



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Institutt for naturforvaltning

Masteroppgave 2014
30 stp.

Bardunfri taubane i Norge - en tidsstudie av prestasjon

Excavator-Based Cable Logging System in
Norway - A Timestudy of Performance

Even Hoffart

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet i forbindelse med min femårige utdannelse ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Oppgaven er skrevet ved institutt for naturforvaltning (INA) og oppgaven faller innunder feltet skogfaglig driftsteknikk. Driftsteknikk er et område som interesserer meg spesielt innenfor skogfaget. I denne oppgaven har jeg sett på en ny driftsmetode i mellomvanskelig terreng. Dette har både vært spennende og utfordrende.

Førsteamanuensis Jan Bjerketvedt tipset meg om oppgaven og han har også vært veileder. Maskinen har i min studieperiode vært i Mjøsen Skog SA sitt område. Målet med prosjektet er å se om bardunfri taubane kan være en del av driftsplanleggerens verktøykasse for avvirkning i mellomvanskelig terreng med relativt korte strekk. T. Frivik Taubanedrift AS eier maskinen og mannskapet som drifter maskinen.

Jeg vil takke Jan Bjerketvedt for gode veiledningssamtaler og konstruktiv tilbakemeldinger. Jeg vil også rette en stor takk til Olav Høibø og Ole Martin Bollandsås for hjelp til statistiske analyser og modellering.

Jeg vil også rette en takk til Bruce Talbot og Norsk institutt for Skog og Landskap for tidsstudiedata, utstyr og økonomisk støtte til feltarbeidet.

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

9. mai 2014

Even Hoffart

Sammendrag

Årlig avvirkes det betydelig mindre enn årlig tilvekst i norske skoger. Dette betyr at potensialet for avvirkningsnivået og muligheten for utnyttelse av skogressursene er høyere i Norge enn dagens situasjon. Store deler av disse ressursene ligger i bratt og vanskelig terreng, og er en driftsteknisk utfordring.

Valg av driftsmetode avhenger av bratthet, lilengde, terrengjevnhet og markas bæreevne. Dårlig bæreevne kan føre til erosjonsskader som følge av kjøreskader ved bruk av hjulgående maskiner. Taubanedrifter avhenger først og fremst av bratthet, lilengde og terrengjevnhet. En nyttig hjelpemiddel for å fastslå driftsmetode er en deskriptiv terrengklassifisering som beskriver faktorene som har størst påvirkning. Ut ifra denne klassifiseringen fastslår vi hvilken type taubane som egner seg for et gitt område. De fleste taubanesystemer er avhengig av å bardunere tårnet og en egen maskin som opparbeider trærne. Tiden det tar å bardunere tårnet og flytte maskinen mellom strekkene er kostbar og lang. Et alternativ til dette er et bardunfritt system er basismaskinen har en vekt som tilsier at den ikke må barduneres og påmontert opparbeidingsaggregat.

I denne oppgaven er det tidsstudert en 21 tonn tung gravemaskin med påmontert vinsjesystem og hogstagggregat. Systemet krever to mann, en maskinfører og en terrengarbeider.

Basismaskinen er hjulgående slik at flyttingen mellom strekkene er rask og det er mulig å kjøre maskinen etter vei uten å være avhengig av lastebil, dersom er det kort avstand mellom skogeierne.

Datamaterialet som er brukt i oppgaven inneholder tidsstudiedata for manuell felling, vinsjing og opparbeiding. Dataene viser at samlet produksjon på disse deloperasjonene ligger mellom 5 og 6 kubikk per time. Isolert sett er prestasjonen på fellingen 8 kubikk per time, vinsjingen er 8 kubikk per time og opparbeidingen 9,4 kubikk per time. Kostnaden ved å bruke dette systemet er 336,50 kr per kubikk dersom systemet kjører 1 000 timer i året med en produksjon lik 5 kubikk per time, og 289,34 kr per kubikk dersom systemet kjører 1 500 timer i året med en produksjon lik 5 kubikk per time. Sammenlignet med gravedrifter, som en alternativ driftsmetode i bratt terreng, er kostnadene med det bardunfrie systemet 40 % høyere uten iberegnet tilskudd.

Abstract

Annual harvest is considerably less than the annual growth in Norwegian forests. This means that the potential harvesting levels and the possible utilization of forest resources is higher in Norway than the current situation. Much of these resources are located in steep and difficult terrain, and is a technical operative challenge.

The operating method depends on the steepness, hill length, terrain roughness and the soil's bearing capacity. Poor support can lead to erosion damage from ground damage using wheeled machines. Cable car systems depend primarily on the steepness, hill length and terrain roughness. A useful tool to determine the operating method is a descriptive terrain classification describing the factors that have the greatest impact. Based on this classification, we determine the type of cable car suitable for a given area. Most cable car systems are dependent on tethered towers and a separate machine that process trees. The time it takes to tether the tower and move the machine between the stages is costly and long. An alternative to this is a rope free system where the basic machine has a weight that indicates that it does not need tethering, and uses a mounted processing unit.

This thesis uses a time study of a 21 ton excavator fitted with a winch system and processing unit. The system requires two men, one operator and a terrain worker. The base unit is wheeled to move between the stages fast, and it is possible to drive the machine by road without being dependent on a truck, if it's a short distance between forest owners.

The data used in the thesis contains time study data for manual felling, winching and processing. The data show that the total production of these sub-operations is between 5 and 6 cubic meters per hour. Isolated performance is 8 cubic meters per hour for manual felling, 8 cubic meters per hour for the winch, and 9.4 cubic meters per hour for processing. The cost of using this system is NOK 336.50 per cubic meter if the system is running 1 000 hours annually, with an output equal to 5 cubic meters per hour and NOK 289.34 per cubic meter if the system is running 1500 hours per year with an output equal to 5 cubic meters per hour. Compared to dig urges, as an alternative method of operation in steep terrain, the cost of the rope-free system is 40 % higher excluding any feed-in programs.

Innhold

1 Innledning.....	1
1.1 Situasjonen i skogbruket.....	1
1.2 Formål.....	5
1.3 Problemstilling.....	5
2 Teori	6
2.1 Driftsmetoder i bratt terreng	6
2.2 Terrengklassifisering	7
2.3 Taubane	10
2.4 Valg av taubane	12
2.5 Ulike taubaner i Norge	14
2.5.1 Kabelkran med løpende bærekabel	14
2.5.2 Kabelkran med fast bærekabel	15
2.5.3 Kabelkran med fast bærekabel og selvgående løpekatt	16
2.5.4 Fallbane	17
2.5.5 Slepebane	18
2.6 T. Frivik Taubanedrift AS	19
2.7 Mjøsen Skog SA	19
3 Material og metode.....	20
3.1 Studieområder.....	20
3.1.2 Sjoa	21
3.1.3 Harpefoss	22
3.1.4 Skjåk	23
3.2 Beregning av volum.....	25
3.3 Tidsstudier i felt.....	26
3.3.1 Felling	26
3.3.2 Vinsjing.....	27

3.3.3 Opparbeiding.....	27
3.4 Maskinbeskrivelse	28
3.4.1 Beskrivelse av driftssystemet.....	28
3.4.2 Maskindata	29
3.5 Forutsetninger for maskinkalkyle	31
3.5.1 Faste kostnader.....	31
3.5.2 Variable kostnader	32
3.6 Driftskostnader	33
3.7 Statistisk analyse.....	34
4 Resultater.....	36
4.1 Sjoa	36
4.1.1 Felling	36
4.1.2 Vinsjing.....	37
4.1.3 Opparbeiding.....	39
4.2 Harpefoss	40
4.2.1 Vinsjing.....	40
4.2.2 Opparbeiding.....	41
4.3 Skjåk	43
4.3.1 Vinsjing.....	43
4.3.2 Opparbeiding.....	44
4.4 Total vinsj og opparbeiding	46
4.4.1 Vinsjing.....	46
4.4.2 Opparbeiding.....	47
4.5 Maskinkalkyle	51
.....	51
4.6 Modellering	55
4.6.1 Modell for vinsjing med tapstider.....	55

4.6.2 Modell for vinsjing uten tapstider	56
5 Diskusjon	58
5.1 Datamaterialet	58
5.2 Volumberegning	58
5.3 Opparbeiding.....	58
5.4 Avstropping.....	59
5.5 Modell – vinsjing	59
5.6 Manuelle faktorer	60
5.7 Hogstavfall (greiner og topp – GROT).....	60
5.8 Utfordringer Mjøsen ser ved bruk av bardunfri taubane.....	61
5.9 Flytting av maskinen.....	61
5.10 Tapstider	62
5.11 Heiseline	63
5.12 Lilengde	63
5.13 Sammenligning	63
6 Konklusjon	65
7 Litteraturliste	66

Oversikt over figurer

Figur 1: Utviklingen for tilvekst og avvirkning i Norge (Vennesland et al. 2006).....	1
Figur 2: Utviklingen av tømmerprisen i Norge (St.meld. nr 9 (2011-2012)).....	2
Figur 3: Pilhøyde (Johnsrud 2007a).....	13
Figur 4: Kabelkran med løpende bærekabel (Johnsrud 2007a).....	14
Figur 5: Kabelkran med fast bærekabel (Johnsrud 2007a)	15
Figur 6: Kabelkran med fast bærekabel og selvgående løpekatt (Johnsrud 2007a).....	16
Figur 7: Fallbane (Johnsrud 2007a)	17
Figur 8: Slepebane (Johnsrud 2007a).....	18
Figur 9: Kart over Sør-Norge ¹ med utsnitt av Gudbrandsdalen ²	20
Figur 10: Standplass Sjoa.....	21
Figur 11: Standplass for taubanen på Harpefoss	23
Figur 12: Standplassen for taubanen i Skjåk	24
Figur 13: Hogstaggregatet	29
Figur 14: Vinsjen.....	29
Figur 15: Basismaskinen med påmonert Zöeggelerutstyr (Bilde: Even Hoffart)	30
Figur 16: Prosentvis tidsfordeling for felling Sjoa.....	37
Figur 17: Prosentvis tidsfordeling vinsjing Sjoa	38
Figur 18: Prosentvis tidsfordeling opparbeiding Sjoa.....	39
Figur 19: Prosentvis tidsfordeling vinsjing Harpefoss	41
Figur 20: Prosentvis tidsfordeling for opparbeiding Harpefoss	42
Figur 21: Prosentvis tidsfordeling for vinsjing i Skjåk	44
Figur 22: Gjennomsnittlig tidsfordeling opparbeiding Skjåk	45
Figur 23: Prosentvis tidsfordeling vinsjing samlet.....	47
Figur 24: Prosentvis tidsfordeling for opparbeiding samlet.....	48
Figur 25: Tidsforbruk for klargjøring per trestørrelse.....	49
Figur 26: Sammenhengen mellom tiden løpekatten bruker på å kjøre ut mot strekningen den tilbakelegger	49
Figur 27: Sammenhengen mellom tiden løpekatten på å bruke inn, strekningen den tilbakelegger og størrelse på lasset	50
Figur 28: Kostnadsfordeling per time for 1 000 timer per år	51
Figur 29: Kostnadsfordeling per time for 1 500 timer per år	52
Figur 30: Korrelasjonsanalyse av deloperasjonene	53

Figur 31: Modell for vinsjing med flere forklaringsvariabler	54
Figur 32: Modell for vinsjing med flere forklaringsvariabler	54
Figur 33: Modell vinsjing med tapstider	55
Figur 34: Modell vinsjing uten tapstider	56
Figur 35: Hvilke variabler som betyr mest for modellen med tapstider	57
Figur 36: Hvilke variabler som betyr mest for modellen uten tapstider	57

Oversikt over tabeller

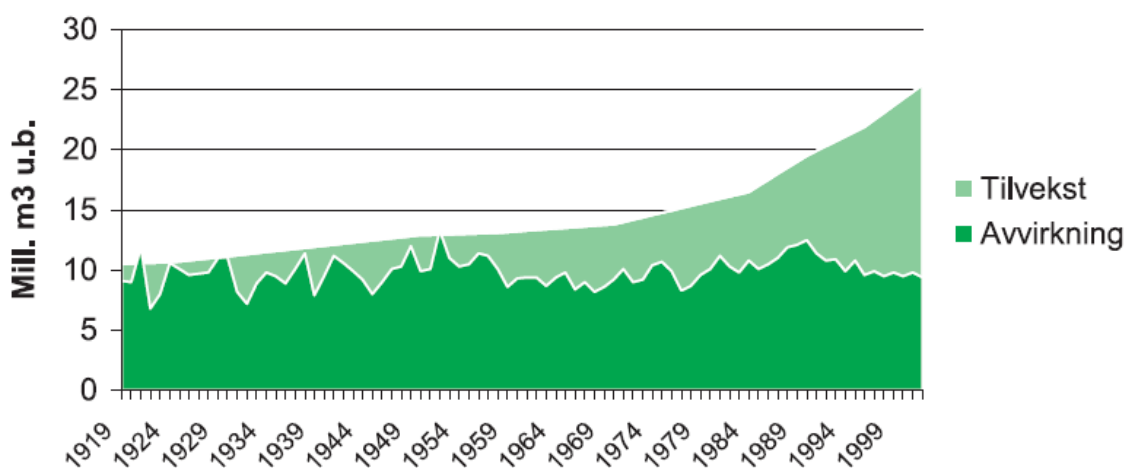
Tabell 1: Bratthetsklasser	8
Tabell 2: Inndeling i lilengdeklasser	8
Tabell 3: Deskriptiv terrengklassifisering (Johnsrud 2007a)	9
Tabell 4: Eksempel på funksjonell terrengklassifisering (Johnsrud 2007a)	9
Tabell 5: Bestandsdata Sjoa	22
Tabell 6: Bestandsdata Harpefoss	23
Tabell 7: Bestandsdata Skjåk	24
Tabell 8: Oppsummering av deskriptiv terrengklassifisering av driftsområdene	24
Tabell 9: Deloperasjoner i datasettet med forklaring - Felling	26
Tabell 10: Deloperasjoner i datasett med forklaring - Vinsj	27
Tabell 11: Deloperasjoner med forklaring - Opparbeiding	27
Tabell 12: Maskindata hogstaggreat	29
Tabell 13: Maskindata vinsj (3 <i>Seil Yarder</i>)	29
Tabell 14: Maskindata basismaskin (<i>DX210w Hjulgraver</i>)	30
Tabell 15: Driftspriser	33
Tabell 16: Tømmerpriser	33
Tabell 17: Tilskudd	33
Tabell 18: Verdier fra datasett felling Sjoa	36
Tabell 19: Gjennomsnittlige prestasjonstall for felling Sjoa	37
Tabell 20: Verdier fra datasettet for vinsjing Sjoa	37
Tabell 21: Prestasjonstall vinsjing Sjoa	38
Tabell 22: Verdier fra datasettet opparbeiding Sjoa	39
Tabell 23: Gjennomsnittlig prestasjonstall for opparbeiding Sjoa	39
Tabell 24: Verdier fra datasettet vinsjing Harpefoss	40
Tabell 25: Gjennomsnittlige prestasjonstall for vinsjing på Harpefoss	41
Tabell 26: Verdier fra datasettet opparbeiding Harpefoss	41
Tabell 27: Gjennomsnittlig prestasjon for opparbeiding Harpefoss	42
Tabell 28: Verdier fra datasettet for vinsjing i Skjåk	43
Tabell 29: Gjennomsnittlige prestasjonstall for vinsjing i Skjåk	44
Tabell 30: Verdier fra datasettet opparbeiding i Skjåk	44
Tabell 31: Gjennomsnittlig prestasjon opparbeiding Skjåk	45
Tabell 32: Verdier fra samlet datasett for vinsjing	46

Tabell 33: Gjennomsnittlig prestasjon for samlet vinsjing	47
Tabell 34: Verdier fra samlet datasett opparbeiding	47
Tabell 35: Gjennomsnittlig prestasjon for opparbeiding samlet	48
Tabell 36: Fordelingen av timekostnader	51
Tabell 37: Summary of fit - modell vinsjing med tapstider	55
Tabell 38: Parameterestimer for modell vinsjing med tapstider	55
Tabell 39: Summary of fit for modell vinsjing uten tapstider	56
Tabell 40: Parameterestimer for modell vinsjing uten tapstider	56

1 Innledning

1.1 Situasjonen i skogbruket

I Norge er avvirkningen av tømmer lavere enn tilveksten. Dette betyr at det biologisk sett er potensial for økt avvirkning av norske skoger. Den årlige tilveksten har økt fra 10,7 mill. m³ i 1919 til over 25 mill. m³ i dag (Vennesland et al. 2006). Til tross for denne tilvekstøkningen har ikke årlig avvirkning fulgt samme utvikling, se Figur 1.



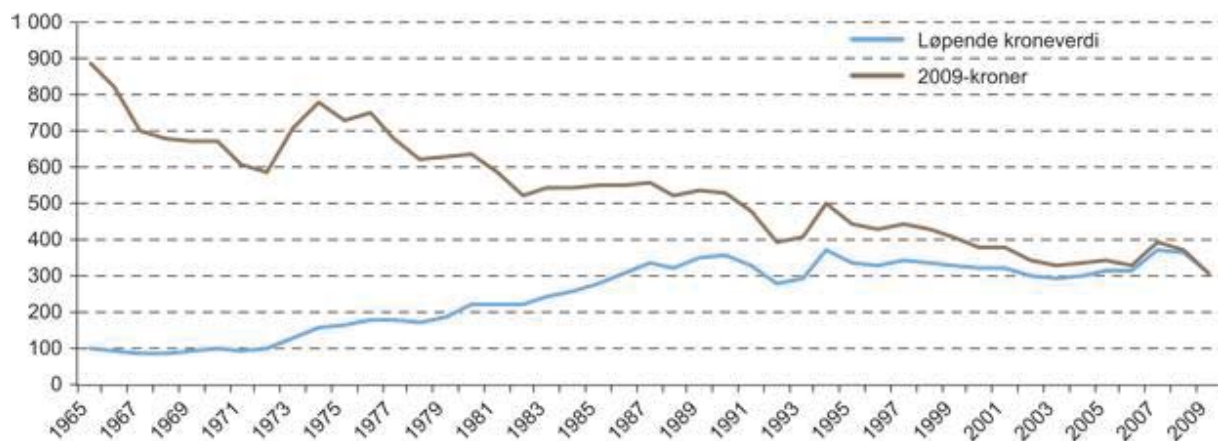
Figur 1: Utviklingen for tilvekst og avvirkning i Norge (Vennesland et al. 2006)

Dersom denne utviklingen fortsetter vil vi i fremtiden få en sterk økning i stående volum, en stor andel eldre og gammel skog, og mye død ved. Mye av potensialet for økt avvirkning ligger i områder med bratt og vanskelig terreng der det ikke er mulighet for avvirkning med hjulgående maskiner. Veidekningen er ofte dårlig i slike områder, og store deler av det eksisterende veinettet er uegnet for dagens driftsutstyr. En bedring av eksisterende veier og nybygging vil øke rotnettoen til skogeier og økt avvirkning kan bli en konsekvens av bedret økonomi.

Økt mengde gammel skog og død ved som en følge av lav avvirkning fører til at flere områder vil betegnes som verneverdig. Bevaring av biologisk mangfold og villmarkspreget skog skjer

gjennom Miljøregistreringer i skog (MiS). Gammel skog og død ved betegnes som gode leveområder for ulike arter og organismer. Miljøtiltak som dette reduserer muligheten for økt utnyttelse av skogressursene og bidrar til lavere avvirkning. Tømmer er en fornybar ressurs som har en positiv innvirkning i klimasammenheng. Dette betyr at vi må utnytte «det grønne» karbonet i større grad enn det fossile og dermed bør politikken og samfunnet ha større fokus på bruken av tømmer enn det som er i dag.

Økt avvirkning avhenger av at skogeierne sitter igjen med en økonomisk gevinst etter hogst. Skogbruket har liten betydning for privatøkonomien i dag sammenlignet med tidligere tider. Skogarealet i Norge eies av over 120 000 skogeiere og arronderingen av skogteigene er en stor utfordring for økonomien. 90 % av skogeierne eier 60 % av skogarealet og gjennomsnittsstørrelsen på skogteigene er 450 dekar, noe som fører til at driftsområdene blir små (Vennesland et al. 2006), og økonomien reduseres i forhold til større driftsområder. De viktigste forklaringsvariablene for avvirkningsnivået i Norge er driftspris og tømmerpris. Tømmerprisen har fra 1965 gått ned fra 900 kr/m³ omregnet til 2009-kroner til 300 kr/m³ i 2009 (St.meld. nr 9 (2011-2012)). Fra 2009 til i dag har prisene steget noe, men realverdien er fortsatt lav slik at skogeierne sitter igjen med mindre for tømmeret sitt enn tidligere.



Figur 2: Utviklingen av tømmerprisen i Norge (St.meld. nr 9 (2011-2012))

Den norske skogindustrien opererer i et internasjonalt marked der internasjonale trender og konjunkturer prissetter tømmer- og produktmarkedet. Dette fører til at skogindustrien må hente tømmer der tømmeret er billigst, uavhengig av hvilket land virket kommer fra. Prisnedgangen har særlig stor påvirkning på omsetningen av massevirke. Dette er en stor utfordring for skogbruket, samtidig har flere aktører som benytter massevirke i sin produksjon lagt ned. Den siste fabrikken som la ned var Södra Cell på Tofte, en fabrikk som ble ansett som en hjørnestein for skogbruket på Østlandet.

En faktor som er viktig i primærnæringen i Norge er statlige tilskudd. Skogen forvaltes av kommunene og tildeling av tilskuddet forvaltes av Fylkesmannen, noe som gir kommunene og fylket et stort ansvar og påvirkningskraft for økt aktivitet og økonomi i skogbruket. Kommunene bør derfor arbeide aktivt med skogbrukstiltak som opprettholder god aktivitet og liv i næringen, noe som i mer eller mindre grad blir gjort med ulike skogkulturprosjekter, tilskudd til veibygging etc. Dette arbeidet er særlig viktig i tiden skogbruket er inne i nå der flere aktører har lagt ned og interessen for skog og tømmer er mindre for norske skogeiere enn tidligere. Politiske virkemidler og vilje er viktig for opprettholdelsen av aktiviteten mens skognæringen finner nye bruksområder for tømmer og ny teknologi for mer effektiv utnyttelse av skogressursene. En annen faktor, som trekker økonomien i skogbruket ned, er kostnadsnivået ved dagens skogsmaskiner sammenlignet med tidligere. Store faste kostnader som påløper uavhengig om maskinen er i arbeid eller ikke, og gjør at driftskostnadene blir høye og følsomme for uproduktiv tid (Vennesland et al. 2006).

