

Introduksjon

Under arbeidet i projektet «*Opplæringspakke i kostnadskalkulasjon av skogsdrifter*» har det oppstått behov for å undersøke ytterligere faktorer som kan påvirke produktiviteten ved avvirkning. De to viktigste faktorene er hvordan et ekstra kort tømmer sortiment påvirker tidsforbruket ved transport med lassbærer fram til bilvei, samt hvordan diameterspredningen i et bestand påvirker produktiviteten ved avvirkning.

Det finnes en varierende etterspørsel etter korte lengder, både av massevirke- og sagtømmer kvalitet. Disse sortimentene er ofte så korte at de kan legges i to lengder på lasvbærer som dermed oppnår fulle lass ved uttransport. På den andre siden medfører det mange ekstra kranoperasjoner pr volumenhet som skal lastes opp. Det finnes informasjon fra entreprenører om at det kan være opp til 50% av volumet i et bestand som består av korte sortimenter.

Det er også variasjon mellom ulike bestand med tanke på hvor homogene bestandets fordeling er både i spredning rundt middelstammen og hvordan denne spredningen ser ut. Mange entreprenører antar at bestand som avviker fra en normal fordeling og har større spredning tar lengere tid å avvirke enn bestand som er mer homogene.

Det finnes pr i dag begrenset informasjon om hvordan fordeling og spredning rundt middelstammen påvirker produktiviteten. Innledende forsøk på å samle inn et større datasett fra praktiske drifter har vist seg å være vanskelig. Derfor har det blitt brukt simulering av data fra hogstmaskiner og lassbærere for å i en foreløpig kartlegging av hvordan disse faktorene kan påvirke tidsforbruk og produktivitet i arbeidet.

Material og metode

Diameter spredning

Simulering av bestand

Rene granbestand med 10 000 trær ble gjennomgått gjennom simuleringen. I hvert simulert bestand ble det brukt en sannsynlighetsfordeling for å simulere trærne, og totalt ble det brukt 13 ulike sannsynlighetsfordelinger. Volumet av de enkelte trærne varierte med 0–3,2 m³ når bestandene ble simulert. Simulerte bestand som hadde en middelstamme på over 1,2 m³ ble tatt ut av materialet før analysen ble gjennomført. Hver fordeling ble simulert med et stort antal ulike input verdier, og hver kombinasjon ble gjentatt 10 ganger. Totalt ble det simulert 5-6 millioner bestand.

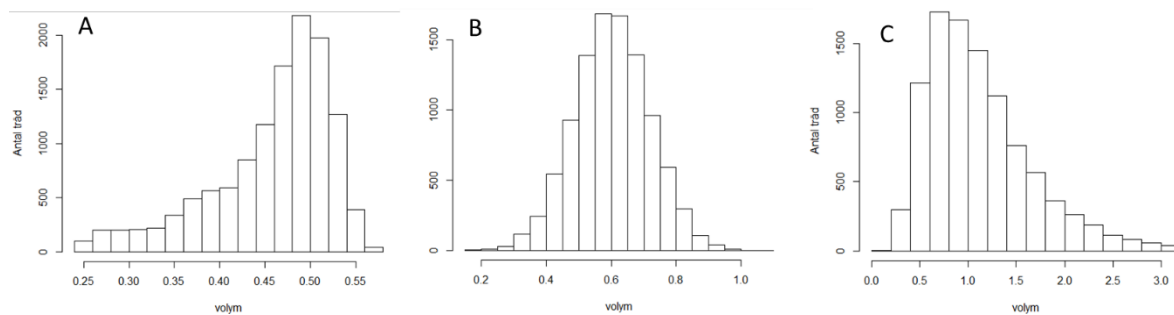
Tidsforbruk

Tidsforbruket for hogst og aptering ble estimert med hjelp av funksjoner fra en finsk studie i de simulerte bestandene. I den finske studien arbeidet 3 ulike maskinførere under svært like forhold. Derfor brukes den studien for å kunne anslå hvordan ulike maskinførere vil kunne påvirke resultatene.

