



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2020 30 stp**

Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning, MINA

## **Modellering av effekter av transportledetider på massevirkets ferskhet i Trøndelag**

Modelling the effects of transport lead times on  
freshness of pulpwood in Trøndelag

**Olaf Skurdal Tofte**

Skogfag



## Forord

Min tid som skogfagstudent ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) er over med denne masteroppgaven. Under min bachelorgrad i Landskapsingeniør på NMBU vokste interessen for skogfag, og jeg er i dag utrolig fornøyd med valget jeg tok med å ta en mastergrad innen skog.

Denne studien er inkludert som en aktivitet i NIBIO sitt arbeid i forskningsprosjektet GreenLane. Jeg vil rette en stor takk til mine veiledere, forsker Lone Ross Gobakken og seniorforsker Dag Fjeld, for god oppfølging og veiledning, samt lærerike samtaler. Jeg vil også rette en takk til Ivar Melkild og Terje Myrland i Transportselskapet Nord AS, Bjørn Næsvoll i Norske Skog Skogn og Kent Andre Solvold i Norsk Virkesmåling for et lærerikt besøk på tømmerterminaler og industri i Trøndelag.

Takk til alle venner og medstudenter på NMBU som har gjort studenttilværelsen til en minnerik tid. Jeg vil spesielt nevne Studentsamfunnet i Ås, UKA i Ås, Mannskoret Over Rævne og foreningslivet generelt. Stor takk til familie for gode ord og støtte gjennom årene på Ås. Den største og siste takken fortjener min kjære samboer, Ingrid, for all støtte og tålmodighet gjennom denne prosessen. Nå gleder jeg med til å ta fatt på voksenlivet, med boliglån og alt det andre det fører med seg.

Til slutt vil jeg sitere en sang fra UKErevyen i 1974, skrevet av Stanley Jacobsen, som i seg selv kan knyttes til temaet i oppgaven, men også studentlivet ellers.

---

*«Ein skigard kan 'kje vara evig, veit du,*

*Kan aldri vara evig.»*

---

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Ås, 30.05.2020

Olaf Skurdal Tofte

## Sammendrag

Sesongvariasjon i produksjon og transporttid resulterer i varierte transportledetider. Standardiserte tidskrav for vinter- og sommersesongen er sett på som tilstrekkelig for å møte massevirkekrav, men sesongvariasjon innen uttørking av massevirke på lagerpunkter kan derimot variere mellom områder. Fuktinnhold er en indikator på ferskhet, og er i hovedsak drevet av vær og eksponering. Ferskhet kan derimot være vanskelig å bedømme ved innmåling. Bruk av klimadrevne uttørkingsmodeller kan potensielt være et godt hjelpemiddel til å bedømme fuktinnholdet i massevirke fra ulike områder med ulikt klima.

Målet med studien er å teste ut TorkCalc med norsk værdata, og modellere effektene av transportledetider på massevirkets ferskhet for å sammenligne leveranser fra indre og ytre kystområder i Trøndelag. Studien benytter en tidsserie av transportledetider og værdata over en treårs periode for å modellere fuktinnholdet i massevirke levert fra fire områder. Arbeidet ble gjort i tre steg; 1) Estimering av transportledetider basert på hentemeldinger og transportbrev, 2) Modellering av uttørking av massevirke, og 3) Oppfølging av leveranser som overskrider modellerte ledetidsgrenser i henhold til fuktinnhold på 50% og 40%.

Studien viser at kritisk transportledetid i henhold til en grense for fuktinnhold på 50% var 130 dager i indre områder mot 91 dager i ytre områder i vintersesongen, 58 mot 40 dager i vårsesongen, 42 mot 24 dager i sommersesongen og 209 mot 62 dager i høstsesongen. For en fuktinnholdsgrense på 40% var kritisk transportledetid 215 dager i indre områder mot 156 dager i ytre områder i vintersesongen, 142 mot 88 dager i vårsesongen, 164 mot 75 dager i sommersesongen og 280 mot 199 dager i høstsesongen. Effekten av transportledetidene på ferskheten til massevirke i henhold til et fuktinnhold på 50%, viste at det var en negativ effekt på 7,2% av massevirke fra indre områder mot 20% fra ytre områder i vintersesongen, 12,8% mot 15,5% i vårsesongen, 32,1% mot 37,9% i sommersesongen og 11,7% mot 15% i høstsesongen. I henhold til et krav om 40% fuktinnhold var det en negativ effekt på 3,3% i de indre områdene mot 1,3% i de ytre områdene i vintersesongen, 1,9% mot 0,2% i vårsesongen, 4,6% mot 1,7% i sommersesongen og 2% mot 0,3% i høstsesongen. Selv om transportledetidene i de ytre kystområdene var kortere enn i de indre områder, nådde større andel massevirkeleveranser fra ytre områder et fuktinnhold på 50%. Dette viser at bruk av TorkCalc potensielt kan gjøre det lettere å prioritere og ferskhetsbedømme massevirkeleveranser fra ulike områder når ferskhet er et krav, men det forutsetter verifisering mot norske forhold.

## Abstract

Seasonal variation in production and transport time leads to corresponding variation in transport lead times. Standardized limits for winter and summer lead times are generally considered sufficient to meet pulpwood criteria. However, seasonal drying rates at the storage points, can vary between areas. The moisture content is an indicator of freshness and is mainly driven by weather and exposure. However, freshness in pulpwood can be difficult to evaluate, and use of climate-driven drying models can possibly be a good tool for evaluate the moisture content of pulpwood from different locations with different climates.

The aim of this study is to test DryCalc with norwegian weather data and modelling the effects of transport lead times on the freshness of pulpwood to compare deliveries from inner and outer coastal areas in Trøndelag county, Norway. This study uses a time series of transport lead times and weather data over a three-year period in order to model the moisture content of pulpwood deliveries in four regions. The work was done in three steps; 1) Estimation of transport lead times based on harvest- and transport documents, 2) Modelling drying of pulpwood, and 3) Follow-up of deliveries that exceeding modelled lead-time limits according to a moisture content of 50% and 40%.