Gjennom flere hundre år har skogen betydd mye for norsk økonomi. I 1919 ble Landskogtakseringen etablert for å kartlegge de norske skogressursene, og den første takseringen viste at mengden stående volum var lav i forhold til forbruket av trevirke. Dette førte til Loven om skogvern av 1932, en lov som la til rette for satsning på tilvekst og økt mengde stående volum. Loven om skogvern av 1932 fungerte godt, og volumet er mer enn fordoblet fra 312 mill. m³ i 1925 til 715 mill. m³ (Vennesland et al. 2006). Mengde stående volum avhenger av tilveksten i skogen og avvirkningsnivået i skogbruket, og dersom vi i framtiden vil utnytte oss av skogressursene må vi opprettholde avvirkningsnivået slik at ikke mye av skogen skal havne innunder verneverdig skog.

Norge er et land som består av mange daler og fjell med bratt og vanskelig terreng. Mye av potensialet for økt avvirkning ligger i slike områder. Et eksempel på et slikt område er Gudbrandsdalen. Gudbrandsdalen strekker seg fra Lillehammer i sør til Lesja i nord. Det er også flere sidedaler som knytter seg til Gudbrandsdalen. I slike områder er det bratte lier som flere steder inneholder mye skog med stort tømmer. Avvirkningen i slike områder må ofte skje ved bruk av taubane. Økonomien er en utfordring med taubanedrifter på grunn av dyre maskiner og lav produksjon. Driftsmetoden for et område må speile ressursgrunnlaget som finnes i bestandene som avvirknes.

Skogsbilveier er en viktig del av skogbruket. Skogsbilveier er med på å gjøre skogen tilgjengelig for hogst og andre formål. Et godt skogsbilveinett bidrar til å senke driftskostnadene ved en hogst og dermed overskuddet til skogeier. I Regjeringens landbruksmelding «Velkommen til bords» (St.meld. nr 9 (2011-2012)) skriver de om kompetanseheving innenfor skogsbilveier og alternative driftsmetoder. Her blir taubane nevnt som et tiltak for å utnytte ressursene i det vanskelige terrenget. Av dette kan man se at det finnes politisk vilje for økt avvirkning, noe skogbruket må benytte seg av. Infrastruktur er en flaskehals for norsk skogbruk, og infrastrukturen er viktig for å drive i et presset marked. Dette gjør at planlegging innenfor skogbruket er et hensiktsmessig satsningsområde både når det gjelder veibygging og vedlikehold, og alternative driftsmetoder som gjør det mulig å utnytte en større andel av landets skogarealer. I nasjonal transportplan fra 2010 til 2019 er det lagt opp til en stor satsning innen samferdsel, som vil komme skogbruket til gode. Virkestransport på norske kommune- og fylkesveier utgjør en betydelig flaskehals for skognæringen. Bedre veier fører til lettere fremkommelighet og sammen med plan om å redusere avstandskostnadene vil dette bedre økonomien i skogsektoren betraktelig. Forbedring av infrastrukturen i transportsektoren er et sentralt virkemiddel for å ta hele landet i bruk.

Tømmeruttak ved bruk av taubane er den mest brukte metoden i bratt og vanskelig terreng og i Norge har bruken av vinsj og taubane for tømmeruttak lange tradisjoner. De første løypestrengene ble brukt på Vestlandet rundt 1870-årene (Vennesland et al. 2006). Ordinære taubaner er tidkrevende ved rigging og krever gode forankringspunkter for tilfredsstillende god bardunering av tårnet. I Norge er det mange korte og bratte lisider der det står mange kubikk tømmer av god kvalitet. Problemet med slike lisider er at ressursgrunnlaget for å sette opp en ordinær taubane er for lite slik at kostnadene og tidsbruken ikke forsvares økonomisk. Et nytt driftssystem som er tatt inn i Norge i år er et bardunfritt taubanesystem der

basismaskinen har en vekt som gjør at barduneringen av tårnet utgår. Basismaskinen er en 21 tonn tung gravemaskin på hjul, levert av Doosan. T. Frivik AS har kjøpt denne basismaskinen med påmontert taubanesystem fra østerrikske Zöeggeler Forsttechnik. Fordelen med at denne maskinen er hjulgående er rask forflytning langs vei, noe som gjør den uavhengig av lastebil for å forflytte seg mellom de ulike driftene dersom det er kort vei mellom de ulike skogeiene.

1.2 Formål

Formålet med denne oppgaven er å kartlegge prestasjoner og produksjon ved bruk av bardunfritt taubanesystem for avvirkning av tømmer i mellomvanskelig terreng, samt kartlegge hvilke faktorer som forklarer prestasjonen best.

Oppgaven skal kunne vurdere det nye systemet opp imot alternativt driftssystem. Oppgaven skal også kunne si noe om hvilke områder det nye systemet er tilpasset, med tanke på terreng, ressursgrunnlag, lilengder m.m.

1.3 Problemstilling

Problemstillingen består av tre delproblemstillinger.

1. Utarbeide en oversikt over tidsforbruk og kostnader ved bruk av bardunfritt taubanesystem.
2. Sammenligne prestasjonstall fra det nye systemet med prestasjonstall fra alternativt system.
3. Utvikle en modell som kan predikere produksjonen for et område ved bruk av bestandsdata fra skogbruksplanen. Målet med modellen er å lage et beslutningsstøtteverktøy som kan brukes i planleggingen av en drift.

2 Teori

2.1 Driftsmetoder i bratt terreng

Avvirkning med hjulgående hogstmaskiner er den mest brukte metoden i norsk skogbruk, men i det bratte og vanskelige terrenget kan det oppstå problemer med kjøreskader der dype spor sammen med vann fører til erosjon. Markas bæreevne, markas overflate og terrengets hellingsgrad påvirker skogsmaskinenes fremkommelighet og stabilitet. Undersøkelser gjort av Smith et al. (1992) viser at en hjulgående maskiner kan opprettholde tilfredsstillende produktivitet og sikkerhet i terreng med opp til 50 % helling. Sikkerheten opprettholdes også opptil 55 %, men produksjonen avtar noe. I noen tilfeller må trærne felles manuelt med motorsag der terrenget blir for vanskelig for hogstmaskinen. Trærne felles da ned til hogstmaskinen slik at maskinføreren får tak i trærne for å kviste opp trærne med hogstaggregatet. For at man skal kunne benytte hjulgående hogstmaskiner er man avhengig av at markoverflaten er jevn uten store hinder som kan svekke maskinens stabilitet.

En annen metode for drift i bratt terreng er gravedrifter. Dette går ut på at en gravemaskin opparbeider driftsveier underveis i driften. Hogstmaskinen og gravemaskinen bytter på å opparbeide veier og avvirke etter hvert som veinettet opparbeides. En utfordring med denne driftsmetoden er den økende faren for erosjon og næringsavrenning i det bratte terrenget på grunn av det store inngrepet denne metoden medfører. Når en drift er utført med denne metoden pusser gravemaskinen på de provisoriske veiene som er bygd, noe som sammen med planting, reduserer erosjonsfaren i bestandet (Aasmundtveit 2011). Norsk institutt for Skog og Landskap har gjort en studie av denne driftsmetoden på Vestlandet. Studien viser at denne metoden kan produsere ca. det dobbelte av hva en taubane produserer. Konklusjonen av denne studien er at skogeierne får en positiv rotnetto i det bratte terrenget uten å være avhengig av statlige tilskudd slik som ved taubanedrifter (Lileng 2009).

Taubanedrifter er den mest brukte metoden for avvirkning i bratt terreng. En taubane benytter en basismaskin med påmontert tårn og vinsjesystem. Avvirkningen foregår manuelt med motorsag og opparbeidingen skjer etter at trærne er vinsjet inn til basismaskinen som enten har hogstaggregat selv, eller det står en hogstmaskin ved siden av som tar tak i trærne og gjør opparbeidingen.

Valg av driftsmetoder i bratt terreng styres ofte av tilgjengelig driftsutstyr. Dette kan føre til at man bruker utstyr som ikke er økonomisk optimalt i et gitt område. Driftsmetoden bør derfor være et resultat av en fullstendig områdeplan for det bratte området som skal avvirkes (Johnsrud 2007b). Kartlegging av driftsområdet er viktig for valget av rett driftsmetode, der man ved deskriptiv terrengklassifisering gir en generell beskrivelse av terrenget og ved funksjonell terrengklassifisering gir grunnlag for inndeling av driftsområder. Kjennskap til de ulike driftsmetodenes funksjoner er viktig for rett valg av driftssystem.

2.2 Terrengklassifisering

Terrengklassifisering utføres ved å dele opp en område etter forhåndsbestemte kriterier. En deskriptiv terrengklassifisering er en generell beskrivelse av hvordan terrenget er i et gitt område. Kriteriene er vist i Tabell 3. Hvordan man deler inn de ulike kriteriene, og hvordan man setter opp klassifiseringen har liten betydning. Den deskriptive terrengklassifiseringen kan overføres til en funksjonell terrengklassifisering der man kan tilpasse klassifiseringen til dagens skogsmaskiner eller tilgjengelig driftsutstyr. Den deskriptive terrengklassifiseringen gir grunnlaget for den funksjonelle og er uavhengig av tilgjengelig driftsutstyr. Funksjonell terrengklassifisering er avhengig av ulike driftsmetoder og deler inn terrenget i f.eks. taubaneterreng, hjulgående maskinterreng, vinterdrifter etc. Et eksempel på funksjonell terrengklassifisering er vist i Tabell 4. Utviklingen av nytt driftsutstyr vil ha innvirkning på den funksjonelle terrengklassifiseringen, derfor vil denne endre seg med tiden for et område, mens den deskriptive terrengklassifiseringen vil være konstant for et område. Store deler av denne registreringen kan gjøres i digitale kart der høydekurvene fastslår brattheten i bestandet og lengden på lia. Det er kun jevnheten i lia og bæreevnen som må befares ute for å anslå jevnhetsklasse. Bæreevnen er en viktig faktor dersom vi skal bruke en hjulgående driftsmetode i det bratte terrenget. Ved bruk av taubane ser man mer eller mindre vekk fra denne faktoren da den er ubetydelig i taubanesammenheng. Brattheten sier mye om tilgjengeligheten til skogen og hvilke muligheter som finnes for skogsdrift. Brattheten måles i prosent og vi deler brattheten inn i fire klasser. Klassefordelingen er vist i Tabell 1.

Tabell 1: Bratthetsklasser

Klasse 1	< 20 %
Klasse 2	20 – 40 %
Klasse 3	40 – 55 %
Klasse 4	> 55 %

Økt satsning på skogsbilveinettet i norske skoger og vurderingen av det bratte terrenget har ført til at mer av det som før ble sett på som taubaneterreng, nå utløses ved bruk av hjulgående maskiner. Terrenget vil variere mellom ulike driftsområder og driftsteknikken må derfor vurderes fra område til område. Dersom man skal inn med hjulgående maskiner er bæreevnen en viktig faktor. Denne bestemmes ut i fra jordtype, fuktighet og vegetasjonstype. Fuktighet har stor påvirkning på kjøreforholdene og vil variere med årstidene og klimaet.

Lengden på lia som skal avvirkes har mye å si for hvilken type taubane man velger. Lilengden er en del av den deskriptive terrengklassifiseringsmodellen og beskriver godt hvordan terrenget er sammen med brattheten på lia og jevnheten. I den deskriptive terrengklassifiseringsmodellen deles lilengden inn i fire. Denne inndelingen er vist i Tabell 2. Lilengden kan reduseres ved å bygge flere skogsbilveier.

Tabell 2: Inndeling i lilengdeklasser

Klasse 1	< 75 m
Klasse 2	75 - 150 m
Klasse 3	150 - 300 m
Klasse 4	> 300 m

Tabell 3: Deskriptiv terrengklassifisering (Johnsrud 2007a)

Bratthet/helling Klasse: 1. < 20 % 2. 20 - 40 % 3. 40 - 55 % 4. > 55 %		Bæreevne Klasse: 1. God Fast mark < 20 % finstoff 2. Vekslende Finstoff 20 - 40 % Dårlig i regnperioder ellers god. 3. Liten Liten teknisk bæreevne Finstoffrik masse > 40 % Våtlendt mark og grunn myr 4. Svært liten Bæresvak mark, torvmark og (ingen) myr Krever tele - snø Vinterdrift	
Lilengde Klasse: 1. < 75 m 2. 75 - 150 m 3. 150 - 300 m 4. > 300 m			
Terrengjevnhethet Klasse: 1. Helt jevnt Kan kjøre overalt. < 100 terr.ujevnheter/daa Ujenvhet = 35 cm Jorbrukstraktor 2. Ujevnt Kjøring mellom hinder Jordbrukstraktor/skogsmaskin 3. Storsteinet og > 100 terr.ujevnheter/daa hauget Skogsmaskin Bakkeklaring 40 - 80 cm 4. Blokkmark, Ikke kjørbart med ur, småstup og hjulkjøretøy kløfter		Jorddybde Klasse: 1. Jorddybde < 25 cm 2. " 25 - 50 cm 3. " 50 - 100 cm 4. " > 100 cm	

Tabell 4: Eksempel på funksjonell terrengklassifisering (Johnsrud 2007a)

Driftsområde	Bratthet/helling	Terrengjevnhethet	Bæreevne
Traktorterreng:			
Landbrukstraktor	< 20 - 40 %	Jevnt/ujevnt	Vekslende
Skogsmaskin	< 40 %	storsteinet/hauget	Vekslende
Terrasseveger	> 30 - 40 %		Vekslende
Løsmasser for lett veibygging			
Taubaneterreng:	< 40 %	Alle klasser	Alle klasser
Løpende bærekabel (slepebane) 50 - 200 m	Pil høyde 10 % for gode løft på banen		Unngår terrengskader
Løpende bærekabel tyngre utstyr - 350 m	Pil høyde 6 %		
Fallbane opp til vei 400 meter	Må være minst 15 - 20 % for å få fall		

2.3 Taubane

I bratt terreng finner taubanesystemet sin nisje. Taubanedrifter er skånsomme mot naturen og taubaneteknologien gjør det mulig å komme til områder som er ansett som utilgjengelige for tradisjonelle hjulgående maskindrifter. Året 1989 regnes som et toppår for taubanedrifter. I løpet av dette året ble det avvikret ca. 700 000 m³ i tilskuddsberettiget vanskelig terreng (Lileng 2006), men siden har avvirkningen med taubane gått nedover. I Norge er det fem til seks seriøse taubaneentreprenører som til sammen avvirker mellom 50 000 og 100 000 m³ i året. Årsaken til den negative utviklingen for avvirkning med taubane er reduserte tømmerpriser, høye driftskostnader, liten teknisk utvikling, rekrutteringsproblemer og generell skepsis mot avvirkning i bratt terreng (Lileng 2006). På grunn av dette er det mer og mer vanlig å ansette utenlandsk arbeidskraft for hogst i bratt terreng.

Dårlig veidekning i bratt terreng har ført til at det tradisjonelt har vært benyttet lassbærermonterte kabelkraner ved taubanedrifter. Denne typen taubane har ikke hatt eget opparbeidingsaggregat, og entreprenørene har da ofte benyttet en eldre hogstmaskin for kvisting og kapping av virket. Ulempen ved et slikt driftssystem er at man er avhengig av flere maskiner og mange mann som skal felle, stroppe, vinsje, opparbeide og transportere virket til velteplass. Det betyr at dette systemet krever mye tid og ressurser for å anskaffe arbeidskraft, organisere de ansatte, opplæring, flytting mellom driftene og vedlikehold av maskiner. Fordelen med dette driftssystemet er at tømmeret kan vinsjes uten å være avhengig av skogsbilveier og det stilles mindre krav til logistikken rundt tømmertransporten (Lileng 2006).

Å sette opp en tradisjonell taubane krever gode barduneringsmuligheter for tårnet. Bardunering i trær som står i nærheten av tårnet er å foretrekke, men langs mange veier i bratt terreng er det vanskelig å finne gode ankerpunkt uten å grave eller bore ned forankringspunkt til bardunene. Dette er tidkrevende og dermed kostbar tid. Det kan derfor lønne seg med et enklere driftssystem der man slipper bardunering. Ved å bruke et bardunfritt system som studeres i denne oppgaven, har man en maskin som både vinsjer og opparbeider. Hele systemet krever to mann og en tung basismaskin med påmontert vinsj og hogstagggregat. Det bardunfrie systemet forflytter seg raskt mellom strekkene som legges i bestandet.

Taubanedrifter har med tiden fått økende konkurranse av helmekaniserte hjulgående driftsmetoder grunnet økt mobilitet og stabilitet hos de hjulgående maskinene. I tillegg er taubanedrifter avhenger av hardt manuelt arbeid sammenlignet med en mer konvensjonell

hogstmetode. Taubanedrifter fører til store utgifter til maskiner og mannskap i forhold til mengde kubikk produsert. Et tiltak for å gjøre taubanedrifter mer gunstige er tilskuddsordningen som kom i 1977 (Aasmundtveit 2011). Gjennomsnittlig dagsproduksjon ved bruk av taubane i Norge ligger på rundt 50 m³, men det er vist at en Owren 400 har hatt dagsproduksjon over 100 m³ ved ideelle forhold (Nitteberg & Lileng 2004).

God planlegging er vesentlig for rasjonalisering av taubanedrifter. Dette krever gode planleggere innenfor taubanemiljøet slik at entreprenøren kan sette opp banen og begynne å jobbe med en gang han kommer til en ny drift. En god plan må inneholde en oversikt over banelengder og standplasser, noe som gjør jobben for entreprenøren enklere. En god målsetting for planleggeren er å legge til rette for gode strekk og standplasser. Dette øker effektiviteten i forhold til å kjøre lange strekk, med kjøring over bukk. En god plan fører til raskere montering av banen og økt sikkerhet

Fram til i dag har det vanligste taubanesystemet vært terrenggående kabelkran med kvistemaskin sammen med lassbærer som tar virket fram til bilvei. Dette driftssystemet avhenger av mye mannskap for å fungere optimalt. Lassbæreren utgjør et ekstra transportledd som øker driftskostnadene betraktelig. Derfor er det viktig å legge til rette for drifter der vinsjen står ved eller på bilvei. Dette gjør det også enklere å nyttiggjøre hogstavfall til bioenergi.

Kabelkranene i dag har som oftest teleskopisk eller tippbart tårn montert på lastebil, noe som gjør monteringen ute i skogen effektiv og tårnet sørger for tilfredsstillende pilhøyde på drifta. Der lisidene er jevne kan taubanen flyttes sidelengs der det er mulig. Kabelgatene blir da liggende parallelt med hverandre, helst langs skogsbilvei. Det bratte terrenget er en utfordring taubaneentreprenørene må tilpasse seg. Utforming av standplass er viktig for å få en god taubanedrift. Standplassen bør legges ut fra bunnen av lia slik at man får et godt løft og god oversikt oppover i vinsjegata. I noen områder kan det lønne seg å ha vinsjen på et fast punkt og kun flytte endefestet slik at systemet jobber i en vifteform, dette er områder i f.eks. i bunnen av en dal. Dersom det vinsjes oppover, der maskinen står på skogsbilvei kan det heller lønne seg at endefestet er fast og at man flytter maskinen langs veien. Uansett må man vurdere terrenget med hensyn til eventuelle hindringer langs vinsjegata.

Standplassen har også andre funksjoner enn kun en plass for vinsjen og opparbeidingsmaskinen. Standplassen må ha gode muligheter for bardunering, tilstrekkelig plass til opparbeiding av tømmeret og tømmerlunner, plass til å laste opp tømmerbilen og

eventuelt lagring av hogstavfall til bioenergi. Plassbehovet vil variere mellom ulike drifter, men bør ha plass til min. en dagsproduksjon av tømmer. Ofte er det dårlig plass til gode standplasser, og veien blir da brukt som det beste alternativet. Veikantene bør i disse tilfellene tilpasses slik at de kan være et mellomlager for tømmer. Ved større drifter er man avhengig av at ferdig opparbeidet tømmer blir transportert vekk kontinuerlig for å hindre stans i produksjonen. Avstanden til snuplass på innsiden av tømmerdriften bør ikke være for lang, og snuplassen bør være stor nok til å snu med tømmerhenger slik at man unngår kippetillegg (LMD 2013). Terrenghellingen for avlegg for stammer vinsjet opp til veien må være mindre enn 40 % for at stammene ikke skal skli unna. Heltre tåler hellinger opp til 50-60 %. Rotenden bygger raskt høyde, og dersom hellingen for avlegg av tømmeret er stor må man sette igjen trær som tømmeret kan ligge imot. Dette betyr at veiens plassering i terrenget er viktig dersom man må bruke veien som standplass.

2.4 Valg av taubane

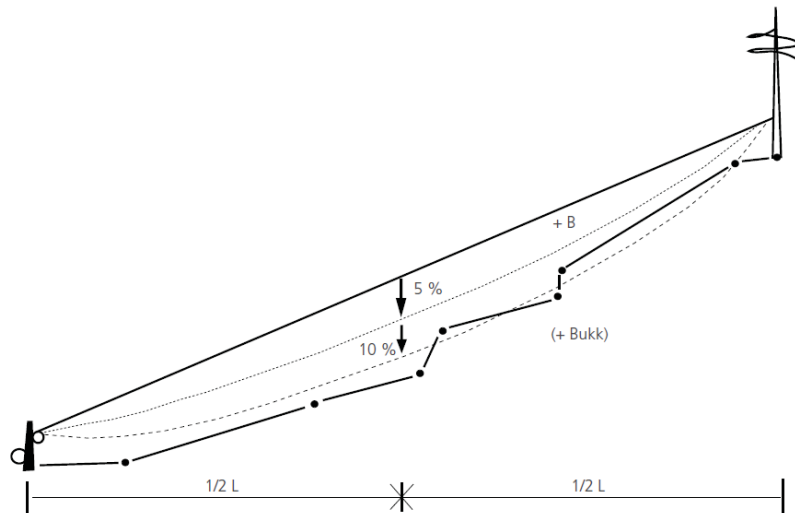
Et nyttig hjelpemiddel for planlegging av driftslogistikk for et området er terrengprofiler. Ved terrengprofilering legges det ut en linje gjennom terrenget og vi kan visualisere terrengformen langs linjen. Hellingen i terrenget vil normalt sett variere noe langs linjen. Tilstrekkelig mange slike linjer vil gi et inntrykk av hvordan terrenget er i et gitt område. Ved slike studier kan man kartlegge mulige veitraséer og standplasser for taubane. På denne måten kan man planlegge hvordan man best mulig kan utnytte skogarealene i det bratte terrenget.