Funksjonene inneholdt også tiden det tar å felle og opparbeide trærne. Ovrig produktiv og ikke-produktiv tid er ikke inkludert ifunksjonene. Forflytning mellom trærne antas å være mest avhengig av antall trær pr hektar (eller dekar) og andre bestandsegenskaper som helning, bæreevne og overflatestruktur. Når det gjelder trærnes størrelse burde det i seg selv ikke ha noen større påvirkning på flytte tiden. Likevel er det ofte slik at bestand som har store middelstammer ofte har færre trær pr hektar, og det må hensyntas når resultatene fra studien skal tas i bruk.

Skjevhet

For å analysere hvordan tidsbruken påvirkes av variasjonen i størrelse på trærne har vi valgt å se på skjevhet. Skjevhet er et mål for hvor skjev fordelingen av observasjoner i et utvalg er (Figur 1)



Figur 1. Panel A viser et bestand med negativ skjevhet, panel B et bestand utan skjevhet og panel C et bestand med positiv skjevhet.

Det finnes i dag ingen bestemt ligning/modell for å beregne skjevheten i et datamateriale. Vi valgte et mål som er relativt lett å beregne, $Skew_H$.

$$Skew_H = \frac{(q_{90} - median) - (median - q_{10})}{q_{90} - q_{10}}$$

, der q_{90} er den 90nd prosentilen i datamaterialet og q_{10} er den 10nd prosentilen i datamaterialet.

Kort tømmer håndtering med lassbærer

Simulering av bestand

Informasjon om hogstmaskinens posisjon ved hogst, samt trevolum ble samlet inn fra 6 bestand med ulike virkeskonsentrasjoner under normalt arbeid (Tabell 1). Informasjonen ble samlet inn automatisk under arbeidet og ble lagret i .hpr och .stm filer i StanfordD format. Informasjon om trevolum og posisjon brukes deretter for å simulere bestandet for lassbæreren.

Tabell 1. Konsentrasjon av virke.

| Konsentrasjon (m ³ /m lassbærer veilegde) | Bestand |
|--|---------|
| 0.076340 | A |
| 0.131179 | B |
| 0.179181 | C |
| 0.221289 | D |
| 0.294555 | E |
| 0.528524 | F |

Volumene fra posisjoner der hogstmaskinen har felt trær som har stått nær hverandre er de aggregert til et felles volum lokalisert til arbeidsposisjonen for lassbæreren. Ut fra disse arbeidsposisjonene ble det simulert et stort antall bestand ut fra hvert reelle bestand ved hjelp av et antall **mål nivåer** for hvert sortiment.

Et **mål-nivå** for hvert sortiment ble satt på bestandsnivå for hvert simulert bestand, og ut fra det ble det deretter simulert en sortimentsfordeling på hver arbeidsposisjon for lassbæreren. Dette innebærer at den totale sortiments fordelingen i hvert simulert bestand havner i nærheten av det

fastsatte **mål nivået**, men verdiene matcher ikke eksakt. Dette målnivået varierte 10-45% i bestand med kort tømmer.

I en normal drift ble det antatt at det finns totalt 4 ulike sortiment; 1 massevirke sortiment, 2 sagtømmer sortiment og e energivirke sortiment. Disse 4 sortiment pluss kort tømmer ble antatt å finnes i kort tømmer driftene.

Dette gjorde at hvert reelt bestand ga grunnlaget til et stort antall simulerte bestand med ulike sortimentsfordelinger. I en normal drift fantes det totalt 670 **mål nivåer** (kombinasjoner av de 4 sortimentene) og i kort tømmer driftene 5007 **mål nivåer** (kombinasjoner av de 5 sortimentene). Disse målnivåene ble deretter simulert 5 ganger i alle 6 bestandene.

Simulering av lassbæreren

Framkjøringsarbeidet ble også simulert for 3 lassbærere av ulik størrelse. Lassbærerens vertikale lasteflate varierte mellom 4, 5, og 6 m². Kort tømmer antas alltid å lastet i rene sortiments lass, mens de øvrige sortimentene kan lastes både sortiments rent eller som blandingslass med 2-4 sortimenter. Om sortimentene samlastes i noen lass ble det antatt at hele bestandet ble samlastet. Når flere ulike sortimenter ble samastes ble det antatt at avlastingstiden øker.

Korttømmer ble simulert både under forutsetning at et legg ble lastet pr lass, og at 2 legg ble lastet pr lass. Dette var i hovedsak for å fange opp forskjellene mellom lassbærere med 3 og 4 lastebanker. Når det lastes 2 legg øker tilden for hver kranoperasjon både ved lassing og lossing målt mot lass med et legg.

