



SKOGSMÄSTARPROGRAMMET
Examensarbete 2014:01

Vattenlogistik vid stubbehandling i slutavverkning

Water logistics at stumptreatment in final felling



Henrik Ekström

Examensarbete i skogshushållning, 15 hp
Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2014:01
SLU-Skogsmästarskolan
Box 43
739 21 SKINNSKATTEBERG
Tel: 0222-349 50

Vattenlogistik vid stubbehandling i slutavverkning

Water logistics at stumptreatment in final felling

Henrik Ekström

Handledare: Eric Sundstedt, SLU Skogsmästarskolan

Examinator: Staffan Stenhag, SLU Skogsmästarskolan

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Självständigt arbete (examensarbete) med nivå och fördjupning G2E med möjlighet att erhålla kandidat- och yrkesexamen

Kurstitel: Kandidatarbete i Skogshushållning

Kurskod: EX0624

Program/utbildning: Skogsmästarprogrammet

Utgivningsort: Skinnskatteberg

Utgivningsår: 2014

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet

Serienummer: 2014:01

Omslagsbild: "Skördaraggregat i arbete", foto av Henrik Ekström

Nyckelord: arbetssätt, rotröta, tidsstudie



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

FÖRORD

Detta examensarbete är skrivet inom ämnet Skogshushållning på Skogsmästarskolan i Skinnskatteberg och är min avslutande del av utbildningen. Arbetet är skrivet på C- nivå och innefattar 15 högskolepoäng.Handledare på Skogsmästarskolan har varit Eric Sundstedt och uppdragsgivare från Holmen Skog har varit Daniel Stridsman.

Syftet med studien har främst varit att studera hur två skogsmaskinsentreprenörer har löst sin respektive vattenlogistik vid stubbehandling mot rotröta i slutavverkning. Målet från Holmen Skog har varit att hitta och utvärdera arbetssätt och effektiv utrustning för vattenlogistiken.

För studiens genomförande har jag flera att tacka för. Jag börjar med Eric Sundstedt och Daniel Stridsman som korrekturläst och kommit med förslag till inriktning på arbetet. Vidare vill jag tacka personal på Thörnwalls Entreprenad AB och MJN's Skogsentreprenad AB för att ni ställt er tid till förfogande under våren 2013. Ett avslutande tack går också till Magnus Thor på Skogforsk samt Staffan Stenhag på Skogsmästarskolan som också de har bidragit med idéer och förslag.

Skinnskatteberg, juni 2013

Henrik Ekström

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	iii
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	v
1 ABSTRACT	1
2 INLEDNING	3
2.1 BAKGRUND	3
2.2 SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNINGAR	3
2.3 HOLMEN AB.....	4
3 LITTERATURSTUDIE	5
3.1 VAD ÄR ROTRÖTA?	5
3.2 ROTRÖTANS KONSEKVENSER & KOSTNADER	6
3.3 STUBBEHANDLINGENS HISTORIA	6
3.4 STUBBEHANDLINGSPREPARAT	7
3.5 STUBBEHANDLINGENS EFFEKTER	8
3.6 EKONOMI I GALLRING & SLUTAVVERKNING	8
4 MATERIAL & METODER	11
4.1 VAL AV METODER	11
4.2 DEN KVALITATIVA STUDIEN	11
<i>Maskintillverkare</i>	11
<i>Entreprenörer</i>	12
4.3 DEN KVANTITATIVA STUDIEN	12
<i>Momentindelning Thörnwalls</i>	13
<i>Momentindelning MJN</i>	13
<i>Kostnads kalkyl</i>	14
4.4 ORDFÖRKLARING	14
4.5 RAPPORTEN	14
5 RESULTAT	15
5.1 KVALITATIV STUDIE MASKINTILLVERKARNA.....	15
<i>Eco- Log</i>	15
<i>John Deere</i>	15
<i>Komatsu Forest</i>	16
<i>Ponsse</i>	16
<i>Rottne</i>	17
<i>Kapacitet vattentankar sammanställning</i>	17
5.2 KVALITATIV STUDIE THÖRNWALL.....	18
<i>Inledande information</i>	18
<i>Arbetsätt originalutrustning</i>	21
<i>Kompletteringstanken- från idé till driftsättning</i>	21

<i>Arbetsätt vattenlogistik</i>	25
5.3 KVANTITATIV STUDIE THÖRNWALL	28
<i>Total studietid</i>	28
<i>Medeltider tidsmoment</i>	28
<i>Momenttid per arbetsdag</i>	30
<i>Maximal & minsta tider tidsmoment</i>	30
<i>Standardavvikelse tidsmoment</i>	31
<i>Kostnad stubbehandling</i>	32
5.4 KVALITATIV STUDIE MJN	33
<i>Inledande information</i>	33
<i>Vattentanken- från idé till driftsättning</i>	35
<i>Arbetsätt vattenlogistik</i>	37
5.5 KVANTITATIV STUDIE MJN	40
<i>Total studietid</i>	40
<i>Medeltider tidsmoment</i>	40
<i>Momenttid per arbetsdag</i>	42
<i>Maximal & minsta tider tidsmoment</i>	42
<i>Standardavvikelse tidsmoment</i>	43
<i>Kostnad stubbehandling</i>	44
6 DISKUSSION	45
6.1 MASKINTILLVERKARNA	45
6.2 THÖRNWALLS.....	46
6.3 MJN.....	48
6.4 VATTENLOGISTIK RIKTLINJER.....	49
6.5 FRAMTIDA STUDIER	50
7 SAMMANFATTNING	51
8 REFERENSLISTA	53
8.1 PUBLIKATIONER.....	53
8.2 INTERNETDOKUMENT	54
9 BILAGOR	57
9.1 FRÅGEFORMULÄR TILL MASKINFÖRARE.....	57
9.2 FRÅGEFORMULÄR TILL MASKINTILLVERKARE.....	58
9.3 KOSTNADSKALKYL THÖRNWALL.....	59
9.4 KOSTNADSKALKYL MJN.....	60

1 ABSTRACT

Water logistics has long been a problem in order to effectively carry out stump treatment in both thinning and final felling. It is important that the stump treatment- equipment is configured as well as a sufficient amount of water is carried out on the harvester to get a cost- effective treatment. The flow control of the equipment has improved and water can be dispensed more efficient, but still the amount of water on the machine is a crucial factor in the total cost estimate. The knowledge of the tools available to bring water as well as the internal logistics of loading and transport to the felling site is deficient. Increased focus on "smart" solutions to manage water cost is of great importance in order to combat *Hetrobasidion spp* in both thinning and final felling.

The purpose of the study is to describe and summarize different solutions of water logistics at stump treatment in final felling. Holmen Skog's goal is to find good ways and a possible equipment to get a cost- effective solution of water logistics. The two contractors Thörnwalls and MJN have developed their own ways to get an effective water logistics and their solutions will be studied in more detail.

The results of the study show that the duration of Thörnwalls water logistics requires about 50 minutes per working day. The water Logistics of MJN requires about 20 minutes per working day. Both contractors have developed a water logistics with a few and effective moments. Thörnwalls has managed to develop a way to work that is free from physical handling of water, MJN have the same goal.

To get an efficient water logistics requires primarily an approach based on procedures and division of responsibility. The equipment must be properly adjusted and all the physical lifting moments with water should be avoided to make logistics easy and efficient.

2 INLEDNING

2.1 BAKGRUND

Holmen Skog, region Norrköping har som mål att minska angreppen av rotröta. Företaget har därför satt upp flera riktlinjer för hur skogsskötseln ska utföras så att angreppsfrekvensen minskar. Inom slutavverkningen lyder riktlinjerna som följer:

Stubbehandling genomförs vid slutavverkning av grandominerade bestånd (>50 procent) med SI minst G26 då dygnsmedeltemperaturen överstiger +5°. Samtliga barrstubbar behandlas. Skall stubbrytning genomföras ska behandling ej genomföras. Mål täckningsgrad – 90 procent av stubbarna skall ha 90 procent täckningsgrad. I den mån lärk förekommer behandlas denna som gran.

(Holmen Skog 2010, s. 2)

Vid stubbehandling i slutavverkning har dock problem uppstått med bristfällig kapacitet på de vattentankar som är orginalmonterade på skördarna. Vattenmängden är inte tillräcklig när skördarna körs i 2-skift. Förarna tvingas hjula ut med skördaren till depåplats en extra gång endast för att tanka vatten. Detta medför produktionsförluster med ekonomiska konsekvenser som följd. Det är viktigt att såväl stubbehandlingsutrustningen är intrimmad som att tillräcklig vattenmängd förs med på maskinen för att behandlingen skall bli kostnadseffektiv. Optimeringen av utrustningen har blivit bättre och vatten kan portioneras mer effektivt, men fortfarande är kapaciteten på skördarnas vattentankar en flaskhals i den totala kalkylen.

Kunskapen om vilka hjälpmedel som finns för att föra med sig vatten samt hur internlogistiken från fyllning och transport mot avverkningstrakt fungerar är även den bristfällig. Ökat fokus på "smarta lösningar" för att hantera vatten kostnads-effektivt är av stor vikt för att kunna bekämpa rotröten i såväl gallring som slutavverkning.

Problematiken med hanteringen vattnet och kapaciteten på vattentankarna har gjort att flera entreprenörer har funnit egna lösningar på dessa problem. Två av dessa entreprenörer är Thörnwalls Entreprenad och MJNs Skogsentreprenad, båda har Holmens distrikt Vimmerby som uppdragsgivare åt sina slutavverkningsenheter. Dessa entreprenörers arbetsätt har studerats och analyserats i denna studie.

2.2 SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNINGAR

Detta examensarbete syftar till att beskriva och sammanfatta olika arbetsätt kring vattenlogistiken vid stubbehandling i slutavverkning. Holmen Skogs mål är att hitta bra arbetsätt och möjlig utrustning för att få en kostnadseffektiv lösning av vattenlogistiken. Thörnwalls Entreprenad och MJNs Skogsentreprenad har utvecklat egna arbetsätt för att uppnå en effektiv vattenlogistik och deras lösningar har studerats och presenterats i studien.

Frågeställningar var:

- Hur ser arbetssättet för vattenlogistiken ut?
- Vilken utrustning används för vattenlogistiken?
- Vilka faktorer påverkar vattenlogistiken?
- Hur ser tidsåtgången för vattenlogistiken ut?

2.3 HOLMEN AB

Företaget Holmen har en historia som sträcker sig 400 år tillbaka i tiden. År 1609 lade hertig Johan av Östergötland grunden till Holmens Bruk genom att låta uppföra ett vapenfaktori i den centrala delen av Norrköping. Från år 1633 fanns på denna plats ett pappersbruk som var i drift i 377 år då det 1986 lades ner och produktionen av papper koncentrerades till Bravikens pappersbruk. Holmen har, i likhet med flera andra anrika svenska företag, sina rötter i verksamheter som till en början byggde på tillgång på vattenkraft och malm för att därefter övergå till skog och virke. 1988 gick Mo och Domsjö, Holmens Bruk AB och AB Iggesunds Bruk samman och bildade koncernen MoDo. Koncernen bytte namn år 2000 till Holmen (Holmen, 2012, Länk A).

Idag är Holmen en skogskoncern som tillverkar tryckpapper, kartong, trävaror och bedriver verksamhet inom skogsbruk och energi. Verksamheten är uppdelad i totalt fem affärsområden där Holmen Skog och Holmen Energi har till uppgift att anskaffa råvara till industrier inom Holmen Paper, Iggesund Paperboard och Holmen Timber. Koncernen har produktionsanläggningar i Sverige, Storbritannien och Spanien (Holmen, 2012, Länk B). Produkterna säljs i huvudsak på den Europeiska marknaden (Holmen, 2012, Länk C).

Holmen Skog köper virke, utför avverknings- och skogsvårdstjänster och ansvarar för skötseln av koncernens egna markinnehav som uppgår till cirka 1,3 miljoner hektar (Holmen, 2012, Länk D). Årligen anskaffas cirka 11 miljoner kubikmeter virke där merparten köps från privata markägare och andra svenska skogsföretag. Cirka 3 miljoner kubikmeter virke avverkas på det egna markinnehavet (Holmen, 2012, Länk E). Holmen Skog är organiserad i tre regioner där Örnsköldsvik utgör den nordligaste regionen, följt av Iggesund samt Norrköpings region. Huvudkontoret ligger i Örnsköldsvik. De tre regionerna är i sin tur uppdelade i 17 distrikt (Holmen, 2012, Länk F).

Region Norrköping där denna studie är gjord, sträcker sig från de södra delarna av Kalmar län till de norra delarna av Västmanlands län. I väster utgör Jönköping gräns och i öster Södertälje. Inom regionen finns det sex köpdistrikt med kontor i Västerås, Örebro, Norrköping, Katrineholm, Tranås samt Vimmerby. I regionen samarbetar Holmen Skog med cirka 4000 privata markägare och förvaltar cirka 70 000 hektar av det egna markinnehavet. Regionen anskaffar cirka 2 600 000 kubikmeter virke som försör pappersbruket och sågverket i Braviken med råvara (Holmen, 2012, Länk G).

3 LITTERATURSTUDIE

3.1 VAD ÄR ROTRÖTA?

Rotröta är ett samlingsnamn för skador på vedceller som orsakas av vednedbrytande patogena svampar. Exempel på dessa svampar är rotticka (*Heterobasidion spp*), honungsskivling (*Armillaria mellea*) och tickor av olika slag (Eidmann & Klingström, 1976). Dessa svampar orsakar olika typer av röta. Brunröta orsakas av basidiesvampar och är typisk för barrträd. Svampen bryter ner cellulosa och hemicellulosa i trädet, veden får då en brun färg som ges av det återstående ligninet. Mjukröta orsakas av sporsäcksvampar som också livnär sig på cellulosa och hemicellulosa men även lignin. Veden mörknar och blir mjuk. Den tredje typen av röta är vitröta som bland annat orsakas av rotticka (Skogsstyrelsen, 2012, Länk H). Rottickan är den vanligaste, allvarligaste och därmed den mest kostsamma av rötsvamparna (Stenlid, 1987). Detta då rottickan har en större förmåga än honungsskivlingen att växa högre upp i stammen, dessutom angriper rottickan fullt friska träd medans honungsskivlingen främst angriper träd med nedsatt vitalitet (Nylinder m.fl., 2000) och (Persson m.fl., 1992). Följande stycken avser därför endast rottickan.

Inne i trädet angriper rottickan vedcellerna och bryter ner dessa för att utnyttja cellulosan och ligninet som näring. När nedbrytningen av vedfibrerna startar och cellväggarna löses upp förändras strukturen på veden och till slut är det bara ett håll kvar inne i trädet. Strukturförändringen medför mycket stora förändringar i vedens egenskaper. Då infektionen fortgår blir vedens hållfastighet successivt allt sämre (Skogsstyrelsen, 2012, Länk H). Detta påverkar vedens lämplighet för användning som både trä- och massavedsråvara. Rötskadad ved som används inom massaindustrin kräver mer kemikalier i tillredningsprocessen och kan missfärga pappersmassan (Woodward, m.fl., 1998). Inom sågverksindustrin tolereras röta i gran och tall upp till 5 procent av ändytan av stocken, men den blir dock klassad i sämsta klass (SDC, 2012, Länk I).

