

Skogsmaskiner i stroppen – prosjektrapport

Helmer Belbo og Stephan Hoffmann
Norsk Institutt for Bioøkonomi, Postboks 115, 1431 Ås

Steinkjer / Ås, 16/1-2024

Sammendrag

Prosjektet «Skogsmaskiner i stroppen» har fulgt opp hogstlag som har brukt T-winsj for å drive skog i bratt terreng med skogsmaskiner. Prosjektet har hatt som mål å finne systemets plass i Norsk skogsterreng. Metoden egner seg i terreng med opp til ca 80 – 85% (38 - 40°) helling, begrenset av hvilken helling skogsmaskinene kan stå på egne hjul og belter uten å miste fotfestet ved brudd i vaieren. Metoden øker kompleksiteten i skogsdriftene, noe som stiller større krav til planlegging før drifta. Verktøy, metoder og rutiner for slik planlegging bør derfor utvikles for å sikre best mulig bruk av metoden.

Innhold

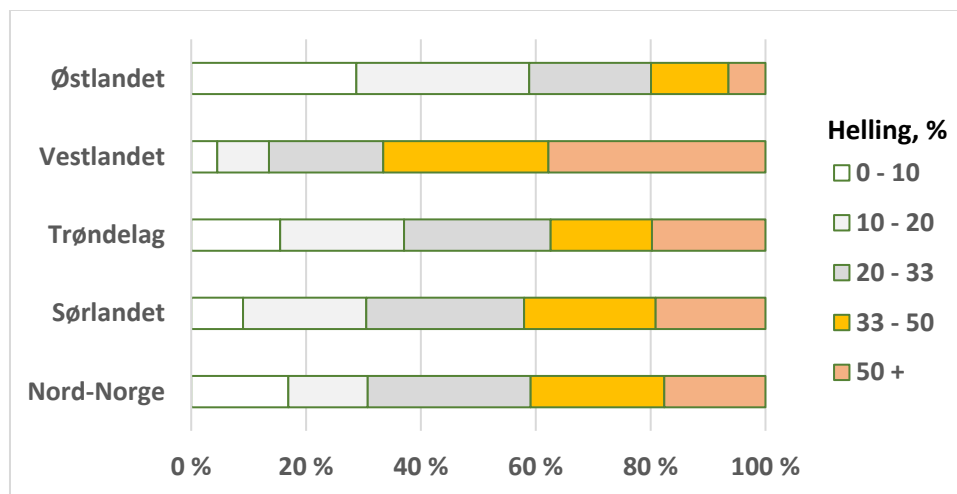
Sammendrag	1
Innledning.....	2
Bakgrunn	2
Skogressurser i bratt terreng.....	2
Vinsj-support for økt fremkommelighet med skogsmaskiner.....	3
Metodeutvikling	4
Mål og problemstilling.....	5
Materiale og metode.....	6
Resultater	7
Eksempeldrifter	7
Stjørdal	7
Molde	11
Maskinkostnadsberegning	11
Brukererfaringer	12
Diskusjon og konklusjon	12
FOU erfaringer	12
Vinsj-assisterte skogsmaskiner som metode i Norsk terreng	13
Drivbar helling	13
Planlegging av drifter.....	13
Verktøy og rutiner for planlegging av drifter	13
Driftskostnader	14
Literaturhenvisninger	14
Vedlegg 1: Brukererfaringer med vinsj-støttede maskiner i skogsdrift	15

Innledning

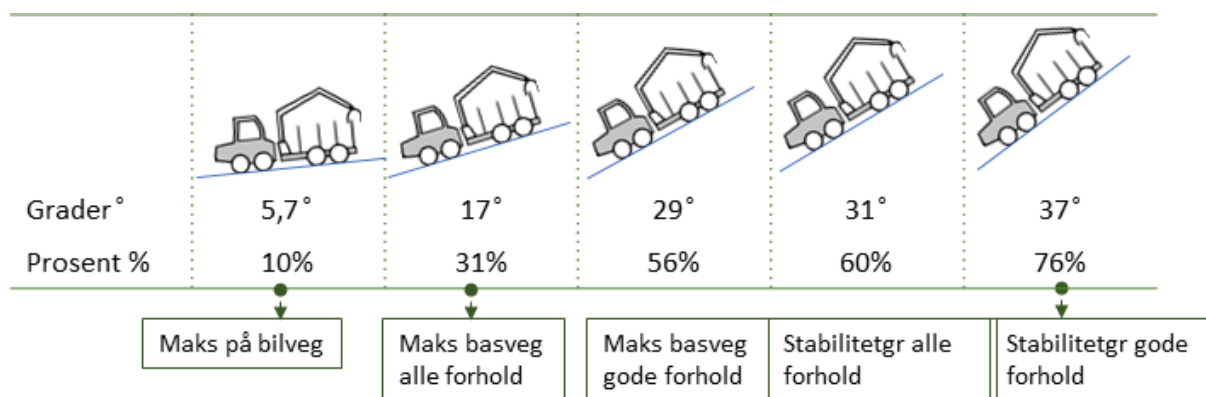
Bakgrunn

Skogressurser i bratt terreng

Ved hellinger med over 33% (18°) stigning blir drift med vanlige skogsmaskiner nokså utfordrende, med mer hjulspinn, og større risiko for kjøreskader, eller at man ikke kommer fram (Hittenbeck, 2013). I Norge står en betydelig del av skogressursene i bratt terreng. Tidligere ressuroversikter fra Landsskogtakseringen i Norge indikerer at ca 30% av produktivt skogareal på Vestlandet står i terreng som bare kan drives med taubane, og ytterligere 25% står i terreng hvor ekstra fremkommelighetstiltak er nødvendig for å kunne drive ut skogen (Granhus et al., 2011). I den klassifiseringen vurderes terreng med helling under 34% som tilgjengelig for hjulmaskiner, mens det i brattere terreng gjøres en vurdering (av taksator) om arealene kan gjøres tilgjengelig for mekanisert drift eller om taubane vil være eneste mulige driftsform. I figuren under er totalt stående virkesvolum i hogstklasse 4 og 5 fordelt på fem hellingsklasser i fem regioner. Figuren viser at på Østlandet står over 80% i helling hvor skogsmaskiner opererer nokså greit. I øvrige regioner ligger denne andelen på 60-65%, bortsett fra Vestlandet hvor 60 % står i terreng som er for bratt for ordinær skogsmaskindrift. Samlet står det ca 800 millioner m³ skog i hkl 4 og 5 på skogbruksmark i Norge, hvorav 253 millioner m³ (30%) står i terreng med over 33% helling (Tabell 1).



Figur 1 Fordeling av stående volum i hogstklasse 4 og 5 i ulike regioner i Norge, fordelt på terrenghelling. Data fra Landsskogtakseringen.



Figur 2. Teoretiske terskelgrenser for arbeid i helling målt i grader og prosent. Med gode forhold menes lav jordfuktighet (< 30% vann) og god armering (>7% gruspartikler med > 4mm kornstørrelse). Med alle forhold menes høy jordfuktighet (45% vann) og ingen armering i løsmassene (kun mold, torv, fingrus, sand, silt og leire). Terskelgrensene for basveger er satt ut fra at man skal ha mindre enn 25% hjulspinn ved mot-kjøring. Terskelgrenser for stabilitet er satt ut fra maksimal friksjon ved 100% hjulspinn. Ved å holde seg innenfor denne grensen skal maskinen kunne forflytte seg nedover uten risiko for å seile ukontrollert nedover lia. Tallgrunnlaget er hentet fra en friksjons-studie i Tyskland (Hittenbeck, 2013).

Teoretiske terskelverdier for hvor bratt man kan legge kjøreveger (basveger) og stikkveger er gitt i Figur 1. Terskelgrensene for basveger er satt ut fra at man skal ha mindre enn 25% hjulspinn ved mot-kjøring. Terskelgrenser for stabilitet er satt ut fra maksimal friksjon ved 100% hjulspinn. Ved å holde seg innenfor denne grensen skal maskinene kunne forflytte seg nedover og skal til enhver tid kunne stanse, uten risiko for å seile ukontrollert nedover lia. Terskelverdiene er som sagt teoretiske, og lokale forhold som for eksempel lav bæreevne, tynne løsmasselag på svaberg, eller ekstra god armering, kan gi andre terskelverdier.

For avvikning og uttransport av virke i bratte områder har det fram til nå vært to driftsmetoder å velge i. Det ene er såkalte gravedrifter, som er skogsdrifter hvor det lages midlertidige driftsveier i bratt terreng, vanligvis mens driften pågår. Metoden brukes i terreng med opptil 75% (37°) helling hvor det er løsmasser nok til å lage disse driftsveiene i terrenget (Lileng, 2009). Er det brattere helling eller grunnere løsmasser er taubanedrift eneste tilgjengelige metode. Gravedrifter innebærer terrenginngrep man gjerne vil minimere (Lileng, 2009; Talbot, 2013). Tidligere prosjekter har indikert at gravedrifter vil ha om lag 22% høyere kostnader enn ordinære drifter i bratt terreng hvor graving av driftsveger ikke er nødvendig (Lileng, 2009). Taubaner takler det aller meste av terrengutfordringer, men systemet krever et godt utbygd skogsbilvegnett og vil selv da ha betydelig høyere driftskostnader enn øvrige mekaniserte driftsformer.

Vinsj-support for økt fremkommelighet med skogsmaskiner

Et pilotforsøk ved Göttingen i 2003 viste at med vinsj med en trekk-kraft på inntil 85kN (8,5 tonn) kunne en fullastet lassbærer på 25 tonn (dvs en nokså liten maskin) kjøre opp motbakker opp til 85% stigning uten å slure (Bombosch et al., 2003). Et forsøk i Canada, med 90 kN vinsj integrert på en lassbærer av mer normal størrelse (ca 40 t fulllastet) fokuserte mer på kraftbehovet men opererte i moderate hellinger med 25 – 55% stigning (Mologni et al., 2018). Under disse forholdene var trekkraften sjelden over 70 kN, dvs langt fra kapasiteten til både vinsj og wire. Det er også gjort forsøk på flatmark som indikerer redusert hjul-slipp men det var liten effekt på spordannelse og jordpakking ved de driftsforholdene (Schönauer et al., 2020).

De siste årene har flere løsninger for bruk av vinsj til å øke fremkommeligheten til skogsmaskiner kommet på markedet. Systemene innebærer at en vinsj gir konstant trekk-kraft i vaieren som er koblet til skogsmaskinen, og hvor inn- og utmating går synkront med skogsmaskinens bevegelser. Det er nylig etablert en ISO-standard som definerer krav til ytelse og sikkerhet for slike vinsjer (ISO/TC 23,

2022). I denne standarden skilles det mellom vinsjer / systemer som gir økt trekkraft («Traction Aid Winches») og vinsjer/systemer som gjør maskinene i stand til å klatre i hellinger den ellers ikke ville kunne operere i («Climbing Support Winches»). Det som skiller de to, er at førstnevnte gjelder systemer hvor skogsmaskinene til enhver tid er stabile uten vinsj-support. Øvre grense for helling vil da antagelig tilsvare øvre grense for hvor maskinene også i dag kan gå nedover i terrenget uten å miste kontrollen. Sistnevnte vinsj-systemer («Climbing support») er definert som systemer som gjør skogsmaskinen i stand til å forsere hellinger som det ellers ville vært umulig å passere uten vinsj-støtte. I slike hellinger vil skogsmaskinen velte eller skli ukontrollert om trekk-kraften fra vinsjen skulle opphøre. Dette kan innebære at systemet nesten blir å betrakte som en innretning for hengende last, med de regimer det vil innebære for årlig tilstandskontroll og kompetansekrav til utøvere.