Resultater

Diameter spredning

Skjevheten i bestandene påvirkede tidsforbruket for felling og kapping. Likevel var det bare i bestand som hadde under 0.2 m³ i middelstammen som hadde en klar tendens til at positiv skjevhet økte tidsforbruket mens negativ skjevhet reduserer tidsforbruket (Tabell 2). Med større middelstammer er det mer uklart hvordan positiv og negativ skjevhet påvirker tidsforbruket, og effekten kan synes å være mer fører avhengig.

Et eksempel er om middelstammen i et bestand er 0.18 og skjevheten +0.68, 2000 trær pr hektar avvirkes (200 pr dekar), samt at bestandet har en overflatestruktur og hellning på 2. Det betyr at tidsforbruket for fellong og opparbeiding kommer til å øke 5.49-6.23% i henhold til tabell 1. Brukes Heureka funksjonene på norske forhold så er tiden for felling og opparbeiding 49.722 cmin pr tre i snitt i bestandet, og det totale tiden 71.688 cmin pr tre før korrigeringer. Med korrigering økar tiden til 52.452-52.820 cmin pr tre for felling og opparbeiding og til 75.236-75.713 cmin totalt pr tre. Dette resulterer i en økning av tidsforbruket totalt pr tre på 4.95-5.62% i dette eksempelet.

Om samme bestand som i eksemplet over i stedet hadde en skjevhet på 0.23 så reduseres tidsforbruket for felling og opparbeiding med 15.96-8.64% pr tre. Samtidig reduseres det totale tidsforbruket pr tre med 14.39-7.79%.

Ligninger for produktivitet under norske forhold i Heureka

$$t_1 = \frac{10^6}{S \cdot N_{harv} \cdot K \cdot \left[1 + \frac{50}{N_{harv}} - 0.1 \cdot Y - 0.1 \cdot L \right]}$$

, der t_1 er tid for kjøring i et bestand pr tre (cmin), $K=25.9$ som standard, $S=13.3$ som standard, L er hellning, Y overflatestruktur og N_{harv} er antal avvirkede trær pr hektar.

$$t_2 = 21.3 + 157.9 \cdot v + 28 \cdot p_{doublesawed} + 15 \cdot p_{hindrance} + 37 \cdot p_{difficult}$$

, der t_2 er tiden for felling og opparbeiding pr tre (cmin), $p_{doublesawed}$, er andelen tre som behøver mer enn 1 fellingskapp, $p_{hindrance}$ er andelen trær som har hindringer for fellingen, $p_{difficult}$ som er andelen trær som var vanskelige å felle og opparbeide og v som er middelstammen i et bestand.

Resterende tid pr tre 1.6 til 4.3 cmin per tre, med antagelse om at middeltallet er den vanligste verdien.

Korrigering fra tidsstudietid (produktiv tid) till virkelig tid (inklusive kort avbrudd) antas ofte være 1.3

Tabell 2. Statistisk sikre relative (%) forskjeller mellom bestand med en skjevhet mellom -0.2 og 0.2 (grønn bakgrunnsfarge). Og bestand med en større negativ eller positiv skjevhet. Min och max tilsvarer den sjåfør med henholdsvis minst og størst forskjell mellom de ulike kategoriene.