The study shows that critical transport lead time according to a moisture content limit of 50%, was 130 days in inner regions versus 91 days in outer regions in winter season, 58 versus 40 days in spring season, 42 versus 24 days in summer season and 209 versus 62 days in autumn season. For a moisture content limit of 40%, the critical transportation lead time was 215 days in inner regions compared to 156 days in outer regions in winter season, 142 versus 88 days in spring season, 164 versus 75 days in summer season and 280 versus 199 days in autumn season. The effect of transportation lead times on freshness of pulpwood according to a moisture content limit of 50% showed that there was a negative effect of 7.2% of the pulpwood from inner regions compared to 20% from outer regions in winter season, 12.8% versus 15.5% in spring season, 32.1% versus 37.9% in summer season and 11.7% versus 15% in the fall season. According to a requirement of 40% moisture content, there was a negative effect of 3.3% of the pulpwood in inner regions compared to 1.3% in outer regions in winter season, 1.9% versus 0.2% in spring season, 4.6 % versus 1.7% in summer season and 2% versus 0.3% in fall season. Although the transport lead times in outer coastal areas were shorter than in inner areas, a greater proportion of pulpwood deliveries from outer areas reached a moisture content of 50%. This shows that use of DryCalc can potentially make it easier to prioritize and evaluate freshness of pulpwood deliveries from different locations when freshness is required, but this requires verification against norwegian conditions.

## Definisjoner

Massebruk	Papir- og tremasseindustri
Virke	Trevirke
Massevirke	Rundvirke av bar- eller lauvtre egnet som råstoff i treforedlingsindustrien
TMP	Termo-mekanisk masseproduksjon
CTMP	Kjemisk termo-mekanisk masseproduksjon
%FI	Fuktinnhold (%), %MC (moisture content)
Henteklare dato	Dato for når virket er meldt henteklart på veilager
Transportert dato	Dato for når virket er transportert fra veilager til terminal eller industri
Ledetid	Tiden tømmeret bruker fra hogst til industri
$TLT_A$	Transportledetid fra første henteklare dato til første transporterte dato
$TLT_V$	Transportledetid fra volumvektet henteklar dato til volumvektet transportert dato
$TLT_B$	Transportledetid fra første henteklare dato til siste transporterte dato
$KTLT_{FI50\%/FI40\%}$	Kritisk transportledetid; den tiden det tar massevirket å nå et fuktinnhold på henholdsvis 50% og 40%
$m^3$	Alle volumer er presentert som $m^3$ er $m^3_{fub}$ (fast under bark)

# Innholdsfortegnelse

Forord .....	I
Sammendrag .....	II
Abstract .....	III
Definisjoner .....	IV
1 Introduksjon .....	1
1.1 Bakgrunn .....	1
1.2 Virkesforsyning og ledetidsproblematikk.....	1
1.3 Virkesmåling, og fuktinnhold som kvalitetsindikator på massevirke.....	3
1.4 Ferskhetsproblematikk for papirmasseindustrien .....	5
1.5 Målet med studien .....	8
1.6 Problemstilling.....	8
2 Material og metode.....	8
2.1 Studieområde .....	9
2.2 Steg 1: Estimering av transportledetider .....	10
2.3 Steg 2: Modellering av uttørking av massevirke i TorkCalc med lokal værdata .....	11
2.4 Steg 3: Oppfølging av andel leveranser innenfor kritiske transportledetider .....	12
2.5 Deskriptiv analyse.....	12
3 Resultat.....	13
3.1 Volumvariasjon og transportledetider .....	14
3.2 Klimaets påvirkning på uttørking .....	17
3.3 Kritisk transportledetid og leveranser med feil ferskhet .....	20
4 Diskusjon .....	27
4.1 Metodevalg .....	27
4.2 Transportledetider og ferskhet .....	29
4.3 Bruk av estimert ferskhet i transportstyring.....	32
5 Konklusjon .....	33
6 Referanser .....	34