Hvilken type taubane man velger avhenger av lilengde, ressursgrunnlag og logistikk. De mindre kranene har mindre rekkevidde og har med det et mindre potensial, men er avhengig av et mindre hogstkvantum for å dekke investeringskostnadene i forhold til de større taubanesystemene. Når en sammenligner produksjonen til de små og store taubanesystemene ser man at de små har et vel så høyt timeverk per kubikkmeter produsert tømmer som de store.

God planlegging er viktig for taubanedrifter og valget av taubanesystem. Det er viktig å tenke på banelengden og muligheten for tilstrekkelig god pilhøyde. Pilhøyden er kabelens prosentvise nedbøying mellom vinsjen og endefestet. Pilhøyden måles i prosent av horisontalavstanden og er avstanden fra en rett linje mellom vinsjetårnet og endeblokka, og loddrett ned på bærekabelen med lass, Figur 3 (Johnsrud 2007a). Lav pilhøyde krever større krefter på vinsjen og oppstramming av bærekabelen. Bakkeklaringen på den bærende kabelen

bør være over 2,5-3 meter. Erfaring viser til at mekaniske slepebanevinsjer bør ha min. 10 % pilhøyde for å kunne kjøre uten problemer med fulle lass, løpende bærekabel bør ha min. 6 % pilhøyde og baner med fast bærekabel bør ha min. 5 % pilhøyde (Johnsrud 2007a).

Tilfredsstillende pilhøyde langs hele kabelstrekket kan være vanskelig, derfor er det viktig å se på muligheten for å kjøre over bukk.



Figur 3: Pilhøyde (Johnsrud 2007a)

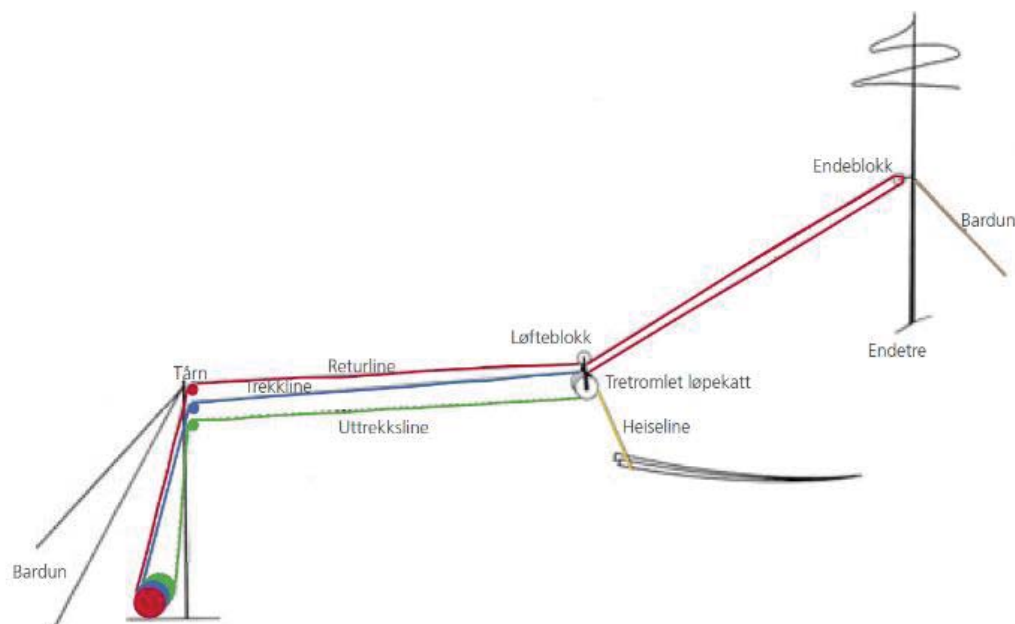
2.5 Ulike taubaner i Norge

Det finnes mange ulike taubanesystemer som er i bruk. De vanligste taubanene er listet opp under.

2.5.1 Kabelkran med løpende bærekabel

Vinsjene er to eller tre sammenkoblede tromler. Tromlene kobles sammen enten mekanisk og/eller hydrostatisk slik at kreftene som bremser overføres tilbake som trekkrefter.

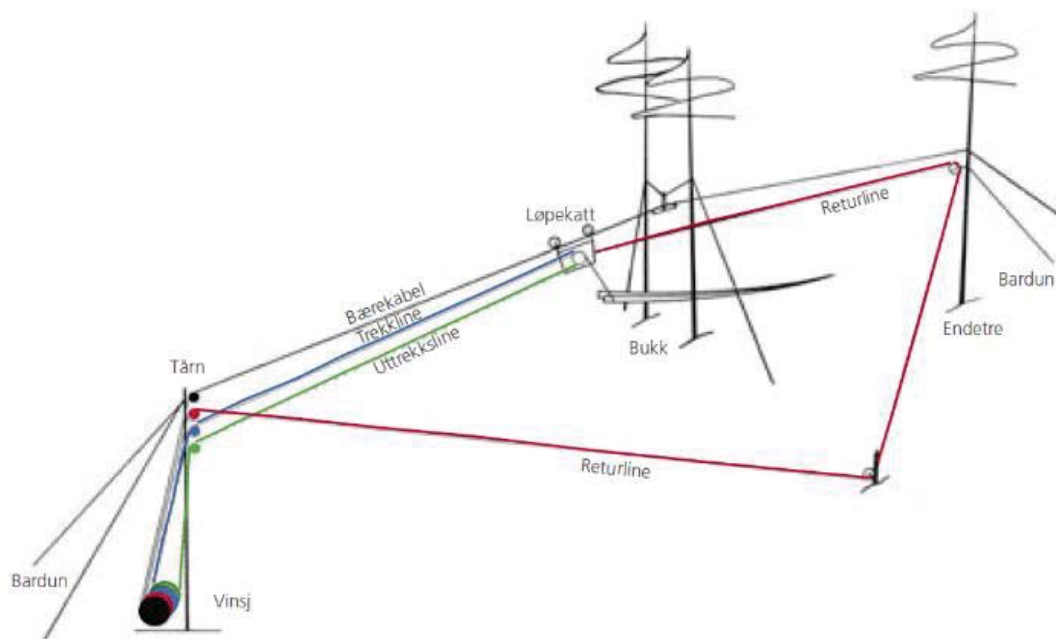
Løpekatten har egen heiseline og kan kjøres over bukk. Rekkevidden til dette systemet er mot 350 meter (Johnsrud 2007b). Kabelkran med løpende bærekabel er illustrert i Figur 4.



Figur 4: Kabelkran med løpende bærekabel (Johnsrud 2007a)

2.5.2 Kabelkran med fast bærekabel

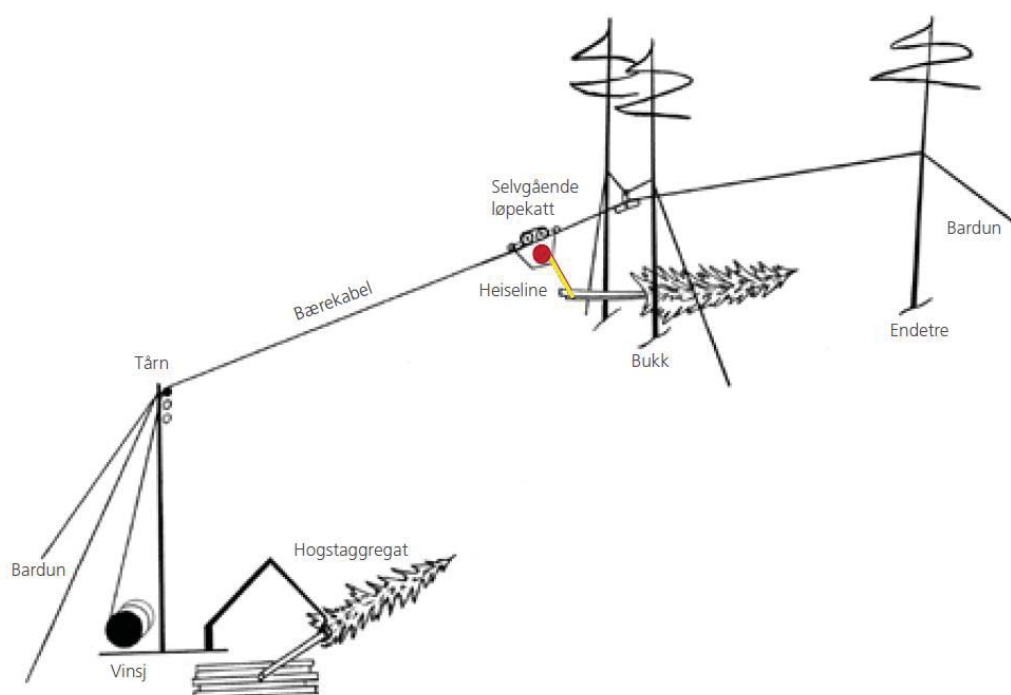
Her er den bærende kabelen spent mellom to endefester. Dette gir store krefter i vaieren og øker kravet til bardunering. Dette systemet kjører som regel med trekk- og returline. Fast bærekabel er enkel å kjøre over bukk, krever lavere pilhøyde, og kan kjøre store fritthengende lass. Det blir små bevegelser i bærelinen noe som gjør at dette systemet egner seg godt i selektive hogster og tynningsdrifter. Rekkevidden til dette systemet er opp til 400 meter (Johnsrud 2007b). Kabelkran med fast bærekabel er illustrert i Figur 5.



Figur 5: Kabelkran med fast bærekabel (Johnsrud 2007a)

2.5.3 Kabelkran med fast bærekabel og selvgående løpekatt

Den bærende kabelen er spent mellom to endefester. Løpekatten har en egen motor som frakter den langs kabelen og styrer vinsjen til heiselina. Løpekatten kan kjøres over bukk og er radiostyrt. Løpekatten stilles inn etter antall omdreininger eller tid slik at den automatisk går mellom maskinen og ut til tømmeret som skal stoppes. Dette betyr at mannskapet ved maskinen og de som er i terrenget kan jobbe med sine arbeidsoppgaver uten å tenke på løpekatten. Rekkevidden til dette systemet er opp til 400 meter (Johnsrud 2007b). Kabelkran med fast bærekabel og selvgående løpekatt er illustrert i Figur 8.

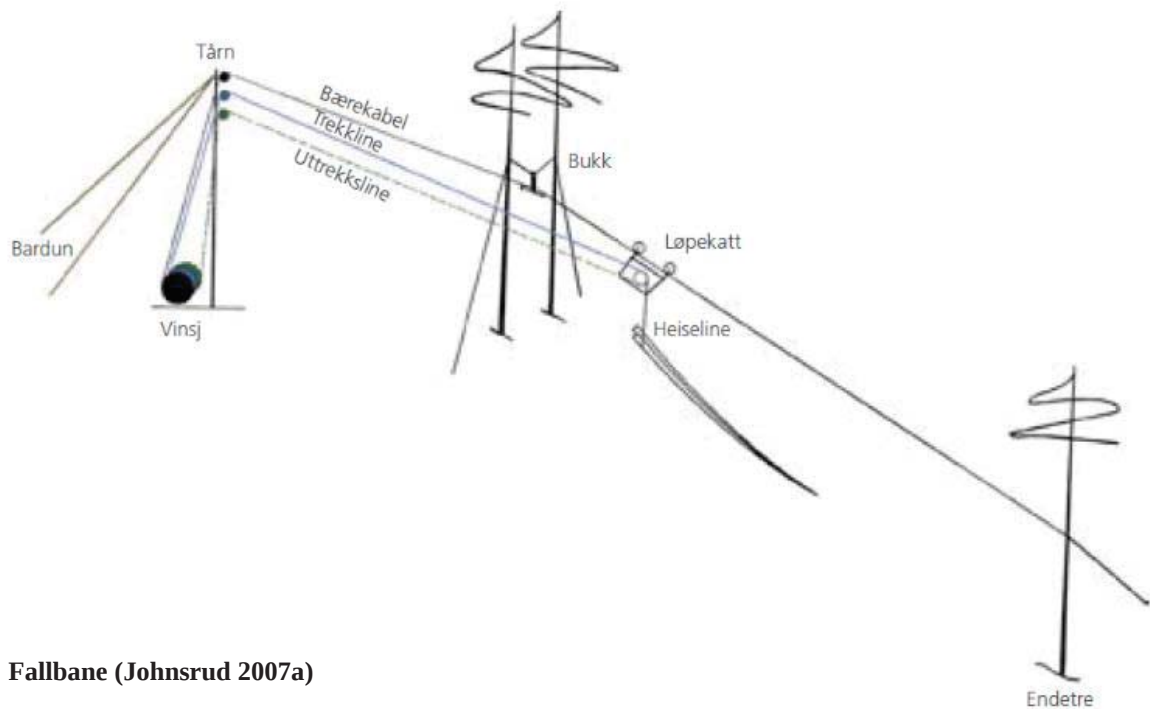


Figur 6: Kabelkran med fast bærekabel og selvgående løpekatt (Johnsrud 2007a)

2.5.4 Fallbane

Dette er en type taubane som kun brukes for vinsjing oppover. Systemet er uten returline og bruker tyngdekraften for å kjøre ut løpekatten på en oppspent fast bærekabel. Terrenget må være brattere enn 15-20 %. Fallbanen er enkel å montere og kjører lett over bukk.

Rekkevidden til dette systemet er opp til 400 meter (Johnsrud 2007b). Fallbane er illustrert i Figur 7.



Figur 7: Fallbane (Johnsrud 2007a)

2.5.5 Slepebane

Slepebane er en totromlet taubanevinsj. Returlina er som ved løpende bærekabel og lasset holdes oppe av kreftene i trekk- og returlina. Her strammes vaierne ved å kjøre den ene og bremse med den andre. Løpekatten består av ei løfteblokk og en vinkelblokk som er sammenkoblet. Returlina går igjennom endeblokka og tilbake til løpekatten. Trekkklina går igjennom vinkelblokk og trekkes ut i terrenget der tømmeret stropes på. Dette utstyret kan monteres på en vanlig landbrukstraktor. Rekkevidden til dette systemet ligger mellom 50 og 180 meter (Johnsrud 2007b). Slepebanen er illustrert i Figur 8.

2.6 T. Frivik Taubanedrift AS

Firmaet som står for den daglige driften av det bardunfrie taubanesystemet er T. Frivik Taubanedrift AS. Firmaet har eksistert siden 2004 og drev da med Mounty 4000 taubane. Ny Mounty 4100 ble anskaffet i 2007. Før dette drev daglig leder Torbjørn Frivik firmaet Frivik Skog og Sag. Tømmeret ble da tatt ut med Igland 5000 og Igland Alpevinsj. Framkjøringen ble gjort med traktor og henger. I dag driver firmaet med et arbeidslag på Mounty 4000 som hovedsakelig går i Sogn og Fjordane, samtidig som de har et arbeidslag på en ny Mounty 4100 som driver for Vestskog BA og Allskog BA. I tillegg til å være skogsentreprenør, tar F. Taubanedrift på seg oppdrag innen anlegg. T. Frivik Taubanedrift AS har spesialisert seg på tømmerdrift i bratt terreng.

I 2013 har firmaet anskaffet seg en ny taubanemaskin fra Østerrike. Et bardunfritt taubanesystem som studeres i denne oppgaven (taubanedrift.no).

2.7 Mjøsen Skog SA

Mjøsen skogeierandelslag eier prosjektet denne masteroppgaven er en del av. Mjøsen skog SA eies av 3800 skogeiere. Virksomheten til Mjøsen Skog SA er å være eiernes redskap for tømmeromsetning, skogtjenester, næringspolitikk og eierengasjement i verdikjeden. Eierne står for egenkapitalen til selskapet og kan på den måten ha styring over andelslaget og høste av det som skapes gjennom Mjøsen Skog SA. Andelslaget omfatter området Eidsvoll kommune i Akershus, Stange, Løten, Hamar og Ringsaker i Hedmark, Toten-kommunene, Gjøvik og hele Gudbrandsdalen i Oppland. Mjøsen Skog SA har hovedkontor i Lillehammer og deler sin virksomhet inn i fire hovedområder (Mjøsen Skog SA):

- Tømmer
- Areal og ressurs
- Organisasjon og samfunn
- Økonomi og administrasjon

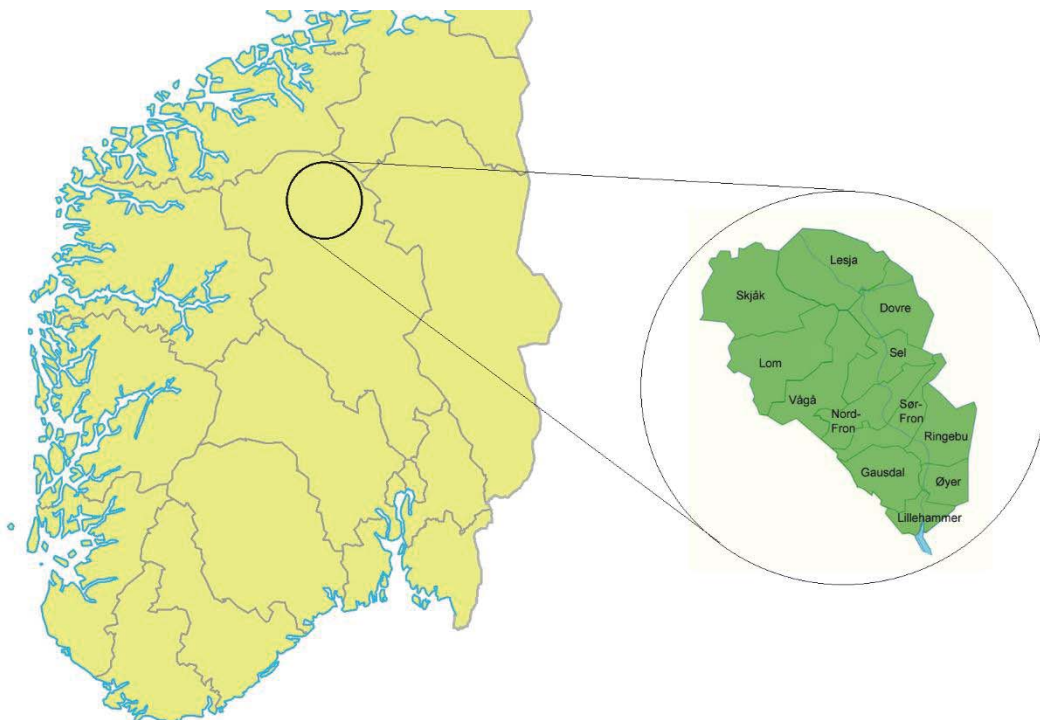
Johannes Bergum, skogsjef i Mjøsen Skog SA, har vært kontaktperson i denne oppgaven.

3 Material og metode

3.1 Studieområder

Data for denne studien er hentet fra tre steder i Gudbrandsdalen; Sjøa i Nord-Fron kommune, Harpefoss i Sør-Fron kommune og Bismo i Skjåk kommune. Stedene er tilfeldig valgt da tidsstudiene ble gjort da undertegnende hadde anledning og ikke etter hvilke område maskinen befant seg i. Figur 9 viser hvor i landet Gudbrandsdalen ligger og et utsnitt som viser kommuneinndelingen. På to av stedene ble det vinsjet nedover, mens på et sted ble det vinsjet oppover. En samlet oppsummering av terrengklassifisering av driftsområdene er vist i Tabell 8.

1



Figur 9: Kart over Sør-Norge¹ med utsnitt av Gudbrandsdalen²

¹ Kilde: <http://ndla.no/nb/node/89248?fag=7>

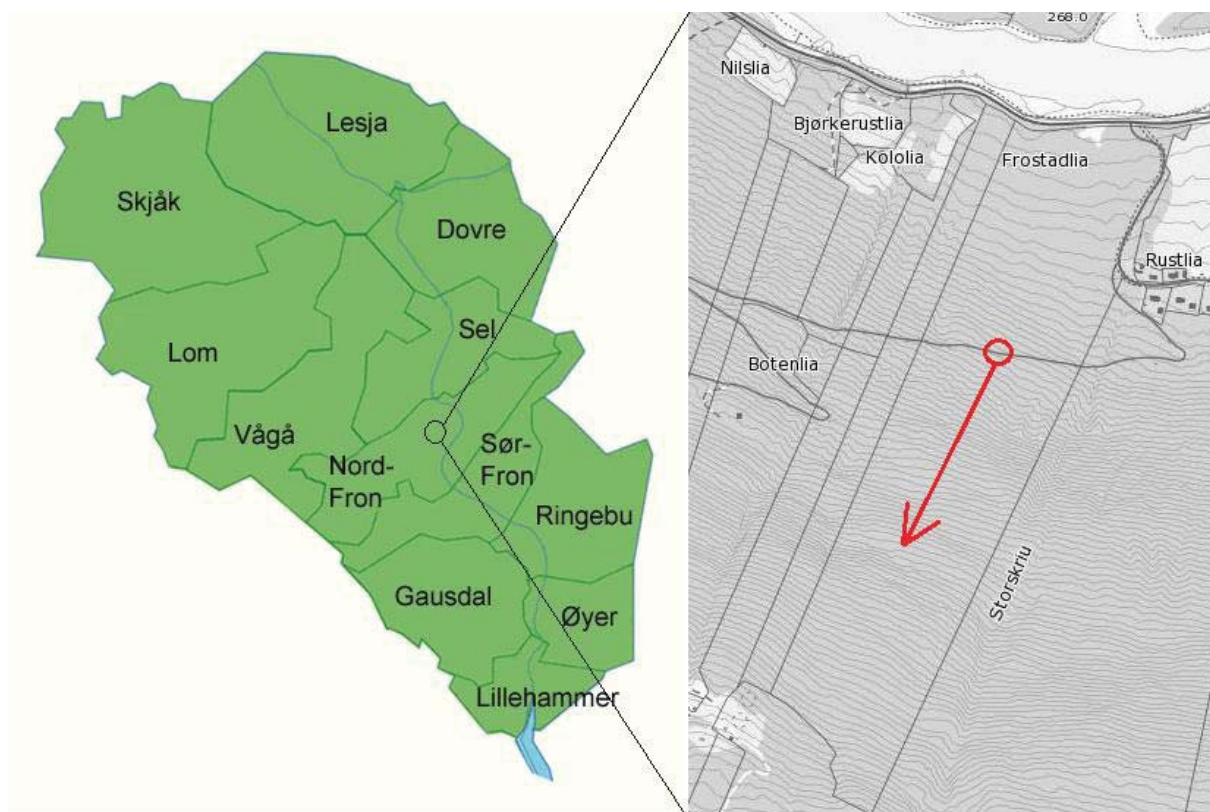
² Kilde: <http://www.opam.no/skolehistorie/no/hjem>

3.1.2 Sjoa

Dataene fra Sjoa er delvis samlet inn av Julian Della Pietra og undertegnede. Hovedtreslaget i bestandet var gran, med noe innslag av furu. Bestandsdata fra Mjøsen Skog SA er listet opp i Tabell 5. Området har koordinat ca. 32 V 0531422 UTM 6835751. Bestandet hadde jevn stigning fra maskinen til endetreet uten vesentlig hinder i vinsjegata. I følge den deskriptive terrengklassifisering har dette bestandet bratthetsklasse 2 og lilengdeklasse 2.