Rottickan är uppdelad i underarterna *H. parviporum* (s), *H. annosum* (p) och *H. abietinum* (f). Bokstäverna inom parentes står för den vanligaste värdpreferensen för svampen, det vill säga spruce (gran), pine (tall) och fir (ädelgran). *H. annosum* är mest frekvent hos olika arter av Pinusläktet. Där utgör tall (*Pinus Sylvestris*) den viktigaste värden för svampen. Förutom tall angriper P-formen också andra trädarter så som gran (*Picea abies*) och en (*Juniperus communis*). Även lövträd kan angripas, där är vårtbjörk (*Betula pendula*) speciellt utsatt. Då *H. annosum* angriper både barr- och lövträd är det få trädarter som är helt resistenta, den anses vara den mest aggressiva arten av de tre underarterna av rottickan (Woodward, m.fl., 1998). *H. annosum* förekommer i de flesta av Europas länder. I Sverige är den vanligast i södra delen och har inte påträffats norr om Dalälven (Karlsson, 1993). Enligt Swedjemark (1995) kan en tänkbar förklaring till detta vara att svampen inte följt med granen då den har spridit sig från nordost. *H. parviporum* förekommer främst i skogar som domineras av gran. Angrepp på andra trädslag är ovanligt men kan förekomma om träden är stressade eller har

nedsett motståndskraft. I Europa är *H. parviporum* förekommande i granens naturliga utbredningsområde. I Sverige finns den därmed spridd över hela landet. *H. abietinum* förekommer främst i de centrala och södra delarna av Europa. Det viktigaste värdträdet för svampen är silvergran (*Abies alba*) (Woodward, m.fl., 1998).

3.2 ROTRÖTANS KONSEKVENSER & KOSTNADER

För gran svarar rottickan för cirka 75 procent av alla rötangrepp i Sverige (Skogsstyrelsen, 2012, Länk H). I ett slutavverkningsmoget bestånd beräknas omkring 15 procent av granarna vara angripna. Andelen infekterade träd kan i vissa delar av landet vara betydligt högre, i extrema fall har det uppmätts att så mycket som 75 procent av granarna har varit infekterade. Dessa angrepp ger upphov till stora värdeförluster för landets skogsägare. Det samlade intäktsbortfallet för skogsbruket har uppskattats till 500- 1000 miljoner kronor per år (Thor m.fl., 2004). Värdeförlusterna orsakas av direkta faktorer som t.ex. kvalitetsnedsättningar och tillväxtförluster. Inom sågverksindustrin klassas röta som ett kvalitetsfel och tillåts bara i sämsta klass för normaltimmer. Inom massaindustrin kräver rötad ved en mer omfattande tillredningsprocess för att inte missfärgningar ska förekomma på den färdiga produkten (Woodward, m.fl., 1998). Enligt Bendz-Hellgren (1997) orsakar rottickan tillväxtförluster i skogsbestånden. Det har konstaterats att angripna träd producerar upp till 10 procent mindre volym i jämförelse med friska träd. Anledningen till tillväxtförlusterna kan förklaras med att träden styr om energiförbrukningen för att försvara sig mot angreppet, vilket gör att volymtillväxten minskar. Förlusten kan också förklaras med en nedsatt rot- och stamfunktion. Förmågan att utvinna vatten och näring ur marken försämras på grund av angreppet. Näringstransporten vidare ut i trädet påverkas även den negativt. Indirekta faktorer som rottickan orsakar påverkar också skogsbestånden i stor utsträckning. Rötan försvagar trädens rotsystem och stammar vilket ökar risken för storm och snöskador. Risken finns också att nästkommande skogsbestånd infekteras av rottickan om rätt förutsättningar finns för svampen att sprida sig vidare från det tidigare beståndet (Woodward, m.fl., 1998).

3.3 STUBBEHANDLINGENS HISTORIA

Rottickans effekter har länge varit kända men det var först under 1950- talet som bekämpningen mot rotrötan började på allvar. Metoden för stubbehandling lanserades av den engelske rotröteforskaren John Rishbeth då han visade att stubbytorna utgör den främsta infektionsvägen för rottickan. Baserat på Rishbeths arbete har effektiva stubbbehandlingsmedel tagits fram och idag används pergamentsvampen *Phlebiopsis gigantea* som behandlingsmedel med stor framgång i flera länder. *P. gigantea* klarar likt *H. annosum* att kolonisera färsk stubbytor med den effekten att *P. gigantea* konkurrerar ut *H. annosum* (Woodward, m.fl., 1998).

I Europa idag där ett rationellt skogsbruk bedrivs använder sig de flesta länderna av någon form av stubbehandling. Storbritannien och Polen har länge varit de

länder som behandlat flest antal hektar årligen. År 2001 behandlades cirka 70 00 hektar vardera i de båda länderna. I Storbritannien är det främst gran och sitkagran som behandlas medan främst tall behandlas i Polen (Thor, 2001).

I Sverige har stubbehandlingen mot rotticka bedrivits sedan slutet av 1980-talet. Det är nästan uteslutande i samband med gallring som behandling har utförts. Av de behandlingar som utförs sker 75- 80 procent i Götaland och resterande i Svealand. I Norrland sker behandling i ytterst ringa omfattning. Skogsbruket har länge haft en avvaktande syn på att behandla i slutavverkning. Främst på grund av en eventuell risk för fördrad avverkning men även att de vattenmängder som krävs skulle bli svårhanterliga (Berglund, m.fl., 2005).

3.4 STUBBEHANDLINGSPREPARAT

I Sverige har skogsbruket i huvudsak använt sig av tre olika behandlingspreparat, urealösning, borpreparat och pergamentsvamp (Berglund, m.fl., 2005). Ureans verkningsätt tros vara att kvävet i urean gynnar de konkurrerande svamparterna och att den ammoniak som bildas vid nedbrytningen av urea är giftig för rottickan. Den missgynnas även av det höga pH- värdet till följd av ammoniakbildningen (Johansson, m.fl., 1994). Borpreparatet är ett mikronäringsämne som gör att tillväxten i rottickans celler blockeras. Forskare har även funnit att borpreparatet har en möjlighet att stimulera trädets produktion av pinosylvin som är ett naturligt gift som vissa träarter har som försvar mot svampar (Woodward, m.fl., 1998). I Nordamerika går preparatet under namnet Borax® och i Europa heter det DOT®. Flera andra former av stubbehandlingsmedel har testats genom tiderna som till exempel kreosot men då många av dessa medel har visat sig vara giftiga både mot människor och mot natur har de förbjudits (Thor, 1996). I Sverige används i princip inte urea och bor längre då certifieringsorganisationerna inte tillåter dessa. Dyra registreringskostnader har också bidragit till en minskning (Berglund, m.fl., 2005). Idag är det enda tillåtna preparatet pergamentsvampen *P. gigantea*. *P. gigantea* förekommer naturligt i skogen och lever främst av död ved vilket gör att risken för angrepp på levande träd vid spridning är relativt liten.

Preparatet har kontinuerligt vidareutvecklats och år 1991 togs det fram en ny individ av pergamentsvamp i Finland. Tester i Sverige, Norge och Finland gav mycket positiva resultat. Preparatet registrerades och släpptes på marknaden under namnet Rotstop för användning på både tall och gran. Rotstop har sedan lanseringen använts i både Sverige och i Finland (Berglund, 2005). I mitten av 00-talet lyckades forskare vid Sveriges lantbruksuniversitet isolera två svenska individer av pergamentsvampen. Dessa två individer visade sig i försök att vara effektivare än den finska individen. Som ett resultat av detta lanserades det nya stubbehandlingsmedlet Rotstop- S på den svenska marknaden (Berglund, m.fl., 2005). Idag finns medlet Rotstop- S Gel på den svenska marknaden och marknadsförs av företaget Interagro Skog AB.

Då preparatet består av levande svampar ställs vissa krav på hantering och lagring. Preparatet går att frysa en gång och då är hållbarheten 12 månader. Vid

lagring i kyl vid +5°C är hållbarheten sex månader och vid lagring i rumstemperatur är hållbarheten en vecka. Preparatet blandas med vatten och ska förbrukas inom 36 timmar. Rotstop- S Gel får aldrig utsättas för temperaturer över +40°C då svampen inte klarar livsmiljöer över denna temperatur. Rekommendationen är att stubbehandla när temperaturen utomhus överstiger +5°C (Interagro, 2013, Länk J).

3.5 STUBBEHANDLINGENS EFFEKTER

Stubbehandlingens positiva effekt har påvisats genom ett långtidsförsök anordnat av Sveriges lantbruksuniversitet i samarbete med Skogforsk år 1994. En maskinell försökserie lades ut med totalt 14 stycken lokaler från Skåne i söder till Ångermanland i norr. I studien användes både pergamentsvamp och urealösning som behandlingsmedel. Vid första kontrollen sju veckor efter avverkning var andelen stubbar som koloniserats av rotticka avsevärt lägre på behandlade och vinteravverkade stubbar än på obehandlade. En ny inventering gjordes år 2008 med resultatet att den genomsnittliga andelen träd med röta dock hade ökat från 6 procent till 15 procent. Rotstop och urea gav likvärdiga resultat. Bäst resultat gavs på tidigare åkermark men på skogsmark var effekten inte lika uppenbar. Resultat tyder dock på att den framtida rötutvecklingen i normal skogsmark blir långsammare tack vare stubbehandling (Thor, m.fl., 2009).

För att behandlingen ska bli lyckad krävs en god täckningsgrad av medlet på stubbarna. Vid maskinell behandling kan det i komplicerade situationer vara svårt att nå detta. Argumentationer har förts att täckningen inte behöver vara hundra procentig då pergamentsvampen växer och konkurrerar ut rottickan. I ett forskningsförsök från år 2001 provades olika täckningsgrader på över 1000 stycken stubbar. Varje stubbe behandlades med Rotstop. Resultatet från studien visade att infektionsrisken var som lägst vid full täckningsgrad av stubbarna. Trots en full täckningsgrad uppvisade 25 procent av stubbarna en infektion av rotticka ett år senare. Vad som händer med dessa infektioner på längre sikt är oklart (Berglund, m.fl., 2005).

3.6 EKONOMI I GALLRING & SLUTAVVERKNING

I en studie utförd av Skogforsk tillsammans med Sveriges lantbruksuniversitet beräknades den eventuella ekonomiska vinningen av utförd rotrötebehandling. Beräkningar grundades på modeller som tog hänsyn till rotrötans utveckling under en omloppstid i fyra stycken typbestånd med respektive utan stubbehandling. Den ekonomiska kalkylen genererade sedan ett slutvärde vid omloppstidens slut. Resultatet visade att stubbehandling var lönsam i såväl gallring som i slutavverkning av rena granbestånd när ståndortsindex är G26 och högre. En förutsättning är att avverkningen utförs under vegetationsperioden. Behandlingen var även lönsam i barrblandbestånd med minst hälften gran där ståndortsindex är G24/T24 och högre. I norra Sverige visade resultaten dock att åtgärden inte är kostnadseffektiv i slutavverkning.

Enligt den ekonomiska analysen kan en skogsägare tjäna 20 000- 30 000 kronor per hektar om stubbehandling används. Det ska dock påpekas att de modeller som använts endast är en förenkling av verkligheten. Rotrötans spridningshastighet kan variera och effektiviteten av stubbehandlingen kan vara olika vilket påverkar utfallet (Thor, m.fl., 2005).

4 MATERIAL & METODER

4.1 VAL AV METODER

Frågeställningar för examensarbetet var:

- Hur ser arbetssättet för vattenlogistiken ut?
- Vilken utrustning används för vattenlogistiken?
- Vilka faktorer påverkar vattenlogistiken?
- Hur ser tidsåtgången för vattenlogistiken ut?

Då Thörnwalls och MJN's slutavverkningsmaskiner sågs som unika enheter med skilda förutsättningar i form av maskintyp, utrustning, skiftarbete, geografi etc., krävdes flexibla och skilda studiemetoder för att besvara ovanstående frågeställningar. För de tre första frågeställningarna användes därför en kvalitativ intervjustudie med entreprenörer, maskinförare och maskintillverkare. Intervjuerna låg sedan till grund för den avslutande frågan som besvarades med en kvantitativ tidsstudie.

4.2 DEN KVALITATIVA STUDIEN

Maskintillverkare

För att samla in grundläggande information angående vilken stubbehandlingsutrustning som maskintillverkarna erbjuder ombads de fem marknadsledande tillverkarna i Sverige att svara på ett antal frågor via ett formulär. Då försäljningsstatistik för skördare inte redovisas offentligt grundas urvalet på antalet sålda skotare. Försäljningsstatistiken för skotare antas spegla de marknadsandelar som respektive maskintillverkare har av antalet sålda skördare. Statistiken baseras på försäljningen under året 2012 och är hämtad från skotarkartan.se (Elmia AB, 2012, Länk K).

Tabell 1. Marknadsandelar för skotarförsäljning år 2012.

Maskintillverkare	Marknadsandelar i procent
John Deere	37,9 %
Komatsu Forest	18,8%
Ponsse	16,7%
Rottne	12,7%
Eco- Log	8,7%
Övriga	5.7%

I ett första skede av studien kontaktades maskintillverkarna via e-post där de blev tillfrågade om de ville delta i studien. Vid positivt besked om deltagande skickades ett andra e- postmeddelande med en kopia av frågeformuläret. Respektive maskintillverkare fick sedan en månad på sig för att besvara formuläret. Vid eventuella oklarheter rörande frågorna klarades dessa ut genom telefonkon-

takt. Kriteriet för de personer som svarade på formuläret var att de skulle inneha en tjänst motsvarande produktansvarig eller säljare.

Entreprenörer

De två entreprenörer som deltog i studien valdes ut då dessa har arbetat fram en helhetslösning för vattenlogistiken för sina respektive slutavverkningsenheter.

I det andra skedet av studien gjordes besök hos Thörnwalls Entreprenad AB och MJN's Skogsentreprenad AB. Vid besöken gjordes en intervju med entreprenörerna själva men också med de anställda skördarförarna. Intervjun berörde arbetssättet kring vattenlogistiken och stubbehandlingen. Även här användes ett förberett frågeformulär. Intervjun dokumenterades på papper och med digitalkamera.

Personer intervjuade hos Thörnwalls Entreprenad AB:

- Magnus Thörnwall- VD
- Mikael Gustavsson- Skördarförare
- Petter Fredriksson- Skördarförare

Personer intervjuade hos MJN's Skogsentreprenad AB:

- Marcus Johansson- VD
- Thorbjörn Alexandersson- Skördarförare

4.3 DEN KVANTITATIVA STUDIEN

I det tredje skedet av studien gjordes en tidsstudie av Thörnwalls och MJN's vattenlogistik. Målet med den kvantitativa studien var att få en god uppfattning om tidsåtgången för vattenlogistiken och vilka faktorer som är påverkande. Den kvalitativa studien låg till grund för tidsstudien där varje moment för vattnet skildes ut och delades in i olika moment. Då Thörnwalls Entreprenad och MJN's Skogsentreprenad har skilda förutsättningar och olika arbetsätt är momenten som tidssätts olika för respektive enhet.

Momentindelning Thörnwalls

Thörnwalls vattenlogistik är indelad i följande moment:

Tabell 2. Indelning i tidsmoment för vattenlogistiken Thörnwalls.

Tidsmoment	Beskrivning
Påfyllnad av vattentank på arbetsbil.	Vattentank på arbetsbil fylls hemma hos respektive skördarförare. Startar när arbetsbil iordningsställs för påfyllnad och slutar när tanken är fylld och tillhörande utrustning är bortplockad. Räknas som manuellt arbete.
Påfyllnad från kompletteringstank till orginaltank skördare.	Påfyllnad av orginaltanken med vatten från kompletteringstanken. Startar när utrustning iordningställs och slutar när orginaltanken är fylld och utrustningen bortplockad. Räknas som förlorad maskintid.
Påfyllnad av kompletteringstank och orginaltank skördare.	Vatten fylls på i skördarens vattentankar. Startar när arbetsbil eller skördare ställs i ordning för tankning av vatten och slutar när vattentankarna är fyllda och tillhörande utrustning är bortplockad. Räknas som manuellt arbete.
Service/ reparation av stubbhandlingssystemet.	Allmän service eller reparation av systemet. Startar när avbrott för service görs och slutar vid färdigställande av service. Räknas som manuellt arbete.
Borring av svärd.	Startar när avbrott görs för borring och slutar vid återupptagen produktion. Räknas som förlorad maskintid.

Momentindelning MJN

MJN's vattenlogistik är indelad i följande moment:

Tabell 3. Indelning i tidsmoment för vattenlogistiken MJN.