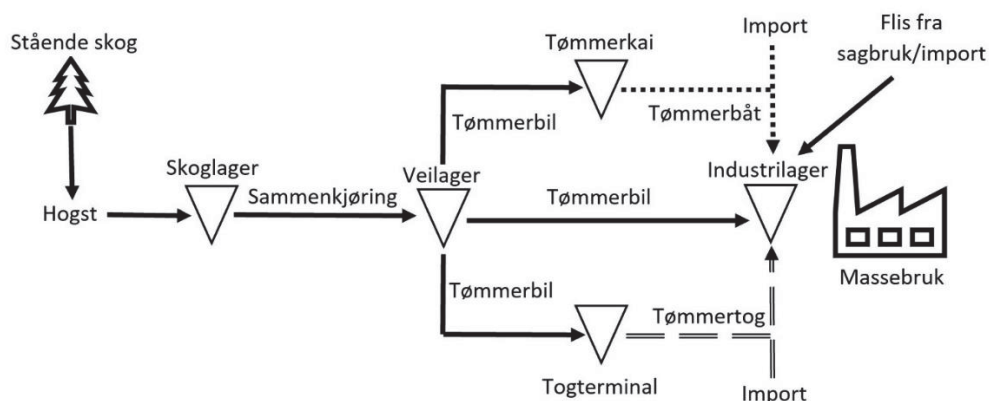
# 1 Introduksjon

## 1.1 Bakgrunn

Produksjon av papir har vært en viktig del av treforedlingsindustrien i Norge i mange år. Færre papirfabrikker med større kapasitet og større krav til sluttprodukt, har gjort at etterspørsel og konkurranse om kvalitetsvirke har økt. Avvirking av skog i Norge har også økt over tid. I 2018 ble det avvirket 10 835 890 m<sup>3</sup>, herunder 4 342 287 m<sup>3</sup> gran (*Picea abies*) sagtømmer og 3 199 533 m<sup>3</sup> massevirke av gran for videre salg i Norge (Statistisk sentralbyrå, 2019). Skogbruket i Trøndelag produserte 363 331 m<sup>3</sup> massevirke til tre- og celluloseindustrien i 2018, i hovedsak til Norske Skog Skogn og MM Karton FollaCell (Statistisk sentralbyrå, 2018a). Norsk treforedlingsindustri er avhengig av jevn tilgang på kvalitetsvirke gjennom hele året for å utnytte virke best mulig, men også for å holde industrien i gang og kunne levere kvalitetsprodukter året rundt. Dette gjør at tømmerleverandører og transportorganisasjoner må planlegge godt, og opprettholde en god leveranselogistikk og leveransepresisjon for å levere ferskest mulig massevirke til kundene. Sesongvariasjon i produksjons- og transporttid samt økt transportavstand, har resultert i varierte transportledetider. Standardiserte tidskrav for vinter- og sommersesongen er sett på som tilstrekkelig for å møte ferskhetskrav til massevirke, men uttørking av massevirke på lagerpunkter kan derimot variere mellom områder.

## 1.2 Virkesforsyning og ledetidsproblematikk

Fra treet står i skogen til det kommer frem til industri blir det håndtert og lagret i flere etapper (Figur 1).



Figur 1: Virkesforsyningskjeden og lagerpunkter for treforedlingsindustri. Basert på Fjeld og Dahlin (2017), Figure 1.4. Storage points in the wood supply system.



I dagens samfunn blir det meste av tømmeret hogd med hogstmaskin før det blir kjørt ut til vei med en lassbærer. Der legges det sortimentsvis og blir senere plukket opp av en tømmerbil som kjører det direkte til industri eller til en tog- eller båtterminal for videre transport til industri, alt etter lokasjon. Ved valg av skog som skal avvirkes, må det planlegges godt både med tanke på etterspørsel av treslag og sortiment, men også med hensyn til driftsforhold og forflytningsavstand for hogstlag. Dette er viktig for å ha en jevn virkesstrøm av alle sortimenter, men også for å bestemme hvilke områder som er tilgjengelige for avvirkning og transport avhengig av driftsforhold og sesong (Fjeld & Dahlin, 2017). Grunnet værforhold og klima, samt minimering av transportkostnad, kan det være krevende for transportorganisasjoner å levere tømmer til rett tid. Transportkapasiteten er ofte en begrensende faktor for å minimere transportledetid. Transportkapasiteten styres i hovedsak av vekt- og lengdebegrensninger på tømmerbil i henhold til veinettet i Norge. Høyeste tillatte totalvekt er 60 tonn og opp til 24 meters lengde ut ifra hva veien tillater (Statens Vegvesen, 2020). I distriktene er grensen ofte lavere. For transportorganisasjonene er minimering av transportkostnader en viktig faktor for å sikre lønnsomhet (Fjeld & Dahlin, 2017). Transportkostnader beregnes ofte som kroner per tonnkilometer, som også knyttes til kapasiteten på lastebilene og begrensninger på veinettet, men også til minimering av kjøring uten last. Det fører til at tømmer ofte også transporteres over lengre strekninger med båt eller tog for å øke transportkapasitet og minimere transportkostnaden gjennom en lavere kostnad per tonnkilometer (Fjeld & Dahlin, 2017; Landbruks- og matdepartementet, 2016). Ulike industrier krever også ulike sortiment og ulike volum, noe som gjør at tømmeret fra en hogst ofte ender opp hos flere industrier. Selve transporttiden er oftest lav, mens lagringstiden på de ulike lagerpunktene (figur 1) er oftest det som forlenger ledetidene.

En svensk studie fra 2005, som beskriver ledetidsproblematikken for massevirke levert til Södra, rapporterte om behov for bedre system for å skape bedre koordinering og distribusjon fra skog til sluttkunde ved å involvere alle parter, og ved å bruke nye teknologier og planleggingsverktøy som beslutningsstøtte (Carlsson & Rönnqvist, 2005). Zilo (2013) viste at transporttid og volum hang sammen, og at transporttiden økte med økt volum, men også med økt avstand til mottaker. Andre faktorer som kan spille negativt inn på ledetiden er for eksempel treslag og økonomisk verdi ved at sortiment med høy verdi ofte har strengere

kvalitetskrav og dermed blir prioritert (Puodziunas & Fjeld, 2002). Lindström og Fjeld (2014) viste derimot at å ha en mer effektiv og presis transportstyring reduserer lønnsomheten for transportørene.

### 1.3 Virkesmåling, og fuktinnhold som kvalitetsindikator på massevirke

Norsk Virkesmåling måler og kontrollerer skogvirke, og er eid av selgere og kjøpere av skogvirke i Norge (Norsk Virkesmåling, u.å.). Norsk Virkesmåling sin oppgave er å sikre et nøytralt oppgjørsgrunnlag for alle parter i en virkeshandel. De tilbyr i hovedsak to ulike målemetoder av tømmer; FMB-måling (Fast masse bedømmelse) og fotowebmåling (Norsk Virkesmåling, 2017a; Norsk Virkesmåling, 2017b). FMB-måling er en målemetode hvor det bedømmes fastmasse i et lass før det losses, og brukes på både sagtømmer og massevirke. Den andre metoden som gradvis vil ta over for FMB-målingen er fotowebmåling. Fotowebmåling baserer seg på at lasset fotograferes på ubemannede fotorigger, og bildene blir sendt via en webløsning til en mottakskontroll hos Norsk Virkesmåling. Norsk Virkesmåling godkjenner bildene og senere måler og godkjenner lasset ut ifra bildene. Fordelen med fotowebmåling er at inntransporten er mer fleksibel med tanke på at det ikke krever fysisk tilstedeværelse av en tømmermåler for å få en nøytral måling (Holte, 2013). Det gir lengre åpningstid, og er en rasjonell målemetode med mindre tømmerhåndtering og mer effektiv sortering. Både FMB-måling og fotowebmåling er basert på synlige deler og vekt av måleobjektet, og justeres etter erfaringer fra tilfeldige kontrollmålinger av lass og observasjoner av vrakstokker (stokker som ikke oppfyller industrikrav).