Norsk terminologi er enda ikke helt satt for disse systemene og metodene. De vinsjene og systemene som per i dag er tilgjengelige er i kategorien «Traction Aid Winches». I denne rapporten vil konseptet benevnes «vinsj-assisterte maskiner». Systemer som muliggjør maskinell skogsdrift i enda brattere terreng kan da for eksempel benevnes «vinsjede maskiner» eller «klatrevinsjmaskiner».



Figur 3. Vinsj-assistert lassbærer, Molde 2022. Foto: Joachim Heppelman, NIBIO.

Vinsj-assisterte skogsmaskiner blir ofte vurdert som et effektivt substitutt til taubane-operasjoner, spesielt med tanke på driftsøkonomi og sikkerhet (Holzfeind et al., 2020). Men siden metoden nyttes innen hellinger hvor skogsmaskinene til enhver tid skal kunne stanse selv om vinsj-kraften opphører, vil det fortsatt være en god del terreng som er for bratt for denne metoden.

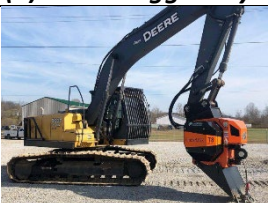
Metodeutvikling

Vinsj-assisterte skogsmaskiner kan foregå med to forskjellige prinsipper (Tabell 1); integrert vinsj, hvor vinsjen monteres i chassiet på en skogsmaskin som «vinsjer seg selv» eller 2) autonom frittstående vinsj hvor vinsjen står på et eget chassis, med egen motor og drivlinje, og flytter for egen maskin.

Det tilbys i dag integrerte vinsjløsninger for de fleste skogsmaskinmerkene på det Europeiske markedet. Felles for løsningene er at vinsjen monteres i chassiet på skogsmaskinen, og bruker maskinens hydraulikksystem som kraftkilde. Per i dag er det så vidt vi vet ikke solgt slike løsninger i Norge.

Det finnes også minst to løsninger for frittstående vinsjer markedsført i Norge; T-winch fra Ecoforst og Timbermax. Dette er løsninger hvor vinsjen står på eget chassis, har egen motor og hvor ståtauets kobles til skogsmaskinene ved behov.

Tabell 1. Tre løsninger for vinsj-assisterte skogsmaskiner

Integrert vinsj	Ekstern selvstendig vinsj	
	(a) som tilleggsutstyr	(b) eget chassis
		
Ponsse synchrowinch. Foto: Ponsse Oyi, 2023	TimberMAX T8 (Foto: Timbermax, 2023)	t-winch 10.2 (Foto: ecoforst GmbH, 2023)
• ingen ekstra maskin • statisk vaier (mindre slitasje)	• Skogsmaskin kan kobles fra • Graver kan brukes til å utbedre kjøretrase	• Skogsmaskin kan kobles fra • Rekkevidde (~500m)
– Tyngre smaskiner (+ 2t) – Skogsmaskin kan ikke kobles fra vaier – Kortere kabel / rekkevidde (~350m)	– Ekstra maskin / maskintransport – løpende vaier, større slitasje på vaier – Rekkevidde (~350m)	– Ekstra maskin / maskintransport – løpende vaier, større slitasje på vaier

Metoden muliggjør terrengtransport i langt brattere motbakker enn hva som er mulig uten vinsj-assistanse. For terrengtransport i unnabakker går gjerne skogsmaskinene allerede nokså nær grensen for hva som er mulig uten å miste grepet, men med vinsj-assistanse vil det bli mulig å rygge ut av vanskelige situasjoner også med lass. I lange bratte lier med unnakjøring kan det være lange omveier for å komme opp og i startposisjon for opplasting, mens ved bruk av vinsj-support vil det være mulig å kjøre korteste vei opp i terrenget. Med riktig bruk kan trolig metoden bidra til mindre kjøring og mindre kjøreskader, mindre slitasje på dekk og belter, og bedre ergonomi ved hogst og terrengtransport i bratt terreng. Metoden innebærer samtidig betydelige ekstrakostnader for entreprenør: betydelig investering, enda en maskin som skal holdes vedlike, enda en maskin å flytte fra hogstobjekt til hogstobjekt. Ny kompetanse og nye rutiner må derfor på plass for å utnytte systemets iboende muligheter til fordel for både entreprenør, skogeier og miljø.

Mål og problemstilling

Prosjektets hovedmål er å utforske maskinvinsjens plass i norsk skogsterreng. Det vil si hvilke terrengtyper og driftsforhold konseptet fungerer og kan gi fordelaktig driftsøkonomi, arbeidsmiljø og sikkerhet, og miljøpåvirkning.

Dette er viktig kunnskap ved planlegging av konkrete drifter, samt ved investeringsvurderinger for aktuelle entreprenører. Kunnskap om operative grenser som maksimal helling og maksimal li-lengde vil gjøre det mulig å analysere hvilke skogområder dette konseptet kan fungere for i større skala. Det

vil si at alt norsk skogsterreng kan klassifiseres som taubane-terreng, maskin-vinsj terreng og terreng for drift uten ekstern assistanse.

Dette skal løses via følgende delmål:

- * Vurdere produktiviteten ved bruk av T-winch i forhold til drifter uten vinsj (lastetid, kjørehastighet og riggetid).
- * Finne operative grenser for et utvalg grunnforhold når virke skal transporteres oppover og nedover i terrenget.
- * Innhente aktørenes refleksjoner rundt: HMS og sikkerhet, etablering av drifter, sortimenthåndtering i bratta, opplegg ved kombinerte drifter hvor terrengtransport foregår etappevis med og uten vinsj, miljøpåvirkning med vs uten bruk av vinsj.

Materiale og metode

I prosjektet har vi fulgt opp eksempel-drifter for å se hvordan driften blir utført, sammenligne produktivitet og finne operative grenser og begrensninger for systemet. Driftene ble fult opp ved å innhente sporlogg fra maskinene.

For å finne helling i hvert datapunkt i sporloggen ble en 1x1m digital terrengmodell for området hentet fra kartverkets høydemodell (NDH 2pt eller bedre, se www.hoydedata.no/Laserinnsyn2). Av denne høydemodellen ble det laget en tilsvarende «hellingsmodell» som viser hellingen for hvert 1x1 m piksel i kartet. For hvert datapunkt ble så høyden og hellingen i underliggende piksel hentet ut. Med denne metoden kan hellingen i underliggende piksel brukes direkte, eller høydeforskjellen og avstanden mellom to påfølgende sporlogg-punkter kan brukes for å beregne hellingen mellom de to.

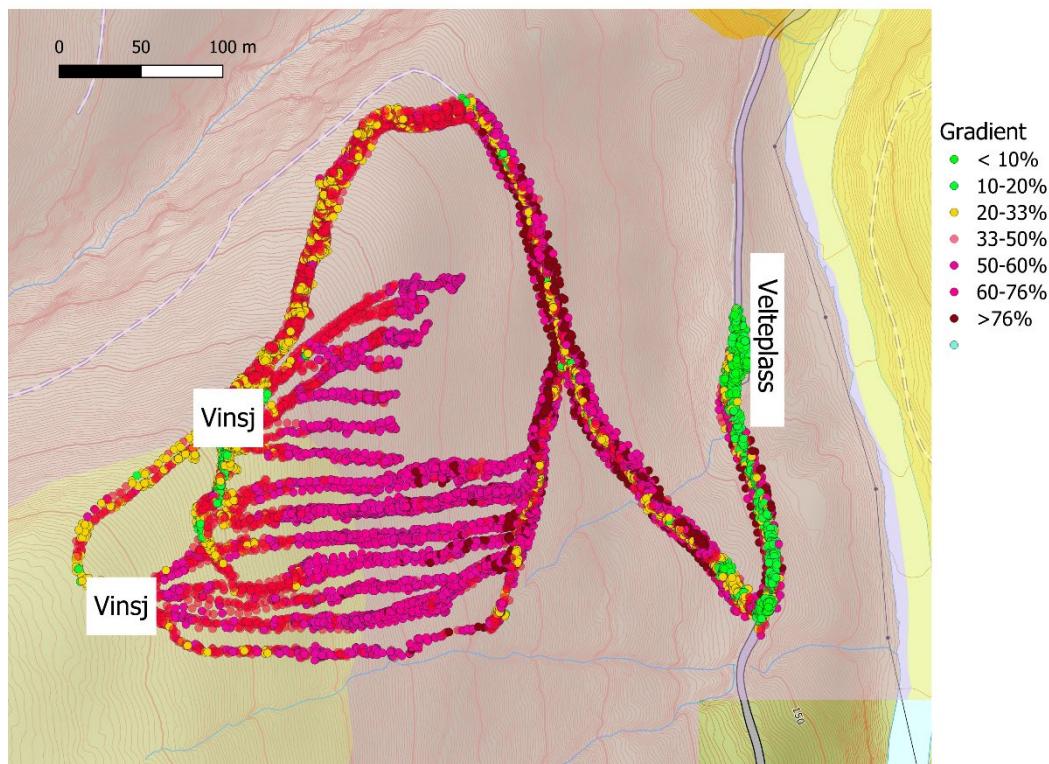
Aktørenes refleksjoner rundt HMS, sikkerhet, andre aspekter ved bruk av vinsj, ble innhentet ved hjelp av en spørreundersøkelse rettet mot aktører med en viss erfaring med systemet. Spørreundersøkelsen er lagt ved som vedlegg.

Resultater

Eksempeldrifter

Stjørdal

Sondalen, Stjørdal



Figur 4. Driftsområde i Stjørdal. Punktene er sporlogg fra skogsmaskinene. Lys rød kartbakgrunn indikerer at løsmassene består av et tynt forvittringslag, lys grønn bakgrunn i sørvest er et tynt torvdekke på fjell. Sporloggen dekker ikke hele driftsområdet. Helling i hvert punkt er beregnet ut fra Kartverkets 1x1m terrengmodell.

I eksempelet fra Stjørdal ble det avvirket et granbestand på ca 40 daa og 1000 m³ (Figur 4). Utkjøring og lunneplass var nedenfor hogstområdet. En eldre skråveg ble utbedret med gravemaskin slik at den ble fremkommelig for skogsmaskiner og T-vinsj. Skråvegen gikk til en rygg som var slak nok for maskinforflytning videre opp i terrenget. Maskinens GPS har en unøyaktighet tilsvarende andre GPS'er uten korleksjon, dvs +/- 6 m. Derfor ble en del av punktene i sporloggen liggende i skjæringen eller utenfor fyllingen langs skråvegen, så at det ser ut som maskinen har kjørt i over 76% helling langs skråvegen (Figur 4). Hellingen i skråvegen var stort sett under 33%, med noen små partier som var litt brattere. I de partiene var det helt på grensen at maskinene (uten lass) kom seg opp.