Terrengjevnheten var noe ujevn på grunn av noen steiner og berg, men ellers relativt jevn. Jevnhetsklasse 2. Bæreevnen anslås som god, men vekslende i regnfulle perioder på grunn av brattheten.

Vinsjingen av tømmeret foregikk nedover til skogsbilvei i bunnen av bestandet. Alt hogstavfall som hopet seg opp på velta ble lagt på nedsiden av veien. Veien ble brukt som lunneplass for ferdig opparbeidet virke på grunn av dårlig plass utenfor veien. Den røde sirkelen i Figur 10 viser hvor i Sjoa standplassen til taubanen var, og pilen indikerer vinsjestrekket.



Figur 10: Standplass Sjoa

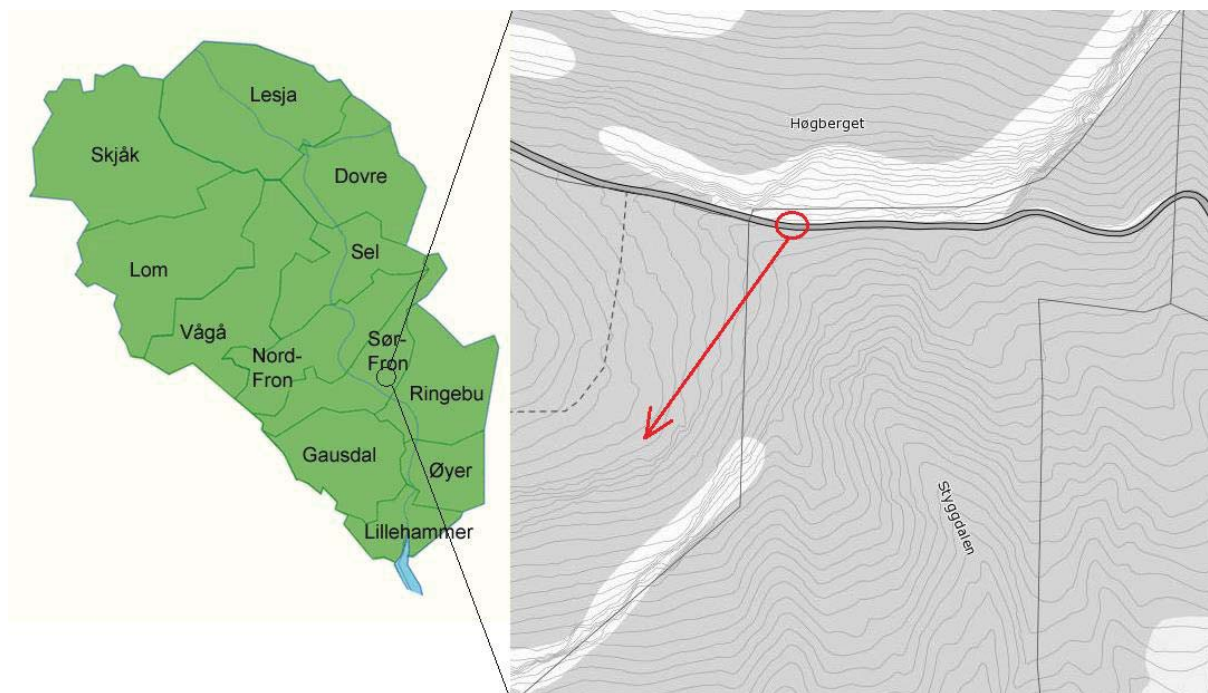
Tabell 5: Bestandsdata Sjoa

Treantall pr dekar	74
Kubikk pr dekar	19
Hovedtreslag	Gran
Helling	40 %
Bestandsareal	21 daa

3.1.3 Harpefoss

Terrenget på Harpefoss var krevende på grunn av ulendt terreng i vinsjegata, noe man kan se av de møtende høydekurvene i kartet i Figur 11. Vinsjingen ble gjort oppover til skogsbilvei. Veien var smal med fjell på oversiden, og bratt skråning på nedsiden. I tillegg regnet det mye da tidsstudiene ble gjort. Vått og glatt tømmer gjorde det tidvis vanskelig å få tømmeret til å ligge stabilt ved veien før opparbeiding. Ofte skled tømmeret ned skråningen og ut av maskinens rekkevidde. Dermed måtte mange av stokkene stropes på nytt og vinsjes opp noen få meter. Sammen med disse problemene var det mye problemer med hogstaggregatet, noe som gjorde produksjonene disse dagene dårligere enn antatt. Dette førte til at tidsstudiene fra dette området ikke ble så kontinuerlig som ønsket. Dette har gjort at datagrunnlaget fra Harpefoss ikke er like tilfredsstillende som ved Sjoa og Skjåk, men de tidene som ble registrert er representative for studien. Volumfordelingen i bestandet er tilnærmet lik Sjoa, og bruker dermed samme volumberegning for dette bestandet. Området har koordinatet UTM 32, Ø: 546320 N: 6828007. Bestandsdata fra skogbruksplanen er vist i

Tabell 6. Den røde sirkelen i Figur 11 viser hvor standplassen for taubanen var på Harpefoss, og pilen indikerer hvor tømmeret ble vinsjet. I følge den deskriptive terrengklassifiseringen vil dette område ha en bratthetsklasse 3 ($< 40 - 55 \%$), lilengdeklasse 2 (75 – 150 m), jevnhetsklasse 2 (ujevn) og bæreevneklasse 2 (vekslende).



Figur 11: Standplass for taubanen på Harpefoss

Tabell 6: Bestandsdata Harpefoss

Treantall per dekar	70
Kubikk per dekar	20
Hovedtreslag	Gran
Helling	45 %
Bestandsareal	11 daa

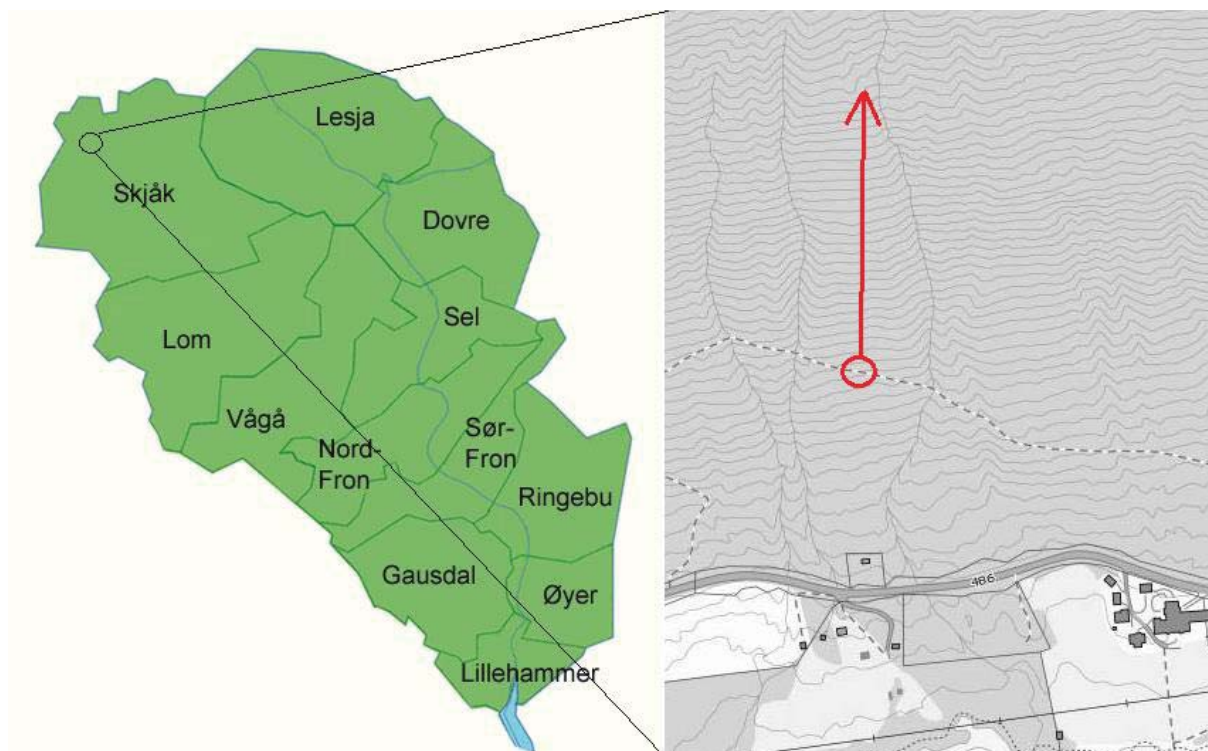
3.1.4 Skjåk

Terrenget i bestandet var relativt enkelt. Hellingen var ca. 45 % uten hindringer i vinsjegatene. Det ble vinsjet nedover til traktorvei. Tømmeret ble videre transportert med en eldre lassbærer til bilvei. Bestandet bestod av grov furu. De fleste trærne ble kvistet opp ute i terrenget på grunn av at aggregatet hadde problemer med kvisting av grov kvist.

Terrengklassifisering etter den deskriptive terrengklassifiseringsmetoden gir bratthetsklasse 3 (< 40-55 %), lilengdeklasse 3 (150-300 meter), terrengjevnhetsklasse 1 (helt jevn). Antar god bæreevne 1 (god, fast mark, < 20 % finstoff). Ingen store utfordringer i dette området.

Relativt god plass til lunneplass grunnet at det var gravd ut standplasser på utvalgte plasser etter veien. Området lå ved koordinatet 32 V 0444836 UTM: 6865167. Den bratte hellingen og manuell kvisting av trærne i terrenget ga rask vinsjing ned til maskinen. Bestandsdata fra

skogbruksplanen er vist i Tabell 7. Den røde sirkelen i Figur 12 viser hvor standplassen for taubanen var i Skjåk, og den røde pilen indikerer hvor tømmeret ble vinsjet.



Figur 12: Standplassen for taubanen i Skjåk

Tabell 7: Bestandsdata Skjåk

Treantall per dekar	Ikke registrert
Kubikk per dekar	19,7
Hovedtreslag	Furu
Helling	45 %
Bestandsareal	36,4 daa

Tabell 8: Oppsummering av deskriptiv terrengklassifisering av driftsområdene

Driftsområde	Bratthet	Lilengde	Terrengjevnhet	Bæreevne
Sjoa	2	2	2	2
Harpefoss	3	2	2	2
Skjåk	3	3	1	1

3.2 Beregning av volum

Sammen med tidsstudiedataene fra Sjoa utført av Julian Della Pietra ble det registrert diameter i brysthøyde (dbh) på ca. 100 trær. Det ble i tillegg målt dbh og høyde på 10 trær av Bruce Talbot og undertegnede. Ut ifra disse dataene er det regnet ut et tilnærmet volum for hver dbh. Dette ble regnet ut med formelen fra Emner om Skogregistrering av Fitje (1996):

$$-14,17 + 20,86 * \log 10 (dbh) \quad (\text{Formel 1})$$

Formelen gir et basisvolum for hver enkelt dbh. Videre ble det beregnet volum for de 10 trærne som ble målt. Volumet ble utregnet med formelen fra Vestjordet (1967), for gran over 13 cm (Heje & Nygaard 1999):

$$V = 10,14 + 0,01240d^2h + 0,03117dh^2 - 0,36381h^2 + 0,28578dh \quad (\text{Formel 2})$$

Det ble også regnet ut et basisvolum for de 10 målte trærne. Det observerte og det estimerte volumet ble satt mot hverandre og det ble regnet ut en korreksjonsfaktor. Denne faktoren ble multiplisert med basisvolumet for de ca. 100 trærne og dermed fikk jeg ut et tilnærmet riktig volum. Dette volumet er brukt til videre utregninger og modellering. Volumet for de ca. 100 trærne ble delt inn i tre klasser for å kunne definere trestørrelse 1, 2 og 3, der 1 er de minste trærne og 3 de største. Trærne i bestandene fra Sjoa og Harpefoss var tilnærmet like, derfor er samme volumberegning brukt for de to bestandene.

I Skjåk ble det målt høyde og diameter for 15 tilfeldig utvalgte trær. Volumet for disse ble regnet ut med volumfunksjon for trær over 10 cm av Brantseng (1967) (Heje & Nygaard 1999):

$$V = 8,6524 + 0,076844d^2 + 0,031573d^2h \quad (\text{Formel 3})$$

Deretter ble volumet delt i tre klasser for å definere trestørrelse 1, 2 og 3. Grunnen til at trestørrelsene ble definert var å vekte trærne opp mot forskjellig volum. Det ligger ikke inne et norsk målesystem i hogstaggregatet til maskinen som studeres i denne oppgaven, noe som har gjort at trestørrelsene er definert på denne måten.

3.3 Tidsstudier i felt

Tidsstudier i felt danner datagrunnlaget i denne oppgaven. Datainnsamlingen er gjort med Allegro mx datamaskin for tidsstudier. Det er benyttet programmet SDI der man legger inn ulike variabler som skal måles. Her har man mulighet til å ta tiden på de ulike operasjonene og totaltiden på hver syklus. En syklus ved vinsjing utgjør tiden det tar fra maskinen sender ut løpekatten til den er tilbake med tømmer og stropes av ved basismaskinen. En syklus ved opparbeidingen defineres der fra hogstaggregatet tar tak i et tre, til treet er ferdig opparbeidet og siste stokk ligger på velta.

Driftssystemet er delt inn i tre hovedgrupper, med sine variabler som beskriver de ulike deloperasjonene systemet gjør. Dette er vist i Tabell 9, Tabell 10, og Tabell 11. Tidsstudiene av felling, vinsjing og opparbeidingen er tatt separat, uavhengig av hverandre.

1. Felling
2. Vinsjing
3. Opparbeiding på velteplass

3.3.1 Felling

Tabell 9: Deloperasjoner i datasettet med forklaring - Felling

Deloperasjon	Forklaring
M Move	Fellerens bevegelser, forflytning i terrenget
C Clear	Fjerning av busker, små trær
P Prep	Klargjøring av treet som skal felles, fjerne kvist og vegetasjon rundt
F Fell	Starter fra felleren begynner med felleskåret
W Wedge	Bruk av fellespett, kiler
D Delay	Eventuelle stopp i produksjonen, fylling av motorsag etc
Z Size	Treets størrelse (1, 2 eller 3) 1=lite tre, 2=mellomstort, 3=stort

3.3.2 Vinsjing

Tabell 10: Deloperasjoner i datasett med forklaring - Vinsj

Deloperasjon	Forklaring
O Haul out	Løpekatt ut
J Lat Out	Heiseline ut
P Choke	Påstropping
L Lat in	Heiseline inn
I Haul in	Løpekatt inn
D Drop	Tømmeret slippes ned fra løpekatten inne ved basismaskinen
U Unchoke	Avstropping av maskinfører
Z Delay	Eventuelle stans
H Trees1	Antall trær i størrelse 1 som stropes
N Trees2	Antall trær i størrelse 2 som stropes
T Trees3	Antall trær i størrelse 3 som stropes
X Haul dist	Hvor langt løpekatten kjøres ut, estimere antall meter
Y Lat dist	Hvor langt heisekabelen dras ut i terrenget

3.3.3 Opparbeiding

Tabell 11: Deloperasjoner med forklaring - Opparbeiding

Deloperasjon	Forklaring
A Prepari	Klargjøring av treet før aptering
D log 1	Tid stokk nr 1
J log 2	Tid stokk nr 2
P log 3	Tid stokk nr 3
V log 4	Tid stokk nr 4
E log 5	Tid stokk nr 5
K log 6	Tid stokk nr 6
S Sort	Tid brukt til sortering på velta
B Biomass	Håndtering av GROT
W Landing	Tid brukt på velteplass til annet enn prosessering.
H Delay	Eventuelle stans
Z TrSize	Størrelse på treet, (1,2 eller 3)

3.4 Maskinbeskrivelse

3.4.1 Beskrivelse av driftssystemet

Det bardunfrie systemet benytter løpende bærekabel med tre vinsjetromler montert på en 22 tonn tung gravemaskin. Maskinen styres av en mann som vinsjer og opparbeider, mens en mann jobber ute i terrenget med felling og påstropping av tømmeret. Det vinsjes inn mellom åtte og ti trær før løpekatten kjøres halvveis ut stanses, mens trærne opparbeides med aggregatet på gravemaskinen.

Mens maskinføreren opparbeider forbereder terrengarbeideren ny runde med vinsjing. I noen tilfeller har han allerede hogd trærne som skal vinsjes, mens andre ganger feller han nye trær mens opparbeidingen pågår. Denne tiden brukes også til personlige pauser, påfylling av bensin på motorsagen eller filing av kjedet.

Under vinsjingen kjøres løpekatten ut i terrenget av maskinføreren. Når den nærmer seg terrengarbeideren tar han over styringen av løpekatten med fjernstyring. Deretter styrer han løpekatten opp på høyde med tømmeret som skal vinsjes. Så drar han med seg heiselinen ut til tømmeret og stropper det på. Så går han til en sikker plass og kjører inn heiselinen. Deretter styrer han løpekatten mot maskinen til maskinføreren tar over styringen. Når tømmeret kommer inn til maskinen blir det sluppet ned på bakken av maskinføreren og stropes av med automatiske stropper.

Aptering skjer manuelt der maskinføreren vurderer hvert tre og hver stokk. Først vurderes det hvor han skal begynne første stokk, deretter stokk nr. to etc. Det første som blir gjort er å kappe av en kubbe i rotenden. Deretter kvistes og kappes resten av treet. Stokkene kappes over lunna der de ulike sortimentene skal ligge. I noen tilfeller må det sorteres litt ekstra underveis. Kvist og topper blir ryddet unna etter hvert som det hoper seg opp rundt maskinen.

Når strekket er tomt for tømmer og maskinen skal flyttes demonteres taubanen først. Dette samarbeider de to arbeiderene om. Så begynner terrengarbeideren med å gjøre i stand et nytt endetre som barduneres. Når dette er gjort begynner felling av trærne i det nye strekket. Mens han gjør dette sorterer maskinføreren velta mer nøyaktig og gjør velta klar til videre transport. Så tar han med seg dieseltanken og flytter seg til ny oppstillingsplass. Så tar terrengarbeideren med seg vaieren opp til endetre, monterer, og de er i gang med nytt strekk.

3.4.2 Maskindata

Maskindata for hogstaggregatet og vinsjen er vist i Tabell 12 og i Tabell 13, og illustrert i Figur 13 og i Figur 14. Basismaskinen er vist i Figur 15 og maskindata er listet opp i Tabell 14 (*ZBH58-Harvester*).

Tabell 12: Maskindata hogstaggregat

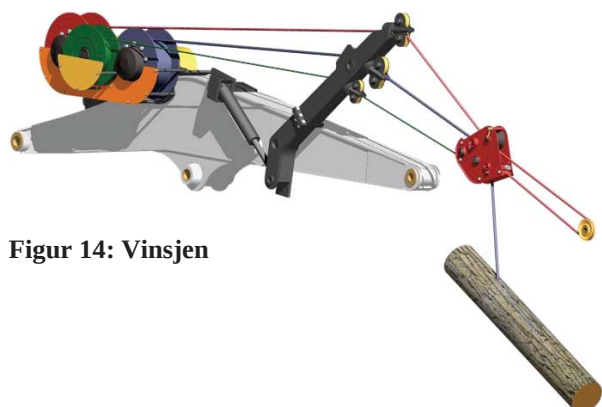
Klo åpningsbredde	1500 mm
Tverrsnitt klo	0,7 m ²
Sagmotorstørrelse	25,4 ccm
Kappdiameter	700 mm
Sagmotor	9,8 ccm
Kappdiameter sag	450 mm
Kvistdiameter	80-600 mm
Kvistkniv	5 stk.
Vals	4 stk.
Matekraft	4,25 to
Matehastighet	4,2 m/s
Vekt	1500 kg
Maksimalt oljetrykk	300 l/maks. 300 bar
Maksimal ytelse	150 hk
basmaskin	



Figur 13: Hogstaggregatet

Tabell 13: Maskindata vinsj (3 Seil Yarder)

Maksimal lengde på strekk	250 m
Trekkeline	250 m Ø11 mm
Returline	500 m Ø11 mm
Heiseline	500 m Ø6 mm



Figur 14: Vinsjen



Figur 15: Basismaskinen med påmonert Zöeggelerutstyr (Bilde: Even Hoffart)

Tabell 14: Maskindata basismaskin (DX210w Hjulgraver)

Modell	Doosan DX210w
Motoreffekt	170 hk
Bredde	2,5 meter
Høyde	3,1 meter
Vekt	21 tonn

3.5 Forutsetninger for maskinkalkyle

3.5.1 Faste kostnader

For å fastsette kapitalkostnaden benyttes det følgende formel og oppsett fra Lileng 2001 (Vennesland et al. 2006):

$$K = I - \left(\frac{R}{(1+p)^n} \right) * a \quad (\text{Formel 4})$$

$$a = p \left(\frac{(1+p)^n}{(1+p)^n - 1} \right) \quad (\text{Formel 5})$$

K = Årlig kapitalkostnad (kr)

I = Skogsmaskinens kjøpesum

R = Restverdi ved salg i nominelle priser om n-antall år

n = Antall år man har maskinen

p = Rentekrav i prosent

a = Amortiseringsfaktor som beregner årlig rente og avskrivning på et beløp som skal nedbetales i løpet av n år etter et rentekrav lik p

Investeringen av maskinen settes til 2 800 000 kr med en restverdi på 500 000 kr med forutsetning om at maskinen blir brukt 1 000 eller 1 500 timer i året. Forsikringer settes til 40 000 kr per år, selv om praksisen er noe ulik mellom forskjellige forsikringsselskap med tanke på om forsikringspremien knyttes mot måneder og år, eller direkte mot antall timer maskinen brukes. Kostnader for kontorlokaler og verksted settes til 2 500 kr per måned og 1500 kr i strømutfgifter per måned. Årlig utgjør dette til sammen 48 000 kr per år.