| | Middelstamme (m ³ fpb) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-----------------------------------|-------|------------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|---------|------|---------|------|-----------|------|
| | (0,0.05] | | (0.05,0.1] | | (0.1,0.2] | | (0.2,0.3] | | (0.3,0.4] | | (0.4,0.5] | | (0.5,0.6] | | (0.6,0.7] | | (0.7,0.8] | | (0.8,0.9] | | (0.9,1] | | (1,1.1] | | (1.1,1.2] | |
| SkewH | min | max | min | max | min | max | min | max | min | max | min | max | min | max | min | max | min | max | min | max | min | max | min | max | min | max |
| (0.8,1] | 64.14 | 90.29 | 9.41 | 16.20 | 12.35 | 26.38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (0.6,0.8] | 48.58 | 67.61 | 4.45 | 8.97 | 5.49 | 6.23 | -5.06 | 1.15 | -4.86 | 3.90 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (0.4,0.6] | 44.79 | 61.78 | 5.91 | 10.31 | 1.17 | 5.43 | -4.30 | -0.60 | -5.37 | -0.48 | -4.80 | 1.44 | -3.88 | 3.35 | | | | | | | | | | | | |
| (0.2,0.4] | 18.27 | 25.11 | 2.78 | 4.77 | 0.83 | 2.52 | -0.95 | 0.26 | -2.08 | -0.69 | -2.45 | -0.57 | -2.21 | 0.08 | -1.92 | 0.60 | -1.42 | 1.33 | -0.72 | 2.13 | 0.19 | 2.90 | 1.02 | 2.23 | - | - |
| (-0.2,0.2] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (-0.4,-0.2] | | | | | -15.96 | -8.64 | 0.25 | 0.75 | 0.33 | 1.05 | 0.46 | 1.40 | 0.44 | 1.69 | 0.19 | 1.78 | -0.29 | 1.73 | -0.86 | 1.62 | -1.50 | 1.44 | -2.25 | 0.97 | -2.84 | 0.36 |
| (-0.6,-0.4] | | | | | | | - | - | 0 | 1.15 | 1.19 | 1.98 | 1.04 | 2.02 | 0 | 1.80 | 0 | 1.98 | -1.29 | 1.42 | -1.72 | 1.43 | -2.31 | 1.22 | -3.05 | 0.59 |

Kort tømmer håndtering

Resultatene fra simuleringen viser at når 4 vanlige sortiment pluss korttømmer lastes i steden for kun de 4 vanlige sortimentene så reduseres produktiviteten i de fleste tilfellene (Tabell 3, 4, 5). Samtidig kan det på lange strekninger være mer produktivt å laste kort virke dersom det kan legges 2 lengder på lassbæreren. Dette er mer vanlig under vanskelige kjøreforhold og for mindre lassbæreere.

Forskjellen i produktivitet var -1.52 til -13.61% for lassbæreere som lastet et legg, mens den var +4.06 til -15.45% for lassbæreere som kan laste to legg avhengig av forholdene i skogen.

Tabell 3. Simulert produktivitet (m^3 pr G_0 time) under normale forhold i bestand utan kort virke (0), samt i korttømmer bestand når lassbæreren kan laste en (1) eller to (2) lengder med kort virke på lassbæeren. Lasteområdet vertikale overflate var 4, 5 og 6 m^2 . Tall som har en felles bokstav er ikke signifikant ulike. Bestandenens virkes konsentrasjon var A = 0.076340, B = 0.131179, C = 0.179181, D = 0.221289, E = 0.294555, F = 0.528524 m^3/m lastbærer distanse