Ved innmåling skal dokumentasjon og leverandørmerke fremlegges, og betingelser for ferskhet, vedborende insekter, kvist, urenheter og vrakandel på under 10% være oppfylt (Norsk Virkesmåling, 2015). Kravet til ferskhet kan være vanskeligere å vurdere, da det ikke foreligger dokumentasjon om hogstdato, og tømmeret må derfor bedømmes ut ifra utseende. Det kan være krevende å bedømme ferskhet basert på utseende da tømmerets overflate vil variere etter årstid og alder. De generelle tidsfristene for ferskhet for gran massevirke for Norsk Virkesmåling er presentert i tabell 1.

Tabell 1: Generelle tidsfrister for ferskhet for gran massevirke til Norsk Virkesmåling (Norsk Virkesmåling, 2019).

Generelle bestemmelser for massevirke gran	
<b>Vinterhogget virke</b> uke 1-15 og 41-52	Frist innmål: 8 uker etter hogst (Siste fremstillingsdato 16. juni)
<b>Sommerhogget virke</b> uke 17-40	Frist innmål: 4 uker etter hogst

Fukttinnhold i levert tømmer er en viktig ferskhetsbestemmende faktor for treforedlingsindustrien, da fukttinnhold oftest henger sammen med kvaliteten på massevirke (Liukko & Elowsson, 1999). I dag er ferskhet definert som levende virke på hogsttidspunktet uten skader fra uttørking, soppangrep eller insektsangrep (Norsk Norsk Virkesmåling, 2012). Bjurulf (1993) definerer virke som ferskt så lenge kvaliteten av levert tømmer ved industriport er den samme som fra nylig felt tømmer. I følge Tamminen (1964) varierer fukttinnholdet på nylig felt gran mellom 52-63%. Uttørkingen av stokken begynner med en gang etter hogst, og fukttinnholdet i tømmeret vil variere med temperatur, luftfuktighet, nedbør, eksponering, vind, andel avbarket tømmer, dimensjon, vedanatomi og lagringstidspunkt. Temperatur, luftfuktighet og nedbør varierer med årstid, mens eksponering for sol og vind kan påvirkes av lagringsforhold til virket (Berg et al., 1995).

Den første fuktighetsgrensen for ferskhetsforringelse er ved et fukttinnhold på 50% (Liese & Peek, 1984; Wilhelmsson et al., 2005). Ved fukttinnhold under 50% øker sjansene for blåved og gulning av virke, og kan føre til mer bruk av blekningsmidler for treforedlingsindustrien. Den neste kritiske grensen er et fukttinnhold på 40% (Wilhelmsson et al., 2005). Når fukttinnholdet i tømmeret kommer under 40% vil tømmeret bli vanskeligere å barke, fordi bindingen mellom ved og bark vil forsterkes (Duchesne & Nylinder, 1996; Nylinder et al., 1995). Dårlig barking resulterer i barkrester i papirmassen, som fører til redusert hvithet i papir. Fibermetningspunktet ligger på et fukttinnhold på 23-30% (Hartler, 1977; Vadla & Wilhelmsen, 1982). Fibermetningspunktet er betegnet som tilstanden virke har når det frie vannet i virket har fordampet, mens vannet i selve celleveggen fortsatt er tilstede. Tørker virket ytterligere under fibermetningspunktet, vil virket sprekke, og blir tilnærmet umulig å få tilført ny fuktighet for å fristille fibrene. Virket vil da bli definert som dødt eller tørt virke.

En studie fra østkysten av midt-Sverige viste at vekten av ferskt tømmer ikke ble redusert fra starten av februar til midten av mars, mens det gradvis tørket og ble lettere ettersom

temperaturen økte (Berg et al., 1995). I september økte fuktigheten i tømmeret ettersom luftfuktigheten var høy (>72%), og temperaturen falt. Hofmann et al. (2018) viste at fuktinnholdet i massevirke av gran i Sverige ikke ble redusert i stor grad gjennom vinteren, men at tømmeret hadde en månedlig tørkerate på 1,9-4,5% om sommeren. En tidligere studie på lagringsforholdenes påvirkning på fuktinnholdet i hogd tømmer, viste at fuktinnholdet kan styres ved å barke og tildekke tømmeret for å aktivt senke fuktinnholdet (Röser et al., 2011).

Skogforsk i Sverige har utviklet en uttørkingsmodell for skogvirke, kalt TorkCalc. TorkCalc er et prognoseverktøy for å estimere uttørking av virke etter avvirkning (Wilhelmsson et al., 2005). TorkCalc er basert på en statistisk modell for uttørking med data fra studier knyttet til uttørkingsforløpet til virke i Götaland i 1999. Modellen bygger på temperatursummer, relativ luftfuktighet og virkets eksponeringsgrad for sol og skygge. En tidligere studie gjort med TorkCalc viste at gjennomsnittlig kritisk håndteringstid (kritisk total ledetid) kunne variere mellom 10 dager og over 50 dager i samme område etter når på året avvirkningen fant sted (Wilhelmsson et al., 2005).

#### 1.4 Ferskhetsproblematikk for papirmasseindustrien

Papirproduksjon er en stor industri innenfor treforedling, og det finnes mange måter å lage papir av trevirke på (Britt, 1970). I Norge er det mest vanlig å lage papirmasse gjennom en termo-mekanisk masseproduksjon (TMP) og kjemisk termo-mekanisk masseproduksjon (CTMP). I Trøndelag ligger det to papirmassebruk. Norske Skog Skogn lager avis- og magasinpapir av gran gjennom TMP (Norske Skog Skogn, u.å.). MM Karton FollaCell lager pappkartong, absorberende produkter, skrivepapir og trykkpapir av hovedsakelig gran, men også furu og bjørk gjennom CTMP (MM-Karton, u.å.).