Tidsmoment	Beskrivning
Påfyllnad av vattendunkar.	Vattendunkar fylls på hemma hos skördarförare. Startar när dunkar ställs i ordning för påfyllnad och slutar när dunkar är fyllda och tillhörande utrustning är bortplockad. Räknas som manuellt arbete.
Påfyllnad av vattentank skördare.	Vatten fylls på i skördarens vattentank. Startar när fyllda dunkar ställs i ordning för tankning av skördare och slutar när tomma dunkar placeras på arbetsbil igen och tillhörande utrustning är bortplockad. Räknas som manuellt arbete.
Service/ reparation av stubbhandlingssystemet.	Allmän service eller reparation av systemet. Startar när avbrott för service görs och slutar vid färdigställande av service. Räknas som manuellt arbete.
Borring av svärd.	Startar när avbrott görs för borring och slutar vid återupptagen produktion. Räknas som förlorad maskintid.

Tidsstudierna genomfördes genom att klocka varje moment var för sig med hjälp av tidur. Studierna utfördes i effektiv tid (G_0 -tid), där inga avbrott är inräknade. Tidsstudierna gjordes under tio arbetsdagar för respektive Thörnwall och MJN. De observerade tiderna fördes sedan in i Microsoft Excel som timmar, minuter och sekunder. I Excel beräknades sedan total studietid, tid per arbetsdag, medeltid för varje moment, standardavvikelse för varje moment och maximala och minsta tider för varje moment.

Kostnadskalkyl

För att kunna beräkna kostnaden för vattenlogistiken gjordes en kostnadskalkyl för respektive entreprenör. Kalkylen ger en total kostnad för vattenlogistiken per G_{15} timme. Kalkylen är uppdelad i följande delar:

- Maskinuppgifter
- Tidsstudiemoment
- Summering av tider
- Kostnadsberäkning

Kalkylen innehåller inga beräkningar av nuvärden med hänsyn till modellens enkelhet. Kalkylen är skapad i Microsoft Excel och finns presenterad som bilaga. Maskinuppgiftsdelen bygger delvis på neutrala kalkylkostnader för 8-timmars skift/ arbetsdagar utlämnade av Holmen Skog.

4.4 ORDFÖRKLARING

Tabell 4. Ordförklaring.

Ord	Beskrivning
Arbetsmoment	Moment gällande vattenlogistiken.
Kompletteringsutrustning	Stubbehandlingsutrustning som respektive entreprenör konstruerat och tillverkat.
Originalutrustning	Stubbehandlingsutrustning som respektive maskintillverkare erbjuder.
Stubbehandlingsmedel	Rotstop utblandad med vatten.
Stubbehandlingspreparat	Rotstop i koncentrerad form.
Tidsmoment	De moment i vattenlogistiken som tidsstudien avser.

4.5 RAPPORTEN

Rapporten är skriven i mallen "Rapportmall Word 2007" från Skogsmästarskolan och följer instruktioner från "Handledning i rapportskrivande för Skogsmästarprogramet". Alla foton är tagna av författaren.

5 RESULTAT

5.1 KVALITATIV STUDIE MASKINTILLVERKARNA

Eco- Log

Eco- Log har erbjudit stubbehandlingsutrustning till sina slutavverkningskördare sedan efterfrågan för stubbehandling började öka. Komponenterna i systemet tillverkas delvis i egen regi men köps också in. Vattentanken är en av de komponenter som tillverkas inom företaget. Eco- Log har valt att integrera tanken i kranens huvudarm med motiveringen att ge en maximal volym samt att spara utrymme på basmaskinen. Tanken håller en volym på cirka 90 liter.

Av de skördare som sålts på den svenska och finska marknaden har 73 procent varit utrustade med någon form av stubbehandlingsutrustning. Det går inte att uppge någon fördelning mellan stubbehandlingsutrustade skördare för gallring eller slutavverkning då många av Eco- Logs kunder köper en kombinerad gallrings- och slutavverkningskördare. Dock är försäljningen av stubbehandlingsutrustade 590D skördare, som är Eco- Logs största modell, mycket låg.

Vid nyleverans erbjuder Eco- Log en grundutbildning av maskinen som även innefattar stubbehandlingsystemet. Enligt Eco- Log tycker skördarförarna att systemet och utrustningen fungerar förhållandevis bra men att det krävs en effektiv logistik då det är stora vattenmängder som hanteras. För att underlätta hanteringen erbjuder Eco- log en kraftigare fyllnadspump som klarar att fylla maskinens vattentank från depåtank eller vattendunkar.

Eco- Log ser en ökad potential för stubbehandling i slutavverkning då man bland annat mottagit förfrågningar från skogsägare. Dock måste vattenförbrukningen minska då det är ett stort logistikproblem för många entreprenörer och maskinlag.

John Deere

John Deere har erbjudit stubbehandlingsutrustning till sina kunder sedan mitten av 1990- talet. För de skördare som utrustas med ureasystem tillverkar John Deere egna komponenter och för de skördare som ska behandla med Rotstop köps delvis komponenter in från Bohult Maskin AB. Olika krav från olika marknader gör att alternativ måste finnas. De formgjutna vattenplasttankarna tillverkas av en underleverantör. Tankens placering på skördaren är bakom höger boggi under hytten. Motiveringen till placering är att påfyllning ska ske från marken utan att förarna ska behöva klättra på maskinen. Kapaciteten ligger på 100 liter för alla skördarmodeller.

Andelen stubbehandlingsutrustade gallringskördare som säljs i Sverige ligger runt 63 procent. För slutavverkningskördare ligger andelen runt 5 procent. För marknaden i Storbritannien är 100 procent av samtliga sålda skördare utrustade med stubbehandlingsutrustning.

John Deere erbjuder en grundutbildning av maskinen vid nyleverans som även innefattar stubbehandlingssystemet. Enligt John Deere tycker förarna att stubbehandling fungerar bra.

John Deere ser en ökad potential för andelen stubbehandlingsutrustade slutavverkningskördare. En utveckling och kapacitetsförbättring på vattentanken krävs för en effektivare stubbehandling och enklare logistik. De komponenter som Bohult Maskin AB levererar håller en hög kvalitet med en bra utvecklingstakt.

Komatsu Forest

Komatsu Forest har vid efterfrågan från kunder monterat stubbehandlingsutrustning på skördarna sedan början av 1990- talet. Komatsu Forest tillverkar egna vattentankar och systemkomponenter för aggregatet. Resterande delar köps in från Bohult Maskin AB. För gallringsmaskinerna är vattentanken placerad ovanför framaxeln där verktygslådan normalt finns. För den största slutavverkningskördaren är tanken istället placerad längst bak, detta då denna modell har en annan konstruktion av framaxeln som kräver ett större utrymme. Valet av placering har gjorts utifrån att det ska vara ergonomiskt riktigt och lätt att fylla på vatten. Vattentanken ska även vara lätt att byta ut vid haveri. Kapaciteten ligger på 150 liter för alla skördarmodeller.

Samtliga gallringskördare som levererades under 2012 var förberedda för stubbehandling. Av de slutavverkningskördare som såldes under samma tidsperiod var endast en utrustad för stubbehandling. Av de lösaggregat som såldes var ett utrustat för stubbehandling.

Vid grundutbildningen på skördaren ingår instruktion av stubbehandlingssystemet. Enligt Komatsu Forest anser förarna att vattenhanteringen utgör ett allvarligt logistikproblem. Att ha tillgång till hållsvärd och stubbehandlingspreparat medför även det extrajobb även om Droppen Dos- systemet har underlättat hanteringen betydligt.

Framtiden för stubbehandling i slutavverkning är enligt Komatsu Forest oviss, främst då med hänvisning till den låga försäljningsstatistiken av stubbehandlingsutrustade slutavverkningskördare. Komatsu Forest ser dock inga direkta hinder för behandlingen och utveckling av tekniken sker kontinuerligt.

Ponsse

Ponsse har erbjudit stubbehandlingsutrustning till sina kunder sedan slutet av 1990- talet. Ponsse tillverkar egna vattentankar och ett eget stubbehandlingssystem. Vattentanken är placerad i bakramen på samtliga skördarmodeller. Detta då tanken ska vara lättåtkomlig vid påfyllning av vatten och vid service. Tanken rymmer 100 liter.

Ponsse kan inte uppge någon fördelning mellan antalet sålda stubbehandlingsutrustade gallrings- eller slutavverkningskördare. De flesta kunder väljer att ut-

rusta gallringsskördarna med stubbehandlingssystem. Utbildning av systemet ingår i grundutbildningen på maskinen vid leverans. Enligt Ponsse anser förarna att systemet fungerar tillförlitligt, dock utgör hanteringen av vattnet ett stort hinder.

För att öka andelen stubbehandlingsutrustade slutavverkningskördare krävs en bättre logistisk lösning av vattenhanteringen.

Rottne

Rottne har erbjudit stubbehandlingsutrustning sedan första delen av 1990- talet. Till en början monterades utrustning anpassad för ureabehandling men gick år 1997 över till att montera pergamentutrustning. Rottne har under hela denna period köpt in och använt sig av de system som Bohult Maskin AB tillverkar. Dock tillverkar Rottne egna vattentankar. Tankarna är i huvudsak byggda i plastmaterial. Valet av placering är olika beroende på skördarmodell. För Rottnes skördare H8, H14^C och H20^B är tanken integrerad bak på hytten och rymmer 61 liter. För H20^B modellen finns en extratank som tillval med en volym på 100 liter.

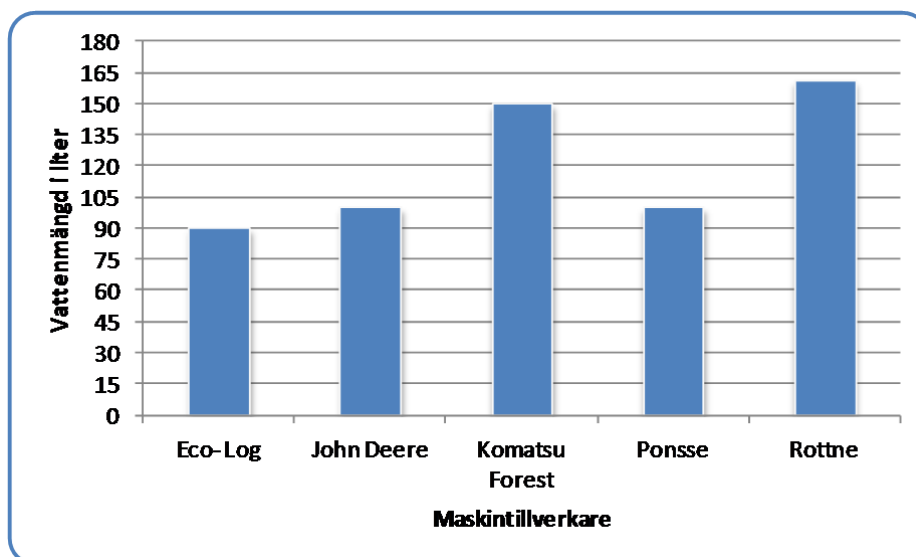
För rena gallringsmaskiner som säljs är cirka 70 procent utrustade med stubbehandlingsutrustning. För mellanstora skördare är andelen 50 procent. Detta gäller för södra Sverige. Rottne har endast haft ett fåtal förfrågningar på stubbehandlingsutrustade slutavverkningskördare.

Utbildning av systemet ges om skördaren har beställt utrustning. Enligt Rottne anser förarna att systemets funktionalitet är relativt god. Vid införandet av stubbehandlingen i början av 1990- talet var förekomsten av driftstörningar vanligt men tekniken har förbättrats och idag fungerar systemen allt bättre. Systemet med gelbehållare och mixpump är det mest användarvänliga behandlingssystemet idag enligt Rottne. Man ser inga allvarliga hinder med stubbehandlingen men nämner systemets känslighet för frost på våren och hösten. Stubbehandlingen i sig utgör också ett extra arbetsmoment för entreprenörerna som måste kompenseras.

Rottne ser en ökad potential för stubbehandling även i slutavverkning. Utveckling och effektivisering av systemen sker kontinuerligt.

Kapacitet vattentankar sammanställning

Sammanställning av respektive maskintillverkares kapacitet på vattentankar för slutavverkningskördare. Störst volymkapacitet på tanken har Rottne med totalt 161 liter.



Figur 1. Kapacitet för respektive maskintillverkares vattentankar för skördare i slutavverkning.

5.2 KVALITATIV STUDIE THÖRNWALL

Inledande information

Thörnwalls John Deere 1470E är av årsmodell 2012 och körs normalt i 2- skift. Årsvolymen som slutavverkas åt Holmen Skog är cirka 80 000 m³fub. Stubbehandling har utförts sedan våren 2012. Behandlingen sker när dygnsmedeltemperaturen överstiger +5°C och utförs då i stort sett på varje slutavverkningstrakt. Både tall och gran behandlas. Ingen av maskinförarna har tidigare erfarenhet av stubbehandling i slutavverkning.

Tabell 5. Presentation över Thörnwalls slutavverkningsenhet.

Thörnwalls slutavverkningsenhet

Maskintyp:	John Deere 1470E
Årsmodell:	2012
Aggregat:	480C
Vattentank original:	100 liter
Kompletterande vattentank:	180 liter
Stubbehandlingssystem:	Bohult Maskin AB
Skifttyp:	2-skift, byte vid kl 14:00

Stubbehandlingssystemet är tillverkat av Bohult Maskin AB och var monterat vid nyleverans. Systemet går under namnet R 500 mix där vatten och behandlingsmedel hålls i separata tankar och behållare för att få en längre hållbarhet på medlet. Vatten och medel blandas sedan automatiskt i en mixtank innan användning. För spridning av det färdigblandade medlet använder man sig av hålsvärd. Vid leverans av skördaren gavs ingen utbildning för förarna av stubbehandlingssystemet.



Figur 2. Bilden visar delar av den originalmonterade stubbehandlingsutrustningen. 1: Behållare för stubbehandlingspreparat. 2: Mixtank. 3: Snabbkoppling för påfyllning av vatten till vattentank. 4: Vattentank cirka 100 liter.



Figur 3. Svärd för stubbehandling. 1: Utstansade hål som borrar upp innan användning.

Förarna anser att stubbehandlingssystemet överlag fungerar bra. Det har varit ett fåtal driftstopp kopplade till haveri av systemet. Systemet kräver relativt lite underhåll och det går smidigt att byta behållaren för stubbebehandlingspreparatet. Det har dock varit en viss inkörningsperiod för att nå upp till rätt täckningsgrad på stubbarna. Problemet har varit att få tillfredställande täckning över hela diameterregistret av stubbarna. Detta beror till stor del på antalet hål samt var i svärdet dessa borrar. I dagsläget har man koncentrerat sig på att nå godkänd täckning för de grövre stubbarna då förarna anser att dessa utgör en större risk att bli infekterade än de klena. Antalet borrarade hål har man begränsat till 6 stycken per svärd. Svärden i sig har också utgjort ett problem då kvaliteten på svärden har varit undermålig. Efter en viss tids användning har stubbebehandlingsmedlet börjat läcka mellan svärdet och svärdhållaren. Orsaken till detta är oklar men diskussion förs med svärdtillverkare.

Det största hindret hittills har varit kapaciteten på den originalmonterade vattentanken. Tanken håller en för liten volym för att täcka den vattenmängd som krävs när skördaren körs i 2- skift. Detta har medfört att förarna tvingats hjula ut med skördaren vid skiftbyte endast för att tanka vatten.

Arbetsätt originalutrustning

Den originalmonterade vattentanken håller en volym på cirka 100 liter. Denna volym var inte tillräcklig för att täcka åtgången för två skift. För att täcka behovet tankades då vatten vid skiftbyte och vid slutet av eftermiddagsskiftet. Vid skiftbytet hjulades skördaren ut till grusväg eller depåplats där tankning skedde. Denna hjulning gjordes endast för att tanka vatten och ansåg därför vara produktionbegränsande. Ordinarie hjulning gjordes sedan vid slutet på eftermiddagsskiftet där tankning av samtliga diesel- och vattentankar gjordes. Båda förarna tog vatten från respektive bostad och transporterade detta vidare till maskinen i 25- liters plastdunkar.

