta att finna i båda ändarna av ett sådant upplägg.

TERMINALHANTERING

Lastning

Efter testperiodens slut prövade man på Stockarydsterminalen att gå ner från tre till två hjullastare. Påverkan på lastningstiden blev marginell. Det är rimligt att anta att tre hjullastare riskerar att vara i vägen för varandra under en tåglastning i synnerhet då materialet hämtas från en enda stack. Metoden att enbart addera lastmaskiner för att korta lastningstiden kan därför ha sina begränsningar. Om avståndet mellan tåg och stack är långt kan det tänkas vara effektivare att i stället använda lastmaskiner med större kapacitet. Detta minskar också körsträckan per lastad kubikmeter.

Resultaten visar att föraren i Tallåsen lyckas hålla en hög precision mot målvikten vid många lastningstillfällen i rad. Föraren i Tallåsen är dock ensam vid lastningen och behöver därför endast ha koll på totalvikten för sin egen maskin, medan det i Stockaryd är tre personer som skall koordinera lastningen. Detta kan ha haft betydelse för uppmätt noggrannhet i förhållande till målvikten vid lastningen.

Att containrarna är så höga (Innofreight-lösningen) och att föraren i lastmaskinen inte kan se ner i dem för att kontrollera fyllnadsgraden försvårar lastningen. Detta gäller i synnerhet de containrar som är utrustade med förhöjningskrage för att klara större volym. Med de mindre lastmaskiner som användes i försöket var det på vissa håll problem att lasta de högsta containrarna och en förhöjning fick byggas för att klara detta. En upphöjd kaj för lastning eller ett nedsänkt spår skulle kunna lösa problemet, men nackdelarna vad det gäller möjligheter till renhållning av ett sådant spår är stora, därför bör man undvika att bygga in sig i denna typ av speciallösning. Ett alternativ till lastning med hjullastare är separatlastare/materialhanterare.

Separatlastaren har fördelarna att ge god överblick vid lastningen, även för höga containrar, och att snabbt kunna svänga runt skopan mellan vagn och stack. Den förutsätter dock att materialet kan placeras i direkt anslutning till spåret eftersom den inte är lämplig att köra runt med för att hämta material. Separatlastare kan även användas för rundvirkeshantering efter byte av redskap. För både hjullastare och separatlastare finns goda möjligheter till noggrann vägning med rätt utrustning. Vilken påverkan som ett byte av maskintyp skulle kunna ha på lastningstiden behöver undersökas i kompletterande studier.

Lossning

För att kunna korta köravståndet är det viktigt att stacken placeras rätt. Med mer utrymme skulle trucken kunna tömma rakt bakom den plats där den lossar från vagnen, vilket skulle spara tid. Om denna modell väljs blir det dock en större bottenyta och mer efterarbete med städning. En tippficka kombinerad med vridbart transportband kan vara en annan lösning för att effektivisera lossningen, men det innebär naturligtvis en långsiktig investering.

En omväxling tar ca 20 minuter, men varierar beroende på terminalens utformning. En eller två personer krävs beroende på om det finns radiostyrning för att växla om tåget. Detta utgör en kostnad och man vill om möjligt vill kunna lossa och lasta utan att behöva växla om tåget. Studien har också visat vilken avgörande betydelse köravståndet har. En omväxling kan därför antas vara positiv för den totala effektiviteten om den halverar avståndet som materialet måste köras. Bäst är det om tåget kan skjutas fram efter hand och rymmas i full längd på terminalen.

FASTFRYSNING

Från tidigare tågstudier finns erfarenhet från biopendeln av att materialet under kalla perioder frusit fast i containrarna, vilket orsakat problem vid tömning. Det gäller sannolikt också för både Innofreight och Stenas system. Ett sätt att motverka problemet med Innofreight-systemet kan vara att truckföraren dunkar den upp och nervända containern i marken någon eller ett par minuter per container. Om detta inte hjälper kan problemet förvärras genom att bottenlagret byggs på vid varje leverans, vilket kraftigt minskar kapaciteten för transportererna.

Under Örebroförsöket var det endast minusgrader vid tre av lossningstillfällena och inga nämnvärda problem med fastfrysning uppkom.