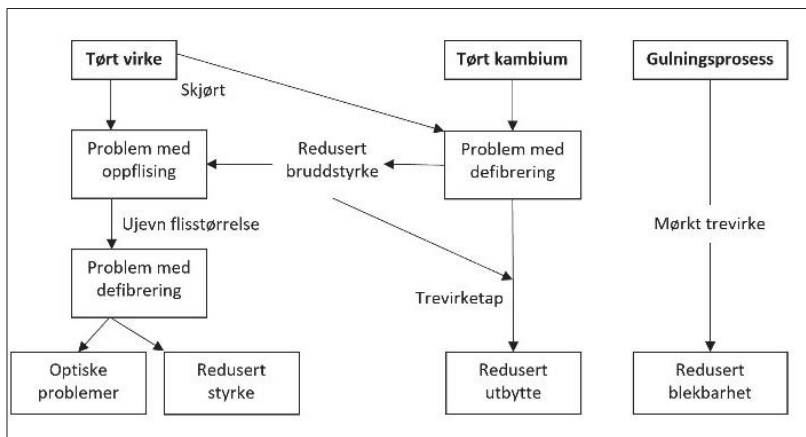
For å forstå hvordan papir lages og hvilken ferskhet som kreves, er det viktig å forstå hva trevirke består av og hvordan det er bygget opp. Basiselementene i celleveggene er i hovedsak cellulose, hemicellulose og lignin (Sjostrom, 1993), som vist i tabell 2.

Tabell 2: Bestandsdeler i gran, furu og bjørk (Sjostrom, 1993)

	Gran ( <i>Picea abies</i> )	Furu ( <i>Pinus sylvestris</i> )	Bjørk ( <i>Betula pendula</i> )
Cellulose	41,7 %	40,0 %	41,0 %
Hemicellulose	24,9 %	24,9 %	29,8 %
Lignin	27,4 %	27,7 %	22,0 %
Andre polysakkarider	3,4 %	3,6 %	2,6 %
Totale ekstraktiver	1,7 %	3,5 %	3,2 %
Resterende bestandsdeler	0,9 %	0,3 %	1,4 %

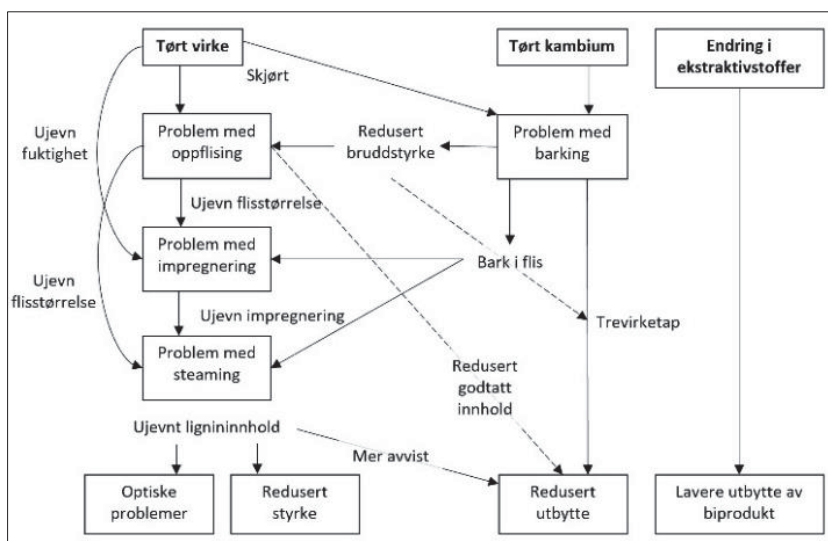
Cellulose er den strukturelle hovedkomponenten i celleveggen, og består av lange glukosekjeder. Hemicellulose er kortere og mer forgrenede glukosekjeder i motsetning til cellulose (Eaton & Hale, 1993). Lignin er en gruppe kompliserte kjeder av aromatiske alkoholer som bidrar til treets mekaniske styrke, og er uten en definert form.

I termo-mekanisk masseproduksjon lages papirmasse ved at tømmer bakes og hogges til flis som senere vaskes for urenheter (Britt, 1970; Norske Skog Skogn, u.å.). Deretter blir flisa kokt i vann (steamet) på 130°C før den blir defibrert under trykk (Tsoumis, 1991). Defibrering vil si å separere vedfibrene, mens ligninet fortsatt sitter igjen, og vil gjøre at fibrene holder på noe av vedstrukturen som gir et slitesterkt papirprodukt (Corson, 2002). Dette skjer gjennom at flis og vann presses gjennom en raffinør, og resulterer i en tykk masse som siles før videre bruk i papirmaskinene (Tsoumis, 1991). TMP prosessen har et utbytte av trevirket på 90-95%, fordi ligninet ikke blir fjernet gjennom kokeprosessen og raffineringen. Ligninet vil gi et papir som kan gulne ved kontakt med luft og sollys (Tsoumis, 1991). Lignininnholdet i massen gjør også at Norske Skog Skogn har noe strengere krav til ferskhet på massevirket enn de generelle kravene til Norsk Virkesmåling (tabell 1). Tørt virke i TMP gir optiske problemer, redusert bruddstyrke, redusert utbytte og redusert blekbarhet (figur 2), men også redusert barkbarhet (Duchesne & Nylinder, 1996; Nylinder et al., 1995). Blekningsmiddel kan tilsettes papirmassen ved misfarging før massen går videre til papirmaskinene (Britt, 1970; Norske Skog Skogn, u.å.).



Figur 2: Sammenhengen mellom ferskhet og bearbeidelse i termo-mekanisk masseproduksjon. Basert på Bjurulf (1993b).