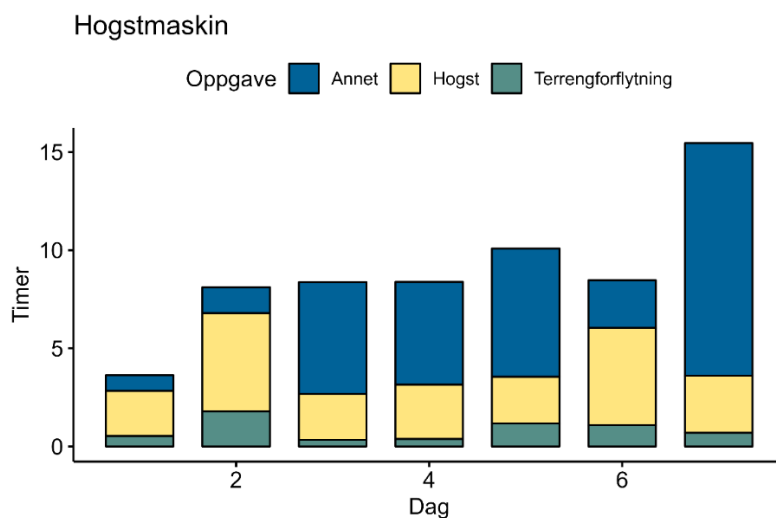
Løsmassene i hogstområdet besto ifølge NGU's løsmassekart stort sett av forvittringsmasser i de bratte partiene i nederste halvdel av hogstområdet. I øverste halvdel av hogstområdet var det et rent humusdekke, stedvis tykk torv, stedvis grunnlendt med tynt torvdekke. Hellingen i dette partiet var i snitt 23° (42%). I nedre halvdel av bestandet var det en del brattere, med gjennomsnittlig helling på 31° (60%) og maksimal helling på 43° (95%). Vegskjæringen fra driftsområdet ned på traktorveg var mange steder for bratt til at lassbærer kunne kjøre rett ned på traktorvegen.

Vinsjen ble plassert 50m ovenfor driftsområdet, og wiren ble lagt om en blokk for å komme i riktig posisjon for hvert skår. Hogstmaskinen brukte vinsj til deler av driften, mens lassbærer brukte vinsj til det aller meste av driften. De kunne derfor i liten grad arbeide samtidig. Deler av virke ble kjørt

oppover og lastet av, for så å bli kjørt ut uten vinsj-support. Med denne metoden kunne lassbæreren kjøre fram virke selv om vinsjen var i bruk av hogstmaskinen. Deler av volumet ble kjørt ned på traktorvegen og direkte til lunneplass. Skjæringen fra driftsområdet ned til traktorvegen var stort sett for bratt til at lassbærer (med lass) kunne kjøre ned på traktorvegen. Men da var det mulig å rygge et stykke opp og så ned igjen etter en trase hvor dette var mulig.

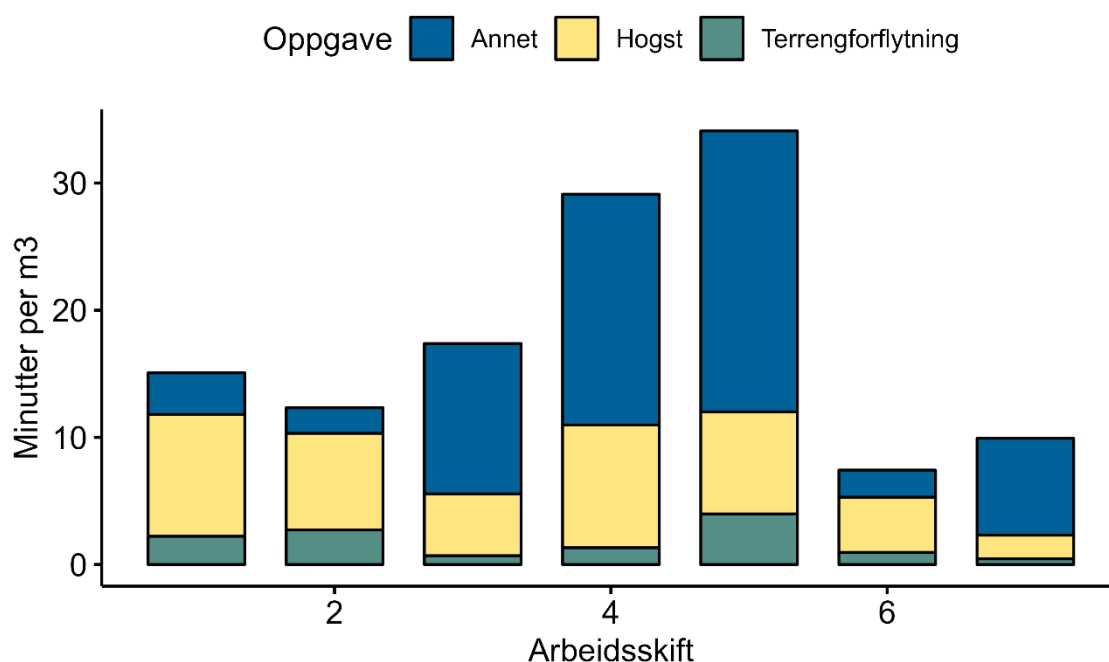
Det aller meste av virke sto i partier med mellom 50 og 76% helling. Når nedfarten til traktorveg stort sett var blokkert ved at vegskjæringen var for bratt, var derfor bestanden utilgjengelig for skogsmaskiner uten vinsj-assistanse. Hvis nedfarten til traktorveg ikke var blokkert, kunne bestanden muligens blitt drevet ut ved utkjøring nedover, og at maskinene kjørte til topps med en lang omkjøring for hvert lass med lassbærer og hvert skår med hogstmaskin. Vinsjen ville gi en besparelse på ca 250 meter per gang for å komme seg til toppen av driftsområdet, tilsvarende ca 5 minutters ekstra kjøring per tur.

Fra skogsmaskinene som var involvert i Stjørdal var det også mulig å hente ut driftsrapporter og sporlogger (hogstmaskinproduksjon (.hpr), lassbærerproduksjon (.fpr), og maskinoppfølging (.mom), og sporlogg. Det er ikke gjort grundige analyser av materialet, men en enkel oversikt over tidsbruken til hogstmaskin er presentert i Figur 5. Maskinen loggfører all tid når den er aktiv (tenningen påslått), man kan derfor ikke lese direkte ut av dette hvor mye produksjonstid som går «tapt» for å holde på med vinsj-systemet. Men det er liten tvil om at den produktive tiden per dag har vært ganske kort, i størrelsesorden 4-7 timer per dag (Figur 5).



Figur 5. Tidsbruk per dag per oppgave for hogstmaskinen in Stjørdal.

Hogstmaskin

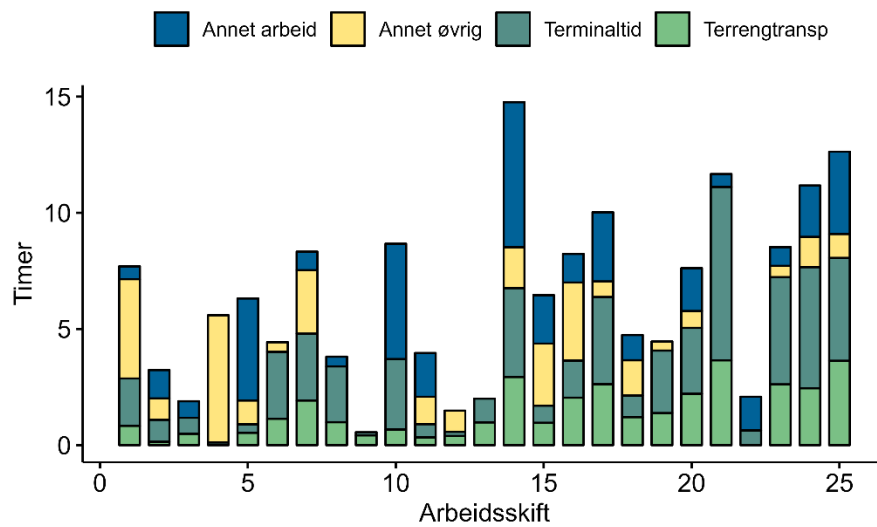


Figur 6. Figuren viser tidsforbruket per arbeidsoppgave per dag, fordelt på produsert volum samme arbeidsskift.

Driftsrapporten fra lassbæreren viser noe av samme tendens. Lasting og transport utgjorde 55% av arbeidstiden og ca 3 timer per skift (Figur 6). Mye tid har gått til kategoriene «annen arbeidstid» og «annet», særlig i tidlig fase av drifta. Hvis vi utelukkende ser på tidsbruk til lasting og lossing, er det brukt mellom 0,5 og 15 minutter per m³, dvs stor variasjon fra lass til lass. Normal forventet «uforstyrret» samlet tidsforbruk til lasting og lossing i sluttavvirkning er ca 2 minutter per m³ (Brunberg, 2004).

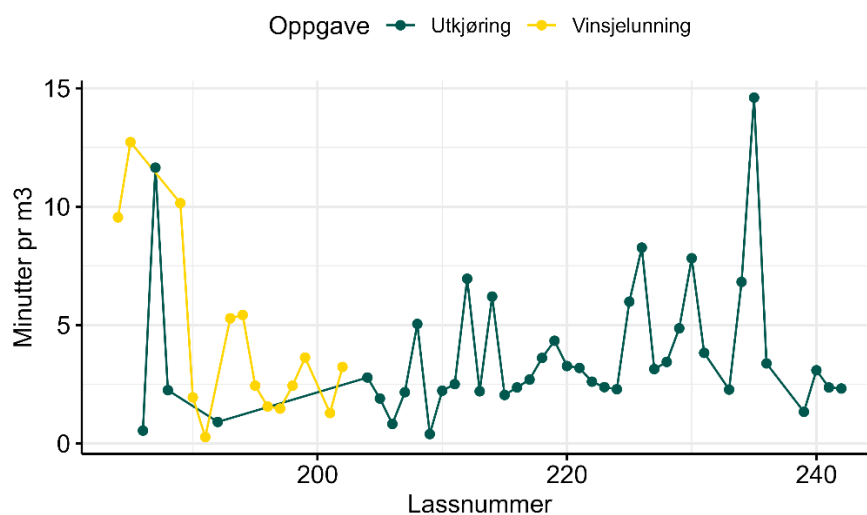
Objektet i Stjørdal var nokså komplisert, i den forstand at store deler av objektet var såpass bratt at begge maskinene måtte ha vinsj-assistanse. Dette kan gi en samtidighetskonflikt, noe som fort trigger både en del venting og forskjøvnede arbeidsskift. Vinsjen måtte manøvrere seg til toppen av objektet, mens virke ble transportert ut nedenfor objektet. Bruk av vinsj-assistanse var nytt for hogstlaget, noe som innebærer at de naturlig nok hadde mye å lære om vinsjen i seg selv og om hvordan drifter med vinsj-assistanse kan og bør legges opp.