Tabell 6. Arbetsomentindelning av vattenlogistiken med originalutrustning per arbetsdag. Förare 1: förare av förmiddagsskift. Förare 2: förare av eftermiddagsskift.

Arbetsmoment	Beskrivning
Arbetsdag början.	Förare 1 åkte till arbete med fyllda vattendunkar. Totalt 125 liter.
Påfyllnad av vattendunkar.	Förare 2 fyllde vattendunkar hemma innan avfärd till arbete. Totalt 125 liter.
Skiftbyte och tankning av vatten i skördare.	Vid skiftbyte hjulade förare 1 ut till depåplats eller grusväg. Tankning av vatten skedde med förarens 1 vatten. Förare 2 hjulade tillbaka till avverkningsstrakt för fortsatt arbete.
Påfyllnad av vattendunkar.	Förare 1 fyllde vattendunkar vid hemkomst. Totalt 125 liter.
Arbetsdag slut.	Förare 2 hjulade till depåplats vid skiftslut för att tanka vatten och diesel. Skördaren lämnades vid depåplats över natten.

Kompletteringstanken- från idé till driftsättning

Redan vid nyleverans av skördaren fanns misstankar om att kapaciteten på originaltanken var otillräcklig. Denna misstanke besannades också efter ett antal veckor i drift. Idén om en extra vattentank togs fram relativt omgående. Beslut togs att bygga en extra tank och målet vid uppstarten av projektet var att konstruera tanken i egen regi. Detta var något som senare frångicks då kriterierna angående funktionaliteten blev för omfattande.

Följande kriterier sattes upp vid konstruktionsarbetet:

- Tillräcklig vattenkapacitet för att räkna i två skift. Påfyllning av vatten ska ske i samband med tankning av diesel.
- Rationalisera bort all fysisk hantering av vattnet.

Tanken ritades och konstruerades i samarbete med ett externt företag. Tanken placerades på skördarens motordel. Då John Deere har minskat kapaciteten på dieseltankarna för E- serien byggdes även en mindre dieseltank som placerades inuti den extra vattentanken. För att transportera vattnet till maskinen på ett lätthanterligt sätt tillverkades också två tankar som är permanent monterade på

maskinförarnas arbetsbilar. Samtliga tankar är byggda i rostfritt material. Tankarna togs i bruk i augusti- september 2012.

Tabell 7. Presentation av volymkapacitet för tillverkade tankar.

Tankar	Volym i liter
Kompletteringstank på skördare:	180 liter
Vattentank på arbetsbil x2:	å 225 liter
Extra dieseltank:	80 liter



Figur 4. 1: Kompletteringstank för vatten 180 liter. Den extra dieseltanken är placerad inuti kompletteringstanken.



Figur 5. 1: Vattentank på arbetsbil 225 liter.

Originaltankens funktionsätt och användning har inte ändrats. Placering av pumpar, mixtank och behållare för behandlingsmedel är också densamma. Tankarna är inte fast anslutna med varandra utan påfyllnad i originaltanken görs med extern slang från kompletteringstanken. Snabbkopplingsuttag finns monterat både på originaltanken och på kompletteringstanken där påfyllnadsslangen ansluts emellan. Vatten pumpas sedan över till originaltanken. Den totala mängd vatten som förs med på skördaren vid fulltankat system har ökat från 100 liter till 280 liter.



Figur 6. 1: Påfyllnad kompletteringstank. 2: Påfyllnad extra dieseltank.



Figur 7. 1: Snabbkopplingsanslutning kompletteringstank.

Arbetsätt vattenlogistik

Vid driftsättning av kompletteringstanken ändrades de gamla arbetsrutinerna för vattenlogistiken. Utgångspunkten för de nya rutinerna var att logistiken av vattnet skulle göras lätthanterlig och att den inte skulle påverka produktionen i för stor utsträckning.

Följande arbetsätt och rutiner gäller för vattenlogistiken:

- Den förare som arbetar eftermiddagsskift är ansvarig för vattnet. Det är endast denna förare som transporterar vatten till skördaren.
- Tankning av vatten görs i samband med tankning av diesel.
- Kontinuerlig service av stubbehandlingssystemet. Görs vid behov eller vid övrig service av skördaren.

Tabell 8. Arbetsmomentindelning av vattenlogistiken med kompletteringsutrustning per arbetsdag. Förare 1: förare av förmiddagsskift. Förare 2: förare av eftermiddagsskift. *= Se bilder nedan.

Arbetsmoment	Beskrivning
Påfyllnad av vattentank på arbetsbil.*	Förare 2 fyller vattentank på arbetsbil vid bostad innan avfärd till arbete. Vid tom tank totalt 225 liter.
Påfyllnad till orginaltank från kompletteringstank.*	Vid skiftbyte fylls vatten över från kompletteringstank till orginaltank på skördaren. Skiftbyte sker utan hjulning. Vid eventuellt behov fylls vatten över från kompletteringstank till orginaltank ytterligare en gång under eftermiddagsskiftet. Detta gäller även för föraren av förmiddagsskiftet nästkommande arbetsdag.
Påfyllnad av kompletteringstank och orginaltank på skördare.*	Vid slut på arbetsdag hjulas skördaren ut till depåplats där tankning av samtliga diesel och vattentankar sker. Vatten tankas från arbetsbil med portabel vattenpump och slang. Byte av behållare för stubbehandlingssystemet sker vid behov. Skördaren lämnas vid depåplats över natten.
Service/ reparation av stubbehandlingssystemet.	Service görs minst en gång i veckan då systemet spolas ur med vatten. Reparation görs vid behov.
Borrning av svärd.	Görs vid behov.



Figur 8. Påfyllnad av vattentank på arbetsbil vid bostad.



Figur 9. Påfyllnad av vatten från kompletteringstank till orginaltank vid skiftbyte. Vattnet fylls över med pump.



Figur 10. Påfyllnad av kompletteringstank och orginaltank vid slut på arbetsdag. 1: Portabel vattenpump. 2:1 tums vattenslang mellan tank på arbetsbil och vattenpump. 3:1 tums vattenslang mellan vattenpump och kompletteringstank.

Borring av svärd sker i dagsläget efter behov men tanken från förarna är att det ska finnas färdigborrade svärd som förvaras i maskin. Stubbehandlingspreparatet förvaras i kylskåp hemma hos en av förarna. En mindre mängd medel förvaras också i en kylåda som är placerad i maskinens hytt. En behållare med stubbehandlingspreparat räcker normalt i två skift. Under helger eller vid övriga stillestånd tas överblivet preparatet hem och förvaras i kylskåp.

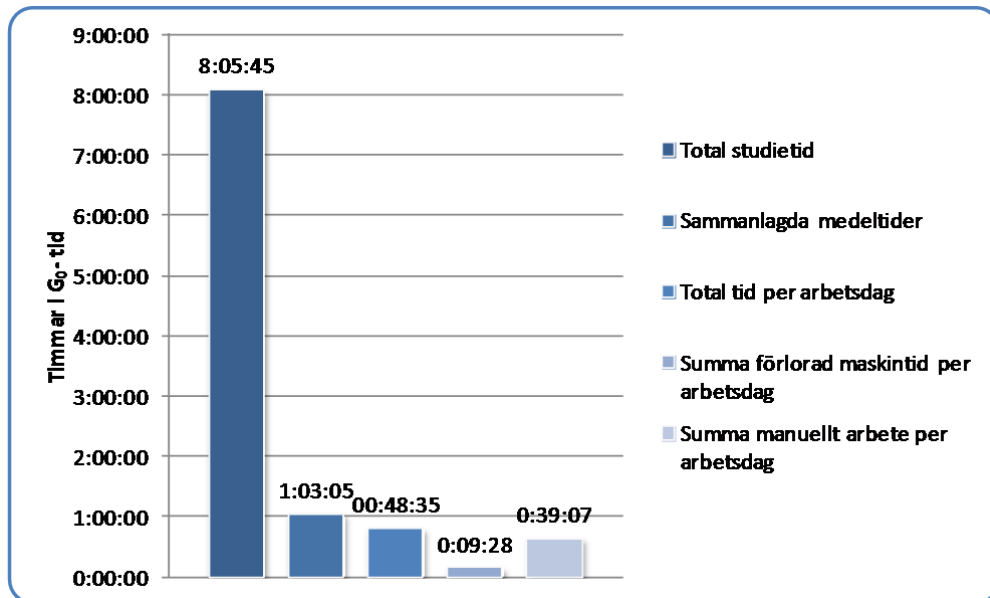
Förarna anser sig ha hittat ett bra och ett effektivt arbetsätt där man har lyckats minska ner tidåtgången för vattenlogistiken och därmed också hanteringsens påverkan på produktionstiden. De understryker dock att systemet fortfarande befinner sig i en inkörningsperiod.

5.3 KVANTITATIV STUDIE THÖRNWALL

Studieperioden varade under tio sammanhängande arbetsdagar oberoende av vilka moment som utfördes, när de utfördes och hur många gånger de utfördes.

Total studietid

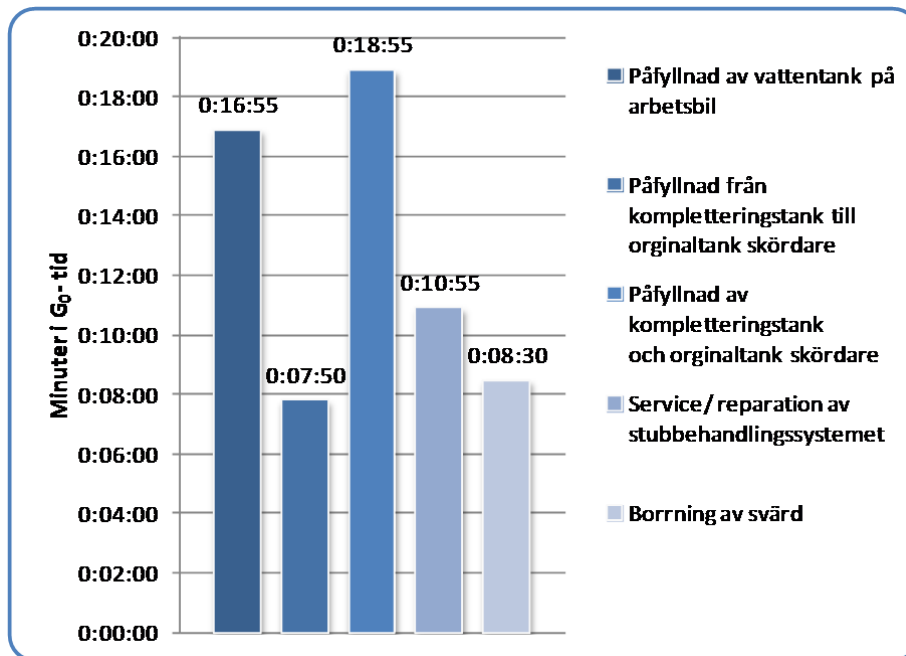
I figur 11 ges den "totala studietiden", den "sammanlagda medeltiden för alla moment", "total tid per arbetsdag", "förlorad maskintid per arbetsdag" och "manuellt arbete per arbetsdag". Den totala studietiden uppgick till totalt 8 timmar, 5 minuter och 45 sekunder. Den sammanlagda medeltiden för alla moment uppgick till 1 timme 3 minuter och 5 sekunder. Under tio arbetsdagar krävde vattenlogistiken 48 minuter och 35 sekunder per arbetsdag. Den förlorade maskintiden ligger på 9 minuter och 28 sekunder per arbetsdag. Det manuella arbetet kräver 39 minuter och 7 sekunder per arbetsdag.



Figur 11. Presentation av total studietid, sammanlagda medeltider, total tid per arbetsdag, förlorad maskintid och manuellt arbete per arbetsdag (n= 35).

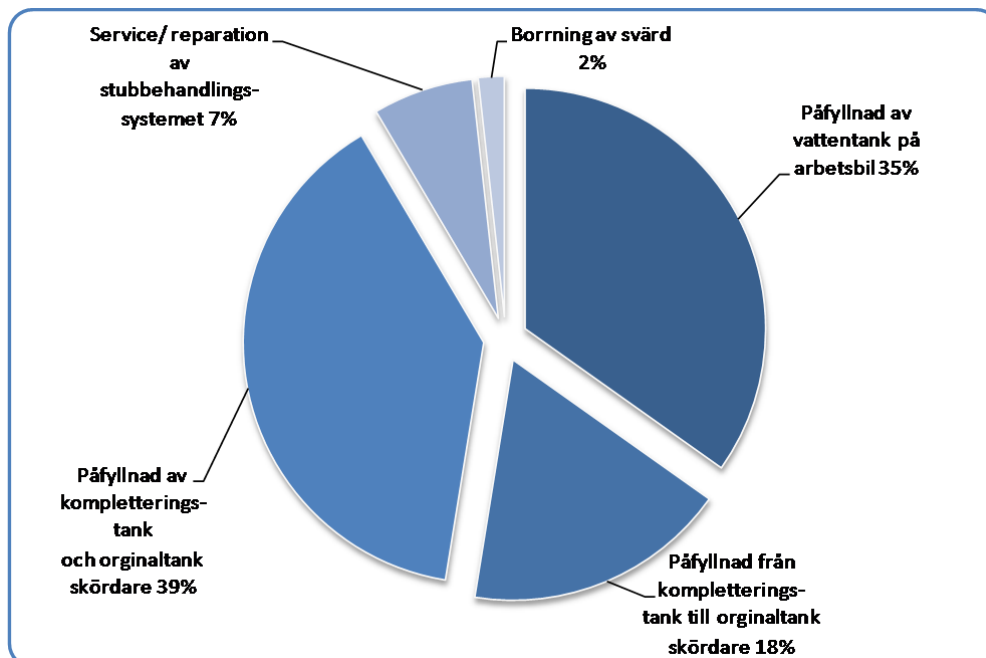
Medeltider tidsmoment

I figur 12 ges medeltiderna för varje enskilt tidsmoment. Högst medeltid uppmättes för momentet "Påfyllnad av kompletteringstank och orginaltank skördare" med en tid på 18 minuter och 55 sekunder. Lägst uppmätta medeltid uppmättes för momentet "Påfyllnad från kompletteringstank till orginaltank skördare" med en tid på 7 minuter och 50 sekunder.



Figur 12. Medeltider för tidsmoment (n=35, varav 10 för "Påfyllnad av vattentank på arbetsbil", 11 för "Påfyllnad från kompletteringstank till orginaltank skördare", 10 för "Påfyllnad av kompletteringstank och orginaltank skördare", 3 för "Service av stubbehandlingssystemet" och 1 för "Borrning av svärd").

I figur 13 ges de relativa medeltiderna för varje moment i förhållande till den totala studietiden. Störst andel har momentet "Påfyllnad av kompletteringstank och orginaltank skördare" med en andel på 39 procent ". Lägst andel har momentet "Borrning av svärd " med en andel på 2 procent.