CTMP er i prinsippet samme prosess som TMP, men fristiller fibre på en annen måte (Tsoumis, 1991). I CTMP tilsettes en impregnering for å fristille fibre og løse opp ligninet. De stive sylindriske fibre kollapser, og gjør at hydrogenbindingene får en bedre kontakt med fibre. Masseutbyttet i CTMP varierer fra 40-60% fordi nesten all lignin og hemicellulose blir fjernet, og gjør at papiret ikke vil gulne i så stor grad som TMP (Britt, 1970). Tørt virke i CTMP gir de samme utfordringene som for TMP, med unntak av misfarging og gult virke. Derimot kan uttørking resultere i endring i ekstraktivstoffer som gir CTMP en lavere andel biprodukter for videresalg (figur 3). CTMP gjør derimot at kravet til misfarging på massevirke ikke vil redusere kvaliteten på sluttproduktet, og kan derfor benytte større grad av massevirke ned mot et fuktinnhold på 40%.



Figur 3: Sammenhengen mellom ferskhet og bearbeidelse i kjemisk termo-mekaisk masseproduksjon. Basert på Bjurulf (1993b).

## 1.5 Målet med studien

Målet med studien er å teste ut TorkCalc med norsk værdata, og modellere effektene av transportledetider på massevirkets ferskhet for å sammenligne leveranser fra indre og ytre kystområder i Trøndelag.

Denne studien er inkludert som en aktivitet i forskningsprosjektet GreenLane. Prosjektet GreenLane er et samarbeid mellom NIBIO (Norsk institutt for bioøkonomi), BOKU (Universität für Bodenkultur Wien) og Skogforsk (Svenska skogsbrukets forskningsinstitut). Formålet med GreenLane er å utvikle et virtuelt forsyningsmiljø med verdisporing og interaktiv testing av hvordan hogst og transport kan tilpasses ulike klimascenarier, med fokus på implementering av værdrevne modeller for virkeskvalitet og tilgjengelighet. Studien skal bidra inn i NIBIO sitt ansvarsområde for kystklima.

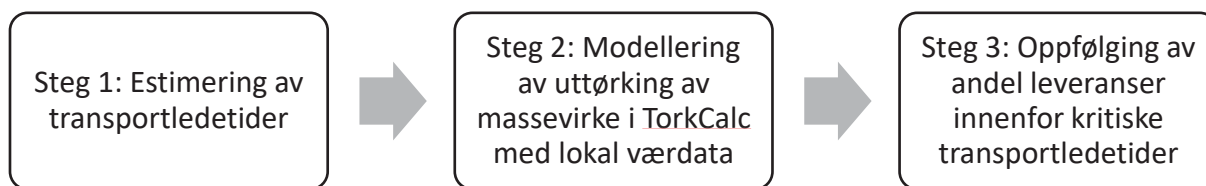
## 1.6 Problemstilling

Denne studien analyserer en tidsserie av transportledetider og værdata over en treårs periode for å modellere og sammenligne fuktinnholdet i massevirkeleveranser mellom indre og ytre kystområder i Trøndelag. Trøndelag er valgt på bakgrunn av at de har et aktivt skogbruk, variert klima i kystområdene, og lokal industri. For å belyse hovedspørsmålet har jeg utledet følgende delproblemstillinger:

- Hvor mye varierer kritiske transportledetider for massevirke i henhold til fuktinnhold på 50% og 40% mellom sesonger, og indre og ytre kystområder?
- Hvor mye varierer transportledetidens effekt på ferskheten til massevirke i henhold til et fuktinnhold på 50% og 40% mellom sesonger, og ytre og indre kystområder?
- Kan TorkCalc benyttes for ferskhetsbedømmelse av massevirkeleveranser?

## 2 Material og metode

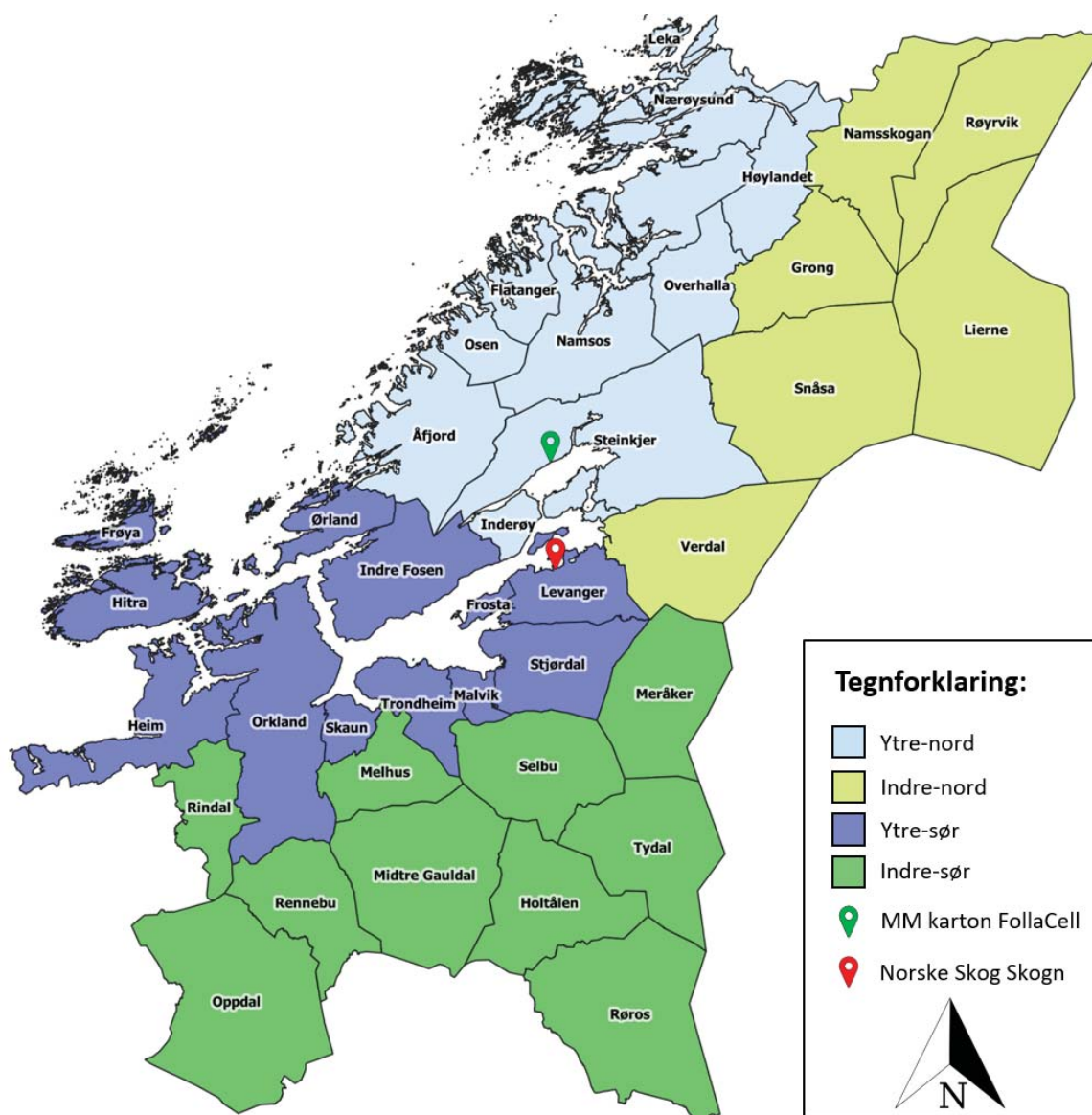
For å beregne effektene av transportledetider på massevirkets ferskhet ble beregningene delt inn i tre steg.