Lønnskostnader settes til 195 kr per time. I tillegg blir det lagt til 12 % feriepenger, 6 % arbeidsgiveravgift, 4 % sykefravær og 2 % for kurs og opplæring. Arbeidsgiveravgift og sykefravær er et gjennomsnitt av hele landet. Dette utgjør en timesats per mann lik 242 kr. I tillegg til dette legges ytterligere 242 kr per time til administrasjon.

3.5.2 Variable kostnader

De variable kostnadene forutsetter en produksjon på 5 m³ i timen.

- Diesel
 - Forutsetter et drivstofforbruk på 20 liter per time. Dieselpriisen settes til 9,44 kr per liter (Lysaker 2014).
- Hydraulikkolje
 - Hydraulikkolje skiftes etter 3 000 timer, 300 liter per gang. Hydraulikkoljen koster 25 kr per liter. Dette gir en kostnad lik 7 500 kr per oljeskift.
- Sagkjedeolje
 - Hogstaggregatet på maskinen opparbeider cirka 300 m³ for hver gang det fylles sagkjedeolje. Det fylles 7 liter sagkjedeolje for hver gang (Haneborg 2014). Forbruket av sagkjedeolje på motorsaga settes til 0,4 liter per time. Prisen på sagkjedeolje settes til 35,95 kr per liter.
- Motorolje
 - Motorolje skiftes for hver 650 time. Det fylles 35 liter for hvert oljeskift. Prisen på motorolje settes til 25 kr per liter. Dette gir en timeskostnad på 1,35 kr per time. Gearolje skiftes en gang per år. Det fylles 20 liter for hvert oljeskift. Prisen på gearolje settes til 60 kr per liter.
- Motorsagbensin
 - Det forutsettes at motorsaga kjører cirka 3 timer hver dag. Motorsaga forbruker cirka en halv liter bensin i timen. Prisen på miljøbensin settes til 25 kr per liter.
- Service på gravemaskinen
 - Service på gravemaskinen følger et gitt intervall. Denne kalkylen forutsetter at service koster 15 000 kr for hver 1 000 timer.
- Sverd
 - Sverd på hogstaggregatet byttes for hver 1 000 m³. Prisen på sverd er satt til 450 kr per stykk. Sverd til motorsaga ikke tatt med i kalkylen.
- Kjede
 - Kjede skiftes for hver 80 m³, men en kostnad på 100 kr per kjede. Dette gir en kostnad på 6,25 kr per time.
- Ståltau
 - Kostnader til ståltau settes til 55 kr per time.
- Dekk
 - Dekkene til maskinen skiftes hvert tiende år. Prisen per dekk settes til 3 100 kr. Denne prisen er hentet fra Gummilageret AS og er av merke Galaxy. Dette gir en årskostnad på 2 480 kr for 8 hjul.

- Kjettinger
 - Kjettinger brukes kun vinterstid. Maskinen kjører kun på vei, noe som gir liten slitasje på kjettingene. Prisen på kjetting til denne maskinen er hentet fra Tellefsdal kjetting, modell Twist 8 – tett. Prisen per kjettingpar er 3 401 kr. Forutsetter at kjettingene skiftes for hver 10 000 time. Dette gir en kostnad på 2,73 kr per time.
- Maskinflytting
 - Maskinen flyttes med trekkvogn for hver tredje drift. Det forutsettes at trekkvogntiden er fire timer per flytt. Prisen på flyttingen er satt til 850 kr per time. Forutsetter 12 drifter i året ved 1 000 timer, og 19 drifter i året ved 1 500 timer. Dette gir en flyttekostnad på 13 600 kr ved 1 000 timer og 23 800 kr ved 1 500 timer.

3.6 Driftskostnader

Forutsetningen for økonomiske beregninger er priser, kostnader og tilskudd gitt av Mjøsen Skog. Disse er listet opp i Tabell 15, Tabell 16 og Tabell 17.

Kostnader

Tabell 15: Driftspriser

Driftspris	300 kr/m ³
Kippetillegg	25 kr/m ³
Lassbærer	50 kr/m ³

Tømmerpriser

Tabell 16: Tømmerpriser

Skur	460 kr/m ³
Slip	205 kr/m ³
Energi	170 kr/m ³

Tilskudd

Tabell 17: Tilskudd

Gran	140 kr/m ³
Furu	170 kr/m ³

Mjøsen Skog regner med mellom 40 og 60 % sagtømmer per drift i Mjøsens område. Sagbruket gir i tillegg til dette etterbetaling på 20 kr/m³. Forutsetningene listet opp her gjelder for områder inntil fire trær per kubikk. Dersom det er fem trær per kubikk er det 20 kr/m³ påslag på driftsprisen og 40 kr dersom det er seks trær.

3.7 Statistisk analyse

Statistiske analyser i denne oppgaven er gjort med JMP 10.0 pro. Det er benyttet multipl regressjon for å bygge opp modellen. Responsvariabelen er mengde kubikk produsert per minutt, mens forklaringsvariablene er feltnålte verdier. Målet med regresjonsanalysen er å velge ut de forklaringsvariablene som er aktuelle for modellen, se problemstilling. Microsoft Excel 2013 er brukt for å beregne gjennomsnittsverdier, kubikkmengder og kubikk per tidsenhet. Disse variablene ble lagt til felldataene og deretter inn i JMP for statistisk analyse.

Multipl regressjon innebærer at flere forklaringsvariabler kan forklare responsen. Multipl regressjon uttrykkes med følgende formel:

$$Y_i = \alpha + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + e_1 \quad (\text{Formel 6})$$

X_{1i} , x_{2i} og x_{3i} er forklaringsvariablenes verdi som forklarer responsen Y_i . e_1 er feilleddet som er normalfordelt med forventning lik null og varians lik σ^2 . Feilleddet er den variasjonen som kan ikke forklares av x-parameterne. Koeffisientene $\alpha, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ er ukjente konstante størrelser. α er linjens krysningspunkt på y-aksen og β er linjens stigningstall. Dersom x_1 øker med 1, øker Y med β dersom resten av formelen holdes konstant. Målet er å estimere koeffisientene best mulig slik at det kan trekkes slutninger på bakgrunn av datasettet. Modellen (formel 6) kan utvides med flere variabler, eller reduseres til bare to forklaringsvariabler (Løvås 2004).

En god modell forklarer variasjonen godt, og ikke de tilfeldige avvikene som finnes. Responsvariabelens totale variasjon, Total sum of squares (SST), angir summen av avvikskvadranten mellom Y og $\hat{Y}$. Sum of squares residuals (SSR) angir variasjonen i Y -variabelen som kan forklares av modellen. Error sum of squares (SSE) utgjør tilfeldig variasjon man ikke kan kontrollere i datasettet som ligger til grunn for modellen. SSE og SSR ligger innunder SST, og dermed kan modellens forklaringsgrad uttrykkes med følgende formel:

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} \quad (\text{Formel 7})$$

En høy R^2 indikerer en god modell. Denne verdien beskriver regresjonsmodellens tilpasning til de observerte verdiene. R^2 er definert som andelen variasjon som forklares i regresjonsmodellen i forhold til total variasjon i den avhengige variabelen (Økseter 2011). Denne verdien vil øke dersom man legger til flere forklaringsvariabler.

4 Resultater

Det blir presentert gjennomsnittlig tidsforbruk for vinsjing og opparbeiding for hver av de tre studieområdene. Tidsforbruket på felling blir presentert for Sjoa. Det blir presentert en samlet produksjon i kapittel 4.4 der dataene fra studieområdene er lagt sammen.

4.1 Sjoa

Bestandet i Sjoa var det første bestandet som ble tidsstudert.

4.1.1 Felling

Volumfordelingen i dette bestandet gir 0,16 m³ per tre med trestørrelse 1, 0,36 m³ per tre for trær med trestørrelse 2 og 0,78 m³ per tre for trær med trestørrelse 3.

Tabell 18: Verdier fra datasett felling Sjoa

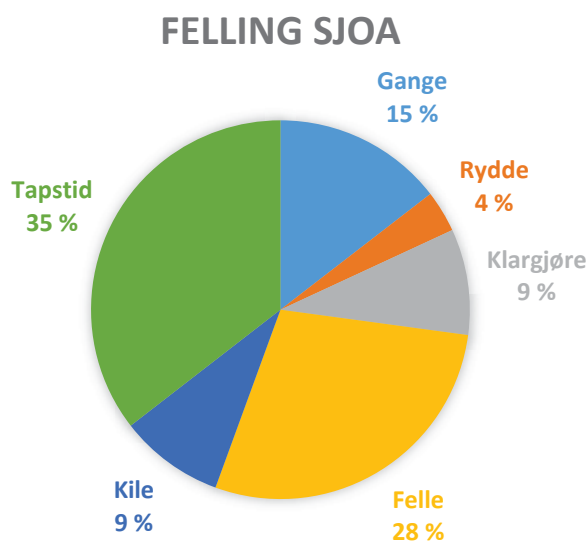
Deloperasjon	Maks.verdi (sekunder)	Min.verdi (sekunder)	Std.avvik (sekunder)	Gj.snitt (sekunder)
Gange	191	2	29	32
Rydde	246	2	28	25
Klargjøre	359	4	91	65
Felle	230	8	38	60
Kile	213	1	31	41

Tabell 18 viser maksimumsverdi, minimumsverdi, standardavvik og gjennomsnittlige tider i sekunder for fellingen i bestandet fra Sjoa. Det ble felt 69 trær med trestørrelse 1, 78 trær med trestørrelse 2 og 17 trær med trestørrelse 3. Dette gir avvirkning lik 53 m³ i løpet av de 6,5 timene datamaterialet dekker. Dette gir en produksjon lik 8 m³/time.

Tallene i Tabell 19 forutsetter at trærne som felles har en gjennomsnittsdimensjon på ca. 0,3 m³, og terrenget har en hellingsprosent på ca. 40 med få hinder. Prosentvis tidsfordeling er vist i Figur 16.

Tabell 19: Gjennomsnittlige prestasjonstall for felling Sjoa

Deloperasjon	Gj.snitt tid per tre (sekunder)
Gange	28
Rydde	7
Klargjøre	17
Felle	54
Kile	17
Tapstid	68
Totaltid	191
Sum sekunder	382
Sum minutter	6,37
M ³ /time	8



Figur 16: Prosentvis tidsfordeling for felling Sjoa

Tapstider knyttet til felling er fylling av motorsag, filing av kjede og personlige pauser. Dette gir en stor andel tapstid, selv om mye av denne tiden må regnes med som hjelpetider i den produktive tiden.

4.1.2 Vinsjing

Tabell 20: Verdier fra datasettet for vinsjing Sjoa

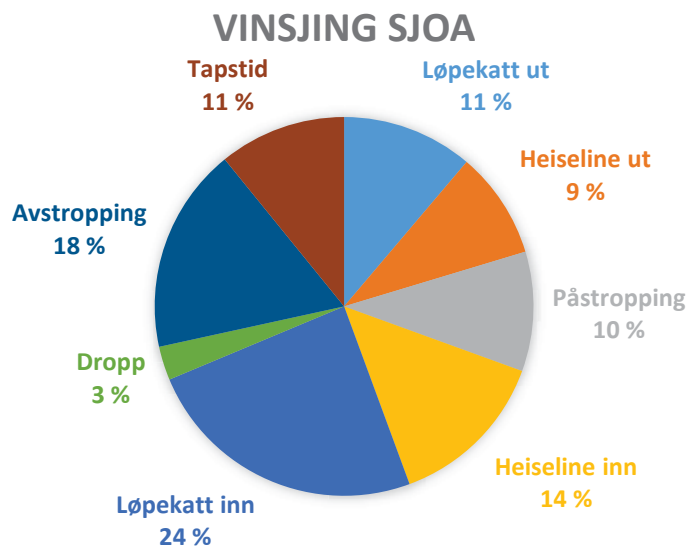
Deloperasjon	Maks.verdi (sekunder)	Min.verdi (sekunder)	Std.avvik (sekunder)	Gj.snitt (sekunder)
Løpekatt ut	81	13	15	44
Heiseline ut	88	8	16	38
Påstropping	127	4	24	42
Heiseline inn	187	8	31	58
Løpekatt inn	257	13	43	98
Dropp	178	3	19	11
Avstropping	169	10	20	71
	Maksverdi (meter)	Min.verdi (meter)	Std.avvik (meter)	Gj.snitt (meter)
Løpekatt distance	120	15	28	74
Heiseline distance	20	1	4	6

Tabell 20 viser maksimumsverdi, minimumsverdi, standardavvik og gjennomsnitt for vinsjingen som ble gjort i bestandet i Sjoa. Det ble vinsjet ned 171 trær med trestørrelse 1, 124 trær med trestørrelse 2 og 41 trær med trestørrelse 3. Samlet ble det vinsjet 105 m^3 i løpet av 18 timene datasettet inneholder. Dette gir en produksjon på vinsjingen lik $5,84 \text{ m}^3/\text{time}$. Gjennomsnittlig størrelse på hivet var her $0,7 \text{ m}^3$ og gjennomsnittlig antall trær i hivet var ca. 2,3 trær.

Prestasjonstallene i Tabell 21 forutsetter at det vinsjes ca. $0,7 \text{ m}^3$ per hiv, løpekatten kjøres en strekning på ca. 74 meter og heiselinen trekkes ca. 6,5 meter ut i terrenget. Prosentvis tidsfordeling til deloperasjonene vises i Figur 17: Prosentvis tidsfordeling vinsjing Sjoa

Tabell 21: Prestasjonstall vinsjing Sjoa

Deloperasjon	Gj.snitt tid per hiv (sekunder)
Løpekatt ut	41
Heiseline ut	34
Påstropping	38
Heiseline inn	51
Løpekatt inn	90
Dropp	11
Avstropping	65
Tapstid	40
Sum sekunder	370
Sum minutter	6,17



Figur 17: Prosentvis tidsfordeling vinsjing Sjoa

Under tidsstuderingen ble det samtidig gjort justeringer på hydraulikksystemet. Dette resulterer i relativ høy tapstid på 11 %.

4.1.3 Opparbeiding

Tabell 22: Verdier fra datasettet opparbeiding Sjoa

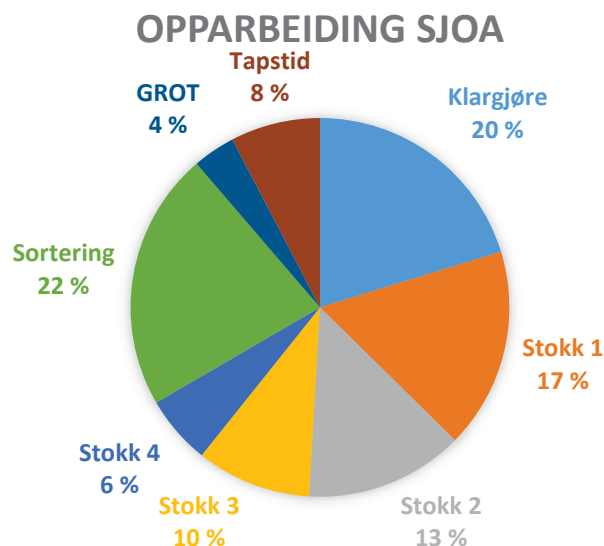
Deloperasjon	Maks.verdi (sekunder)	Min.verdi (sekunder)	Std.avvik (sekunder)	Gj.snitt (sekunder)
Klargjøre	97	6	19	35
Stokk 1	96	1	15	20
Stokk 2	60	9	8	20
Stokk 3	58	2	11	20
Stokk 4	51	6	9	21
Sortering	74	12	19	35
GROT	249	17	98	75

Tabell 22 viser maksimumsverdi, minimumsverdi, standardavvik og gjennomsnitt for opparbeidingen på Sjoa. Det ble opparbeidet 168 trær i trestørrelse 1, 121 trær i trestørrelse 2, og 30 trær i trestørrelse 3. Samlet ble det opparbeidet 319 trær med tilsammen 95 m³. Dette gir en produksjon lik 7 m³/time i løpet av de 14 timene datasettet dekker.

Tallene i Tabell 23 forutsetter at gjennomsnittsdimensjonen er ca. 0,3 m³ per tre som opparbeides. Prosentvis tidsfordeling er vist i Figur 18.

Tabell 23: Gjennomsnittlig prestasjonstall for opparbeiding Sjoa

Deloperasjon	Gj.snitt tid sek per tre
Klargjøre	29
Stokk 1	25
Stokk 2	19
Stokk 3	14
Stokk 4	8
Sortering	32
GROT	5
Tapstid	11
Sum tid sekunder	143
Sum tid minutter	2,39



Figur 18: Prosentvis tidsfordeling opparbeiding Sjoa

De gjennomsnittlige prestasjonstallene til deloperasjonene i Tabell 23 viser tider opp til fire stokker per tre. Datasettet inneholder tider for opp til seks stokker per tre, men dette tatt ut på grunn av for få observasjoner til å si noe sikkert om hva som er tidsforbruket.

4.2 Harpefoss

4.2.1 Vinsjing

Tabell 24: Verdier fra datasettet vinsjing Harpefoss

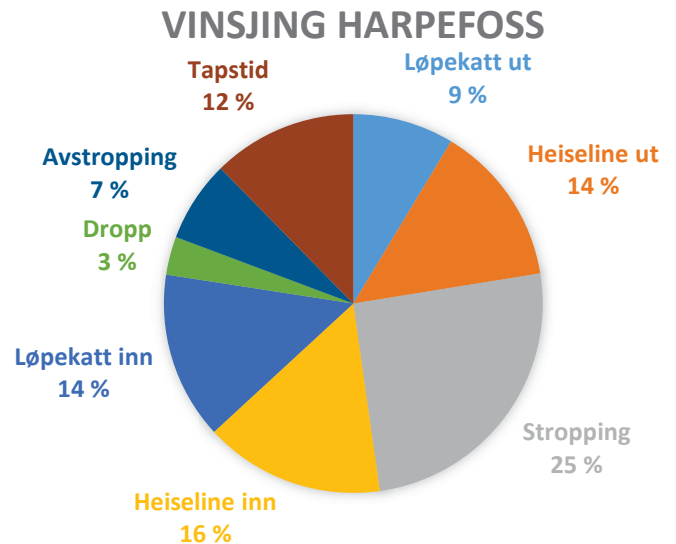
Deloperasjon	Maks.verdi (sekunder)	Min.verdi (sekunder)	Std.avvik (sekunder)	Gj.snitt (sekunder)
Løpekatt ut	79	4	23	38
Heiseline ut	145	3	36	61
Påstropping	456	12	98	111
Heiseline inn	173	5	43	68
Løpekatt inn	138	8	33	63
Dropp	27	2	7	14
Avstropping	167	2	32	31
	Maksverdi (meter)	Min.verdi (meter)	Std.avvik (meter)	Gj.snitt (meter)
Løpekatt distanse	25	1	7	6
Heiseline distanse	17	1	6	7

Tabell 24 viser maksimumsverdi, minimumsverdi, standardavvik og gjennomsnitt fra datasettet fra Harpefoss. Datasettet for vinsjing fra Harpefoss inneholder 46 trær fordelt på 28 hiv. De 46 trærne er delt i 14 trær med trestørrelse 1, 15 trær med trestørrelse 2 og 17 trær med trestørrelse 3. Volumfordelingen i dette bestandet er lik som i Sjoa, se øverst i kapittel 4.1.1. Dette gir til sammen 19 m^3 fordelt på tre timer. Dette gir en produksjon på ca. 6 m^3 for vinsjing. Maskinen hadde i dette området montert automatiske stropper, noe som har bedret avstroppingstiden betraktelig. Til tross for dette er maksimumsverdien i datasettet 167 sekunder, noe som tilsvarer 2 minutter og 13 sekunder. Dette unaturlige høye tidsforbruket forklares av problemene som er beskrevet i kapittel 3.3. Gjennomsnittlig størrelse på lasset her var $0,7 \text{ m}^3$ med gjennomsnittlig 2,3 trær per lass.

Tallene i Tabell 25 forutsetter at det vinsjes ca. 0,7 m³ per hiv, løpekatten kjøres en strekning på ca. 37 meter og heiseline trekkes ca. 12 meter ut i terrenget. Prosentvis tidsfordeling er vist i Figur 19.

Tabell 25: Gjennomsnittlige prestasjonstall for vinsjing på Harpefoss

Deloperasjon	Gj.snitt tid per hiv (sekunder)
Løpekatt ut	38
Heiseline ut	61
Stropping	111
Heiseline inn	68
Løpekatt inn	63
Dropp	14
Avstropping	31
Tapstid	54
Sum sekunder	440
Sum minutter	7,33



Figur 19: Prosentvis tidsfordeling vinsjing Harpefoss

4.2.2 Opparbeiding

Tabell 26: Verdier fra datasettet opparbeiding Harpefoss

Deloperasjon	Maks.verdi (sekunder)	Min.verdi (sekunder)	Std.avvik (sekunder)	Gj.snitt (sekunder)
Klargjøring	546	1	119	78
Stokk 1	144	2	29	30
Stokk 2	87	2	19	26
Stokk 3	58	3	13	27
Stokk 4	67	3	12	29
Stokk 5	55	2	17	25
Sortering	183	4	59	64
GROT	76	16	25	49
Tapstid	51	38	6	44
Rydding rundt maskinen	351	7	121	127

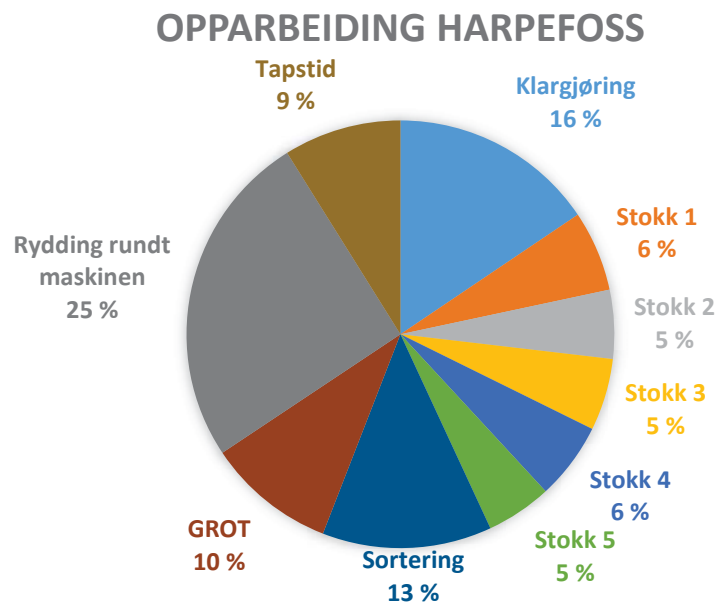
Tabell 26 inneholder maksimumsverdier, minimumsverdier, standardavvik og gjennomsnittsverdier fra datasettet for opparbeiding på Harpefoss. Datasettet består av 43 trær som ble opparbeidet. Det ble opparbeidet 12 trær med trestørrelse 1, 12 trær med trestørrelse 2

og 19 trær med trestørrelse 3. Volumfordelingen er lik som beskrevet for Sjoa. Dette gir til sammen 21 m³ som ble opparbeidet i løpet av 2 timer og 40 minutter. Dette gir produksjon lik ca. 8 m³/time.