Lassbærer

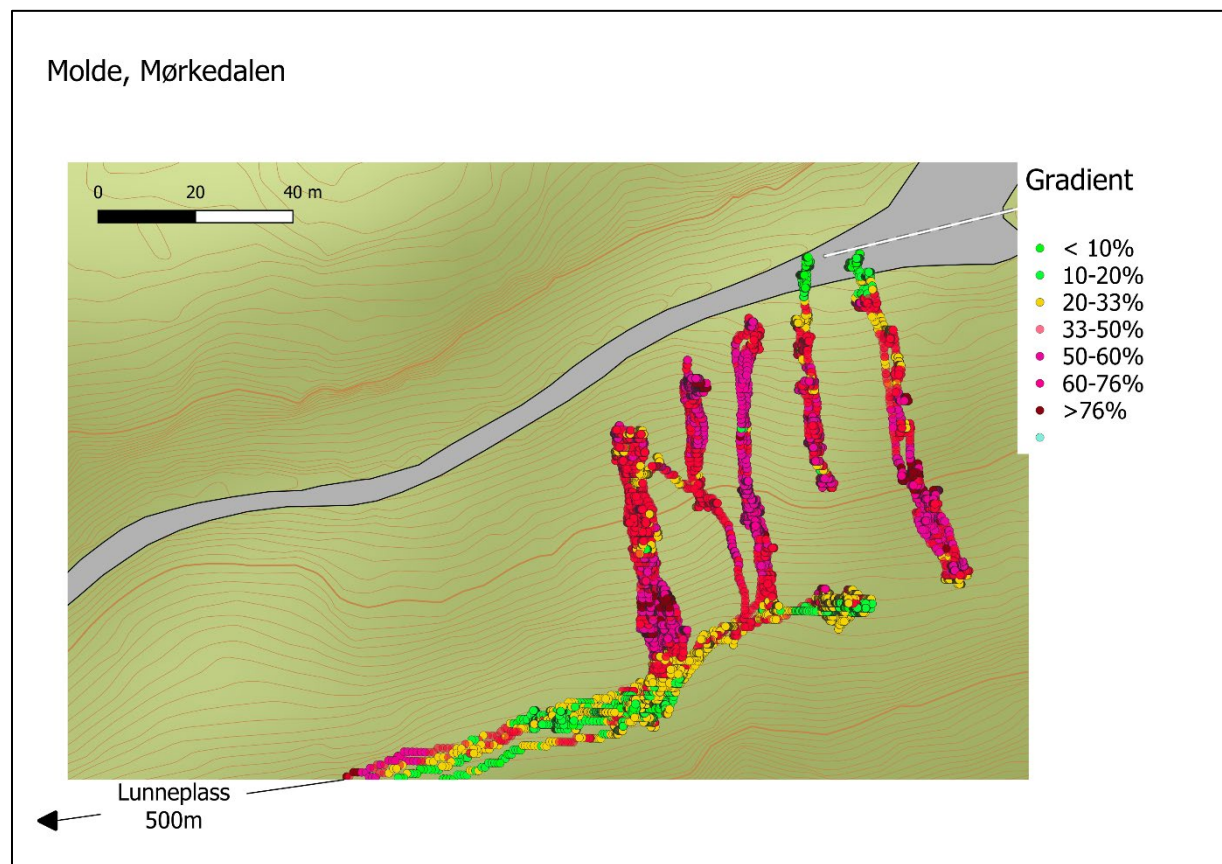


Figur 7. Fordeling av tidsbruken på lasting/avlasing, terrengtransport, annet arbeid, og annet. Lasting og terrengtransport utgjorde 55% av tidsbruken, med mediantid på 2 timer lasting/avlasing og 1.1 time terrengtransport per skift.

Lassbærer terminaltid



Figur 8. Lassbærers tidsbruk for terminaltid (lasting og lossing) per m3 versus lassnummer og oppgave. Merk at lassbæreren i tidlig fase transporterte virke til en midlertidig lunneplass i bestandet, hvor virke senere kunne kjøres ut uten bruk av vinsjstøtte. I senere fase av oppdraget ble virke kjørt direkte ut til velteplass ved skogsveg.



Figur 9. Sporlogg fra Mørkedalen, Molde. Helling i hvert punkt er beregnet ut fra Kartverkets 1x1m terrengmodell. Hele partiet mellom skogsvegen og utkjøringsvegen i nedre del av lia ble drevet ut, selv om sporloggen er ikke dekkende for hele drifta.

I Mørkedalen i Molde kunne vinsjen stå på vegkanten, mens maskinene arbeidet nedenfor. Hellinga var stort sett i intervallet 33 – 76%, med noen korte partier med høyere gradient (opptil 100%). Det var for bratt og trangt til å kunne lunne virke ved skogsvegen, så virke ble fraktet ned og ut til egnet lunneplass 500 meter lengre vest. Vinsjen ble plassert i vegggrøfta på øvre side av skogsvegen. Virke ble dels omlastet ved utkjøringsvegen nedenfor det bratte partiet, og dels kjørt direkte ut til lunneplass ved at vaieren ble heftet av lassbæreren. Lassbæreren var ikke konfigurert for driftsoppfølging, det er derfor ikke data tilgjengelig om tidsforbruk til forskjellige oppgaver.

Maskinkostnadsberegning

Det ble beregnet faste og variable kostnader for et maskinlag med og uten vinsj med standard metode for dette (Ackerman et al., 2014). En rekke antagelser ligger til grunn for beregningen, de viktigste er innkjøpspris (vist i tabell), realrente (satt til 7%), forventet brutto arbeidstid per år (1840 timer), personalkostnader, drivstoff og maskinenes utnyttelsesgrad. Det er antatt at hogstmaskin og lassbærer har en maskinutnyttelsesgrad (MU) på 80%, mens vinsjen vil ha vesentlig lavere MU (40%).

Beregningen indikerer at vinsjen vil øke kostnadene for hogstlaget med om lag kr 2000 per dag, som er en økning på ca 10%. Ved forflytning fra objekt til objekt vil den også øke flyttekostnadene med ca 50%, i og med at det blir tre bilfrakter i stedet for to.

Tabell 2. Maskinkostnadskalkyle for maskinlag oppsatt med T-vinsj*.

Estimat kostnader, kr per PMh							
	Nypris	MU, %	Faste	Variable	Personal	Margin	Totalt
Hogstmaskin	5 300 000	80	493	688	463	164	1 810
Lassbærer	4 000 000	80	356	434	463	125	1 380
Autonom Vinsj	2 500 000	40	324	205	30	56	610
Estimat kostnader, kr per skift							
	Nypris	MU, %	Faste	Variable	Personal	Margin	Totalt
Hogstmaskin	5 300 000	80	3 158	4 404	2 962	1 052	11 576
Lassbærer	4 000 000	80	2 281	2 780	2 962	802	8 825
Autonom Vinsj	2 500 000	40	1 036	655	96	179	1 966

* PMh er produktive maskintimer. MU er Maskinutnyttelsesgrad, faste kostnader er rente og avskrivninger. Variable kostnader er drivstoff, smøremidler, dekk og belter. Personal er lønn og tilhørende personalkostnader. Margin er satt til 10% av samlede beregnede kostnader.

Brukererfaringer

Vinsj-støttede skogsdrifter har foreløpig et lite omfang. Det er få som har prøvd systemet og de fleste av dem har begrenset erfaring. Oversikt over responsen fra brukerne er lagt i vedlegg 1. Følgende konklusjoner kan trekkes ut av brukerundersøkelsen:

- Respondentene ble spurt hvordan vinsj-support påvirket maksimal kjørbar helling med lassbærer ved utkjøring i nedoverbakke. Svarene indikerer at vinsj-support kjørbar helling med ca 10°, fra ca 35° til ca 45°.
- Respondentene ble spurt om hvordan et heng eller et flatere areal nedenfor maskinen påvirket maksimal kjørbar helling ved utkjøring i motbakke med vinsj-support. Svarene indikerer at med flatere areal nedenfor maskinen, er maksimal motbakkehelling 45° (100%), mens om det er brattere heng nedenfor bør dette begrenses til 38° (78%) helling.
- Hogstmaskin kan gå noe brattere enn lassbærer, øvre grense uten vinsj var i gjennomsnitt 38° mens øvre grense med vinsj var 47°.
- Maskinførere og entreprenører er generelt litt mer «dristige» i sin grensesetting for hvilke hellinger som kan opereres enn øvrige (driftsplanleggere, virkeskjøpere).
- De som har kort erfaring, er litt mer dristige i sin grensesetting enn de med lengre erfaring.
- Krantilt på lassbærer, 8wd chassis på hogstmaskin, og nivellerende hytte på hogstmaskin anses som viktige tilpassinger av utstyret for at det skal fungere i bratt terreng.
- Respondentene hadde liten tro bruk av integrert vinsj på skogsmaskinene.

Diskusjon og konklusjon

FOU erfaringer

For å følge opp skogsdrifter i bratt terreng er hellingen maskinene jobber i et vesentlig poeng, og denne informasjonen er i og for seg lett tilgjengelig via terrengmodellene som kan lastes ned fra <https://hoydedata.no>. Men en del skogsmaskiner, særlig lassbærere, går uten at GPS er installert, og om den er installert kan skogsdrifta fint gjennomføres uten at den er aktivert. Det er derfor viktig å

forsikre seg om at maskinene er konfigurert med GPS, og at denne er aktiv, for at man skal få noe ut av driftsoppfølgingen av slike drifter.

GPS'er uten korreksjon har en unøyaktighet som ofte ligger på 5-6 meter. Når sporlogg fra slike GPS'er brukes for å se hvilke hellinger maskinene de har kjørt, og den kjøringen har foregått i ujevnt terreng eller nære veg-skråninger, vil sporloggen vise at maskinene har beveget seg i langt brattere partier enn det de i realiteten har gjort, slik som for eksempel vist i Figur 4. For analyser hvor helling er sentralt, bør det enten benyttes gps med større nøyaktighet, eller analysene bør gjøres på områder hvor hellingen er jevn slik at hellingen blir tilnærmet riktig selv om maskinen har en unøyaktig posisjon.

Maskin-vinsj gjør at driftene blir mer komplekse med tanke på planlegging av terrengtransport og rekkefølgen på ulike deler av drifta. Denne planleggingsjobben «vises» ikke i arbeidsstudier basert på maskingenererte data.

Vinsj-assisterte skogsmaskiner som metode i Norsk terreng

Drivbar helling

Erfaringene så langt er at vinsj-support til skogsmaskinene øker operasjonsområdet for hjulgående maskiner med om lag 10 graders helling. Vinsj-assistert skogsdrift er en aktuell metode de fleste steder hvor det i dag brukes gravemaskin for å lage midlertidige driftsveier i hogstområdet. Metoden er også aktuell i bratte områder med lite løsmasser, hvor gravedrift-metoden er mindre egnet. Metoden begrenses av hvilken helling maskinene ikke kan stå på egne hjul uten støtte fra vinsjen, hvis vaieren ryker eller vinsjen gir etter. Dette varierer med jordarmering, jordfuktighet, frost og hjul/belteutrustning på maskinen. Erfaringen hittil er at vinsj-assisterte maskindrifter generelt kan planlegges og utføres i områder hvor hellingen er under 38-40° (80-85%). I brattere terreng bør det gjøres nærmere vurderinger i hvert tilfelle.