Figur 4: Metodeinndeling - steg 1, 2 og 3

## 2.1 Studieområde

Studieområdet ble valgt ut ifra hvordan kommunene lå i forhold til kysten, og i forhold til nord og sør i Trøndelag, samt tilgang på historiske værdata fra værstasjoner (figur 5). Det ble også sett på avvirkningsstatistikk fra ulike kommuner for å sikre nok data for massevirke av gran. Det ble valgt ut fire kommuner som en representativ kommune for hvert område.



Figur 5: Kommuner i Trøndelag fylke, inndelt i ytre-nord, indre-nord, ytre-sør og indre-sør, samt plassering av MM karton FollaCell og Norske Skog Skogn.



På bakgrunn av at hele Trøndelag stort sett kan ses på som kystområde, og at de representative kommunene er anonymisert, ble det besluttet å dele de inn i ytre og indre kystområde i nord og sør, derav navnene indre og ytre. Produktivt skogsareal og avvirkningsstatistikk for videre salg for de fire kommunene som representerer hvert sitt område er oppgitt i tabell 3.

Tabell 3: Produktivt skogareal (da), total avvirkning for videre salg (m<sup>3</sup>) og andel solgt massevirke (m<sup>3</sup>) for de fire studiekommunene i 2018 (Statistisk sentralbyrå, 2018a; Statistisk sentralbyrå, 2018b).

Studieområde	Produktivt skogareal (da)	Total avvirkning (m <sup>3</sup> )	Massevirke gran (m <sup>3</sup> )
Indre-nord	701238	25894	13751
Ytre-nord	270420	4322	1607
Indre-sør	492127	32348	14869
Ytre-sør	165355	22849	7523

## 2.2 Steg 1: Estimering av transportledetider

For å fremstille henteklart og transportert volum, samt veilager, ble volumet for hvert år, område og ukenummer fra rådata summert. I datamaterialet var det et avvik mellom transportert volum og henteklart volum på 10,5%. Det henteklare volumet ble derfor justert etter avviket for å få et sammenlignbart resultat. Veilager ble beregnet ut ifra avviket mellom henteklart og transportert volum (henteklart volum – transportert volum) med ekstra 3000m<sup>3</sup> med hensyn på veilager fra før dataperioden.

Hentemeldinger og transportbrev fra hver studiekommune ble innhentet fra juni 2013 til juni 2017 for å beregne ledetidene i fra de ulike områdene. Dette er data fra når virke er meldt henteklart ved vei, og når det har blitt transportert med tømmerbil til terminal eller direkte til industri. Dette er definert i studien som transportledetid, og eventuell lagring mellom avvirkning og sammenkjøring, og på terminal før videre transport til industri, er ikke tatt med. Datamaterialet ble begrenset til sortiment 102 (gran massevirke prima) og 110 (gran massevirke), og ble rensset for alle negative leveranser. Negative leveranser er feilregistrert volum som er etterjustert med et negativt transportvolum.

Hentemeldingene og transportbrevene inneholder en kontrakt-ID for hver registrerte hogst. På en kontrakt-ID er det flere henteklare meldinger og transportmeldinger, som varierer både i volum, sortiment og dato. For å finne transportledetiden ble det beregnet tre ulike verdier:

- $TLT_A$ : Transportledetid fra første henteklare dato til første transporterte dato med samme kontrakt-ID og sortiment.
- $TLT_V$ : Transportledetid fra en volumvektet gjennomsnitts henteklare dato til en volumvektet gjennomsnitts transporterte dato med samme kontrakt-ID og sortiment.
- $TLT_B$ : Transportledetid fra første henteklare dato til siste transporterte dato med samme kontrakt-ID og sortiment.

Grunnet lite data fra ytre-nord i uke 1-10 som ga feilaktig variasjon, blir dette ikke vist i resultatene.

Transportledetidene er fremstilt basert på både henteklar og transportert dato. Dette er gjort for å vise hvor lang tid det tar etter henteklar dato, og hvor lang tid det har tatt etter at det har blitt transportert.