Tallene i Tabell 27 forutsetter at gjennomsnittdimensjonen på trærne som opparbeides er 0,5 m³. Prosentvis tidsfordeling er vist i Figur 20.

Tabell 27: Gjennomsnittlig prestasjon for opparbeiding Harpefoss

Deloperasjon	Gj.snitt tid per tre (sekunder)
Klargjøring	78
Stokk 1	30
Stokk 2	26
Stokk 3	27
Stokk 4	29
Stokk 5	25
Sortering	64
GROT	49
Rydding rundt maskinen	127
Tapstid	44
Sum sekunder	499
Sum minutter	8,31



Figur 20: Prosentvis tidsfordeling for opparbeiding Harpefoss

Tidsforbruket for rydding rundt maskinen oppstår ikke konsekvent for hver stokk. Det opparbeides et sporadisk antall stokker før det må sorteres på standplassen underveis i opparbeidingen.

4.3 Skjåk

4.3.1 Vinsjing

Tabell 28: Verdier fra datasettet for vinsjing i Skjåk

Deloperasjon	Maks.verdi (sekunder)	Min.verdi (sekunder)	Std.avvik (sekunder)	Gj.snitt (sekunder)
Løpekatt ut	197	20	41	66
Heiseline ut	223	10	30	46
Påstropping	156	20	34	70
Heiseline inn	89	5	16	31
Løpekatt inn	290	16	58	91
Dropp	43	3	8	17
Avstropping	167	6	22	24
	Maksverdi (meter)	Min.verdi (meter)	Std.avvik (meter)	Gj.snitt (meter)
Løpekatt distanse	249	30	59	94
Heiseline distanse	14	2	3	8

Tabell 28 inneholder maksimumsverdier, minimumsverdier, standardavvik og gjennomsnittsverdier fra datasettet for vinsjingen på Skjåk. Datasettet består av 84 hiv og det ble til sammen vinsjet ned 111 trær. Disse trærne fordeler seg med 34 trær med trestørrelse 1, 58 trær med trestørrelse 2 og 19 trær med trestørrelse 3. Volumfordelingen i bestandet gir 0,6 m³ per tre med trestørrelse 1, 0,8 m³ per tre for trestørrelse 2 og 1,3 m³ per tre for trestørrelse 3. Til sammen utgjør dette 96 m³ i løpet av de 7 timene datasettet dekker. Dette gir en produksjon på ca. 14 m³/time. Gjennomsnittlig størrelse på lasset her var 1,1 m³ med gjennomsnittlig 1,5 trær per lass.

Tallene i Tabell 29 forutsetter at det vinsjes 1,3 m³ per hiv, løpekatten gjør en strekning på ca. 95 meter og heiseline trekkes 7,8 meter ut til tømmeret som stropes. Prosentvis tidsfordeling er vist i Figur 21.

Tabell 29: Gjennomsnittlige prestasjonstall for vinsjing i Skjåk

Deloperasjon	Gj.snitt tid per hiv (sekunder)
Løpekatt ut	59
Heiseline ut	35
Stropping	57
Heiseline inn	23
Løpekatt inn	80
Drop	15
Avstropping	20
Sum sekunder	289
Sum minutter	4,82



Figur 21: Prosentvis tidsfordeling for vinsjing i Skjåk

4.3.2 Opparbeiding

Tabell 30: Verdier fra datasettet opparbeiding i Skjåk

Deloperasjon	Maks.verdi (sekunder)	Min.verdi (sekunder)	Std.avvik (sekunder)	Gj.snitt (sekunder)
Klargjøre	139	8	26	48
Stokk 1	100	7	11	19
Stokk 2	57	7	8	20
Stokk 3	203	8	23	27
Stokk 4	34	11	6	21
Sortering	576	11	115	95
GROT	382	6	99	104

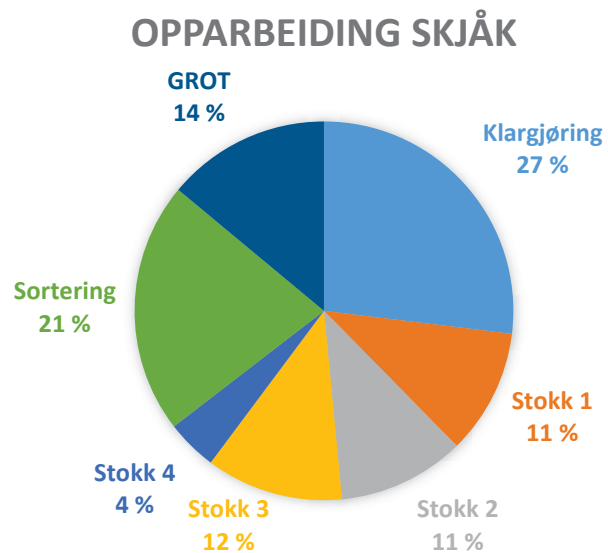
Datasettet består av 100 trær som opparbeides. De 100 trærne fordeler seg i 36 trær med trestørrelse 1, 45 trær med trestørrelse 2 og 19 trær med trestørrelse 3. Til sammen utgjør disse trærne 87 m³ som ble opparbeidet på 5 timer og 14 minutter. Dette gir en produksjon lik 16,7 m³/time.

Tallene i tabell Tabell 31 forutsetter at gjennomsnittsdimensjonen per tre er ca. 0,9 m³.

Prosentvis tidsfordeling er vist i Figur 22.

Tabell 31: Gjennomsnittlig prestasjon opparbeiding Skjåk

Deloperasjon	Gj.snitt tid per tre (sekunder)
Klargjøring	45
Stokk 1	18
Stokk 2	18
Stokk 3	19
Stokk 4	7
Sortering	36
GROT	23
Sum sekunder	166
Sum minutter	2,77



Figur 22: Gjennomsnittlig tidsfordeling opparbeiding Skjåk

Totalt ble produsert 58 m³ som gir en prestasjon på 6,4 m³ per time på hele systemet.

4.4 Total vinsj og opparbeiding

4.4.1 Vinsjing

Tabell 32: Verdier fra samlet datasett for vinsjing

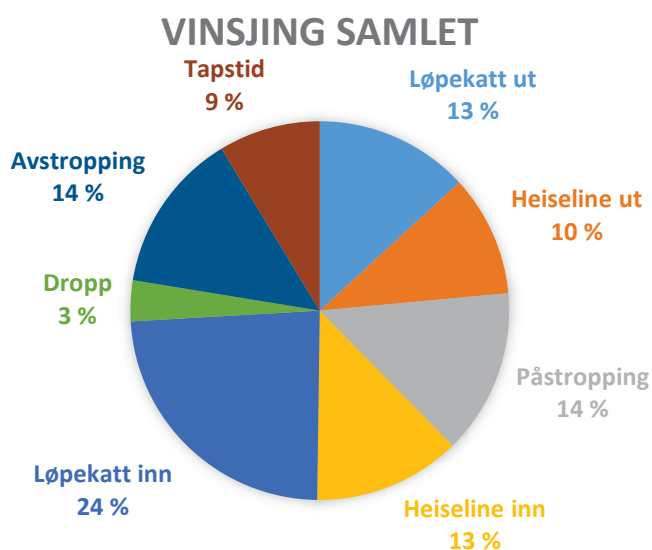
Deloperasjon	Maks.verdi (sekunder)	Min.verdi (sekunder)	Std.avvik (sekunder)	Gj.snitt (sekunder)
Løpekatt ut	197	4	28	50
Heiseline ut	223	3	24	42
Påstropping	456	4	45	56
Heiseline inn	187	5	32	52
Løpekatt inn	290	8	48	92
Dropp	178	2	16	13
Avstropping	169	2	31	54
Tapstid	1458	6	275	144
	Maksverdi (meter)	Min.verdi (meter)	Std.avvik (meter)	Gj.snitt (meter)
Løpekatt distanse	249	1	46	74
Heiseline distanse	20	1	4	7

Tabell 32 inneholder maksimumsverdier, minimumsverdier, standardavvik og gjennomsnittsverdier fra samlet datasett for Sjoa, Harpefoss og Skjåk. Datasettet består av 278 hiv og 334 trær. Trærne fordeler seg i 121 trær med trestørrelse 1, 144 trær med trestørrelse 2 og 69 trær med trestørrelse 3. Gjennomsnittsvolum for hver trestørrelse gir 0,42 m³ for trær med trestørrelse 1, 0,70 m³ for trær med trestørrelse 2 og 1,0 m³ for trær med trestørrelse 3. Til sammen utgjør dette ca. 223 m³ som vinsjes i løpet av de 27 timene og 54 minuttene datasettet dekker. Dette gir en prestasjon lik 8 m³/time.

Tallene i Tabell 33 forutsetter at det vinsjes ca. 0,9 m³ per hiv, løpekatten kjører ca. 70 meter og heiselina dras 6 meter ut i terrenget. Prosentvis tidsfordeling er vist i Figur 23.

Tabell 33: Gjennomsnittlig prestasjon for samlet vinsjing

Deloperasjon	Gj.snitt tid per hiv (sekunder)
Løpekatt ut	47
Heiseline ut	37
Påstropping	50
Heiseline inn	44
Løpekatt inn	84
Dropp	12
Avstropping	49
Tapstid	31
Sum sekunder	353
Sum minutter	6



Figur 23: Prosentvis tidsfordeling vinsjing samlet

4.4.2 Opparbeiding

Tabell 34: Verdier fra samlet datasett opparbeiding

Deloperasjon	Maks.verdi (sekunder)	Min.verdi (sekunder)	Std.avvik (sekunder)	Gj.snitt (sekunder)
Klargjøre	546	1	44	44
Stokk 1	144	1	17	24
Stokk 2	184	2	14	22
Stokk 3	203	2	15	25
Stokk 4	75	3	11	26
Stokk 5	78	2	13	28
Stokk 6	33	10	77	24
Sortering	2195	4	238	110
GROT	382	6	76	71
Rydding rundt maskinen	351	7	112	109
Tapstider	863	38	304	269

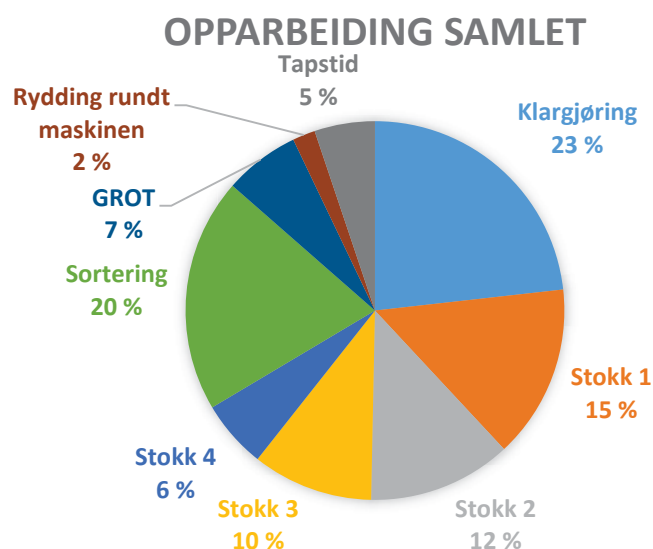
Tabell 34 inneholder maksimumsverdier, minimumsverdier, standardavvik og gjennomsnittsverdier fra samlet datasett for opparbeiding. Det samlede datasettet består av 467 trær som opparbeides. Disse trærne fordeler seg i 216 trær med trestørrelse 1, 178 trær med trestørrelse 2 og 68 trær med trestørrelse 3. Volumfordelingen fordeler seg med gjennomsnittsvolum per tre med trestørrelse 1 lik $0,25 \text{ m}^3$, $0,49 \text{ m}^3$ per tre med trestørrelse 2 og $0,90 \text{ m}^3$ per tre med trestørrelse 3. Samlet utgjør dette 203 m^3 som ble opparbeidet i løpet

av de 21 timene og 33 minuttene datasettet dekker. Dette utgjør en produksjon lik $9,4 \text{ m}^3$ per time.

Tallene i Tabell 35 forutsettes at gjennomsnittsdimensjonen per tre opparbeidet lik $0,5 \text{ m}^3$. Prosentvis tidsfordeling er vist i Figur 24.

Tabell 35: Gjennomsnittlig prestasjon for opparbeiding samlet

Deloperasjon	Gj.snitt tid per tre (sekunder)
Klargjøring	36
Stokk 1	23
Stokk 2	19
Stokk 3	16
Stokk 4	9
Sortering	31
GROT	10
Rydding rundt maskinen	3
Tapstid	8
Sum sekunder	155
Sum minutter	2,58



Figur 24: Prosentvis tidsfordeling for opparbeiding samlet

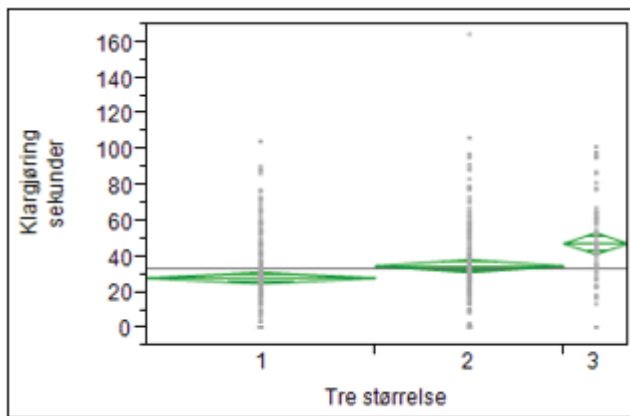
Isolert sett ser vi at felleren presterer 8 m^3 per time, vinsjingen presterer 8 m^3 per time og opparbeidingen presterer $9,5 \text{ m}^3$ per time. I Skjåk hadde hele systemet et samlet prestasjon på $6,4 \text{ m}^3$ per time noe som er en høy prestasjon for dette systemet og kan forklares med den store gjennomsnittsdimensjonen i Skjåk. I Sjoa og på Harpefoss var det noe mindre, ca. 5 m^3 per time. Prestasjonen til dette systemet vil da ligge et sted mellom 5 og 6 m^3 per time.

Avstropping

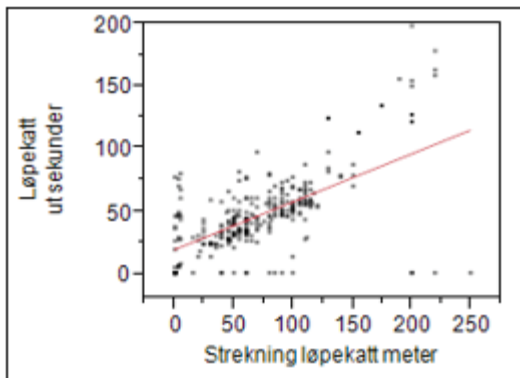
Avstropping av tømmeret nede ved maskinen har en stor forbedring i prestasjon fra manuelle stropper ved Sjoa og Harpefoss til automatiske stropper ved Skjåk. Endringen er fra 18 % av syklusen til 7 %. Dette utgjør en innspart tid på ca. 25 sekunder per hiv.

Klargjøringen av treet før aptering

Tiden maskinføreren bruker til klargjøring av treet før aptering tar mye tid, noe vi kan se av kakediagrammene under hvert enkelt studiested, og alle studiestedene samlet. Figur 25 viser at tiden klargjøringen tar øker signifikant med økende trestørrelse. Denne modellen treffer med en p-verdi på $<0,0001$ med en R^2 lik 0,065 og RMSE på 24. Forklaringsgraden R^2 er lav, men modellen er likevel signifikant på et 5 % nivå.



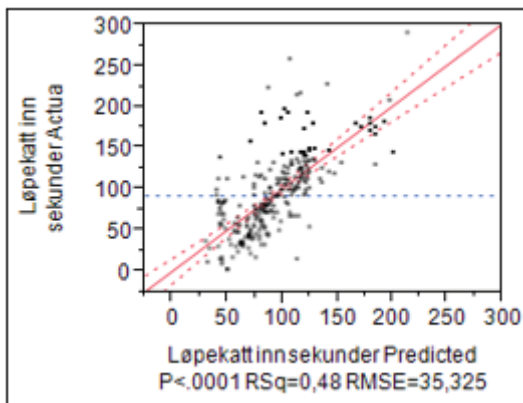
Figur 25: Tidsforbruk for klargjøring per trestørrelse



Figur 26: Sammenhengen mellom tiden løpekatten bruker på å kjøre ut mot strekningen den tilbakelegger

Figur 26 viser sammenhengen mellom tiden løpekatten bruker ut i terrenget og antall meter den kjører. Sammenhengen er signifikant på et 5 % nivå med en R^2 lik 0,37 og RMSE lik 46. I gjennomsnitt bruker løpekatten 1,4 sekunder per meter på utkjøring av løpekatten. Tiden løpekatten bruker på å kjøre lasset inn er i gjennomsnitt 2,8 sekunder per meter. Denne tiden er avhengig av hvor stort lass som vinsjes inn til maskinen. Sammenhengen vises i Figur 27. Denne sammenhengen treffer med en R^2 lik 0,48 og en RMSE 35. Strekningen som

tilbakelegges har størst signifikant sammenheng, men størrelsen på lasset har også signifikant påvirkning på tiden løpekatten bruker inn til basismaskinen.



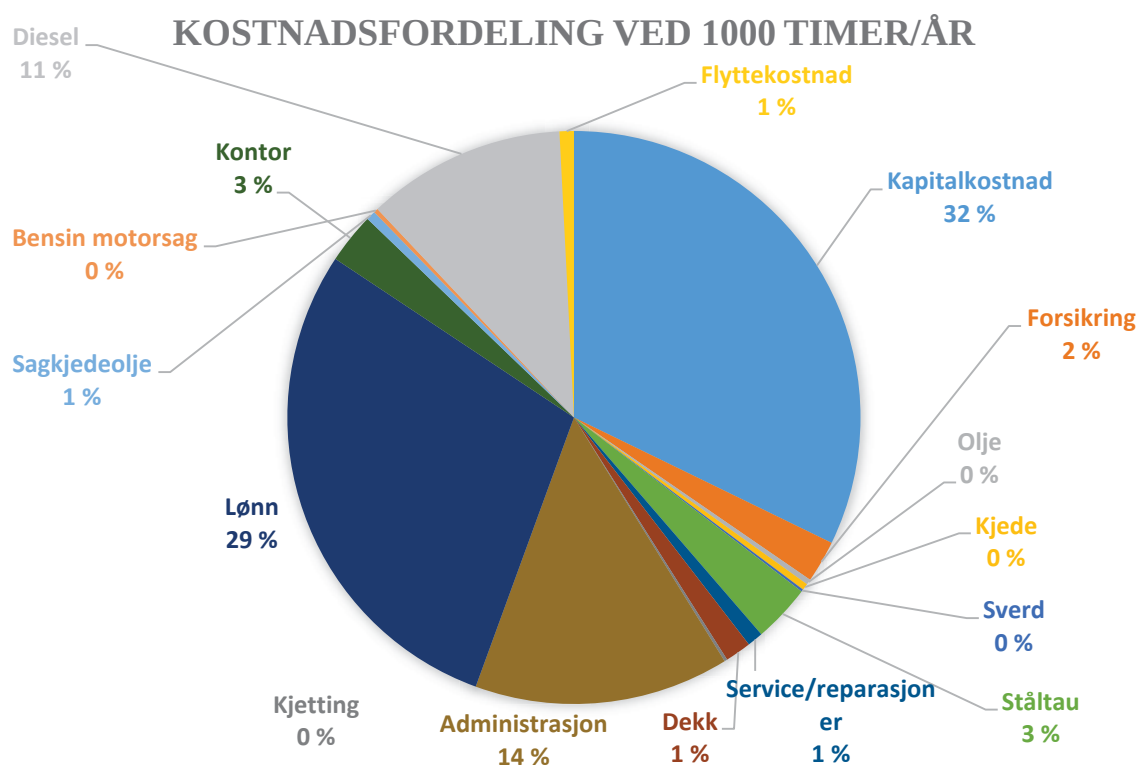
Figur 27: Sammenhengen mellom tiden løpekatten på å bruke inn, strekningen den tilbakelegger og størrelse på lasset

4.5 Maskinkalkyle

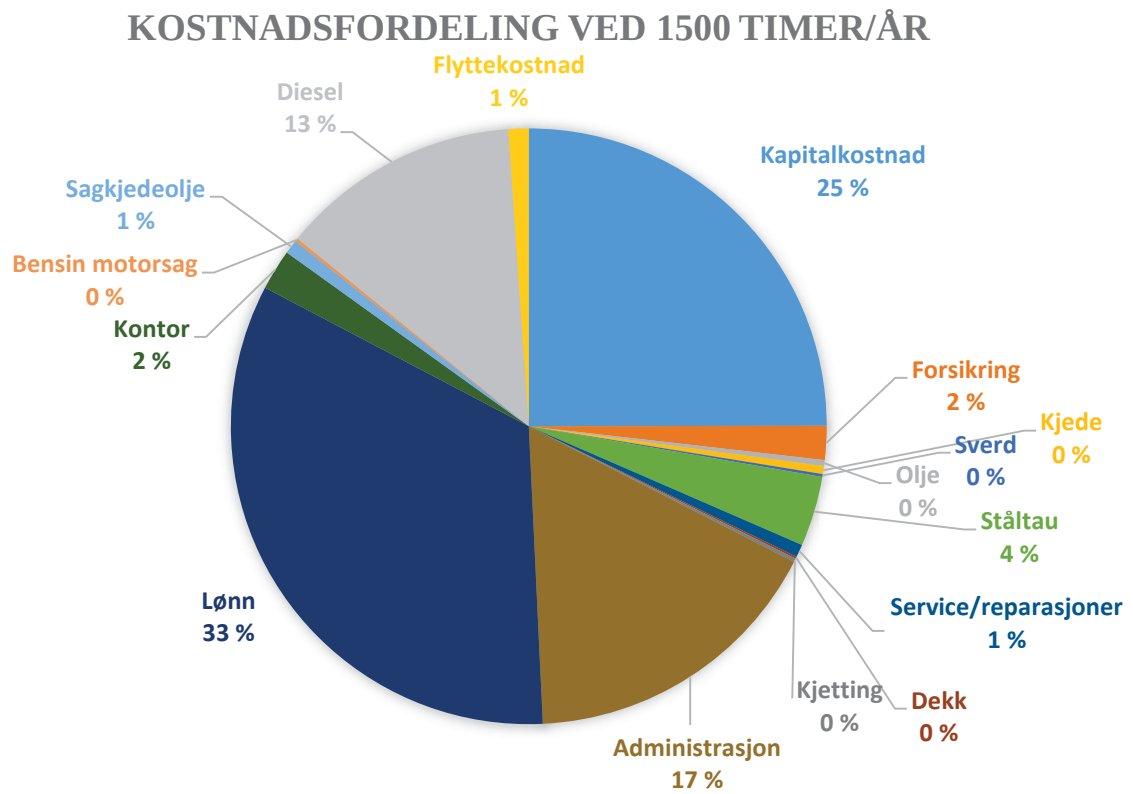
Tabell 36 viser driftskostnadene fordelt på timer og kubikk for henholdsvis 1 000 timer og 1 500 timer per år. Det forutsettes en produksjon på 5 kubikk per time. Kostnadene er vist som en prosentvis andel av timekostnaden i Figur 28 ved 1 000 timer per år og i Figur 29 ved 1 500 timer per år.