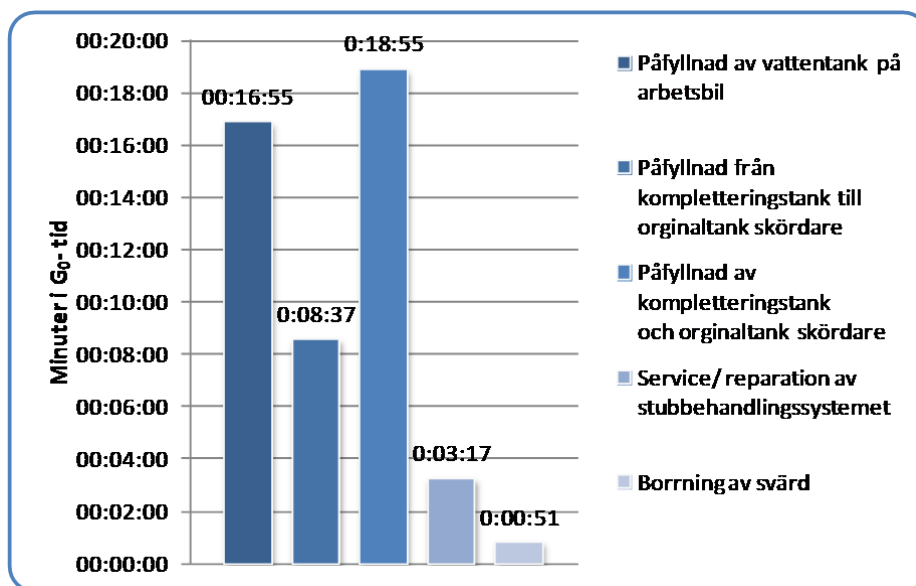


Figur 13. Relativa medeltider för tidsmoment i förhållande till total studietid (n=35, varav 10 för "Påfyllnad av vattentank på arbetsbil", 11 för "Påfyllnad från kompletteringstank till orginaltank

skördare”, 10 för ”Påfyllnad av kompletteringstank och orginaltank skördare”, 3 för ”Service av stubbehandlingssystemet” och 1 för ”Borra svärd”).

Momenttid per arbetsdag

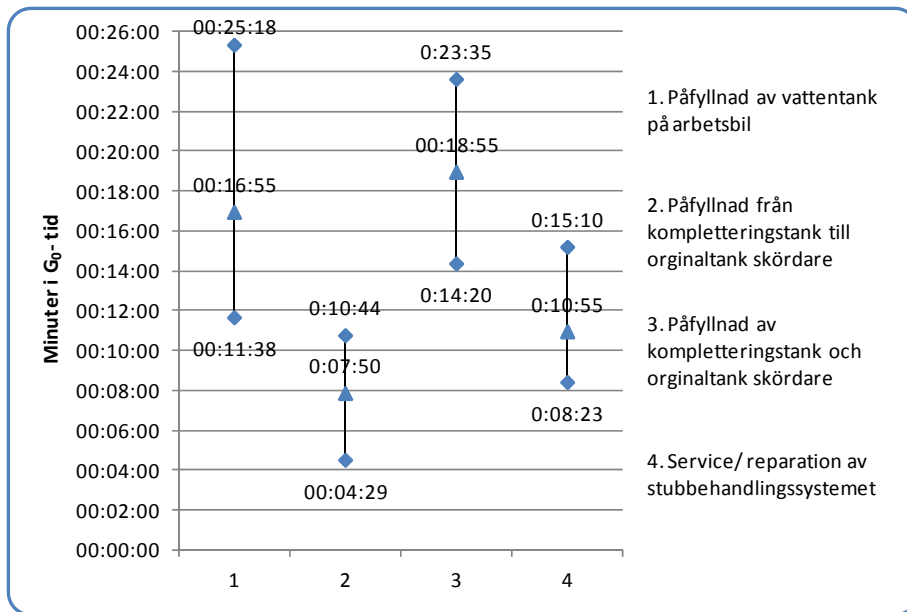
Vattenlogistikens tidåtgång per arbetsdag för varje moment ges av figur 14 nedan. Högst tid kräver momentet ”Påfyllnad av kompletteringstank och orginaltank skördare” på 18 minuter och 55 sekunder. Lägst tid per arbetsdag kräver momentet ”Borra svärd” på 51 sekunder.



Figur 14. Momenttid per arbetsdag (n=34, varav 10 för ”Påfyllnad av vattentank på arbetsbil”, 11 för ”Påfyllnad från kompletteringstank till orginaltank skördare”, 10 för ”Påfyllnad av kompletteringstank och orginaltank skördare”, 3 för ”Service av stubbehandlingssystemet” och 1 för ”Borrning av svärd”).

Maximal & minsta tider tidsmoment

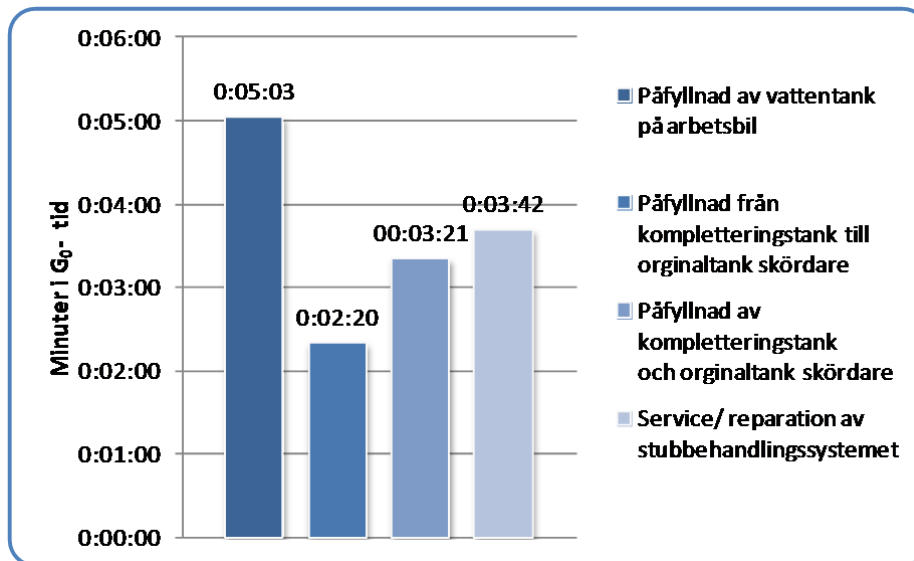
Högsta- och minstatider för varje moment ges i figur 15. Den högsta tiden som uppmättes under studien var för momentet ”Påfyllnad av vattentank på arbetsbil” på 25 minuter och 18 sekunder. Den lägsta uppmätta tiden är för momentet ”Påfyllnad från kompletteringstank till orginaltank skördare” på 4 minuter och 29 sekunder. Momentet ”Borrning av svärd” är inte redovisat då endast en mät-punkt på detta moment registrerades under studieperioden.



Figur 15. Maximal och minsta tider för tidsmoment (n=34, varav 10 för "Påfyllnad av vattentank på arbetsbil", 11 för "Påfyllnad från kompletteringstank till orginaltank skördare", 10 för "Påfyllnad av kompletteringstank och orginaltank skördare", 3 för "Service av stubbehandlingssystemet". "Borrning av svärd" ej redovisat).

Standardavvikelse tidsmoment

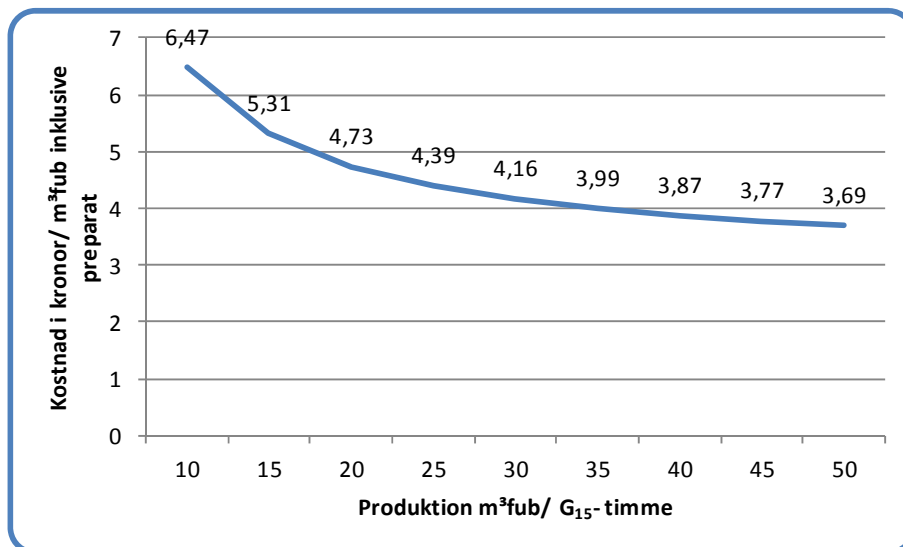
I figur 16 ges standardavvikelsen för varje tidsmoment. Högst avvikelse har momentet "Påfyllnad av vattentank på arbetsbil" på 5 minuter och 3 sekunder. Lägst avvikelse har momentet "Påfyllnad från kompletteringstank till orginaltank skördare" på 2 minuter och 20 sekunder. Momentet "Borrning av svärd" är inte redovisat då endast en mätpunkt på detta moment registrerades under studieperioden.



Figur 16. Standardavvikelse för tidsmoment (n=34, varav 10 för "Påfyllnad av vattentank på arbetsbil", 11 för "Påfyllnad från kompletteringstank till orginaltank skördare", 10 för "Påfyllnad av kompletteringstank och orginaltank skördare" och 3 för "Service/ reparation av stubbehandlingsystemet". "Borring av svärd" ej redovisat).

Kostnad stubbehandling

I figur 17 nedan ges kostnaden per m³fub för stubbehandlingen. Kostnaden är framtagen med den kostnadskalkyl som finns presenterad som bilaga 9.3.



Figur 17. Kostnad för behandlad volym i kronor per m³fub.

5.4 KVALITATIV STUDIE MJN

Inledande information

MJN's slutavverkningsenhet består av en Ponsse Ergo av 2011 årsmodell. Skördaren körs i enkelskift och slutavverkar cirka 40 000 m³fub årligen åt Holmen Skog. Stubbehandling har utförts sedan sommaren 2012. Behandlingen sker när dygnsmedeltemperaturen överstiger +5°C och görs då i stort sett på varje slutavverkningsstrakt under denna period. Både tall och gran behandlas. Föraren har ingen tidigare erfarenhet av stubbehandling.

Tabell 9. Presentation över MJN's slutavverkningsenhet.

MJNs slutavverkningsenhet

Maskintyp:	Ponsse Ergo
Årsmodell:	2011
Aggregat:	H7
Vattentank original:	100 liter, ej monterad
Kompletterande vattentank:	200 liter
Stubbehandlingssystem:	Bohult Maskin AB
Skifttyp:	Enkelskift

Skördaren anskaffades begagnad år 2012 från Danmark. Vid köpet var skördaren inte utrustad med stubbehandlingsutrustning utan monterades i efterhand. Ponsse erbjuder ett egentillverkat stubbehandlingssystem men valet föll på att köpa och montera Bohults Maskin R 500 mix system. Installationen gjordes av servicemontörer från Ponsse. Utbildning på stubbehandlingssystemet erbjöds inte. Vid installation valdes att inte montera den 100 liter stora orginaltank som Ponsse erbjuder. Orginaltanken är placerad i ramen på den bakre delen av skördaren. Vid samma utrymme är också mixtank, behållare för medel och pumpar placerade. Det utrymme som ursprungligen är tänkt för orginaltanken används idag av MJN's som verktygsfack.

Stubbehandlingssystemet har hittills fungerat bra och utan större driftstörningar. Det har krävts en viss inkörningsperiod för att få rätt täckningsgrad på stubbarna, problem har framförallt funnits med att nå rätt nivå i det klenare diameterregistret. Tid har också krävts för att ställa in rätt tryck på och rätt mängd av behandlingsmedlet. För spridning av behandlingsmedlet används hålsvärd. Svärden har i sig bidragit till vissa driftstörningar då behandlingsmedlet efter en tids användning har läckt mellan svärd och svärddållare. Lösning på detta problem har inte hittats.

Den största utmaningen hittills har varit att hitta ett effektivt sätt att transportera vattnet från bostad till maskin. Även momentet där vatten tankas i maskinen ligger i utvecklingsstadiet.



Figur 18. Bilden visar delar av den originalmonterade stubbehandlingsutrustningen. 1: Stubb-pump är placerad bakom vägg. 2: Utrymme för vattentank original. 3: Mixtank. 4: Behållare för stubbehandlingspreparat.



Figur 19. Svärd för stubbehandling. 1: Utstansade hål som borras upp innan användning.

Vattentanken- från idé till driftsättning

Skördaren var vid köpet inte utrustad med något stubbhandlingssystem utan detta monterades i efterhand. Vid montering av systemet ansågs Ponsse's orginaltank vara för liten. Beslut togs att tillverka en egen vattentank med en större volym. Tanken ritades i egen regi men konstruktionen gjordes av ett externt företag.

Följande kriterier sattes upp vid konstruerandet av tanken:

- Kapacitet för att räcka i två arbetsdagar.
- Tankning av vatten ska ske i samband med tankning av diesel.
- Lätthanterlig vattenlogistik.

Vattentanken placerades i midjan på skördaren. Tanken sitter på detta vis relativt skyddad från eventuella stötar och slag. Påfyllnad görs från ovansidan av tanken. I botten finns två anslutningar där det från den ena kopplingen går en slang som är ansluten till mixtanken. Den andra kopplingen är i dagsläget pluggad men planen är att en snabbkoppling ska monteras med tillhörande slang och då med möjlighet att snabbt kunna tömma tanken. Idén är att kunna släcka eventuella bränder på detta sätt.

Kapaciteten på MJNs vattentank ligger på cirka 200 liter till skillnad mot Ponsse's orginaltank på 100 liter. Tanken togs i bruk i augusti 2012.



Figur 20. 1: Vattentank 200 liter.



Figur 21. 1: Påfylld vattentank.



Figur 22. Undersida vattentank. 1: Extra anslutning. 2: Anslutning mellan vattentank och mixtank.

Arbetsätt vattenlogistik

Då MJN's inte har använt Ponsse's originaltank har man inte behövt omarbete arbetsrutinerna. Rutinerna har bestämts utifrån den egentillverkade tanken. Utgångspunkten är att tankning av vatten ska ske i samband med tankning av diesel för att inte behöva hjula med skördaren en extra gång till depåplats.

Följande arbetssätt gäller för vattenlogistiken:

- Tankning av vatten sker vid tankning av diesel. Då skördaren går enkel-skift sker detta vanligtvis varannan dag.
- Tankning av vatten och diesel görs vid arbetsdagens slut.
- Service utförs vid behov.

Under studieperioden transporterades vattnet till skördaren i 4 stycken plastdunkar som vardera har en volym på 25 liter. Vattnet tas i detta fall från skördarförarens bostad. Tidigare har skördarföraren också använt sig av en 1000 liter stor plasttank för att transportera vatten. På grund av tankens stora volym var denna svårhanterlig vid transport och vid påfyllnadsmoment. Tanken används inte längre.

Tabell 10. Arbetsmomentindelning av vattenlogistiken med dunkar under 2 arbetsdagar. *= Se bilder nedan.

Dag	Arbetsmoment	Beskrivning
Dag 1:	Påfyllnad av vattendunkar.*	4 stycken 25- liters vattendunkar transporteras till depåplats vid arbetsdagens början. Dunkarna fylls vid skördarförarens bostad.
	Påfyllnad av vattentank på skördare. *	Tankning av vatten i skördaren sker vid slut på arbetsdag och i samband med tankning av diesel. Tankning av vatten sker manuellt. Dunkarna tas efter tankning med hem för påfyllning.
Dag 2:		Tankning behöver ej utföras. Ingen hjulning med skördaren till depåplats sker. Punkt 1 ovan upprepas nästkommande arbetsdag.
	Service/ reparation av stubbhandlingssystemet.	Görs vid behov.
	Borring av svärd.	Görs vid behov.



Figur 23. Påfyllnad av vattendunkar på arbetsbil vid bostad.



Figur 24. Påfyllnad av vattentank vid slut på arbetsdagen.