Efter avslutat försök har det dock visat sig att man i tågsystemet till Västerås med Innofreight containrarna fått problem med fastfrysning under januari och februari. Temperaturen har då legat stadigt under noll hela perioden. Man har även använt en annan typ av lossningstruck. Den Swetruck som där användes kunde inte banka containrarna mot marken på samma sätt som Kalmartrucken. Det är dock inte troligt att hela fastfrysningsproblematiken skulle bero på trucken, andra lösningar behövs vid en så pass hård vinter som denna period bjudit på. En lösning som är under utarbetning är en vibratorplatta som monteras på den lossande trucken. Försök i SCAs regi visar att en vibratorplatta kan vara effektiv för att lossa fastfruset material.

VIDARE STUDIER

I den här rapporten har tidsaspektens betydelse för systemeffektiviteten lyfts fram. För att kunna jämföra olika alternativ fullt ut behöver en ekonomisk systemanalys göras. Detta är ett prioriterat område för vidare studier.

Studier av separatlastare behöver göras för att man praktiskt och ekonomiskt skall kunna jämföra alternativet med hjullastare.

Även miljökonsekvenserna av tågtransporter med skogsbränsle i ett systemuppbygg bör utredas och ställas i relation till lastbilstransporter av skogsbränsle. Även alternativet att inte ta ut skogsbränslet bör jämföras.

Precisionen vid vägningen har framkommit som mycket viktig. Ett alternativ till vägning med hjullastare eller runtvidande truck är vagnvågar, som väger vid ankomst och avgång. Detta är en möjlighet som bör undersökas vidare vad gäller precision, tillförlitlighet och kostnad.

6. Referenser

LITTERATUR

Ahlvik, P. 1996. Measurements of exhaust emissions from a 2-stroke locomotive engine. MTC 9410 A.

Andersson, G. & Nordén, B. 1996. Balning av trädelsrester – En systemanalys.

Brännström-Norberg B.-M. et al. 1996. Livscykelanalys för Vattenfalls Elproduktion – Sammanfattande rapport, Vattenfall, Stockholm.

Sjödén m.fl. 2001. Utsläpp till luft från järnvägstrafik. FoU-projekt dnr. S98-1519/08. En utredning av IVL.

Voxenius, J. 1998. Intermodal Transshipment Technologies – An overview.