Tabell 36: Fordelingen av timekostnader

Kostnader	Timer/år				Kostnadsfordeling	
	1000		1500		1000	1500
Kapitalkostnad	kr	541,90	kr	361,27	32,2 %	25,0 %
Forsikring	kr	40,00	kr	26,67	2,4 %	1,8 %
Olje	kr	5,05	kr	4,65	0,3 %	0,3 %
Kjede	kr	6,25	kr	6,25	0,4 %	0,4 %
Sverd	kr	2,25	kr	2,25	0,1 %	0,2 %
Ståltau	kr	55,00	kr	55,00	3,3 %	3,8 %
Service/reparasjoner	kr	15,00	kr	10,00	0,9 %	0,7 %
Dekk	kr	24,80	kr	1,65	1,5 %	0,1 %
Kjetting	kr	2,73	kr	2,73	0,2 %	0,2 %
Administrasjon	kr	242,00	kr	242,00	14,4 %	16,8 %
Lønn	kr	484,00	kr	484,00	28,8 %	33,5 %
Kontor	kr	48,00	kr	32,00	2,9 %	2,2 %
Sagkjedeolje	kr	8,95	kr	11,09	0,5 %	0,8 %
Bensin motorsag	kr	4,16	kr	2,50	0,2 %	0,2 %
Diesel	kr	188,80	kr	188,80	11,1 %	12,9 %
Flyttekostnad	kr	13,60	kr	15,87	0,8 %	1,1 %
Sum kr/time	kr	1 680,49	kr	1 444,72	100 %	100 %
Sum kr/m ³	kr	336,10	kr	288,94		



Figur 28: Kostnadsfordeling per time for 1 000 timer per år



Figur 29: Kostnadsfordeling per time for 1 500 timer per år

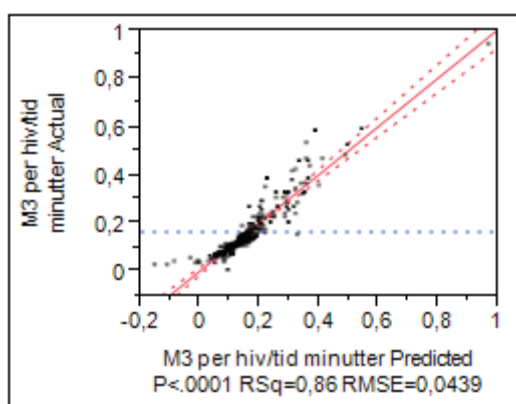
Resultater

	Løpekatt inn sekunder	Dropp sekunder	Avstopping ut sekunder	Løpekatt strekning løpekatt ut sekunder	Heiseline ut sekunder	Heiseline inn sekunder	Påstopping sekunder	Tapstid sekunder	Effektiv tid sekunder	Total tid sekunder	Ant. Tre 1	Ant. Tre 2	Ant. Trær per hiv	M3 Tre 1	M3 Tre 2	M3 Tre 3	Totalt m3 Gj.snitt m3 per hiv	Totalt m3 per tre per hiv	M3 per hiv/tid minutter			
Løpekatt inn sekunder	1,00	-0,05	0,40	0,28	0,61	0,19	0,13	0,18	0,13	0,03	0,70	0,48	0,11	0,09	-0,03	0,21	0,05	-0,03	0,02	-0,02	0,48	-0,28
Dropp sekunder	-0,05	1,00	-0,13	-0,07	-0,10	-0,04	0,01	-0,14	0,08	0,02	0,03	0,03	-0,14	0,05	-0,01	-0,09	0,26	0,38	0,18	0,33	0,03	0,26
Avstopping sekunder	0,40	-0,13	1,00	-0,10	0,05	0,11	0,08	0,31	0,02	0,11	0,52	0,42	0,35	0,11	-0,10	0,42	-0,29	-0,48	-0,22	-0,54	0,42	-0,43
Løpekatt ut sekunder	0,28	-0,07	-0,10	1,00	0,61	0,25	0,18	0,03	0,22	0,06	0,45	0,34	-0,05	0,11	0,09	0,09	0,36	0,17	0,18	0,13	0,34	-0,20
Strekning løpekatt meter	0,61	-0,10	0,05	0,61	1,00	0,10	0,09	0,00	-0,02	0,00	0,42	0,29	0,02	-0,02	0,08	0,06	0,32	0,13	0,22	0,19	0,29	-0,11
Heiseline ut sekunder	0,19	-0,04	0,11	0,25	0,10	1,00	0,38	0,28	0,42	0,04	0,57	0,39	-0,08	0,05	-0,02	0,21	0,06	0,02	0,03	-0,05	0,39	-0,10
Heiseline meter	0,13	0,01	0,08	0,18	0,09	0,38	1,00	0,27	0,17	0,05	0,32	0,24	-0,30	-0,01	-0,03	0,11	0,01	0,07	-0,03	0,08	0,24	0,03
Heiseline inn sekunder	0,18	-0,14	0,31	0,03	0,00	0,28	0,27	1,00	0,15	0,08	0,52	0,39	-0,04	-0,03	-0,16	0,17	-0,30	-0,33	-0,35	-0,23	0,39	-0,30
Påstopping sekunder	0,13	0,08	0,02	0,22	-0,02	0,42	0,17	0,15	1,00	0,08	0,60	0,43	-0,08	0,11	0,11	0,26	0,06	0,19	0,25	0,03	0,43	0,00
Tapstid sekunder	0,03	0,02	0,11	0,06	0,00	0,04	0,05	0,08	0,08	1,00	0,11	0,76	0,17	-0,03	0,07	0,09	0,00	-0,11	0,11	-0,08	0,76	-0,19
Effektiv tid sekunder	0,70	0,03	0,52	0,45	0,42	0,57	0,32	0,52	0,60	0,11	1,00	0,73	0,06	0,16	-0,01	0,42	-0,01	-0,09	0,03	-0,20	0,73	-0,43
Total tid sekunder	0,48	0,03	0,42	0,34	0,29	0,39	0,24	0,39	0,43	0,76	0,73	1,00	0,18	0,06	0,04	0,33	0,00	-0,13	0,09	-0,17	1,00	-0,38
Ant. Tre 1	0,11	-0,14	0,35	-0,05	0,02	-0,08	-0,30	-0,04	0,18	1,00	0,06	0,18	1,00	-0,33	0,00	0,73	0,34	-0,31	-0,21	-0,50	0,18	-0,23
Ant. Tre 2	0,09	0,05	0,11	0,11	-0,02	0,05	-0,01	-0,03	0,11	-0,03	0,16	0,06	-0,33	1,00	0,00	0,19	-0,42	0,61	0,00	0,00	0,06	0,17
Ant. Tre 3	-0,03	-0,01	-0,10	0,09	0,08	-0,02	-0,03	-0,16	0,11	0,07	-0,01	0,04	0,00	0,00	1,00	0,48	0,00	1,00	0,86	0,21	0,04	0,68
Ant. Trær per hiv	0,21	-0,09	0,42	0,09	0,06	0,21	0,11	0,17	0,26	0,09	0,42	0,33	0,73	0,19	0,48	1,00	-0,04	-0,10	0,40	-0,57	0,33	0,01
M3 Tre 1	0,05	0,26	-0,29	0,36	0,32	0,06	0,01	-0,30	0,06	0,00	-0,01	0,00	0,34	-0,42	0,00	-0,04	1,00	0,21	0,89	0,51	0,00	0,41
M3 Tre 2	-0,03	0,38	-0,48	0,17	0,13	0,02	0,07	-0,33	-0,09	-0,11	-0,09	-0,13	-0,31	0,61	1,00	-0,10	0,21	1,00	1,00	0,69	-0,13	0,61
M3 Tre 3	0,02	0,18	-0,22	0,18	0,22	0,03	-0,03	-0,35	0,25	0,11	0,03	0,09	-0,21	0,00	0,86	0,40	0,89	1,00	1,00	0,56	0,08	0,79
Totalt m3 per hiv	-0,01	0,27	-0,28	0,16	0,16	0,09	0,11	-0,16	0,23	-0,04	0,05	0,01	-0,19	0,26	0,79	0,21	0,45	0,64	0,94	0,61	0,01	0,82
Gj.snitt m3 per tre per hiv	-0,02	0,33	-0,54	0,13	0,19	-0,05	0,08	-0,23	0,03	-0,08	-0,20	-0,17	-0,50	0,00	0,21	-0,57	0,51	0,69	0,56	1,00	-0,17	0,62
Total tid minutter per hiv	0,48	0,03	0,42	0,34	0,29	0,39	0,24	0,39	0,43	0,76	0,73	1,00	0,18	0,06	0,04	0,33	0,00	-0,13	0,08	-0,17	1,00	-0,38
M3 per hiv/tid minutter	-0,28	0,26	-0,43	-0,20	-0,11	-0,10	0,03	-0,30	0,00	-0,19	-0,43	-0,38	-0,23	0,17	0,68	0,01	0,41	0,61	0,79	0,62	-0,38	1,00

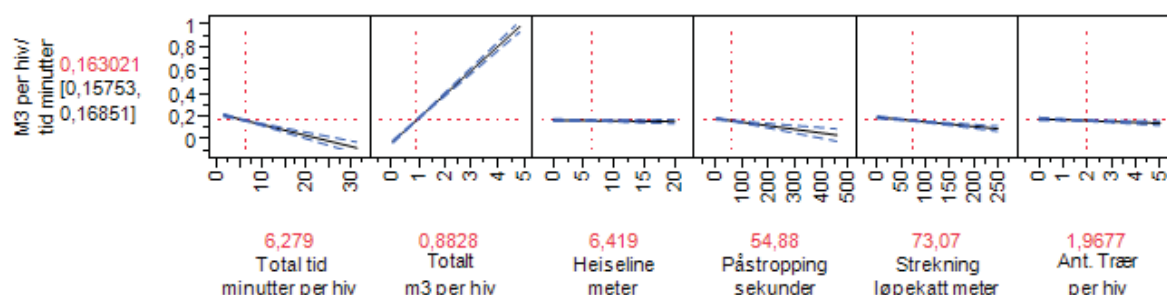
Figur 30: Korrelasjonsanalyse av deloperasjonene

Korrelasjonsanalysen, Figur 30, viser hvilke variabler som korrelerer med hverandre. Denne analysen er brukt til å velge ut deloperasjoner som er interessante å se sammenhengen mellom. Vi ser for eksempel at tiden det tar å dra løpekatten inn samsvarer godt med strekningen løpekatten må kjøre. Ved å legge inn ulike variabler i modellverktøyet til JMP får man hvilke variabler som best forklarer y-responsen. Det ble laget flere ulike modeller der flere av variablene viste god forklaringsgrad. Ut ifra disse modellene kunne man se hvilke variabler som passer i modellen. Problemet med disse modellene var at de fikk en kunstig høy R^2 på grunn av at flere av variablene forklarer hverandre, se Figur 31 og Figur 32. Dette gir en lite troverdig modell. Derfor ble tidsvariablene fjernet for å unngå kunstig høy forklaringsgrad.

Y-responsen i modellen er mengde kubikk per minutt for vinsjingen. Forklaringsvariablene er lilengde i meter, gjennomsnittlig kubikk per tre i hivet og antall meter ut i terrenget man må med heiselinen for å stroppe på tømmeret. Dette er målbare variabler i felt. Dette gir en modell der en kan legge inn terrengvariabler for å forklare produksjonen per tidsenhet. Dermed kan man før befaring legge inn terrengdataene fra skogbruksplanen sammen med mengde kubikk i bestandet for å estimere produksjonen med bardunfritt taubanesystem.



Figur 31: Modell for vinsjing med flere forklaringsvariabler

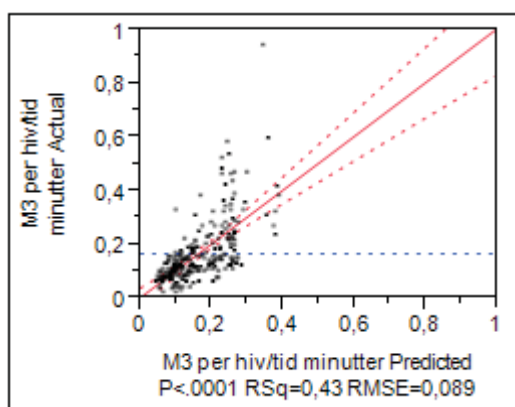


Figur 32: Modell for vinsjing med flere forklaringsvariabler

Vi kan se av Figur 32 hvilke variabler som forklarer kubikk per tidsenhet best. Problemet med å legge inn alle disse variablene er at modellen får en kunstig høy R^2 som nevnt tidligere. Modellen i Figur 31 og i Figur 32 treffer med en R^2 lik 0,86 og en RMSE lik 0,04. Dette er kunstig gode resultater, og det blir nødvendig å gjøre et utvalg for å plukke ut de variablene som kan forklare produksjonen av kubikk best.

4.6 Modellering

4.6.1 Modell for vinsjing med tapstider



Figur 33: Modell vinsjing med tapstider

Tabell 37: Summary of fit - modell vinsjing med tapstider

RSquare	0,433124
RSquare Adj	0,426182
Root Mean Square Error	0,089039
Mean of Response	0,164446
Observations (or Sum Wgts)	249

Tabell 38: Parameterestimer for modell vinsjing med tapstider

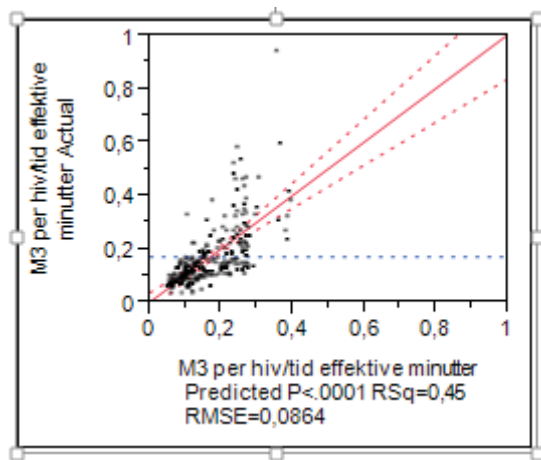
Term	Estimate	Prob> t
Intercept	0,0786154	<,0001*
Strekning løpekatt meter	-0,000601	<,0001*
Gj.snitt m3 per tre per hiv	0,2514933	<,0001*
Heiseline meter	-0,000709	0,5861

Modellen viser sammenhengen mellom terrengvariabler og volumproduksjon for vinsjen. Av estimatene kan vi si at produksjonen avtar ved økende lilengde (strekningen løpekatten må kjøre), produksjonen øker ved økende volum per tre i hivet og produksjonen reduseres ved

økende avstand ut til påstoppingsstedet, som kan leses som bredden på strekket. Modellen uttrykkes med følgende funksjon:

$$M^3 \text{ per time} = 4,7169 + (-0,0361 * \text{Strekning løpekatt meter}) + (15,0896 * \text{Gj.snitt } m^3 \text{ per tre i hivet}) + (-0,0425 * \text{Strekning heiseline meter}) \quad (\text{Formel 8})$$

4.6.2 Modell for vinsjing uten tapstider



Figur 34: Modell vinsjing uten tapstider

Tabell 39: Summary of fit for modell vinsjing uten tapstider

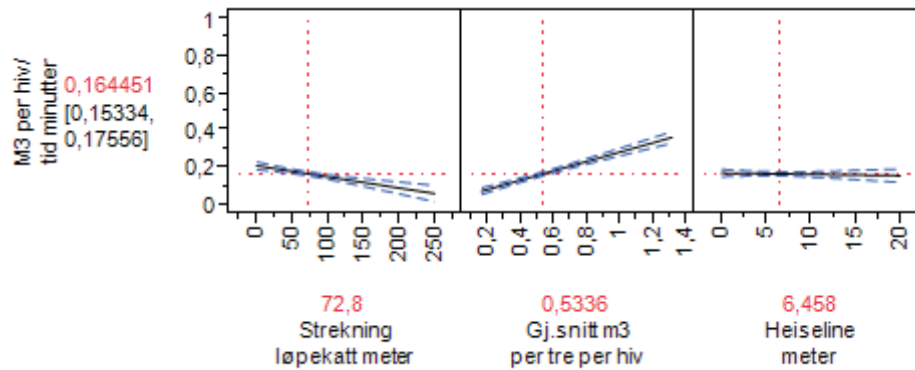
RSquare	0,450948
RSquare Adj	0,444224
Root Mean Square Error	0,086352
Mean of Response	0,169253
Observations (or Sum Wgts)	249

Tabell 40: Parameterestimer for modell vinsjing uten tapstider

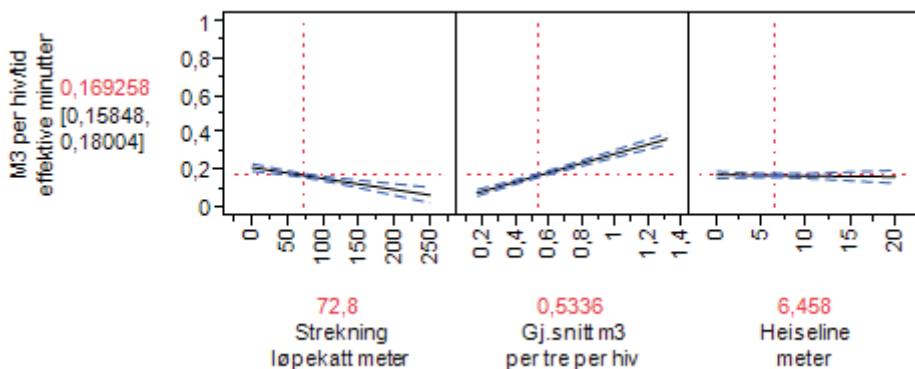
Term	Estimate	Prob> t
Intercept	0,0812288	<,0001*
Strekning løpekatt meter	-0,0006	<,0001*
Gj.snitt m3 per tre per hiv	0,2529016	<,0001*
Heiseline meter	-0,0005	0,6919

Modellen forklarer det samme som modellen over, men denne inkluderer ikke tapstider. Modellen uten tapstider uttrykkes med følgende funksjon:

$$M^3 \text{ per time} = 4,8737 + (-0,0360 * \text{Strekning løpekatt meter}) + (15,1741 * \text{Gj.snitt } m^3 \text{ per tre i hivet}) + (-0,0300 * \text{Strekning heiseline meter}) \quad (\text{Formel 9})$$



Figur 35: Hvilke variabler som betyr mest for modellen med tapstider



Figur 36: Hvilke variabler som betyr mest for modellen uten tapstider

Figur 35 og Figur 36 viser hvordan variablene som inngår i modellene påvirker produksjonen av kubikk per tidsenhet. Strekningen løpekatten kjøres og gjennomsnittlig kubikk per tre i hivet har signifikant påvirkning på et 5 % nivå. Avstanden ut til påstoppingsstedet er ikke signifikant, men det er viktig å påpeke at denne variabelen forklarer hvor bred strekningen er. Stigningen på linja i Figur 35 og Figur 36 forklarer hvor sterk forklaringskraft variabelen har.

5 Diskusjon

5.1 Datamaterialet

Min erfaring med tidsstudier fra tidligere er liten, og derfor kan det være noen tilfeller av feilmålinger i dataene. Til tross for dette antar jeg at feilene jeg har gjort fordeler seg i gjennomsnittet.

Datamaterialet består av observasjoner fra tre forskjellige drifter. Driftene i Sjoa og Skjåk vinsjet nedover til maskinen, mens på Harpefoss ble det vinsjet oppover. Materialet inneholder 489 trær som opparbeides, og 288 hiv som vinsjes inn til maskinen. Når det gjelder dataene for felling, er det kun observasjoner fra Sjoa. Dataene lagt sammen fra Sjoa, Harpefoss og Skjåk gir god variasjon og spredning i datasettet. Problemet er at dette er for få bestand til å konkludere helt sikkert. Det burde vært samlet inn data fra flere bestand, slik at variasjonen hadde blitt større. Videre diskusjon og konklusjon er tatt på bakgrunn av datamaterialet samlet inn, men det er viktig å tenke på at datamaterialet er litt tynt.