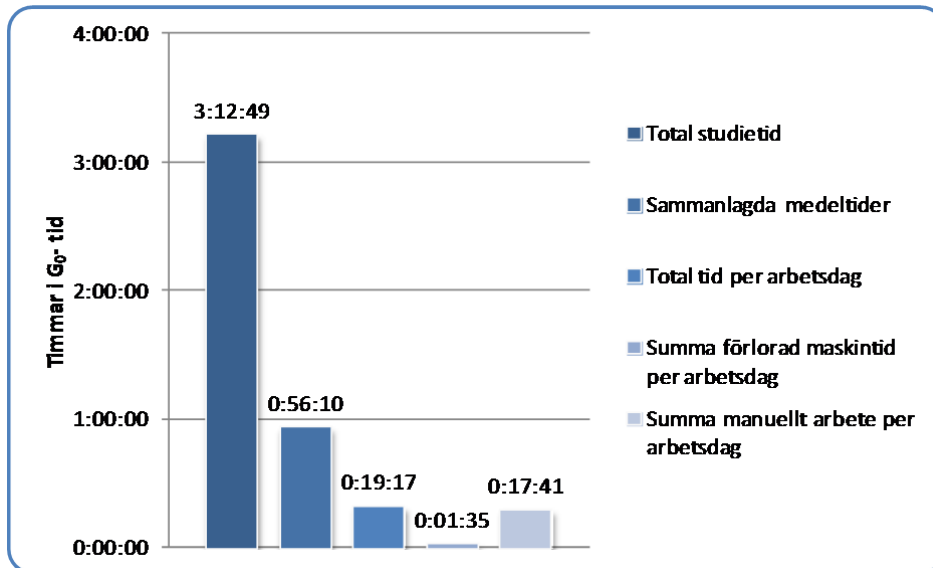
Arbetsrutinerna och utrustningen anses av föraren vara i en utvecklingsfas då stubbehandling endast har utförts sedan augusti 2012. Målet är att hitta ett effektivare sätt för transport av vattnet och då kunna rationalisera bort användandet av de mindre 25- liters dunkarna. Planer finns på att använda en 200 liter stor portabel tank som kan transporteras på skördarförarens arbetsbil. Målet är också att förbättra påfyllnadsmomentet mellan plastdunkar/ tank som idag sker manuellt. Vid 200- liters tanken ska en vattenpump med tillhörande slang monteras som sköter påfyllnadsmomentet mellan vattentank på arbetsbil och vattentank på skördaren. På detta sätt bortrationaliseras alla lyft med vattendunkarna och förenklar påfyllnadsmomentet.

5.5 KVANTITATIV STUDIE MJN

Nedan presenteras resultatet av tidstudien för MJN's vattenlogistik. Studieperioden var under tio sammanhängande arbetsdagar oberoende av vilka moment som utfördes, när de utfördes och hur många gånger de utfördes.

Total studietid

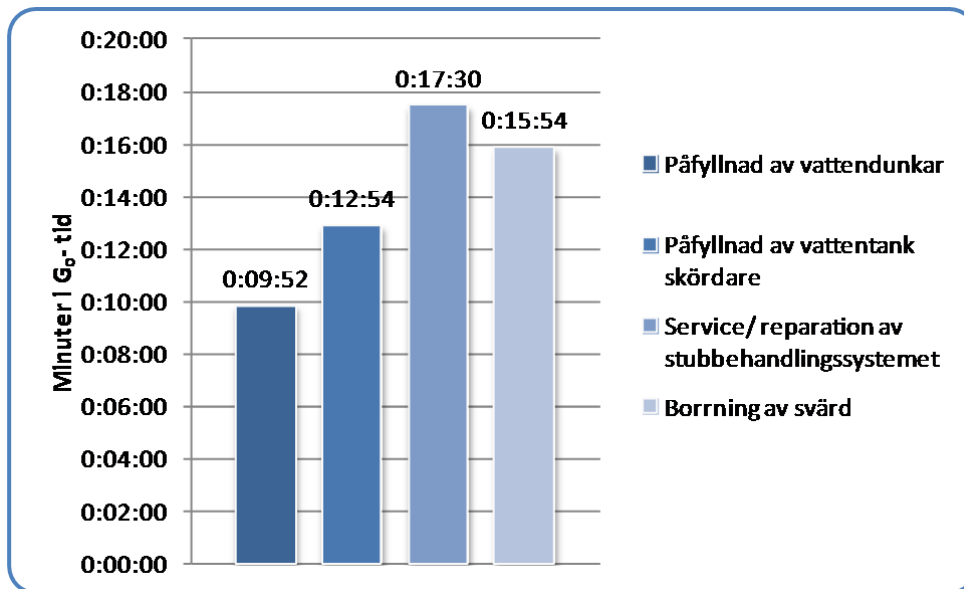
I figur 25 ges den "totala studietiden", den "sammanlagda medeltiden för alla moment", "total tid per arbetsdag", "förlorad maskintid per arbetsdag" och "manuellt arbete per arbetsdag". Den totala studietiden uppgick till totalt 3 timmar, 12 minuter och 49 sekunder. Den sammanlagda medeltiden för alla moment uppgick till 56 minuter och 10 sekunder. Under tio arbetsdagar krävde vattenlogistiken 19 minuter och 17 sekunder per arbetsdag. Den förlorade maskintiden ligger på 1 minut och 35 sekunder per arbetsdag. Det manuella arbetet kräver 17 minuter och 41 sekunder per arbetsdag,



Figur 25. Presentation av total studietid, sammanlagda medeltider och total tid per arbetsdag (n= 16).

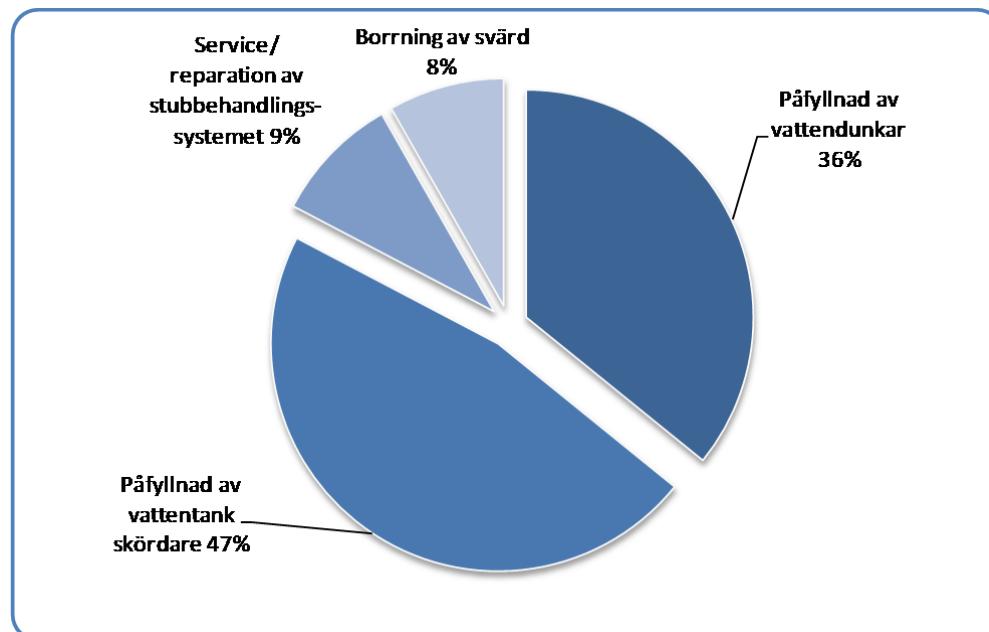
Medeltider tidsmoment

I figur 26 ges medeltiderna för varje enskilt tidsmoment. Högst medeltid uppmättes för momentet "Service/ reparation av stubbehandlingssystemet" med en tid på 17 minuter och 30 sekunder. Lägst uppmätta medeltid uppmättes för momentet "Påfyllnad av vattendunkar" med en tid på 9 minuter och 52 sekunder.



Figur 26. Medeltider för tidsmoment (n=16, varav 7 för "Påfyllnad av vattendunkar", 7 för "Påfyllnad av vattentank skördare", 1 för "Service av stubbehandlingssystemet" och 1 för "Borrning av svärd").

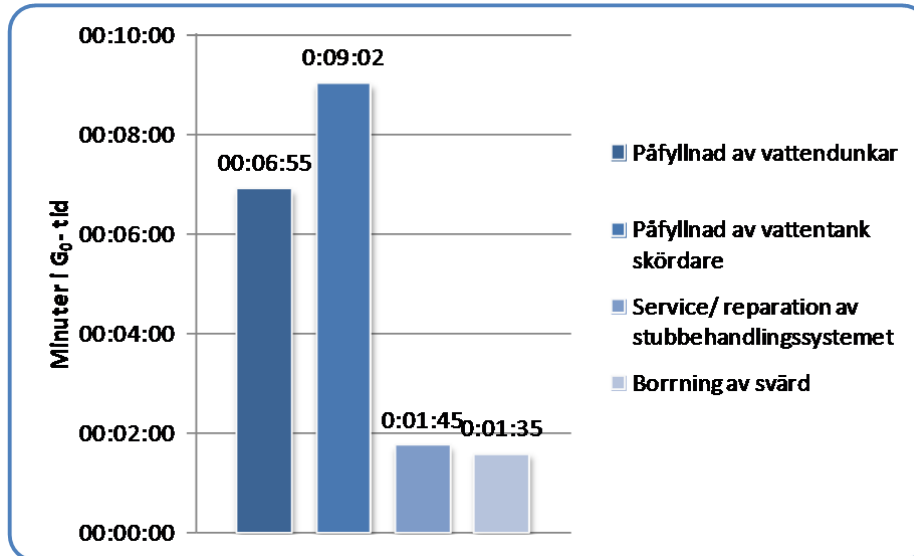
I figur 27 ges de relativa medeltiderna för varje moment i förhållande till den totala studietiden. Störst andel har momentet "Påfyllnad av vattentank skördare" med en andel på 47 procent ". Lägst andel har momentet "Borrning av svärd " med en andel på 8 procent.



Figur 27. Relativa andelar för tidsmoment (n=16, varav 7 för "Påfyllnad av vattendunkar", 7 för "Påfyllnad av vattentank skördare", 1 för "Service av stubbehandlingssystemet" och 1 för "Borrning av svärd").

Momenttid per arbetsdag

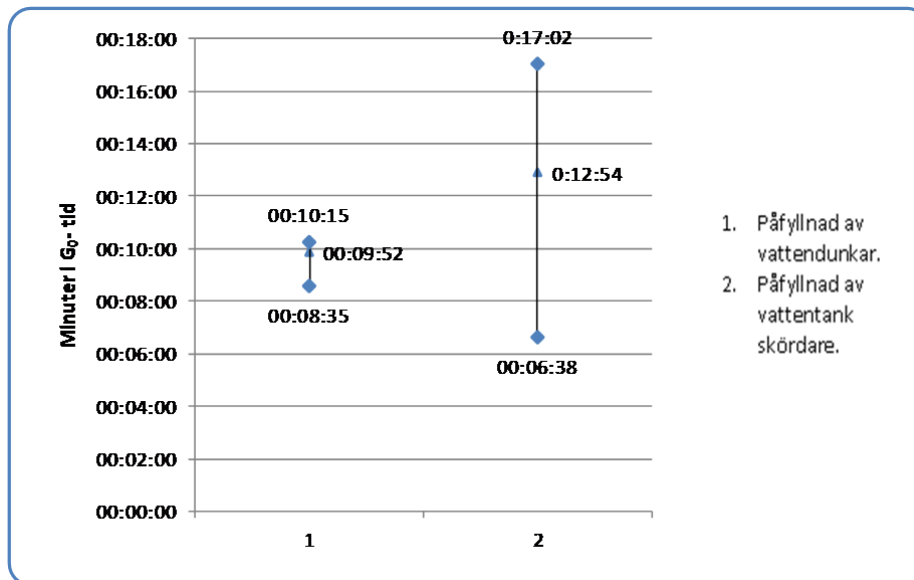
Vattenlogistikens tidåtgång per arbetsdag och för varje moment ges av figur 28. Högst tid kräver momentet "Påfyllnad av vattentank skördare" om 9 minuter och 2 sekunder. Lägst tid per arbetsdag kräver momentet "Borrning av svärd" på 1 minut och 35 sekunder.



Figur 28. Momenttid per arbetsdag (n=16, varav 7 för "Påfyllnad av vattendunkar", 7 för "Påfyllnad av vattentank skördare", 1 för "Service av stubbehandlingssystemet" och 1 för "Borrning av svärd").

Maximal & minsta tider tidsmoment

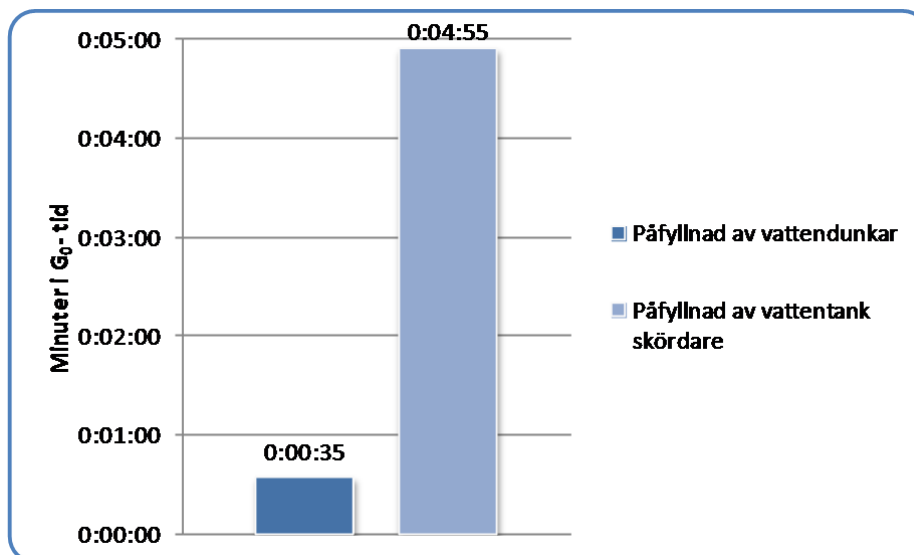
Högsta och minsta tider för varje moment ges i figur 29. Den högst uppmätta tiden under studien var för momentet "Påfyllnad av vattentank skördare" på 17 minuter och 2 sekunder. Den lägst uppmätta tiden var även det för momentet "Påfyllnad av vattentank skördare" på 6 minuter och 38 sekunder. Momenten "Service/ reparation av stubbehandlingssystemet" och "Borra svärd" är inte redovisat då endast en mätpunkt för varje moment registrerades under studieperioden.



Figur 29. Maximal och minsta tider för tidsmoment. (n=14, varav 7 för "Påfyllnad av vattendunkar" och 7 för "Påfyllnad av vattentank skördare". Momenten "Service/ reparation av stubbe-handlingssystemet" och "Borrning av svärd" är inte redovisade.).

Standardavvikelse tidsmoment

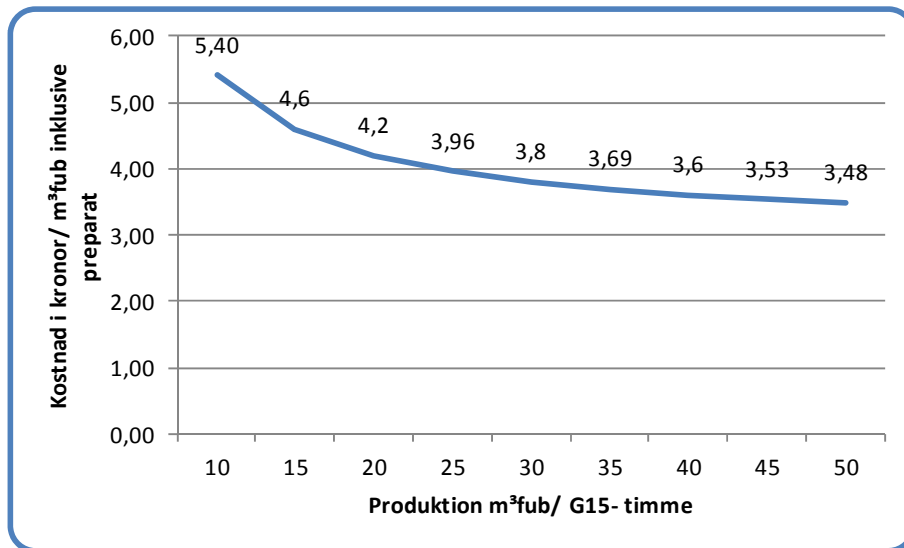
I figur 30 ges standardavvikelsen för varje tidsmoment. Högst avvikelse har momentet "Påfyllnad av vattentank skördare" på 4 minuter och 55 sekunder. Lägst avvikelse har momentet "Påfyllnad av vattendunkar" på 35 sekunder. Momenten "Service/ reparation av stubbehandlingssystemet" och "Borrning av svärd" är inte redovisat då endast en mätpunkt för varje moment registrerades under studieperioden.