WEBSIDOR

www.ntm.a.se, besöksdatum 090327

www.banverket.se/banportalen, besöksdatum 090220

INTERVJUER

Berndt Nordin, SCA, 060-19 34 67

Henrik Markusson, SP, 010-516 57 13

Rikard Nilsson, E.on, 070-271 96 78

Per-Henrik Evebring, Stockarydsterminalen AB 076-12 81 222

Mats Johansson, Mälarenergi, 021-39 54 20

Ulf Hedberg, Neova, 070-617 48 44

Mikael Carlsson, Stena, 010-445 57 85

Ulf Boogh, Hector Rail, 070-794 06 47

Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2008

År 2008	
Nr 652	Löfgren, B., Nordén, B. & Lundström H. 2008. Fidelitystudie av en skogsmaskin-simulator. 30 s.
Nr 653	Norén J., Rosca, C. & Rosengren, P. 2008. Riktlinjer för presentation av apterings-information i skogsskördare. 70 s.
Nr 654	Sonesson, J. 2008. Analys av potentiella mervärden i kedjan skog-industri vid användning av pulsintensiv laserscanning.
Nr 655	Jönsson, P. & Nordén B. 2008. Skotare med ALS och tredelade stöttor – Studier av prestation och helkropps vibrationer i gallring. 14 s.
Nr 656	Persson, T., Almqvist, C., Andersson, B., Ericsson, T., Högberg, K.-A., Jansson, G., Karlsson, B., Rosvall, O., Sonesson, J., Stener, L.-G. & Westin, J. 2008. Lägesrapport 2007-12-31 för förädlingspopulationer av tall, gran, björk och contortatall. 21 s.
Nr 657	Stener, L.G. 2008. Study of survival, height growth, external quality and phenology in a beech provenance trial in southern Sweden. 11 s.
Nr 658	Almqvist, C. & Eriksson, M. Ökad produktion i plantage 501 Bredinge – försök med rotbeskäring och gibberellinbehandling. 13 s.
Nr 659	Rytter, R.M. 2008. Detektion av röta i bok med 4-punkters mätning av resistivitet. 14 s.
Nr 660	Bergkvist, I., Iwarsson Wide, M., Nordén, B. & Löfroth, C. 2008. Jämförande prestationsstudier – Röjsåg med klinga kontra kedjeröjsåg. 21 s.
Nr 661	Johansson, K. Snytbaggen – kunskapsläget 2008. 18 s.
Nr 662	Österman. Öd. D., Rimquist, L. & Hanson, M. 2008. Geststyrning för engreppsskördare – en första undersökning – Projektarbete Ergonomi och Design VT-2008. 64 s.
Nr 663	Westlund, K. & Andersson, G. 2008 Vägstandardens inverkan på skogsnäringens transportarbete. 58 s.
Nr 664	Hannrup, B. 2008. Slutrapport för projekt ”Mätteknik för avverkningsrester”. 52 s.
Nr 665	Rosvall, Ola., Wennström, U. 2008. Förädlings effekter för simulering med Hugin i SKA 08. 38 s.
Nr 666	Barth, A., Hannrup, B., Möller J. J. & Wilhelmsson, L. 2008. Validering av FORAN SingleTree® Method. 44 s.
Nr 667	Baez, J. 2008. Vibrationsdämpning av skotare. 67 s.
Nr 668	Björklund, N., Hannrup, B. & Jönsson, P. 2008. Effekter av förhöjt knivtryck i skördar-aggregat på barkskadorna hos massaved och följeffekter på produktionen av granbarkborrar. 34 s.
År 2009	
Nr 669	Almqvist, C., Eriksson, M. & Gregorsson, B. 2009. Cost functions for variable costs of different Scots pine breeding strategies in Sweden. 12 s.
Nr 670	Andersson, M. & Eriksson, B. 2009. HANDDATORER MED GPS. För användning vid röjningsplanläggning och röjning. 25 s.
Nr 671	Stener, L.G. 2009. Study of survival, growth, external quality and phenology in a beech provenance trial in Rånna, Sweden. 12 s.
Nr 672	Lindgren, D. 2009. Number of pollen in polycross mixtures and mating partners for full sibs for breeding value estimation. 15 s.
Nr 673	Bergkvist, I. 2009. Integrerad avverkning av grotbuntar. 21 s.
Nr 674	Rosvall, O. 2009. Kompletterande strategier för det svenska förädlingsprogrammet. 26 s.
Nr 675	Arlinger, J., Barth, A. & Sonesson, J. 2009. Förstudie om informationsstandard för stående skog. 21 s.
Nr 676	Nordström, M. & Möller J. J. 2009. Den skogliga digitala kedjan – Fas 1. 38 s.
Nr 677	Möller J.J., Hannrup, B., Larsson, W., Barth, A. & Arlinger, J. 2009. Ett system för beräkning och geografisk visualisering av avverkade kvantiteter skogsbränsle baserat på skördardata. 36 s.

Nr 678	Enström, J. & Winberg, P. 2009. Systemtransporter av skogsbränsle på järnväg. 27 s.
Nr 679	Iwarsson Wide, M. & Belbo, H. 2009. Jämförande studie av olika tekniker för skogsbränsleuttag. – Skogsbränsleuttag med Naarva-Gripen 1500-40E, Bracke C16.A och LogMax 4000, Mellanskog, Färila. 43 S.
Nr 680	Iwarsson Wide, M. 2009. Jämförande studie av olika metoder för skogsbränsleuttag. Metodstudie – uttag av massaved, helträd, kombinerat uttag samt knäckkvistning i talldominerat bestånd, Sveaskog, Askersund. 25 s.
Nr 681	Iwarsson Wide, M. 2009. Teknik och metod Ponsse EH25. – Trädbränsleuttag med Ponsse EH25 i kraftledningsgata.
Nr 682	Iwarsson Wide, M. 2009. Skogsbränsleuttag med Bracke C16. – Bränsleuttag med Bracke C16 i tall respektive barrblandskog.