Planlegging av drifter

God planlegging er trolig en suksessfaktor ved bruk av vinsj, og planleggingsrutinene må vurderes og beskrives på annet vis enn produktivitetsstudier. En evaluering av hvor god planleggingen har vært kan gjøres ved å måle kriterier som 1) andel av tiden det er «kø» på bruken av vinsj, 2) treffsikkerhet i anslag på arbeidsomfang og driftskostnad, 3) tidsbruk og kostnad på uventede behov (for eksempel utbedre trasé for terrengtransport, avbrudd fra arbeidsplanen, eller andel av drifta som ikke kunne løses som forutsatt. Maskinutnyttelsesgraden for hogstmaskin, lassbærer og vinsj kan også fortelle noe om hvor god planleggingen har vært, men det vil likevel være vanskelig å sammenligne ulike drifter med hverandre.

Verktøy og rutiner for planlegging av drifter

Både maskinoppfølingsdata og erfaringer uttrykt fra prosjektdeltakerne tilsier at gode verktøy og rutiner for planlegging av vinsj-assisterte drifter er nødvendig for at brukerne skal oppnå effektiv bruk av maskiner og mannskap, og forutsigbar økonomi i driftene. Mangelfull planlegging vil medføre drifter hvor det oppstår uforutsette behov for å utbedre kjøretraseer, uforutsette samtidighetskonflikter, og partier i hogstobjektet som ikke kan drives på grunn av vanskelig adkomst. Slike verktøy og rutiner bør gi brukeren mulighet til å finne terrenghelling ut fra kart, definere områder hvor hhv lassbærer eller hogstmaskin eller begge vil behøve vinsj-støtte, finne traseer for terrengtransport av vinsj og virke, finne gode posisjoner for vinsj, estimere riggetid og identifisere samtidighetskonflikter.

Driftskostnader

Kostnaden per dag for et driftslag med vinsj vil ligge ca 10 – 15 % høyere enn et maskinlag uten vinsj (Tabell 2). Tidligere studier av maskinintegrerte vinsjer indikerer at vinsj-relatert riggetid utgjør 10-20% av arbeidstiden (Holzfeind et al., 2020). Samlet tilsier dette en økning i driftskostnad i størrelsesordenen 30% sammenlignet med bestand som drives uten ekstra tiltak i form av vinsj. For drifter med lite riggetid og uten samtidighetskonflikter mellom hogstmaskin, lassbærer og vinsj, vil driftsprisen per kubikkmeter øke tilsvarende. Tidligere studier av bruk av gravemaskin i såkalte gravedrifter, indikerte at gravekostnaden utgjorde 25% av kostnadene for hogstmaskin og lassbærer, men innbyrdes venting og bruk av manuell felling gav en total kostnad som var 52% høyere enn forventet driftskostnad for tilsvarende skog uten behov for assistanse av gravemaskin og manuell felling (Lileng, 2009).

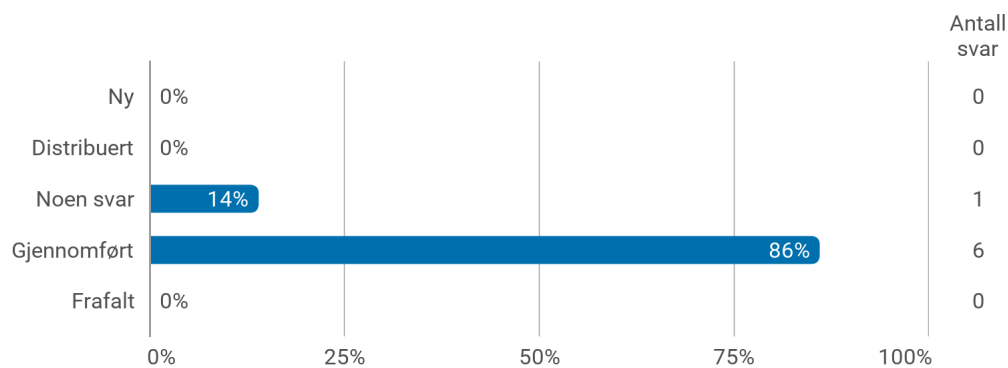
Literaturhenvisninger

- Ackerman, P., Belbo, H., Eliasson, L., de Jong, A., Lazdins, A. & Lyons, J. (2014). The COST model for calculation of forest operations costs. *International Journal of Forest Engineering*, 25(1), 75–81. <https://doi.org/10.1080/14942119.2014.903711>
- Bombosch, F., Sohns, D., Nollau, R. & Kanzler, H. (2003). Are forest operations on steep terrain (average of 70% slope inclination) with wheel mounted forwarders without slippage possible? *Austria 2003 Proceedings*, 5. <https://www.formec.org/proceedings/34-austria-2003-proceedings.html>
- Brunberg, T. (2004). *Underlag till produktionsnorm för skotare* (nr 3; Redogörelse). Skogforsk.
- Granhus, A., Andreassen, K., Tomter, S. M., Eriksen, R. & Astrup, R. A. (2011). *Skogressursene langs kysten. Tilgjengelighet, utnyttelse og prognoser for framtidig tilgang* (Bd. 11). Norsk institutt for skog og landskap. <http://hdl.handle.net/11250/2463540>
- Hittenbeck, J. (2013). *Estimation of Trafficable Grades from Traction Performance of a Forwarder*. 34(1), 71–81.
- Holzfeind, T., Visser, R., Chung, W., Holzleitner, F. & Erber, G. (2020). Development and Benefits of Winch-Assist Harvesting. *Current Forestry Reports*, 6(3), 201–209. <https://doi.org/10.1007/s40725-020-00121-8>
- ISO/TC 23. (2022). *ISO 19472-2:2022. Machinery for forestry — Winches — Part 2: Traction aid winches*. <https://www.iso.org/standard/75912.html>
- Lileng, J. (2009). *Avvirkning med hjulgående maskiner i bratt terreng* (Oppdragsrapport fra Skog og landskap, s. 12). Norsk institutt for skog og landskap.
- Mologni, O., Dyson, P., Dzhamal, A., Rosario, P. A., Cuiseppe, Z., Cavalli, R. & Stefano, G. (2018). Tensile Force Monitoring on Large Winch-Assist Forwarders Operating in British Columbia. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 39(2), 193–204.
- Schönauer, M., Holzfeind, T., Hoffmann, S., Holzleitner, F., Hinte, B. & Jaeger, D. (2020). Effect of a traction-assist winch on wheel slippage and machine induced soil disturbance in flat terrain. *International Journal of Forest Engineering*, 1–11. <https://doi.org/10.1080/14942119.2021.1832816>
- Talbot, B. (2013). Forprosjekt - Evaluering av gravedrifter. *Rapport fra Skog og landskap*, 05(05), 22.

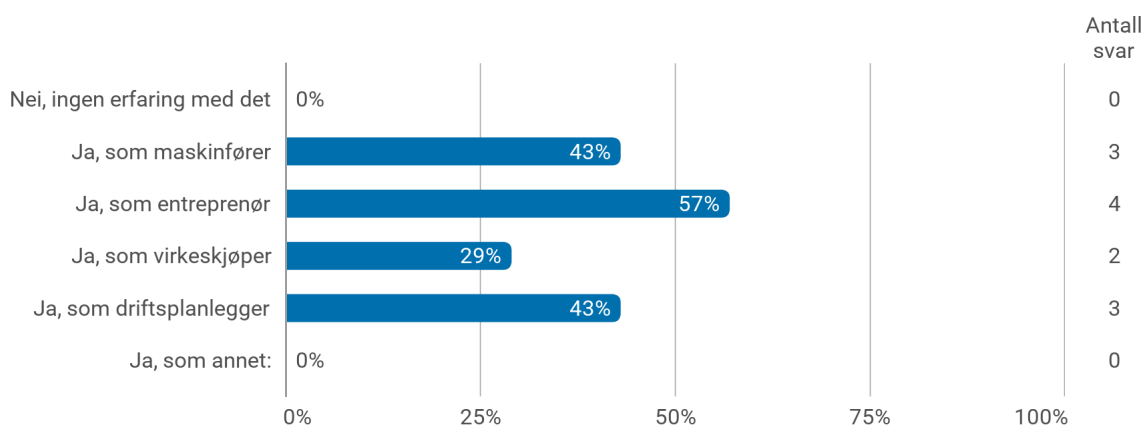
Vedlegg 1: Brukererfaringer med vinsj-støttede maskiner i skogsdrift

Spørreundersøkelse utført sommeren 2023.

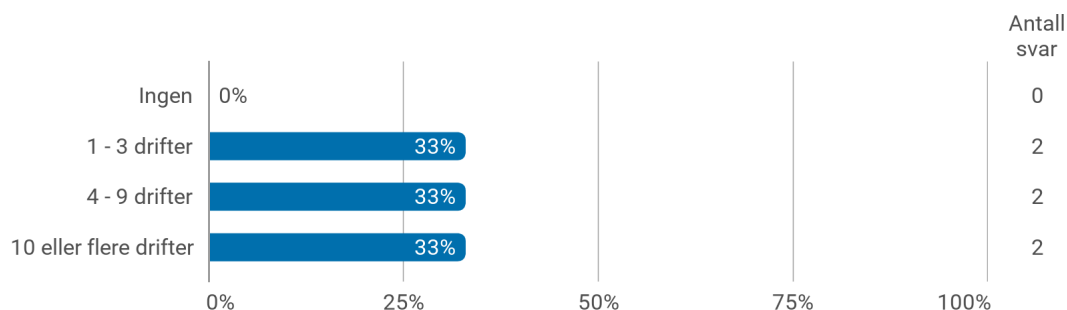
Samlet status



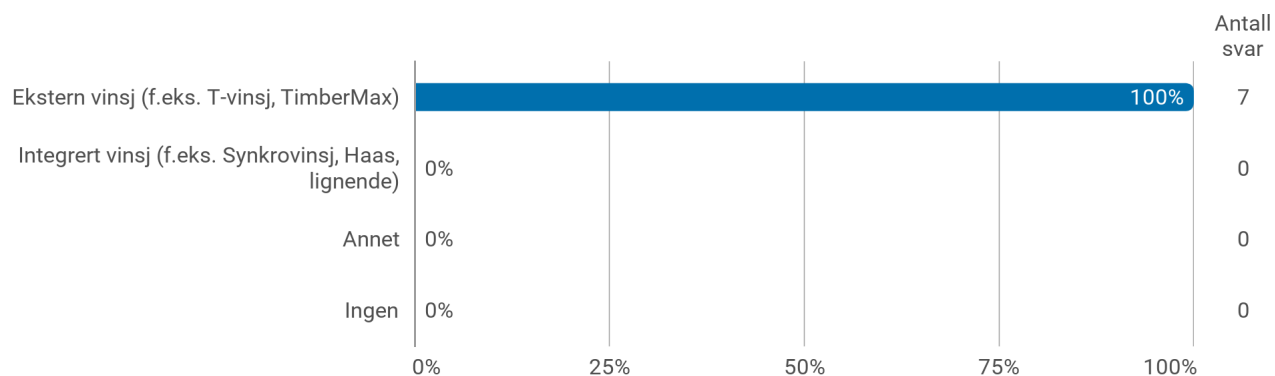
Har du noen som helst erfaring med vinsj-assisterte skogsdrifter?