Figur 30. Standardavvikelser för tidsmoment. (n=14, varav 7 för "Påfyllnad av vattendunkar" och 7 för "Påfyllnad av vattentank skördare". Momenten "Service/ reparation av stubbehandlingssystemet" och "Borrning av svärd" är inte redovisade.).

Kostnad stubbehandling

I figur 31 nedan ges kostnaden i kronor per m³fub för stubbehandling. Kostnaden är framtagen med den kostnadskalkyl som finns presenterad som bilaga 9.4.



Figur 31. Kostnad för behandlad volym i kronor per m³fub.

6 DISKUSSION

6.1 MASKINTILLVERKARNA

Samtliga av de tillfrågade maskintillverkarna erbjuder stubbehandlingsutrustning för sina slutavverknings-skördare och har gjort detta sedan mitten av 1990-talet. Bohult Maskin AB är det företag som tillverkar och levererar huvudkomponenterna för systemen till samtliga maskintillverkare utom Ponsse. Ponsse har utvecklat ett eget system men kan på begäran av kund montera ett system från Bohult Maskin AB. Bohult Maskin AB får ses som en ledande utvecklare av stubbehandlingstekniken men ansvaret för utvecklingen av vattentankarna ligger på maskintillverkarna. Bohult Maskin AB har inte som målsättning att tillverka tankar då det skulle innebära ett mycket omfattande konstruktions- och designarbete för att leverera funktionella produkter till samtliga maskintillverkare.

Rottne är den maskintillverkare som erbjuder störst volym på vattentanken om totalt 161 liter. Noteras bör dock att detta var en specialbeställning från kund och att H²⁰ modellen bara har levererats en gång i detta utförande. Att maskintillverkarna inte kan erbjuda större vattentankar på sina slutavverknings-skördare kan eventuellt förklaras av en mycket låg efterfrågan hittills. Detta är något som försäljningsstatistiken för stubbehandlingsutrustade slutavverknings-skördare tydligt visar. Anmärkningsvärt är att samtliga skördare som John Deere säljer till marknaden i Storbritannien är utrustade med stubbehandlingsutrustning. Detta borde innebära goda möjligheter att studera hur entreprenörer och maskinlag här har löst problematiken kring vattenlogistiken.

Vid valet av vattentankens placering på respektive skördare har alla tillverkare utgått från den ergonomiska faktorn. Påfyllningsmomentet av vatten ska ske utan att förarna ska behöva klättra på maskinen. Detta kriterium bör vara självklart då risken för olyckor är stor om förarna tvingas klättra på maskinen vid påfyllnad. Vid transport av vattnet till skördaren använder sig många entreprenörer och maskinlag av dunkar. Detta arbetsätt innebär många tunga lyft för förarna. Ett arbetsätt och ett system där fysiska lyft undviks bör eftersträvas.

Samtliga maskintillverkare uppger att en instruktion av stubhandlingssystemet ingår i grundutbildningen vid nyleverans av skördarna. Dock har både skördarförarna hos Thörnwalls och MJN uppgett att någon instruktion inte har getts. Det är en allvarlig brist om detta moment missas då viktig information om stubhandlingssystemets underhålls- och funktionssätt uteblir. Utebliven information kan leda till fler antal driftstopp och en högre åtgång av både vatten och stubbehandlingspreparat om systemet inte fungerar och underhålls på rätt sätt.

Enligt maskintillverkarna tycker skördarförarna generellt att stubbehandlingsutrustningen fungerar tillförlitligt. Det allvarligaste hindret är vattenlogistiken. Här ansvarar delvis maskintillverkarna för utvecklingsarbetet. Ett komplett system borde erbjudas med den utrustning som krävs för att transportera vattnet från dess "källa" tills att behandlingsmedlet appliceras på stubben. Arbetsituationen

för entreprenörerna och maskinlagen är dock olika vilket kräver flexibla lösningar.

Trots den hittills låga försäljningen av stubbehandlingsutrustade slutavverknings-skördare tror samtliga maskintillverkare, med viss försiktighet, att efterfrågan i framtiden kommer öka. De är dock eniga om att vattenlogistiken måste förbättras.

6.2 THÖRNWALLS

Thörnwalls mål vid konstruerandet av kompletteringstanken var att effektivisera bort den extra hjulning som krävdes varje arbetsdag och att i så stor utsträckning som möjligt begränsa vattenlogistikens påverkan på produktionstiden. Detta har de lyckats med då orginaltanken med hjälp av kompletteringstanken täcker vattenbehovet för två skift och att den förlorade maskintiden därigenom endast ligger runt 10 minuter per arbetsdag. Denna tid kan dock variera stort beroende på flera yttre faktorer och bör därför tolkas med försiktighet. Det manuella arbetet kräver desto mer tid och ligger runt 40 minuter per arbetsdag. Ytterligare effektiviseringar i det manuella arbetet är säkert möjligt men då det är stora vattenvolymer som hanteras finns en bortre tidsmässig gräns. Enligt förarna är systemet inte heller helt färdigutvecklat och framtida förbättringar och effektiviseringar ligger på idéstadiet.

Att Thörnwalls har lyckats hitta ett effektivt arbetsätt grundar sig troligtvis på att mål och riktlinjer sattes upp vid konstruerandet av kompletteringstanken. Dessa resulterade i en tydlig arbets- och ansvarsfördelning mellan förarna. I dagsläget har den förare som arbetar eftermiddagsskift ansvar för vattenlogistiken vilket medför att den andra föraren kan lösa andra arbetsuppgifter. Det enda gemensamma momentet för förarna är vid skiftbytet. Med denna ansvarsfördelning undviks förhoppningsvis missuppfattningar mellan förarna vilket sparar tid.

Med de nya arbetsrutinerna och med kompletteringstanken har Thörnwalls lyckats utveckla ett system där alla "fysiska" lyft med vattendunkar helt undviks. Detta är värt att belysa ur ergonomisk synvinkel. Alla påfyllningsmoment sker med pumpar och slangar. Den enda gången förarna tvingas klättra på maskinen är under påfyllnaden av kompletteringstanken då tanklocket sitter på ovasidan tanken. Detta moment sker dock med tillhörande stege.

Förarna anser att stubbehandlingen överlag fungerar bra och att de har utvecklat ett effektivt hanteringsätt av vattnet även om utvecklingspotential finns. De in-körningsproblem som förekommit jobbar förarna vidare med för att lösa, under studieperioden var täckningsgraden på stubbarna bra. Dock förekom problemet med att vatten läcker mellan svärdet och svärddhållaren. Ansvaret för detta problem får anses ligga på maskintillverkare och svärddhållare. Sammantaget har Thörnwalls lyckats utveckla ett genomtänkt arbetsätt där tankning och underhåll av stubbehandlingssystemet harmoniserar med övrig service av skördaren vilket minimerar förlusten av produktionstid.

Resultatet av tidsstudien visar att Thörnwalls vattenlogistik kräver cirka 48 minuter per arbetsdag. Momentet "Påfyllnad av vattentank på arbetsbil" uppmättes till en medeltid per arbetsdag på 16 minuter och 55 sekunder. Detta moment har högst standardavvikelse i förhållande till övriga moment. Det kan delvis förklaras av hur mycket vatten som förbrukats föregående dag, det tar tid att fylla tanken, men troligen också av den varierande slangutrustning som skördarförarna använder sig av vid sina respektive bostäder.

Momentet "Påfyllnad från kompletteringstank till orginaltank skördare" har en medeltid på 8 minuter och 37 sekunder per arbetsdag. Detta moment har lägst standardavvikelse av alla moment vilket delvis kan förklaras av åtgången av vatten, antalet mätpunkter men även av säkerheten i arbetssättet för momentet. Momentet sker vid skiftbyte av ansvarig förare. Det går fort att plocka fram och ansluta överföringsslangen då den förvaras i skördaren, överfyllnad sker sedan med hjälp av pump. Momentet kan efter behov behöva upprepas under nästa skift. En utvecklingspotential för detta moment kan vara att montera en fast slang mellan kompletteringstanken och orginaltanken. På detta sätt undviks momentet helt.

Det tidsmoment som uppmättes till högst medeltid per arbetsdag är "Påfyllnad av kompletteringstank och orginaltank skördare" på en tid av 18 minuter och 55 sekunder. Detta kan möjligen förklaras av att samtliga tankar på skördaren fylls vid detta moment. Om produktionen samtidigt har varit hög under arbetsdagen är den resterande vattennivån låg vilket förlänger tiden för påfyllnad. I momentet ingår också byte av behållare för stubbehandlingspreparat. Momentet utförs vid slutet på arbetsdagen vid tankning av diesel.

Momentet "Service/ reparation av stubbehandlingssystemet" uppmättes till en medeltid per arbetsdag på 3 minuter 17 sekunder. Endast service förekom under studieperioden och då vid tre tillfällen där förarna spolade rent stubbehandlingssystemet med vatten. Detta gjordes om stubbehandling inte skulle ske på nästa trakt eller inför stillestånd. Förarna vill på detta sätt undvika att stubbehandlingspreparatet börjar "växa" i systemet då det finns risk att komponenter sätts igen.

Momentet "Borrning av svärd" uppmättes till en medeltid per arbetsdag på 51 sekunder. Endast ett svärdsbyte förekom under studieperioden, därav den låga tiden.

Resultaten av tidsstudien är baserat på tio arbetsdagar och det totala antalet mätpunkter för alla moment är 35 stycken. Detta är för få antal mätpunkter för att med säkerhet kunna bestämma tidsåtgången för Thörnwalls vattenlogistik. Den kostnadsmodell som är presenterad i resultatdelen får därför endast ses som ett exempel och gäller för Thörnwalls under de veckor då tidsstudien utfördes. En större och mer omfattande studie är nödvändig.

6.3 MJN

Vid monteringen av stubbehandlingssystemet valde MJN att inte montera den vattentank som Ponsse erbjuder då den ansågs vara för liten för att täcka det vattenbehov som krävs under två arbetsdagar. Vid konstruerandet av den egna vattentanken sattes flera mål upp. Tankens kapacitet skulle täcka behovet för två arbetsdagar och där tankning av vatten skulle ske i samband med tankning av diesel. Därmed minskar vattenlogistikens inverkan på produktionstiden då en extra hjulning uteblir. Målet var också att hitta ett bra transportsätt av vattnet till skördaren. MJN's satta mål är delvis uppnådda. Vattentanken är i drift och uppfyller målet. Då ingen extra hjulning krävs ligger den förlorade maskintiden endast på 1 minut och 35 sekunder per arbetsdag under studieperioden. Däremot är transportsättet och tankningsmomentet fortfarande under utvecklingsstadiet. Under studieperioden transporterades vattnet i 25- liters plastdunkar och påfyllnadsmomentet i skördarens vattentank gjordes manuellt av skördarföraren. Arbets sättet innebär att föraren tvingas klättra på skördaren vid påfyllnadsmomentet då tanken är högt placerad. Risken för olyckor är stor. Målet från MJN är att rationalisera bort plastdunkarna och istället använda en större plasttank som är placerad på skördarförarens arbetsbil. Påfyllnaden av vattentanken på skördaren ska sedan ske med hjälp av en portabel vattenpump och slang. Likt Thörnwalls undviker därmed också MJN alla "fysiska" lyft med dunkar och att föraren tvingas klättra på skördaren. Det manuella arbetet kräver cirka 18 minuter per arbetsdag. Då vattenlogistiken är under utveckling bör dessa siffror ses med försiktighet.

Föraren anser att stubbehandlingssystemet fungerar bra men att de likt Thörnwall har haft inkörningsproblem med framförallt täckningsgraden och att vatten läcker mellan svärdet och svärdshållaren. Om MJN hittar en bra lösning av transportsättet och påfyllnadsmomentet har man lyckats skapa en effektiv vattenlogistik med få moment och därmed en liten påverkan på produktionstiden.

Resultatet av tidsstudien visar att MJN's vattenlogistik kräver cirka 19 minuter per arbetsdag. Momentet "Påfyllnad av vattendunkar" uppmättes till en medeltid per arbetsdag på 6 minuter och 55 sekunder. Momentet har en mycket låg standardavvikelse på endast 35 sekunder. Det kan rimligen förklaras av att antalet vattendunkar som används för transport är fyra stycken och om dessa är tomma vid varje påfyllning borde tiden det tar för påfyllning vara relativt jämn vid varje mättillfälle.

Momentet "Påfyllnad av vattentank skördare" uppmättes till en medeltid per arbetsdag på 9 minuter och 2 sekunder. Momentet har en standardavvikelse på 4 minuter och 55 sekunder. I momentet ingår den manuella påfyllnaden av vattentanken där föraren först lyfter av dunkarna från arbetsbilen för att sedan lyfta upp dunkarna på skördaren. Därefter börjar påfyllningen av vattentanken. Byte av behållaren för stubbebehandlingspreparat ingår också i momentet. Behållaren byts efter behov vilket kan förklara den höga avvikelsen.

Momentet "Service/ reparation av stubbehandlingssystemet" uppmättes till en medeltid på 1 minut och 45 sekunder per arbetsdag. Endast reparation förekom under studieperioden och då endast vid ett tillfälle vilket förklarar den låga tiden för momentet.

Momentet "Borrning av svärd" uppmättes till en medeltid på 1 minut och 35 sekunder per arbetsdag. Ett svärdsbyte förekom under studieperioden, därav den låga tiden. Svärd borras idag efter behov. Färdigborrade svärd bör förvaras i maskinen för att minska ned tidsåtgången ytterligare för detta moment.

Resultatet av tidsstudien är baserat på mätningar från tio arbetsdagar och antalet mätpunkter är totalt 16 stycken. Då antalet mätpunkter för MJN är få går det heller inte i denna del av studien att med säkerhet fastställa tidsåtgången för MJN's vattenlogistik. Vattenlogistiken är dessutom under utveckling vilket gör att detta resultat kommer vara inaktuellt när det nya transportsättet införs. Kostnadsmodellen som är presenterad i resultatdelen får endast ses som ett exempel på kostnaden för stubbehandling under studietiden.

6.4 VATTENLOGISTIK RIKTLINJER

Den mest avgörande faktorn för vattenåtgången är avverkningstrakternas utformning och innehåll. Vid stora produktionsvolymen blir vattenåtgången per skift hög vilket höjer tidsåtgången för vattenlogistiken. Även stubbehandlingssystemets driftsäkerhet har en stor påverkan på den totala tiden. Vid driftstörningar blir produktionstiden direkt lidande. Dessa faktorer kräver en planerad och genomtänkt vattenlogistik.

Om stubbehandling ska utföras i slutavverkning krävs en rejäl kapacitetförbättring av stubbehandlingssystemets komponenter och tillbehör. Då situationen för entreprenörer och maskinlag ser olika ut krävs flexibla lösningar både arbetsmässigt och utrustningsmässigt. För att underlätta planeringen av vattenlogistiken presenteras nedan några riktlinjer att arbeta efter.

- Arbetsätt
 - Arbetsätt byggt på rutiner med få antal tidskrävande moment.
 - Ansvarsfördelning. Detta ger förutsättningar för att lösa andra arbetsuppgifter.
 - Arbetsätt fritt från "fysiska" lyft av vattnet då detta förbättrar ergonomi och minskar risken för skador och olyckor.

- Utrustning
 - Intrimmad stubbehandlingsutrustning för att minska åtgång av vatten och preparat.
 - Kontinuerlig service av stubbehandlingssystemet för att minska risken för driftstörningar. Bör helst ske i samband med övrig service.
 - "Smart" utrustning i form av t ex portabla vattenpumpar och slangar för överfyllnad mellan tankar.