| Lassbærer størrelse -> | 4 m^2 | | | 5 m^2 | | | 6 m^2 | | | |
|------------------------|-------------|--------------|------|--------------|------|--------------|--------------|------|--------------|--------------|
| | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | |
| Kortvirke -> | | | | | | | | | | |
| hogst | avstand (m) | | | | | | | | | |
| A | 50 | 30.3 | 26.3 | 26.2 | 31.9 | 27.9D | 27.9D | 33.5 | 29.2E | 29.2E |
| | 100 | 27.7 | 24.3 | 24.4 | 29.5 | 26.0 | 26.2 | 31.3 | 27.5 | 27.7 |
| | 250 | 22.4 | 20.1 | 20.6 | 24.3 | 22.0 | 22.6 | 26.5 | 23.5 | 24.1 |
| | 400 | 19.0 | 17.2 | 18.0 | 20.9 | 19.2 | 20.0 | 23.1 | 20.8 | 21.5 |
| B | 50 | 32.7 | 28.7 | 28.0 | 34.3 | 30.1 | 29.4 | 35.5 | 31.2 | 30.5 |
| | 100 | 29.6 | 26.4 | 26.1 | 31.6 | 28.1 | 27.7 | 33.1 | 29.4 | 28.9 |
| | 250 | 23.4 | 21.6 | 21.9 | 25.8 | 23.7 | 23.8 | 27.8 | 25.3 | 25.4 |
| | 400 | 19.5 | 18.4 | 19.0 | 22.0 | 20.6 | 21.1 | 24.1 | 22.4 | 22.7 |
| C | 50 | 36.9 | 33.1 | 32.0 | 38.8 | 34.6 | 33.5 | 40.1 | 35.9 | 34.6 |
| | 100 | 33.0 | 30.1 | 29.6 | 35.4 | 32.0 | 31.3 | 37.1 | 33.5 | 32.7 |
| | 250 | 25.6 | 24.1 | 24.3 | 28.4 | 26.5 | 26.6 | 30.7 | 28.4 | 28.4 |
| | 400 | 21.0 | 20.2 | 20.8 | 24.0 | 22.8 | 23.3 | 26.4 | 24.9 | 25.2 |
| D | 50 | 39.2 | 35.3 | 34.1 | 41.1 | 36.8 | 35.5 | 42.5 | 38.0 | 36.6 |
| | 100 | 34.9 | 31.8 | 31.2 | 37.2 | 33.8 | 33.0 | 39.0 | 35.4 | 34.4 |
| | 250 | 26.5 | 25.0 | 25.3 | 29.5 | 27.6 | 27.7 | 31.9 | 29.6 | 29.5 |
| | 400 | 21.6 | 20.8 | 21.5 | 24.6 | 23.5 | 24.0 | 27.2 | 25.7 | 26.0 |
| E | 50 | 42.2 | 38.6 | 37.1 | 44.2 | 40.2 | 38.5 | 45.6 | 41.4 | 39.5 |
| | 100 | 37.4 | 34.6 | 33.8 | 40.0 | 36.8 | 35.7 | 41.9 | 38.3 | 37.0 |
| | 250 | 28.3 | 27.0 | 27.2 | 31.6 | 29.7 | 29.7 | 34.1 | 31.8 | 31.6 |
| | 400 | 23.0B | 22.3 | 23.0B | 26.3 | 25.2 | 25.6 | 28.9 | 27.4 | 27.7 |
| F | 50 | 47.5 | 43.9 | 42.0 | 49.7 | 45.8 | 43.6 | 51.3 | 47.2 | 44.7 |
| | 100 | 41.2 | 38.5 | 37.6 | 44.1 | 41.1 | 39.8 | 46.3 | 43.0 | 41.4 |
| | 250 | 30.0 | 28.8 | 29.2 | 33.5 | 32.0 | 32.0 | 36.3 | 34.5 | 34.3 |
| | 400 | 23.9 | 23.2 | 24.1 | 27.3 | 26.4 | 27.1 | 30.2 | 29.1 | 29.5 |

Tabell 4. Simulert produktivitet (m^3 pr G_0 time) under vanskelige forhold i bestand uten kort virke (0), samt i korttømmer bestand når lassbæreren kan laste en (1) eller to (2) lengder med kort virke på lassbæren. Lasteområdets vertikale overflate var 4, 5 og 6 m^2 . Tall som har en felles bokstav er ikke signifikant ulike. Bestandenes virkes konsentrasjon var A = 0.076340, B = 0.131179, C = 0.179181, D = 0.221289, E = 0.294555, F = 0.528524 m^3/m lastberer distanse.