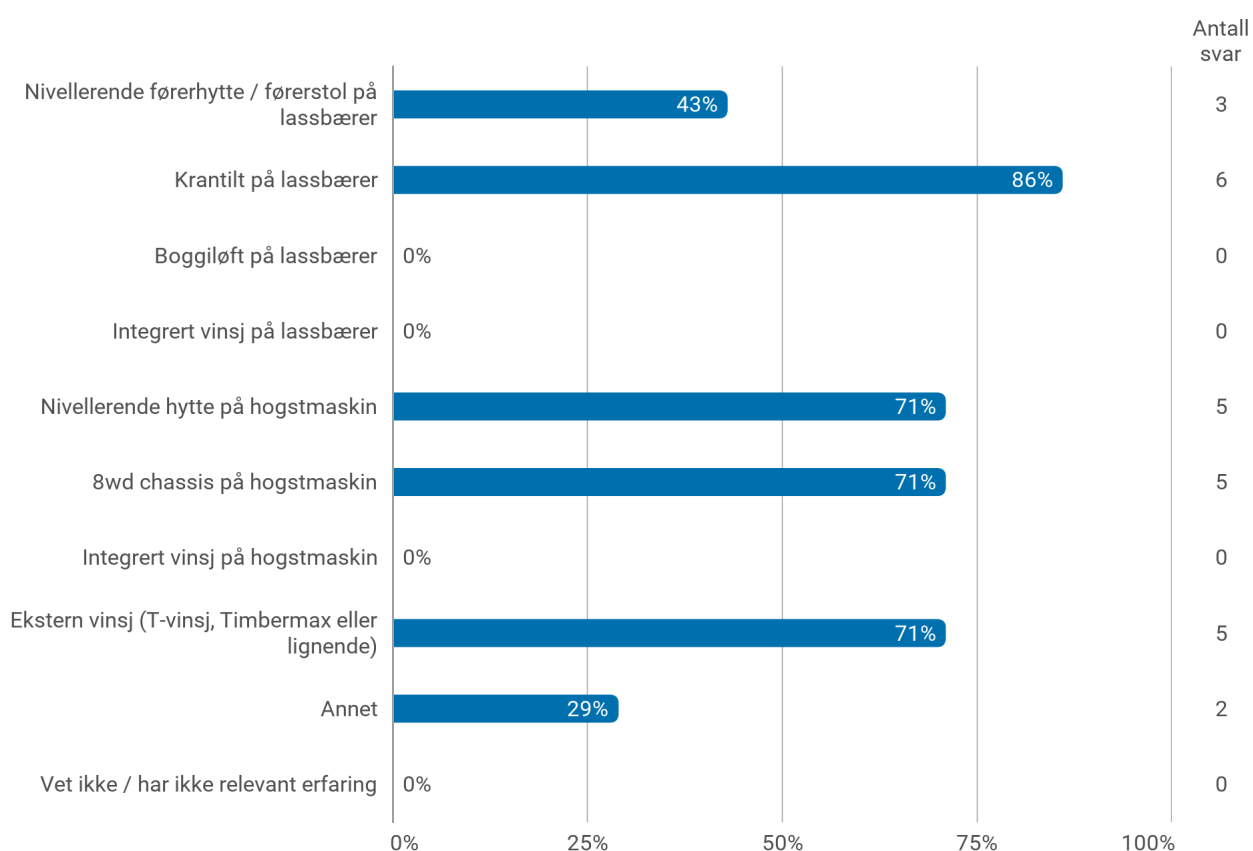
Hvor mye erfaring har du med skogsdrifter med vinsj-assisterte skogsmaskiner?



Hvilke typer vinsj-support har du erfaring med?



Hvilke tekniske tilpassinger er viktige for at skogsmaskinene og driftslaget som helhet skal fungere i bratt terreng og vinsj-assisterte drifter?



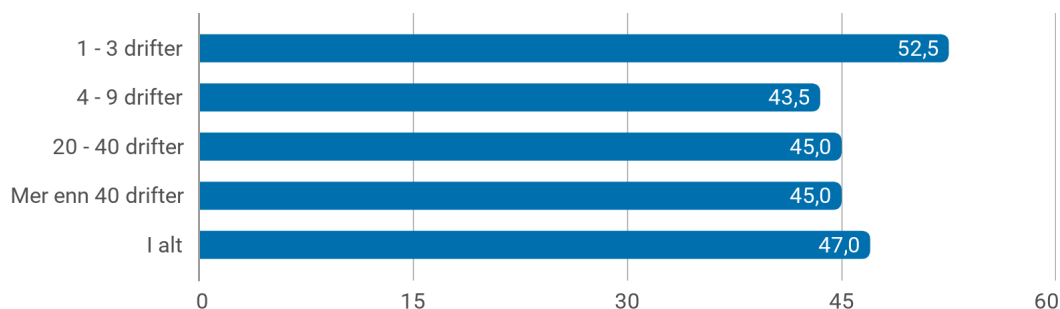
Hvilke tekniske tilpassinger er viktige for at skogsmaskinene og driftslaget som helhet skal fungere i bratt terreng og vinsj-assisterte drifter? - Annet

Type vinsj, er jo avhengig av noen forutsetninger, som ikke lar seg kategorisere, da de ulike har + og - sider i drifter

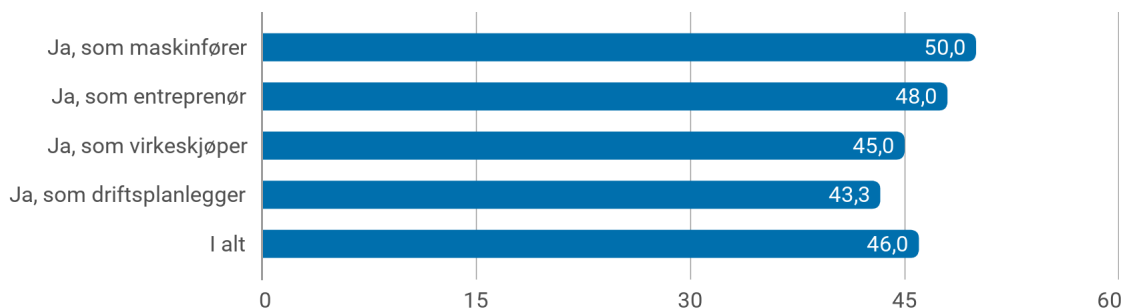
Det hadde muligens vært en fordel og hatt integrert vinsj på hogstmaskina.

Maks helling (grader) for sikker utkjøring i nedoverbakke med vinsj-support:

Figur filtrert på "Ikke kommentar til erfaring"

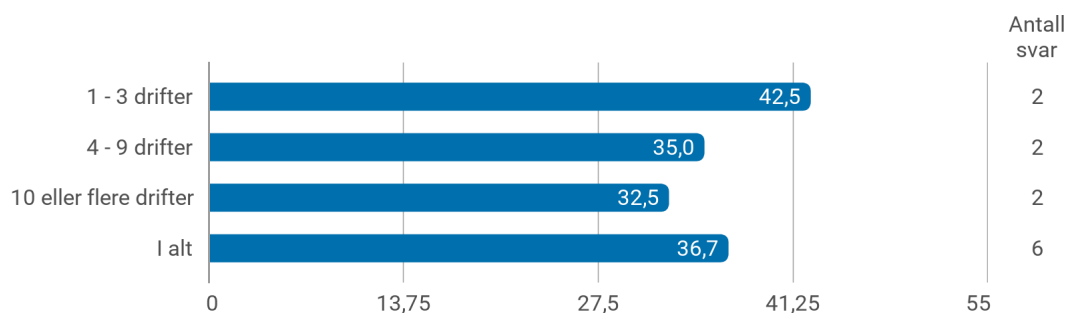


Maks helling (grader) for sikker utkjøring i nedoverbakke med vinsj-support:

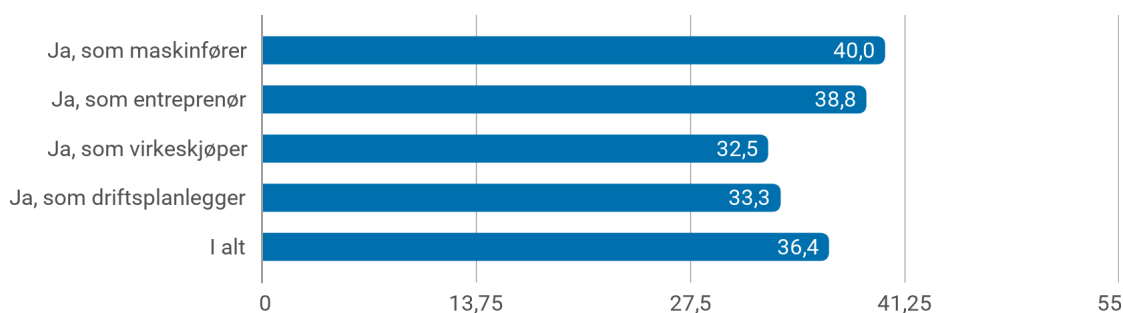


Maks helling (grader) for sikker utkjøring i nedoverbakke uten vinsj-support:

Figur filtrert på "Ikke kommentar til erfaring"



Maks helling (grader) for sikker utkjøring i nedoverbakke uten vinsj-support:



Kommentar vinsj-assistert transport nedover:

Vi opplever at det kjøres «nesten» like bratt uten vinsj. Om dette er sikker kjøring vites ikke, men det går jo alltid bra!

Raskere sikrere lite eller ingen kjøreskade

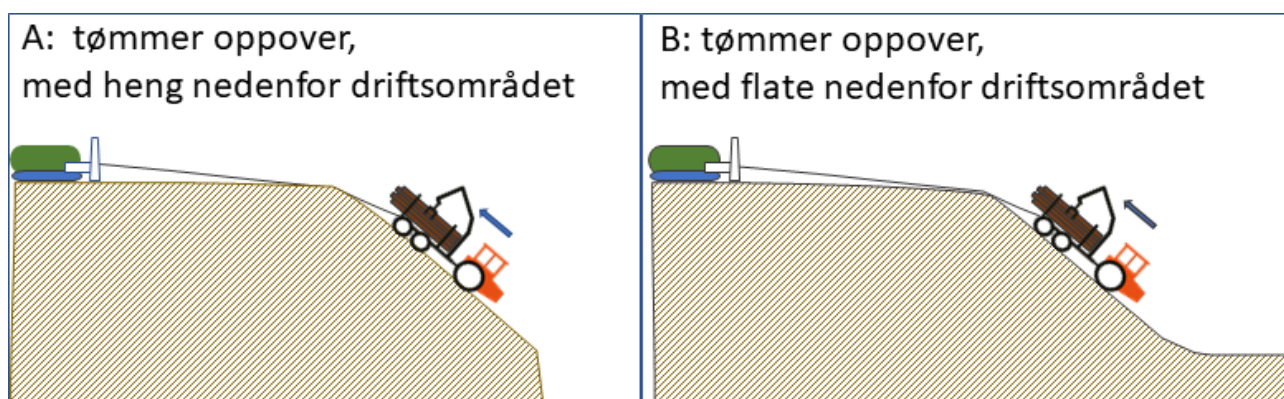
Overdekning og kvaliteten på massene har betydning. Vi må huske at det er hjelpevinsj, altså et samspill mellom skogsmaskinene og vinsjen.