6.5 FRAMTIDA STUDIER

Då tidsstudien inte med säkerhet kan fastställa tidsåtgången eller kostnaden för vattenlogistiken för varken Thörnwall eller för MJN bör en mer omfattande studie göras. Studien bör innehålla fler entreprenörer och maskinlag och sträcka sig minst över en hel stubbehandlingssäsong. Intressant vore att göra en studie utomlands, främst då i Storbritannien med tanke på att samtliga skördare John Deere säljer till den marknaden är utrustade med stubbehandlingsutrustning. Likartade logistikproblem borde finnas där som i Sverige.

7 SAMMANFATTNING

Rottickan är en av de allvarligaste skadegörare som finns i de svenska skogarna. Det samlade intäktsbortfallet för skogsbruket har uppskattats till 500- 1000 miljoner kronor årligen. Holmen Skog, region Norrköping har som mål att minska angreppen av rotröta. Vid slutavverkning har Holmen Skog därför valt att använda stubbehandling som ett verktyg för att minska angreppsfrekvensen. Vid den praktiska driften har dock problem uppstått med bristfällig kapacitet på de vattentankar som är originalmonterade på skördarna. Vattenmängden är inte tillräcklig när skördarna körs i 2-skift. Kunskapen om vilka hjälpmedel som finns för att föra med sig vatten samt hur internlogistiken från fyllning och transport mot avverkningstrakt fungerar är även den bristfällig.

Två entreprenörer på distrikt Vimmerby har ingått i studien med syfte att studera och dokumentera deras respektive arbetssätt kring vattenlogistik vid stubbehandling i slutavverkning. Även de ledande maskintillverkarna i Sverige har deltagit i studien. Genom en kvalitativ intervju- och formulärstudie har det framgått hur vattenlogistiken för Thörnwalls Entreprenad och MJNs Skogsentreprenad ser ut samt vilken utrustning de använder sig av. Den kvalitativa studien låg sedan till grund för en tidsstudie där entreprenörernas vattenlogistik tidsbestämdes.

Både Törnwalls Entreprenad och MJNs Skogsentreprenad har tagit fram tydliga riktlinjer och arbetssätt för vattenlogistiken då målet har varit att nå en effektiv hantering. Båda entreprenörerna har utrustat sina skördare med större vattentankar för att täcka behovet för en hel arbetsdag. Därmed undviks den extra hjulningen med skördaren som annars krävs. De har också effektiviserat transportsättet från vattnets "källa" till dess att vattnet är fyllt i skördaren. Thörnwalls har lyckats utveckla ett transportsätt som är helt fritt från fysiska lyft. Detta är även målet för MJN. Resultatet från tidsstudien visar att hanteringen av vattnet kräver cirka 50 minuter per arbetsdag för Thörnwalls. Tiden för MJN's hantering ligger runt cirka 20 minuter per arbetsdag.

Statistik från maskintillverkarna visar att efterfrågan av stubbehandlingsutrustade slutavverkningsskördare hittills varit begränsad. Detta kan vara en av anledningarna till att kapaciteten på de originalmonterade vattentankarna är undermålig då utveckling helt enkelt uteblivit. Maskintillverkarna tror dock på en ökad försäljning i framtiden men att en utveckling och effektivisering av vattenlogistiken är nödvändig.

8 REFERENSLISTA

8.1 PUBLIKATIONER

- Eidmann, H.H. & Klingström, A. (1976). *Skadegörare i skogen*. Stockholm: LTs förlag. ISBN 91-36-00269-0
- Bendz-Hellgren, M. (1997). *Heterobasidion annosum root and butt rot of Norway spruce, Picea abies*. Uppsala: Swedish university of agricultural sciences.
- Berglund, M. (2005). *Infection and growth of Heterobasidion spp. in Picea abies. Control by Phlebiopsis gigantea stump treatment*. Alnarp: Swedish university of agricultural sciences.
- Berglund, M. & Rönnerberg, J. (2005). *Stubbehandling med pergamentsvamp mot rotröta- vad har vi lärt oss?* Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. (Rapport/ Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogshushållning, 9)
- Holmen Skog (2010). *Rotröta och stubbehandling- hantering inom Holmen Skog, region Norrköping*. Norrköping: Holmen Skog
- Johansson, M. & Brandtberg, P-O. (1994). *Environmental conditions influencing infection of Norway spruce stumps by Heterobasidion annosum and effect of urea treatment*. I: Johansson, M. & Stenlid, J. (red). Proceedings of the eighth international conference on root and butt rots, Sweden and Finland, August 9-16, 1993, 668-674.
- Karlsson, J-O. (1993). *Genetic structure of populations of root rot fungi with special emphasis on Heterobasidion annosum*. Doktorsavhandling, SLU, Uppsala.
- Nylinder, M., Lundström, H. & Fryk, H. (2000). *Skador och fel på tall- och gran-timmer*. SLU, Institutionen för skogshushållning, Uppsala. ISBN 91-576-5968-0.
- Persson, P., Bendz, M. & Stenlid, J. (1992). *Rotröta biologi och förebyggande åtgärder*. Kista: Skogforsk. (Rapport/Skogforsk, 1992:1)
- Stenlid, S. (1987). *Controlling and predicting the spread of Heterobasidion annosum from infected stumps and trees of Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research*.
- Swedjemark, G. (1995). *Heterobasidion annosum root rot in Picea abies: Variability in aggressiveness and resistance*. Uppsala: Swedish University of agricultural sciences.
- Thor, M. (1996). *Stubbehandling mot rotröta orsakad av rotticka: en litteraturstudie*. Uppsala: Skogforsk. (Rapport/Skogforsk, 1996:2)

Thor, M. (2001). Sverige trea i Europa på stubbehandling mot rotröta. Uppsala: Skogforsk. (*Rapport/Skogforsk, 2001:15*)

Thor, M., Arlinger, J. & Stenlid, J. (2005). Stubbehandling mot rotröta lönsam- också i slutavverkning. Uppsala: Skogforsk. (*Rapport/Skogforsk, 2005:09*).

Thor, M., Oliva, J. & Stenlid, J. (2009). Färre nya infektioner av rotröta efter maskinell stubbehandling vid gallring. Uppsala: Skogforsk. (*Rapport/Skogforsk, 2009:12*)

Thor, M., Ståhl, G. & Stenlid, J. (2004). Räkna med rotröta – nytt hjälpmedel för skoglig planering. Uppsala: Skogforsk. (*Rapport/Skogforsk, 2004:13*)

Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R & Hüttermann, A. (eds.) (1998). Hetero- basidion annosum: *Biology, ecology, impact and control*. CAB International, ISBN 0 85199 275 7

8.2 INTERNETDOKUMENT

Länk A:

Holmen (2012). *Holmens Historia* [Online] Tillgänglig:
<http://www.holmen.com/Global/Holmen%20documents/About%20Holmen/Holmen%20400%20years/Historia%20i%20korthet.pdf?633925>
[2012-12-16]

Länk B:

Holmen (2012). *Om Holmen* [Online] Tillgänglig:
<http://www.holmen.com/sv/Om-Holmen/Om-Holmen/>
[2012-12-16]

Länk C:

Holmen (2012). *Holmens Årsredovisning* [Online] Tillgänglig:
<http://www.holmen.com/Global/Holmen%20documents/Sustainability/GRI/GRI%20upplade%20PDFer/SV%208-11.pdf?589863>
[2012-12-16]

Länk D:

Holmen (2012). *Om Holmen* [Online] Tillgänglig:
<http://www.holmen.com/sv/Om-Holmen/Om-Holmen/>
[2012-12-16]

Länk E:

Holmen (2012). *Om Holmen* [Online] Tillgänglig:
<http://www.holmen.com/sv/Om-Holmen/Affarsomraden/Holmen-Skog/>
[2012-12-16]

Länk F:

Holmen (2012). *Holmen Skog* [Online] Tillgänglig:
<http://www.holmen.com/sv/Skog/Har-finns-vi/>
[2012-12-16]

Länk G:

Holmen (2012). *Holmen Skog* [Online] Tillgänglig:
<http://www.holmen.com/sv/Skog/Har-finns-vi/Region-Norrkoping/>
[2012-12-16]

Länk H:

Witzell, J., Barklund, P., Bergquist, J., Berglund, M., Bernhold, A. & Blennow, K. (2009). *Skador på skog*. [online]. Skogsstyrelsen. (*Skogsskötselserien, 12*). Tillgänglig: <http://www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien>
[2012-12-17]

Länk I

SDC (2012). *SDC, virkesmätning* [Online] Tillgänglig:
<http://www.sdc.se/default.asp?id=2105>
[2012-12-17]

Länk J

Interagro Skog AB (2013). *Interagro Skog, Rotröta* [Online] Tillgänglig:
<http://www.interagroskog.se/roetroeta.html>
[2013-01-11]

Länk K

Elmia AB (2012). *Skotarkartan. se* [Online] Tillgänglig:
<http://skotarkartan.se/skotarstatistik.php>
[2012-12-17]

9 BILAGOR

9.1 FRÅGEFORMULÄR TILL MASKINFÖRARE

1. Årlig avverkningsvolym?
2. Hur lång är stubbehandlingssäsongen?
3. Hur har du tidigare erfarenhet av stubbehandling?
4. Hur många timmars utbildning fick du på utrustningen vid maskinleverans?
5. Hur upplever du att driftsäkerheten är med stubbehandlingsutrustningen?
6. Beskriv arbetssättet med orginalutrustningen. Finns/ fanns rutiner?
7. Vilken utrustning använde ni er av? (Hur transporterades vattnet)
8. Vilka problem finns/ fanns med orginalutrustningen?
9. Hur löstes dessa eventuella problem?
10. Beskriv kompletteringsutrustningen?
11. Beskriv arbetssättet med kompletteringsutrustningen? Finns rutiner?
12. Framtida förbättringar?
13. Övrigt att tillägga?

Maskin info:

Märke och modell:

Årsmodell:

Skiftkörning:

Typ av stubbehandlingsutrustning:

9.2 FRÅGEFORMULÄR TILL MASKINTILLVERKARE

1. Erbjuder företaget du jobbar på stubbehandlingsutrustning till slutavverkningsskördarna?
Om ja, hur länge har företaget erbjudit detta?
2. Tillverkar företaget du jobbar på egen stubbehandlingsutrustning? Om inte, vilket är det tillverkande företaget?
3. Tillverkar företaget du jobbar på egna tankar för det vatten som krävs vid stubbbehandlingen? Om inte, vilket är det tillverkande företaget?
4. Hur stor kapacitet håller vattentankarna volymmässigt? Svara specifikt för varje skördarmodell som erbjuds för slutavverkning.
5. Vart på skördaren är tanken placerad? Förklara val av placering.
6. Hur många köper stubbehandlingsutrustning vid nyinvestering? Ange procentuell fördelning mellan gallring och slutavverkning. Finns en ökande trend?
7. Ingår utbildning av utrustningen för maskinförarna vid leverans?
8. Vad tycker maskinförarna generellt om funktionaliteten kring utrustningen?
9. Vad ser du för möjligheter med stubbehandlingsutrustningen idag?
10. Vad ser du för problem med stubbehandlingsutrustningen?
11. Om du får välja, hur ser den framtida utvecklingen av stubbehandlingsutrustningen ut? (Funktioner, utrustningskomponenter, gallring respektive slutavverkning etc.)
12. Övrig information som du vill tillägga?

9.3 KOSTNADSKALKYL THÖRNWALL

Kostnad beräknad på två-skift

	Kompletteringsutrustning
Maskinuppgifter	Fyll i gröna celler!
Total tid per skift (h)	
Antal skift (st)	
Totalt antal timmar per dag (h)	=H5*H6
TU (%)	
Total antal G15/dag (g15h)	=H7*H8
Maskinkostnad (inkl. personal) (kr/G15h)	
Personalkostnad (kr/h)	
Kostnad för originalutrustning (kr inkl montering)	
Avskrivningstid originalutrustning (år)	
Kostnad för kompletteringsutrustning (kr)	
Avskrivningstid kompletteringsutrustning (år)	
Utrustningskostnad (kr/år)	=OM(OCH(H15>0;H14>0);(H12/H13)+(H14/H15);H12/H13)
Antal G15h per år (h)	=(1800*H6)*H8
Utrustningskostnad per G15h (kr/G15)	=H16/H17

Tidsstudiemoment	Min/ arbetsdag
Påfyllnad av vattentank på arbetsbil	=Thörnwall sammanställning!B18
Påfyllnad från kompletteringstank till originaltank skördare	=Thörnwall sammanställning!E18
Påfyllnad av kompletteringstank och originaltank skördare	=Thörnwall sammanställning!H18
Service/ reparation av stubbehandlingsystemet	=Thörnwall sammanställning!K18
Börning av svärd	=Thörnwall sammanställning!N18
Övrigt	

Summering tider	Min/ arbetsdag
Summa (minuter per arb)	=SUMMA(H21:H26)
Summa förlorad maskintid (G15)	=H32-H26-H24-H23-H21
Summa manuell arbete (arbetstimmar)	=H32-H25-H22

	Produktion
Produktion per G15 (m3fub/G15h)	

Kostnadsberäkning	Kostnad/ arbetsdag	
Kostnad förlorad proddtid per arbetsdag	=H10*(H33/I41)	0,0416666666666667
Kostnad arbetstid per arbetsdag	=H11*(H34/I41)	
Kostnad utrustning per arbetsdag	=H18*H9	
Total kostnad per arbetsdag (16h)	=SUMMA(H41:H43)	
Total kostnad per G15h	=H45/H9	
Kostnad per m3fub	=H46/H37	
Kostnad preparat (ca kr/m3)		
Total kostnad inkl preparat (kr/m*fub)	=H47+H49	

9.4 KOSTNADSKALKYL MJN

Kostnad beräknad på enkelskift

	Kompletteringsutrustning
Maskinuppgifter	Fyll i gröna celler!
Total tid per skift (h)	
Antal skift (st)	
Totalt antal timmar per dag (h)	=H5*H6
TU (%)	
Total antal G15/dag (g15h)	=H7*H8
Maskinkostnad (inkl. personal) (kr/G15h)	
Personalkostnad (kr/h)	
Kostnad för originalutrustning (kr inkl montering)	
Avskrivningstid originalutrustning (år)	
Kostnad för kompletteringsutrustning (kr)	
Avskrivningstid kompletteringsutrustning (år)	
Utrustningskostnad (kr/år)	=OM(OCH(H15>0;H14>0);(H12/H13)+(H14/H15);H12/H13)
Antal G15h per år (h)	=(1800*H6)*H8
Utrustningskostnad per G15h (kr/G15)	=H16/H17

Tidsstudiemoment	Min/ arbetsdag
Påfyllnad av vattendunkar	=MJN sammanställning!B 17
Påfyllnad av vattentank skördare	=MJN sammanställning!E 17
Service/ reparation av stubbehandlingssystemet	=MJN sammanställning!H 17
Börning av svärd	=MJN sammanställning!K 17
Övrigt	

Summering tider	Min/ arbetsdag
Summa (minuter per arb)	=SUMMA(H21:H25)
Summa förlorad maskintid (G15)	=H30-H25-H23-H22-H21
Summa manuell arbete (arbetstimmar)	=H30-H24

	Produktion	
Produktion per G15 (m3fub/G15h)		
Kostnadsberäkning	Kostnad/ arbetsdag	
Kostnad förlorad prodtid per arbetsdag	=H10*(H31/I38)	0,0416666666666667
Kostnad arbetstid per arbetsdag	=H11*(H32/I38)	
Kostnad utrustning per arbetsdag	=H18*H9	
Total kostnad per arbetsdag (16h)	=SUMMA(H38:H40)	
Total kostnad per G15h	=H42/H9	
Kostnad per m3fub	=H43/H35	
Kostnad preparat (ca kr/m3)		
Total kostnad inkl preparat (kr/m*fub)	=H44+H46	