| Lassbærer størrelse -> | 4 m^2 | | | 5 m^2 | | | 6 m^2 | | | |
|------------------------|---------|------|--------------|--------------|--------------|------|--------------|------|------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | |
| Hogst | | | | | | | | | | |
| A | 50 | 28.2 | 24.7 | 24.8 | 29.9 | 26.4 | 26.5 | 31.7 | 27.8 | 28.0 |
| | 100 | 25.1 | 22.2 | 22.6 | 26.9 | 24.1 | 24.4 | 28.9 | 25.5 | 25.9 |
| | 250 | 19.6 | 17.7 | 18.4 | 21.5 | 19.7 | 20.4 | 23.7 | 21.3 | 22.0 |
| | 400 | 16.5 | 15.1 | 15.9 | 18.3 | 17.0 | 17.9 | 20.5 | 18.6 | 19.4 |
| B | 50 | 30.2 | 26.8 | 26.4 | 32.1 | 28.5 | 28.0 | 33.6 | 29.7 | 29.2 |
| | 100 | 26.4 | 24.0H | 24.0H | 28.7 | 25.9 | 25.8 | 30.5 | 27.4 | 27.2 |
| | 250 | 20.1 | 19.0 | 19.5 | 22.7 | 21.1 | 21.6 | 24.8 | 22.9 | 23.2 |
| | 400 | 16.6 | 16.1 | 16.7 | 19.1 | 18.2 | 18.9 | 21.2 | 20.0 | 20.6 |
| C | 50 | 33.7 | 30.6 | 30.0 | 36.0 | 32.5 | 31.8 | 37.7 | 34.0 | 33.1 |
| | 100 | 29.2 | 27.0 | 26.9 | 31.9 | 29.3 | 29.0 | 33.9 | 31.0 | 30.6 |
| | 250 | 21.8 | 20.9 | 21.4 | 24.7 | 23.4 | 23.8 | 27.1 | 25.5 | 25.8 |
| | 400 | 17.8 | 17.4 | 18.2 | 20.6A | 20.0 | 20.6A | 23.1 | 22.1 | 22.6 |
| D | 50 | 35.7 | 32.5 | 31.8 | 37.9 | 34.4 | 33.5 | 39.7 | 35.9 | 34.8 |
| | 100 | 30.6 | 28.4 | 28.3 | 33.3 | 30.7 | 30.4 | 35.5 | 32.5 | 32.0 |
| | 250 | 22.4 | 21.5 | 22.1 | 25.4 | 24.2 | 24.6 | 28.0 | 26.4 | 26.6 |
| | 400 | 18.1 | 17.8 | 18.6 | 21.0 | 20.4 | 21.2 | 23.6 | 22.6 | 23.2 |
| E | 50 | 38.2 | 35.4 | 34.4 | 40.8 | 37.4 | 36.2 | 42.6 | 38.9 | 37.5 |
| | 100 | 32.7 | 30.7 | 30.5 | 35.7 | 33.2 | 32.7 | 38.0 | 35.1 | 34.4 |
| | 250 | 23.9 | 23.1 | 23.7 | 27.2 | 26.0 | 26.3 | 29.8 | 28.2 | 28.4 |
| | 400 | 19.3 | 19.0 | 19.9 | 22.4 | 21.8 | 22.5 | 25.0 | 24.1 | 24.6 |
| F | 50 | 42.3 | 39.5 | 38.4 | 45.1 | 42.0 | 40.5 | 47.2 | 43.8 | 42.0 |
| | 100 | 35.3 | 33.4 | 33.3 | 38.6 | 36.4 | 35.9 | 41.2 | 38.7 | 37.8 |
| | 250 | 24.9 | 24.1 | 25.0 | 28.3 | 27.3 | 27.9 | 31.2 | 30.0 | 30.3 |
| | 400 | 19.7 | 19.4 | 20.5 | 22.9 | 22.5 | 23.4 | 25.7 | 25.1 | 25.8 |

Tabell 5. Simulert produktivitet (m^3 pr G_0 time) under lette forhold i bestand uten kort virke (0), samt i korttømmer bestand når lassbæren kan laste en (1) eller to (2) lengder med kort virke på lassbæren. Lasteområdet vertikale overflate var 4, 5 og $6 m^2$. Tall som har en felles bokstav er ikke signifikant ulike. Bestandenes virkes konsentrasjon var $A = 0.076340$, $B = 0.131179$, $C = 0.179181$, $D = 0.221289$, $E = 0.294555$, $F = 0.528524 m^3/m$ lastbærer distanse.