Flere faktorer påvirker:

Jordsmonn, årstid, nedbør ol

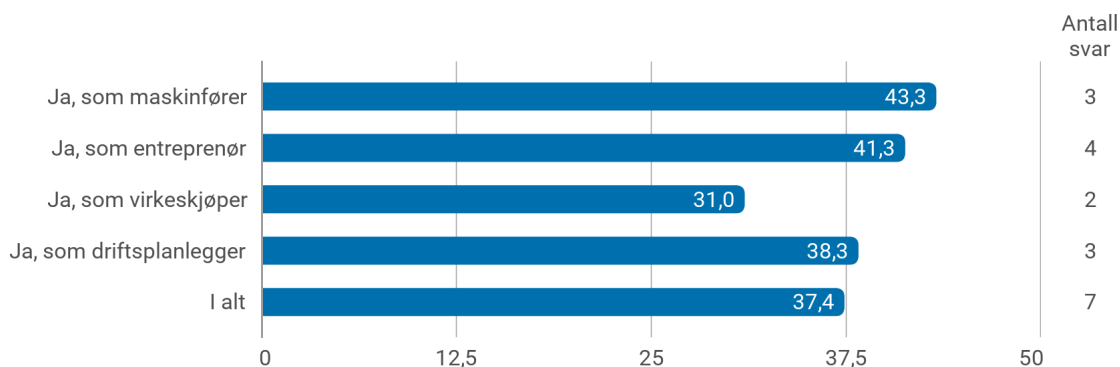
Vi har kjørt 53 nedover uten vinsj, men er jo ikke drømmedag på jobb

Hvor bratt kan man trygt transportere virke oppover hvis terrenget nedenfor er brattere eller flatere?

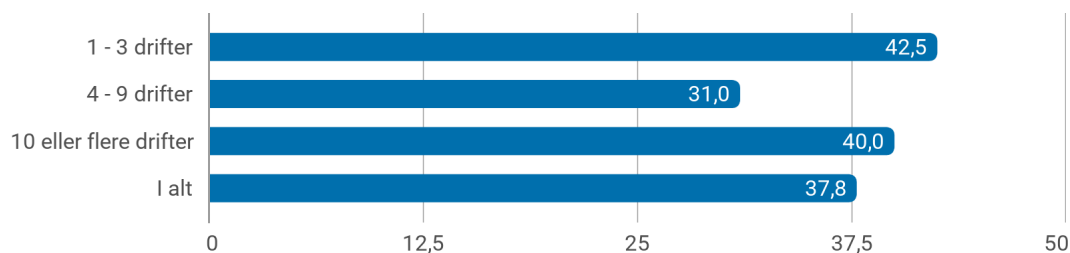


Helling i grader ^a og tilsvarende helling i prosent %								
Grader ^a	17	22	27	31	35	39	42	45
Prosent %	30	40	50	60	70	80	90	100

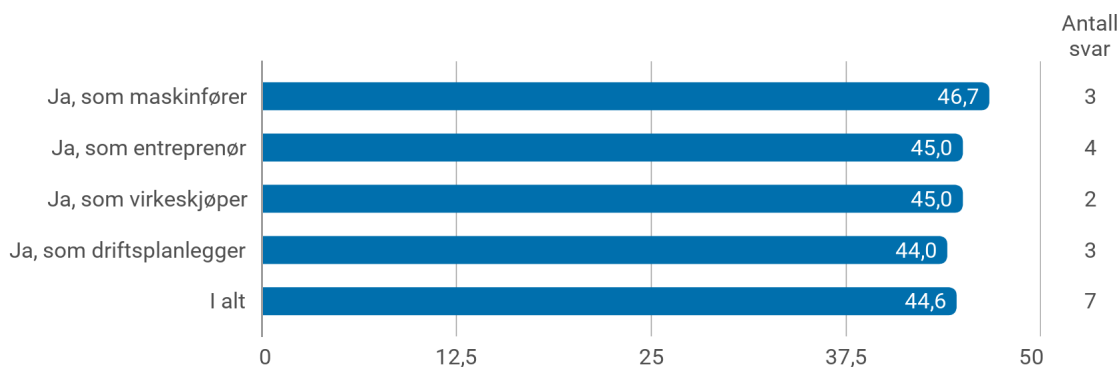
Maks helling (grader) ved transport oppover og heng nedenfor:



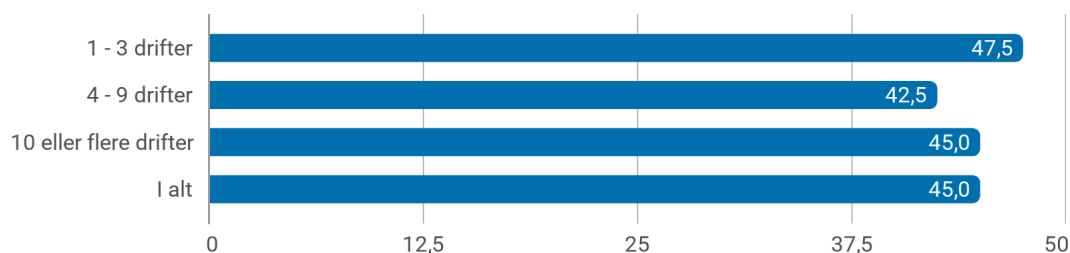
Maks helling (grader) ved transport oppover og heng nedenfor:



Maks helling (grader) for sikker vinsj-assistert terrengtransport i motbakke med flatere areal nedenfor:



Maks helling (grader) for sikker vinsj-assistert terrengtransport i motbakke med flatere areal nedenfor:



Kommentar vinsj-assistert terrengtransport i motbakke med brattere heng nedenfor lassbæreren:

Kommer an på størrelse på last og underlag

Hvis vinsj svikter skal det ikke være brattere enn at den kan kjøre seg opp for egen maskin.

Det vil aldri være sikkert å kjøre i brattere terreng, enn at maskinen selv står i ro, uten vinsj. Dette vil være maks grader man kan utsette maskin og mennesker for

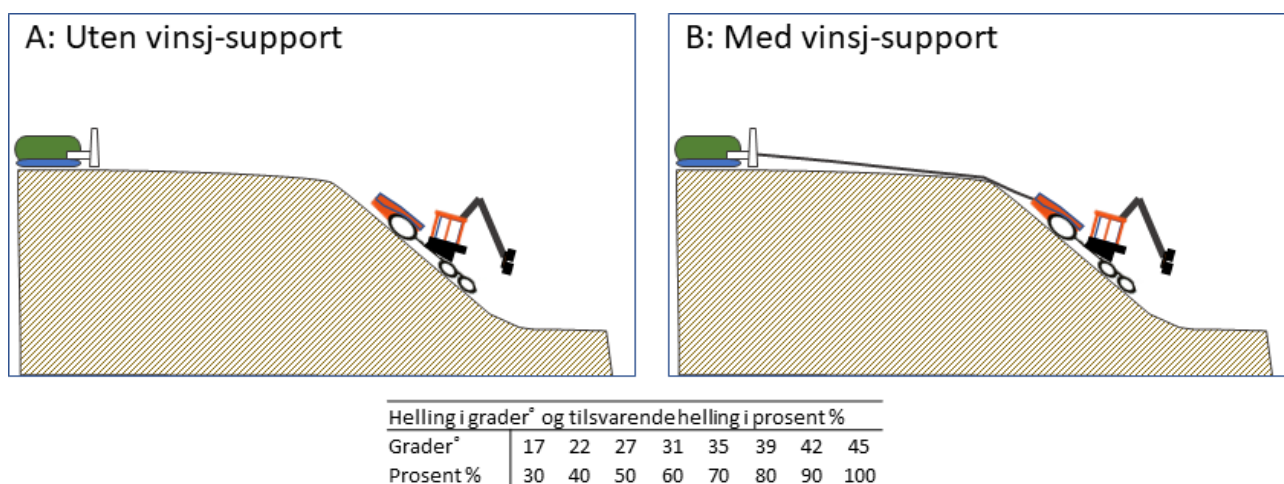
Kommentar til vinsj-assistert terrengtransport i motbakke med flatere areal nedenfor lassbæreren:

Vi vinsja 95 % fulle lass i 45 graders helling baklengs opp
Lasset må ligge trykt bak grinda selvfølgelig

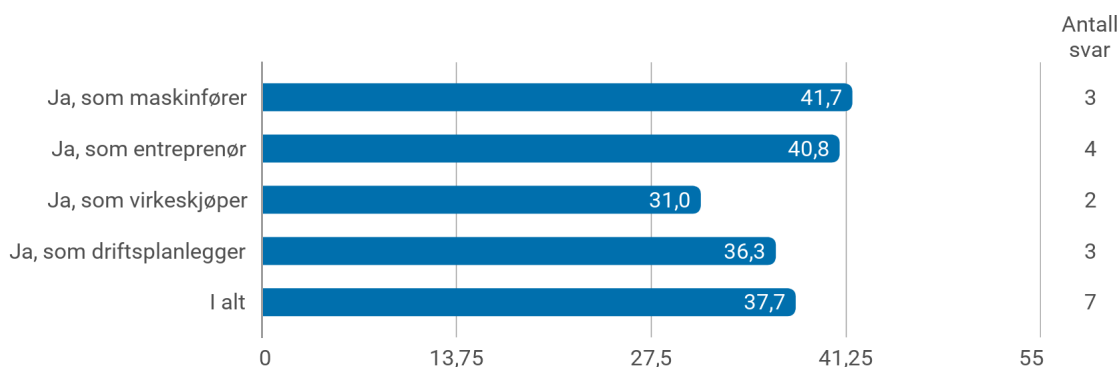
Kommentar til vinsj-assistert terrengtransport i motbakke med flatere areal nedenfor lassbæreren:

Terrengutfordringer som store steiner, stup og skrenter, tverrdaler i lia er større utfordringer i mitt område enn brattheng (Gudbrandsdalen)

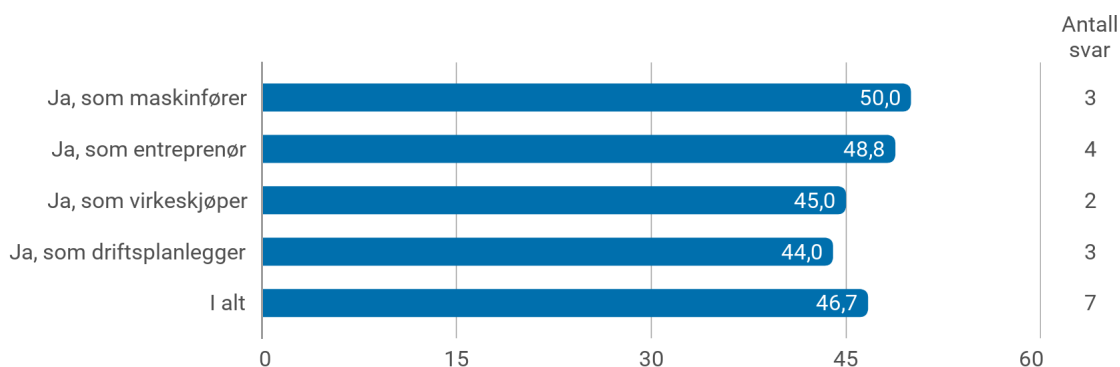
Igjen det kommer an på størrelse
På lass og underlag.