5.2 Volumberegning

Volumberegningen etter formel beskrevet i material- og metodedelen ga et godt estimat for volumet i granbestandet. Det utregnede volumet er sjekket opp mot kalkulatoren på Skog og Landskap sine nettsider, og det stemmer ganske bra. Volumfordelingen i bestandet i Skjåk ble antagelig noe kunstig høyt selv om trærne som ble målt ble valgt ut tilfeldig. Etter samtale med Mjøsen Skog SA ble jeg fortalt at bestandet hadde flere understandere enn da jeg var der for å tidsstudere. Til tross for noe unøyaktig volumberegninger har jeg brukt disse tallene for å beregne produksjonen per tidsenhet

5.3 Opparbeiding

Opparbeidingen bruker mye tid på å klargjøre et nytt tre for opparbeiding. Med klargjøring menes det den tiden maskinføreren bruker på å ta tak i treet og fram til det første kappet av bunnstokken. Denne tiden kan kanskje reduseres ved bedre planlegging av velteplassen, slik at det ikke er nødvendig å håndtere stokken så mye før den første kubben kappes av. Vi kan se av Figur 25 at tidsforbruket for klargjøring av stokken før aptering øker med økende trestørrelse. Dette er også en naturlig antagelse. Og tidsbruken kan ofte forklares med liten plass rundt basismaskinen slik at det tar lang tid før maskinføreren er klar til å begynne apteringen.

5.4 Avstropping

Avstropping av tømmeret nede ved maskinen har en stor forbedring i prestasjon fra manuelle stropper ved Sjoa og Harpefoss til automatiske stropper ved Skjåk. Denne endringen har ført til at maskinføreren får mindre gåing ut og inn av maskinen for å stroppe av tømmeret. Dette er energibesparende for føreren og tidsbesparende for hele systemet. Selv om tiden går ned kan det bli for mye stillesitting for maskinføreren i løpet av dagen. Maskinføreren har selv uttalt at det var bra med manuell avstropping da han fikk mer bevegelse på kroppen i løpet av dagen. Å holde kroppen i bevegelse fremmer helsen. God helse er viktig for at man skal opprettholde arbeidslyst, motivasjon og pågangsmot i arbeidet. Den økte andelen stillesitting for maskinfører kan kompenseres med å legge opp til å bli med på noe av det manuelle arbeidet i terrenget. Eventuelt kan de to som arbeider bytte plass i løpet av dagen, slik at de begge feller og kjører maskinen halvparten av arbeidstiden. Problemet med dette er at ingen av de blir spesialisert på en av operasjonene slik at produksjonen går ned.

5.5 Modell – vinsjing

Ved utvelgelse av variabler til modellen har jeg lagt vekt på terrengvariabler. Disse kan man legge inn i modellen for å estimere produksjonen av tømmer per tidsenhet. Dermed kan man på forhånd se om denne driftsmetoden er aktuell for området som skal avvirkes i forhold til produksjonstall for annet driftssystem. Modellen har ikke med hellingen i terrenget på grunn av liten variasjon i datasettet, men dette kan vurderes i eventuelle videre studier om dette driftssystemet. Selv om lengden du trekker heiselina ikke er signifikant velger jeg å ha den med da jeg ser på dette som en viktig faktor for den totale strekningen man må ut i terrenget, og den beskriver hvor bred strekket er.

Modellen viser hvordan terrengvariablene påvirker produksjonen av kubikk per tidsenhet. Med denne modellen kan man predikere produksjonen dersom man har terrengdata og gjennomsnittsvolum per tre i bestandet. Grunnen til at lengden man drar ut heiselina ikke viser seg som viktig i modellen tror jeg er mangel på data fra flere bestand og at han som stropper beveger seg raskt langs etter lia, noe som gjør at denne operasjonen går relativt raskt i forhold til å bevege seg oppover og nedover i det bratte terrenget. Gjennomsnittlig kubikk per tre i hivet er en variabel som burde vært byttet ut med treantall per dekar, som kan knyttes til avstand mellom trærne, trærnes størrelse og tiden det tar å stroppe på tømmeret. Denne variabelen hadde gjort det enklere å bruke data fra skogbruksplanen for å predikere volumproduksjonen per time som et ledd i planleggingen av en ny drift.

5.6 Manuelle faktorer

Manuelt skogsarbeid er en stor påkjenning for kroppen. Den fysiske belastningen krever god fysisk form og styrke for at arbeidet skal gå jevnt og trutt i flere timer. Inntrykket av personen som gikk med motorsaga i dette tilfelle er at han har god arbeidsøkonomi og styrke. Dette er avgjørende for å drive med manuell hogst. Tidsstudien er gjort i områder uten betydelig snømengde, noe som letter arbeidet voldsomt. Tidene på felleren er kun presentert fra Sjoa. Dermed er datagrunnlaget for å si noe om hva felleren presterer noe tynt. Tidene registrert i denne oppgaven er felling oppover, noe som gjør at bruken av kiler øker i forhold til å felle nedover i lia. Tapstidene registrert på dette arbeidet knyttes til personlige pauser og fylling av motorsag, filing av kjede etc. Disse faktorene burde kanskje vært med i dataene som egne tidsregistreringer istedenfor som tapstider, da dette er viktige faktorer som påvirker effektiv arbeidstid for den manuelle felleren. Personlige pauser er ofte nødvendig for å bevare den fysiske formen i det bratte terrenget. Særlig dersom det er større snømengder som tapper kroppen for krefter. Jeg antar at produksjonen til den manuelle felleren avtar med stigende helling på lia og økt snømengde. Tidvis kunne det være glatt i terrenget på grunn av regn og snø, noe som reduserer effektiviteten ved påstropping av tømmer.

5.7 Hogstavfall (greiner og topp – GROT)

En fordel med opparbeiding ved skogsbilveien er muligheten for å utnytte grot til energiformål. Ulempen er at standplassen til taubanemaskinen er liten og hogstavfallet hopper seg raskt opp. Løsningen på dette er å lempe vekk grot til fordel for håndtering av rundvirke. Legger man hogstavfallet i hauger, i tre meter høye stakker er arealbehovet 3-6 m² per tonn tørrstoff (Nordhagen et al. 2013). Grot er en ressurs med stort potensial for energimarkedet. Utfordringen i bruk av grot som brenselressurs er fuktighet, andel finstoff, forurensning og lange stikker fordi Norge har relativt små biobrenselsanlegg. Fordelen med greiner som brensel er den høye densiteten, noe som gir høy brennverdi. Standplassen for taubanen er ofte uhensiktsmessig plassert for aktøren som skal ta hogstavfallet videre. Utfordringer som oppstår er gjerne at veiene er for smale og bratte, opparbeidingsplassen er dårlig for tørke av hogstavfallet eller utilgjengelig i vinterhalvåret. I mange tilfeller må derfor groten transporteres vekk samtidig med tømmeret til midlertidig lagringsplass. Det er forbudt å transportere grot i åpne lastebiler på offentlig vei på grunn av faren for at greiner og topper skal falle av lasset. For å hindre dette benyttes containere eller nett over lasset. Det er en god løsning å transportere grot til et midlertidig lager sammen med rundtømmeret. Alternativ

løsning er bunting eller oppflising på velteplassen, men dette påfører større kostnader enn ved flytting løst til midlertidig lager. Avstanden til lageret eller industri har stor innvirkning på økonomien her, men dersom avstanden er tilfredsstillende kan groten utnyttes til energiformål.

Aptering av den «siste stokken» per tre tar mye tid i forhold til antall kubikk det er i toppstokken. En mulig utnyttelse av dette er å bruke denne til energiformål da prisen på massevirke er så lav som nå. Dersom denne toppstokken leveres sammen med resten av hogstavfallet til flising kan dette være et godt alternativ for å redusere håndteringen av hvert tre som opparbeides. Forholdet mellom kostnaden den siste stokken medfører og hva verdien den siste stokken gir må regnes på, for å finne ut hva man skal bruke denne stokken til. Prisen vil avhenge av om den siste stokken leveres til energiformål eller som massevirke.

5.8 Utfordringer Mjøsen ser ved bruk av bardunfri taubane

Utfordringer Mjøsen Skog SA ser med bruken av det bardunfrie systemet er å finne egnede plasser for denne type drift. Gudbrandsdalen har mange områder med lilengder over 200 meter, og det er nødvendig med kjøring over bukk. Det bardunfrie systemet har ikke mulighet til å kjøre over bukk. For å slippe kippetillegg kan det være nødvendig å kjøre maskinen ut av veibanen. Dette er vanskelig å få til med en hjulgraver fordi den har dårlig fremkommelighet i terrenget sammenlignet med en beltemaskin. Områder maskinen egner seg best i Gudbrandsdalen er nordlige områder. Der er liene kortere, f.eks. i Vågå, Lom og Skjåk. Det bardunfrie systemet krever et godt veinett for å fungere optimalt for å utnytte områdene best mulig. Imidlertid kan man redusere lilengdene i andre områder ved å bygge flere veier. Skogsbilveinettet er en begrensende faktor for skogbruk over hele landet, og Mjøsen Skog SA har satt i gang et veiprojekt for å kartlegge hvor stor del av skogsbilveinettet som må rustes opp. Dette vil komme all skogsdrift til gode.

5.9 Flytting av maskinen

Dessverre har jeg for få observasjoner til å si noe sikkert om hvor lang tid det tar å flytte maskinen mellom hvert strekk i et bestand. De gangene jeg har registrert hvor lang tid flyttingen tar har det vært en del tapstid forbundet med reparasjon av hogstagggregatet, besøk av skogbruksleder etc. I følge maskinføreren og terrengarbeideren bruker de mellom en og to timer på å rigge ned et strekk og sette opp et nytt. Tiden det tar å flytte maskinen avhenger av terrenget, lengde på strekket, hvor langt nedover eller oppover veien maskinen flyttes og om de raskt finner en ny god standplass. Inntrykket jeg får av hvordan de jobber når maskinen skal flyttes er at terrengarbeideren gjør mye av jobben, mens maskinføreren bruker tid på å

sortere opparbeidet tømmer. Mye av sorteringen er allerede gjort, men maskinføreren sorterer nøyte slik at det skal være lett å hente tømmeret for videre transport. Ideelt sett bør mye av sorteringen være ferdig når strekket rigges ned slik at maskinføreren kan være med å hogge der det nye strekket skal legges. Dette kan maskinføreren gjøre mens terrengarbeideren rigger til nytt endetre. Standplassene for hvert strekk bør planlegges godt i forkant slik at man veit hvor maskinen skal stå ved hvert strekk. Enda bedre hadde det vært om dette ble gjort før drifta startet slik at skogeier kunne hatt en gravemaskin langs veien og laget til standplasser så godt det lot seg gjøre. Dette er selvfølgelig et spørsmål om kostnader, men man kunne spart inn en del tid under drifta. Selve lengden på strekket har ikke så mye å si. Om man strekker lina 100 eller 150 meter betyr ikke at man bruker veldig mye ekstra tid. Det er viktigere å fordele arbeidsoppgavene mellom de to som utfører drifta slik at flyttingen går så raskt som mulig. Dette betyr at god planlegging av drifta har mye å si med tanke på mest mulig effektivitet under avvirkning av et området.

5.10 Tapstider

Når man utvikler nytt utstyr og nye løsninger vil andelen tapstid være unaturlig stor. I dette tilfelle har det i løpet av studietiden blitt gjennomført en rekke justeringer for optimal bruk av utstyret. De tapstidene som er registrert i dette datasettet kan ikke relateres til bestemte hendelser som skjer systematisk, men hendelser som oppstår tilfeldig. Derfor kan vi se ut ifra sektordiagrammene presentert at tapstidene varierer fra 0 % til 35 %. Tapstiden ved felling av trær på Sjoa knyttes til fylling av bensin, personlige pauser, filing av kjede og matpause. De gangene felleren har vært med på reparasjon av maskinen har dette blitt registrert som tapstid. Tapstiden som er registrert i datasettet for opparbeiding viser 8 % tapstid ved Sjoa og Harpefoss, og 0 % ved Skjåk. Grunnen til tapstidene ved Sjoa er at tidsstuderingen ble gjennomført samtidig med at servicepersonell fra Doosan og Zöeggeler Forsttechnik var ved maskinen for å justere på hydraulikken. Dette medførte en del stans som i noen tilfeller ble registrert som tapstid, dersom systemet tilsynelatende var i normalt arbeid. I andre tilfeller var det større justeringer som tok mye tid. Dette ble ikke registrert som del av tidsstudiet. Tapstidene som knytter seg til opparbeiding på Harpefoss er et resultat av store utfordringer på standplassen. Tømmeret ble vinsjet opp til veien og den bratte skråningen fra standplassen og ned i terrenget, sammen med mye regn, medførte at tømmeret skled unna maskinen ved flere anledninger. Dette gjorde at det var vanskelig å få tak i tømmeret ved opparbeidingen. Flere ganger måtte tømmeret stropes og vinsjes på nytt for at maskinføreren skulle få tak i virket med hogstaggregatet. Deler av dette er registrert som tapstid, mens andre ganger er det

registrert som vinsjetid. Det var i flere tilfeller vanskelig å «lese» hva maskinføreren skulle gjøre og dermed ble noe av det som skulle vært registrert som tapstid, registrert som vinsjetid.

5.11 Heiseline

Hvor langt ut du må dra heiselina har lite påvirkning på produksjonen av kubikk per tidsenhet, men er en viktig faktor å regne med fordi den forklarer hvor bred strekket er. Det er viktigere med antall trær som stropes og hvor mye dette utgjør i kubikkmasse. Grunnen til dette kan være at han som stropes på beveger seg effektivt sidelengs i terrenget. Sidelengs forflytting i terrenget er en mindre belastning for kroppen enn forflytting oppover og nedover. I de aller fleste tilfellene kan løpekatten kjøres ut så den er på høyde med trærne som kan vinsjes, dette gjør at bevegelse i det bratte terrenget reduseres.

5.12 Lilengde

Strekningen løpekatten må gå for å hente tømmeret har veldig mye å si for hvor mye produksjonen blir. Dette har mer å si enn hvor mye kubikk eller antall trær som vinsjes. Grunnen til dette er at de fleste observasjonene er gjort i bestand med mellom 35 og 40 % helling, der tømmeret vinsjes ned til maskinen, uten vesentlige hinder som kan føre til problemer og stans. Dette gjør at tømmeret kommer raskt ned lia uavhengig hvor mye tømmer som vinsjes per hiv. Hvis man ser på gjennomsnittlig antall meter løpekatten kjøres og gjennomsnittlig tid løpekatten bruker per meter på Harpefoss og Skjåk, ser man at maskinen bruker ca. dobbelt så lang tid på å vinsje oppover, sammenlignet med vinsjing nedover, henholdsvis ca. 1 sekund per meter i Skjåk og ca. 2 sekunder per meter på Harpefoss.

5.13 Sammenligning

Resultatene fra denne studien sammenlignes med resultatene fra rapporten til Jørn Lileng – Avvirkning med hjulgående maskiner i bratt terreng (Lileng 2009). Denne studien presenterer resultater fra målinger og analyser av produktivitet, kostnadsnivå og effektivitet for et driftssystem på Vestlandet, der hogstmaskiner og lassbærere opererer i bratt terreng i kombinasjon med enkle driftsveier som opparbeides med gravemaskin. Felling av trær skjer manuelt der hogstmaskinen ikke når opp til trærne. Denne systemet har en samlet totalkostnad på 167 kr per kubikk. Sammenlignet med det bardunfrie systemet som blir presentert i denne oppgaven er dette en kostnad som ligger ca. 40 % lavere per kubikk, med forutsetning om at det bardunfrie systemet produserer 5 m³ per time og arbeider 1 500 timer i året. Dette gir ifølge maskinkalkylen en totalkostnad 289 kr per kubikk. Utfordringen med gravedrifter er økt risiko for erosjon og man er avhengig av løsmasser til veibyggingen. Dette må tas hensyn til dersom man vurderer gravedrifter. Rasfare under gravedriften kan i ytterste konsekvens

føre til personskader. Graving i bratte lier må derfor vurderes nøye og maskinførerne må være bevisste på ras kan forekomme under driften (Talbot 2013). En faktor som påvirker valget mellom å bruke bardunfritt system eller gravedrifter er statlige tilskudd. Det gis ikke tilskudd til gravedrifter, men det gis tilskudd på tømmerprisen ved bruk av bardunfritt system.

Henholdsvis 140 kr per kubikk for gran og 170 kr per kubikk for furu. Dersom man forutsetter en gjennomsnittspris på tømmeret lik 400 kr per kubikk får vi at ved gravedrifter sitter skogeier igjen med 233 kr per kubikk ved å bruke gravedrift og 110 kr per kubikk ved bruk av bardunfritt system uten iberegnet tilskudd. Ved å legge til tilskuddet sitter skogeier igjen med 250 kr per kubikk for gran og 280 kr per kubikk for furu. Dette er ikke iberegnet man er avhengig av at det bardunfrie systemet er avhengig av å stå på vei under driften.

Et annet interessant tema for denne maskinen er muligheten for at det bardunfrie systemet kun skal vinsje, mens en hogstmaskin opparbeider tømmeret som vinsjes inn til maskinen.

Fordelen med dette er at basismaskinen kan bytte ut hogstaggregatet med graveskuffe slik at maskinen kan opparbeide en god standplass. Til dette er man avhengig av et bestand med mye løsmasser. I tillegg til god plass til vinsjing av tømmer og opparbeiding har mulighet til å grave seg ut plass til å stå når tømmerbilen kommer for å hente ferdig opparbeidet tømmer. En hjulgående gravemaskin har dårlig fremkommelighet i terrenget dersom den ikke kan grave seg vei. Har man mulighet til å gjøre dette unngår man kippetillegg som i Mjøsen Skog SA sitt område ligger på 25 kr per kubikk. Hvis det bardunfrie systemet kun vinsjer kan man forvente en prestasjon på 8 kubikk per time.

6 Konklusjon

Ved bruk av bardunfritt system kan man forvente en produksjon på mellom 5 og 6 kubikk per time, inkludert tapstider. Dersom man kun vinsjer med denne maskinen kan man forvente en prestasjon lik 8 kubikk per time. Dette kan være et interessant tema å studere nærmere, om man kan bruke denne maskinen kun til vinsjing sammen med en egen maskin til opparbeiding.

Samlet driftskostnad ved bruk av dette bardunfrie systemet er 336,50 kr per kubikk ved 1 000 timer per år og 289,34 kr per kubikk ved 1 500 timer per år.

Modellen som er laget i denne oppgaven viser at lilengden og gjennomsnittlig kubikk per tre er avgjørende for produksjonen. For at denne modellen skal kunne benyttes som et beslutningsstøtteverktøy er man avhengig av tidsstudiedata fra flere ulike bestand for å gjøre modellen gjeldende. I tillegg bør man knytte gjennomsnittlig kubikk per tre i hivet til antall trær per dekar og volumet i bestandet slik at man kan bruke skogbruksplandata til å predikere produksjonen per time ved bruk av bardunfritt system.

Et interessant tema som ikke er undersøkt i denne oppgaven er tidsbesparing på barduneringen og flytting av maskinen. Dette er en faktor som bør undersøkes nærmere. Tiden det tar for å klargjøre et tre før aptering tar opp mye av totalen, og det bør finnes måter å korte ned denne tiden. Datasettet som denne oppgaven bygger på viser at det tar dobbelt så lang tid å vinsje oppover enn nedover. Manglende data på vinsjing oppover gjør at denne påstanden bør undersøkes nærmere med data fra flere bestand.

Bardunfritt driftssystem er en interessant driftsmetode, og hører til som en del i planleggingen av skogsdrift i bratt- og mellomvanskelig terreng.

Generelt kan man si at denne oppgaven belyser noen faktorer rundt det bardunfrie systemet, men for at man skal kunne konkludere sterkere må det inn data fra flere bestand.

7 Litteraturliste

- . Tilgjengelig fra: http://zoeggeler.at/index-Dateien/forsttechnik_zbh58.htm (lest 20.08.14).
- . Tilgjengelig fra: http://zoeggeler.at/index-Dateien/forsttechnik_yarder.htm (lest 20.08.13).
- . Tilgjengelig fra:
<http://www.rosendalmaskin.no/files/rosendalmaskin.no/Documents/DX%20210%20W.pdf> (lest 02.02.2014).
- Aasmundtveit, A. (2011). *Kystskogbrukets gryande potensial - Logistikk og driftsteknikk i bratt terreng i Ørsta*. Universitetet for Miljø og Biovitenskap: Institutt for naturforvaltning.
- Fitje, A. (1996). Emner om skogregistrering. Norges Landbrukshøgskole: Institutt for skogfag.
- Haneborg, K. (2014). *Telefonintervju med Knut Haneborg. Daglig leder Br. Haneborg* (20.03.2014).
- Heje, K., K. & Nygaard, J. (1999). *Norsk Skoghåndbok*: Landbruksforlaget.
- Johnsrud, T.-E. (2007a). Skogsdrift og veger i bratt terreng. Skogbrukets Kursinstitutt.
- Johnsrud, T.-E. (2007b). Skogsdrift og veger i bratt terreng - en veileder i planlegging.
- Lileng, J. (2006). Skogressursene i Norge. *Viten fra Skog og Landskap* 50-63.
- Lileng, J. (2009). *Avvirkning med hjulgående maskiner i bratt terreng*. Norsk institutt for Skog og Landskap. 12 s. s.
- LMD, L.-o. m. (2013). Normaler for landbruksveier - med byggebeskrivelse. Skogbrukets Kursinstitutt.
- Lysaker, T. (2014). *Telefonintervju med daglig leder Br. Melby Transport AS* (19.04.2014).
- Løvås, G. G. (2004). *Statistikk for universiteter og høyskoler*. 2. utg.: Universitetsforlaget. 489 s.
- Mjøsen Skog SA. www.mjosen.no. Tilgjengelig fra: <http://www.mjosen.no/mjoesen-skog-sa.4596539-107772.html> (lest 20.04).
- Nitteberg, M. & Lileng, J. (2004). Mekanisert hogst i bratt terreng.
- Nordhagen, E., Kjøstelsen, L., Gjølshjøl, S. & Belbo, H. (2013). Grot fra taubane. Norsk institutt for Skog og Landskap. 11 s.
- Smith, S., Nyeggen, H. & Aarra, H. (1992). *FMT TOR hogstmaskin. Forsøksdrift i sluttavvirkning på Vestlandet*. Rapport fra skogforskningen. 16/92. Norsk institutt for skogforskning.
- St.meld. nr 9 (2011-2012). *Velkommen til bords*. www.regjeringen.no: Landbruk- og matdepartementet. 300 s.
- Talbot, B. (2013). Forprosjekt - Evaluering av gravedrifter. Norsk institutt for Skog og Landskap. 17 s.
- Vennesland, B., Hobbeltstad, K., Bolkesjø, T., Baardsen, S., Lileng, J. & Rolstad, J. (2006). Skogressursene i Norge 2006 - muligheter og aktuelle strategier for økt avvirkning. Skog og Landskap.



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no