| Lastberar storlek -> | 4 m ² | | | 5 m ² | | | 6 m ² | | | |
|----------------------|------------------|------|--------------|------------------|------|--------------|------------------|------|------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | |
| hogst | | | | | | | | | | |
| A | 50 | 31.6 | 27.3 | 27.1 | 33.1 | 28.8 | 28.7 | 34.6 | 30.1 | 30.0 |
| | 100 | 29.7 | 25.8F | 25.8F | 31.3 | 27.5G | 27.5G | 33.0 | 28.8 | 28.9 |
| | 250 | 25.3 | 22.4 | 22.8 | 27.2 | 24.3 | 24.7 | 29.2 | 25.8 | 26.1 |
| | 400 | 22.2 | 19.9 | 20.5 | 24.1 | 21.8 | 22.4 | 26.3 | 23.4 | 23.9 |
| B | 50 | 34.3 | 29.8 | 29.0 | 35.7 | 31.1 | 30.2 | 36.7 | 32.0 | 31.2 |
| | 100 | 32.0 | 28.2 | 27.6 | 33.7 | 29.6 | 29.0 | 35.0 | 30.8 | 30.1 |
| | 250 | 26.8 | 24.3I | 24.2I | 29.0 | 26.2 | 26.0 | 30.8 | 27.6 | 27.4 |
| | 400 | 23.1 | 21.4 | 21.7 | 25.6 | 23.5 | 23.7 | 27.6 | 25.1 | 25.2 |
| C | 50 | 38.9 | 34.6 | 33.3 | 40.5 | 35.9 | 34.6 | 41.6 | 37.0 | 35.6 |
| | 100 | 36.0 | 32.4 | 31.5 | 38.0 | 34.0 | 33.0 | 39.5 | 35.3 | 34.2 |
| | 250 | 29.6 | 27.4 | 27.2 | 32.3 | 29.6 | 29.3 | 34.3 | 31.3 | 30.9 |
| | 400 | 25.3 | 23.8 | 24.1 | 28.2 | 26.3 | 26.4 | 30.4 | 28.2 | 28.2 |
| D | 50 | 41.5 | 37.1 | 35.5 | 43.0 | 38.3 | 36.7 | 44.2 | 39.4 | 37.7 |
| | 100 | 38.2 | 34.5 | 33.4 | 40.2 | 36.1 | 34.9 | 41.7 | 37.4 | 36.1 |
| | 250 | 31.0 | 28.8 | 28.6 | 33.7 | 31.1 | 30.7 | 35.9 | 32.9 | 32.3 |
| | 400 | 26.2 | 24.8 | 25.1 | 29.2 | 27.3 | 27.4 | 31.6 | 29.4 | 29.3 |
| E | 50 | 44.7 | 40.6 | 38.7 | 46.4 | 41.9 | 39.9 | 47.5 | 42.9 | 40.7 |
| | 100 | 41.0 | 37.7 | 36.3 | 43.2 | 39.4 | 37.8 | 44.8 | 40.7 | 38.9 |
| | 250 | 33.2 | 31.2 | 30.9 | 36.2 | 33.6 | 33.0 | 38.4 | 35.5 | 34.7 |
| | 400 | 28.0 | 26.7 | 27.0 | 31.2 | 29.5C | 29.4C | 33.8 | 31.6 | 31.3 |
| F | 50 | 51.0 | 46.8 | 44.3 | 52.7 | 48.3 | 45.5 | 53.9 | 49.3 | 46.4 |
| | 100 | 46.0 | 42.6 | 41.0 | 48.4 | 44.7 | 42.7 | 50.1 | 46.2 | 43.9 |
| | 250 | 35.9 | 34.0 | 33.8 | 39.2 | 36.9 | 36.3 | 41.8 | 39.2 | 38.2 |
| | 400 | 29.6 | 28.4 | 28.9 | 33.1 | 31.6 | 31.7 | 35.9 | 34.2 | 34.0 |

Diskussion

Korttømmer

Resultatene fra studiene viser at spredningen i diameteren fordelingen påvirker produktiviteten til hogstmaskinen i bestand med små dimensjoner. I de fleste tilfeller har spredningen en negativ effekt. I normale og grøvre bestand er derimot påvirkningen uklar. Det er imidlertid viktig å påpeke at den mentale innvirkningen på sjåførene kan være større i bestand med stor variasjon i trestørrelse. Dette er noe vi ikke kunne undersøke i simuleringstudien, men er noe som kan ha en effekt på produktiviteten.

Diameterspredning

Et problem med fordelingen av diameterspredningen, er at den for tiden er vanskelig å måle før avvirkning. Med dagens teknologi kreves det et antall systematisk utlagte prøveflater i bestanden for

å kunne estimere skjevheten før avvirkning. Det blir da et spørsmål om kostnadene ved å gjøre en slik taksering er forsvarlig, gitt forskjellen i produktivitet. Det er mer sannsynlig at en prisjustering kan gjøres i ettertid når hogsten er avsluttet, avhengig av den faktiske fordelingen i de avvirkede bestandene. Det er derimot mulig at LIDAR og andre avanserte sensorer kan brukes til å estimere slike variabler i fremtiden.