Hvor bratt kan man trygt operere med hogstmaskin?

Figur A, hogstmaskin UTEN vinsj-support, maks helling (grader):



Figur B, hogstmaskin MED vinsj-support, maks helling (grader):



Kommentar til spørsmål om vinsj-support av hogstmaskin:

Ytre påvirkning avgjør, og 35-40 er like riktig som 50, eller mer mange steder

Steiner, stup skrenter tverrdaler er større utfordringer enn bratthet.

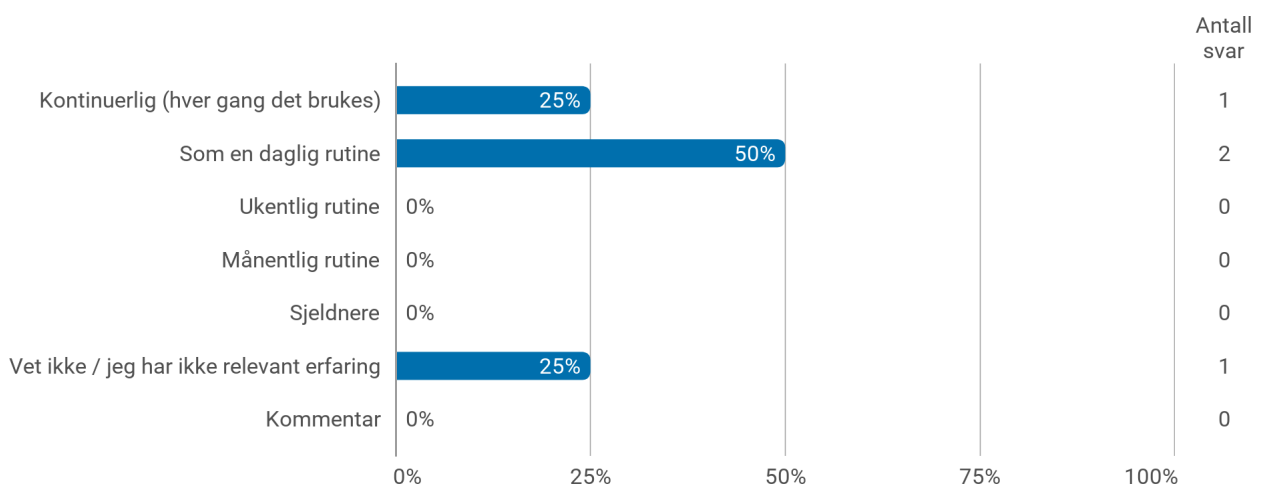
Hogstmaskin uten vinsj, du har ingen
Sikring mot og skli eller retur om noe
uforutsett skulle oppstå.

Med vinsj kan du oppere mer som på flatmark. Du kan foreksempel rygge dersom det trengs og legge om kjørespor, kjøre mot en hengkant og alltid komme deg opp igjen. All kjøring i bratt terreng går mye kjappere og er mye sikrere.

Grunnforholda og vær har stor betydning.

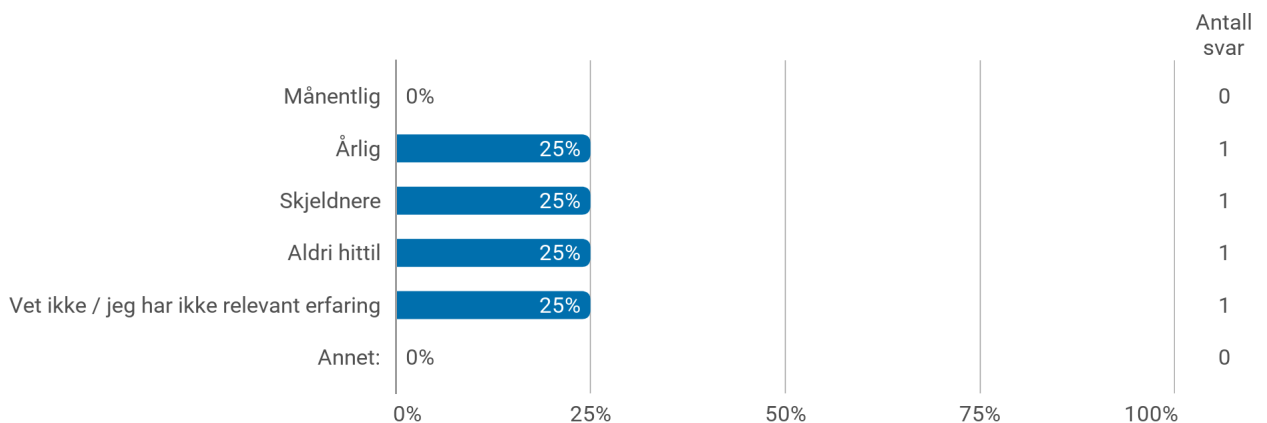
Hvor hyppig inspiseres wire, sjakler, bolter og innfesting av wire / vinsj ved vinsj-assisterte skogsdrift?

Figur filtrert på "MaskinførerEntreprenør"



Hvor ofte har du erfart alvorlige deformasjoner, strekk, sprekkdannelser eller lignende i wire, bolter, sjakler, eller innfestinger?

Figur filtrert på "MaskinførerEntreprenør"

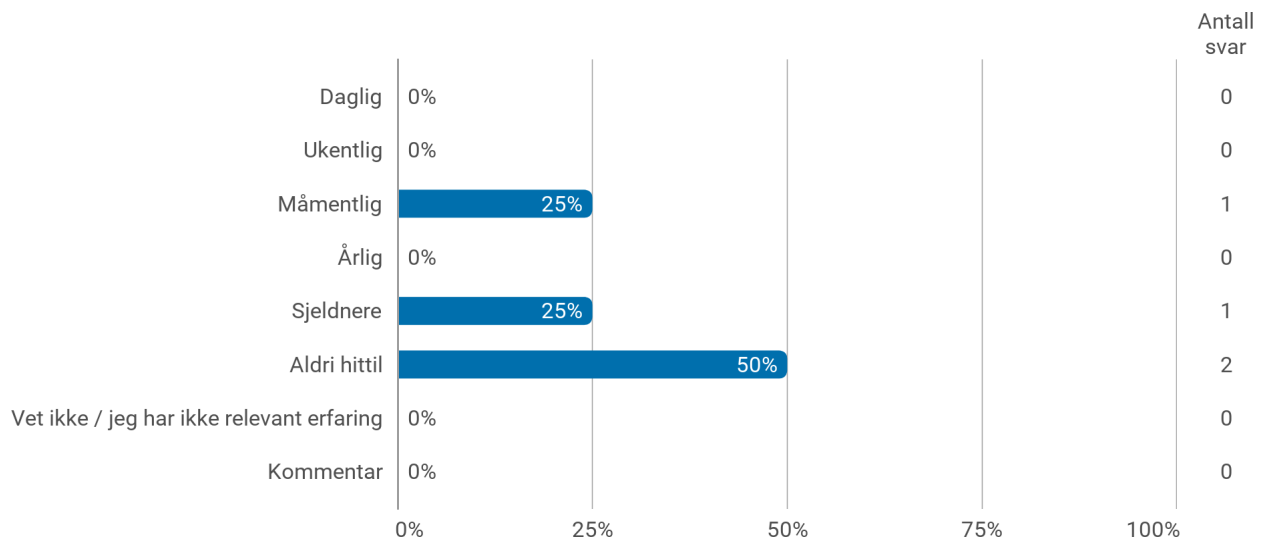


Hvor ofte har du erfart alvorlige deformasjoner, strekk, sprekkdannelser eller lignende i wire, bolter, sjakler, eller innfestinger? - Annet:

Ikke fått noen rapporter fra minste driftslag

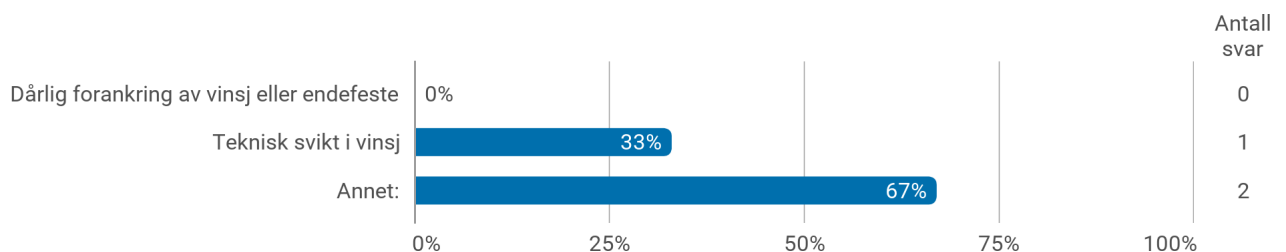
Hvor ofte opplever dere å utilsiktet miste trekkkraften fra vinsjen?

Figur filtrert på "MaskinførerEntreprenør"



Hva forårsaker slike hendelser?

Figur filtrert på "MaskinførerEntreprenør"



Hva forårsaker slike hendelser? - Annet:

Jeg kjører ikke maskin

Hvordan beskrive aldri under årsak tro ?

Har ikke hørt om slike hendelser

Både dårlig forankring kan vere problem med kommunikasjonen mellom vinsj og slope maskin og liknendes

Andre kommentarer til vinsj-assisterte drifter eller denne undersøkelsen:

I mitt område (Gudbrandsdalen) er det langt mellom egnede t vinsj drifter. Vi har lite av slette bakker og mye terrengutfordringer i bratta. Taubane er å foretrekke. Men mine betraktninger kan skyldes forlite erfaring med t-vinsj.

+ og -

Stasjonær vinsj, logistikk øvelse for å utnytte 100 % på et lag, pluss at den kan benyttes av mange/leies ut
Maskinene må forsterkes for å tåle belastning over tid, ref leverandører og garanti. Eks Ponsse

Fast vinsj, mindre slitasje på vire, øker effektiviteten, må kjøpe flere, tilpasses bedre den maskinen som skal bære den i styrke, må sitte på stort sett hele året. Kan ikke benyttes av andre