### 2.3 Steg 2: Modellering av uttørking av massevirke i TorkCalc med lokal værdata

Beregningsprogrammet TorkCalc ble brukt for å beregne potensiell uttørkningshastighet for massevirke ut ifra klimadata fra de ulike studiekommunene. Siden TorkCalc er laget for Sverige med værdataprognose, ble døgnverdier for middeltemperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )(TAM) og midlere relativ luftfuktighet (%) (UM) innhentet fra eklima.no (Meteorologisk institutt) fra hver representative kommune. Værdata i TorkCalc ble byttet ut til lokal og årlig værdata for å få resultat fra hvert enkelt studieområde og år. Eksponering og sortiment ble justert etter eksponeringstabell i programmet med 100% eksponering av sol og vind for massevirke for alle områder. Dette ble gjort for å få et sammenlignbart resultat, og for å se på effektene med utgangspunkt i at massevirke ligger eksponert.

TorkCalc beregner uttørking per døgn. For å konvertere fuktinnhold (%) til uttørking (%) ble det tatt utgangspunkt i en råvekt for gran normaltømmer >14 cm på 791 kg/m<sup>3</sup>fub med et fuktinnhold (%) for ferskt virke på 55% (tabell 4) (Wilhelmsson & Moberg, 2004).

*Tabell 4: benyttet sammenheng mellom %MC og %tap med utgangspunkt i råvekt for gran normaltømmer >14 cm på 791 kg/m<sup>3</sup>fub, hvor ferskt virke har et fuktinnhold på 55% (Wilhelmsson & Moberg, 2004)*

%Fuktinnhold	55 %	50 %	40 %
%Uttørket	0 %	3,40 %	10 %

## 2.4 Steg 3: Oppfølging av andel leveranser innenfor kritiske transportledetider

For å beregne kritisk transportledetid for hver kontraktID ble det beregnet antall dager fra henteklar dato for  $TLT_A$ ,  $TLT_V$  og  $TLT_B$  til et fuktinnhold på 50% og 40% i henhold til tabell 4. Dette ble gjort for hver henteklare dato med værdata fra hvert respektive område og år.

Andelen av leveransene per uke som potensielt nådde et fuktinnhold på 50% og 40%, ble beregnet ut ifra hvor mange prosent av  $TLT_A$ ,  $TLT_V$  og  $TLT_B$  som hadde lengre transportledetid enn kritisk transportledetid fra hvert respektive område og år.

## 2.5 Deskriptiv analyse

Statistikkprogrammet Minitab 19.2.0.0 academic setup ble benyttet for å fremstille data (Minitab, 2019).

Resultatene presenteres som sesongvariasjoner gjennom året med uke som tidsintervall. Sesongdefinisjonene finnes i tabell 5.

Tabell 5: Uker definert som vinter, vår, sommer, høst

Sesong	Vinter	Vår	Sommer	Høst
Uker	1-10, 46-52	11-20	21-35	36-45

For å vise trender gjennom året for de ulike variablene og områder, ble Minitab sin funksjon LOWESS smoother benyttet. LOWESS smoother er en regresjonskurve som tilpasses ut ifra et lokalt vektet gjennomsnitt av observasjoner, med en faktor for grad av smoothing over et antall steg for å tilpasse kurven best mulig ut ifra nabopunktene. I et datasett med stor variasjon vil smoothing gi en fin grafisk trend. Figurvariabler og smoothing-tilpasninger finnes i tabell 6.

Tabell 6: Variabler og grad av smoothing som ble benyttet i analysen.

Figur nr.	Y	Variabler		Smoothing	
		X	Kategori	Grad	Antall steg
6	Henteklart ukevolum	Uke henteklart	-	0,5	2
	Transportert ukevolum	Uke henteklart	-	0,5	2
	Estimert veilager	Uke henteklart	-	0,5	2
7	TLTV	Vektet henteklar dato	-	0,5	1
	TLTV	Vektet transportert dato	-	0,5	1
8	TLT <sub>A</sub>	Første henteklare dato	Område	0,5	2
	TLT <sub>V</sub>	Vektet henteklare dato	Område	0,5	2
	TLT <sub>B</sub>	Siste henteklare dato	Område	0,5	2
9	TLT <sub>A</sub>	Første transportert dato	Område	0,5	2
	TLT <sub>V</sub>	Vektet transportert dato	Område	0,5	2
	TLT <sub>B</sub>	Siste transportert dato	Område	0,5	2
10	Temperatur (°C)	Uke	Område	0,3	1
	Luftfuktighet (%)	Uke	Område	0,3	1
11	Min uttørking/døgn (%)	Uke	Område	0,3	2
	Mid uttørking/døgn (%)	Uke	Område	0,3	2
	Maks uttørking/døgn (%)	Uke	Område	0,3	2
12	KTLT <sub>F150%</sub>	Vektet henteklare dato	Område	0,4	2
	KTLT <sub>F140%</sub>	Vektet henteklare dato	Område	0,4	2
	TLT <sub>V</sub>	Vektet henteklare dato	Område	0,4	2
14	TLT <sub>A</sub> >KTLT <sub>F150%</sub>	Første transporterte dato	Område	0,5	1
	TLT <sub>V</sub> >KTLT <sub>F150%</sub>	Vektet transporterte dato	Område	0,5	1
	TLT <sub>B</sub> >KTLT <sub>F150%</sub>	Siste transporterte dato	Område	0,5	1
15	TLT <sub>A</sub> >KTLT <sub>F140%</sub>	Første transporterte dato	Område	0,5	1
	TLT <sub>V</sub> >KTLT <sub>F140%</sub>	Vektet transporterte dato	Område	0,5	1
	TLT <sub>B</sub> >KTLT <sub>F140%</sub>	Siste transporterte dato	Område	0,5	1

Maks-, min- og gjennomsnittsverdier for hver studiekommune og sesong ble beregnet og presentert i tabell 7, 8 og 9 for å vise sammenlignbare tall. Gjennomsnittsverdier for de indre og ytre områdene er presentert i figur 13 og 16.

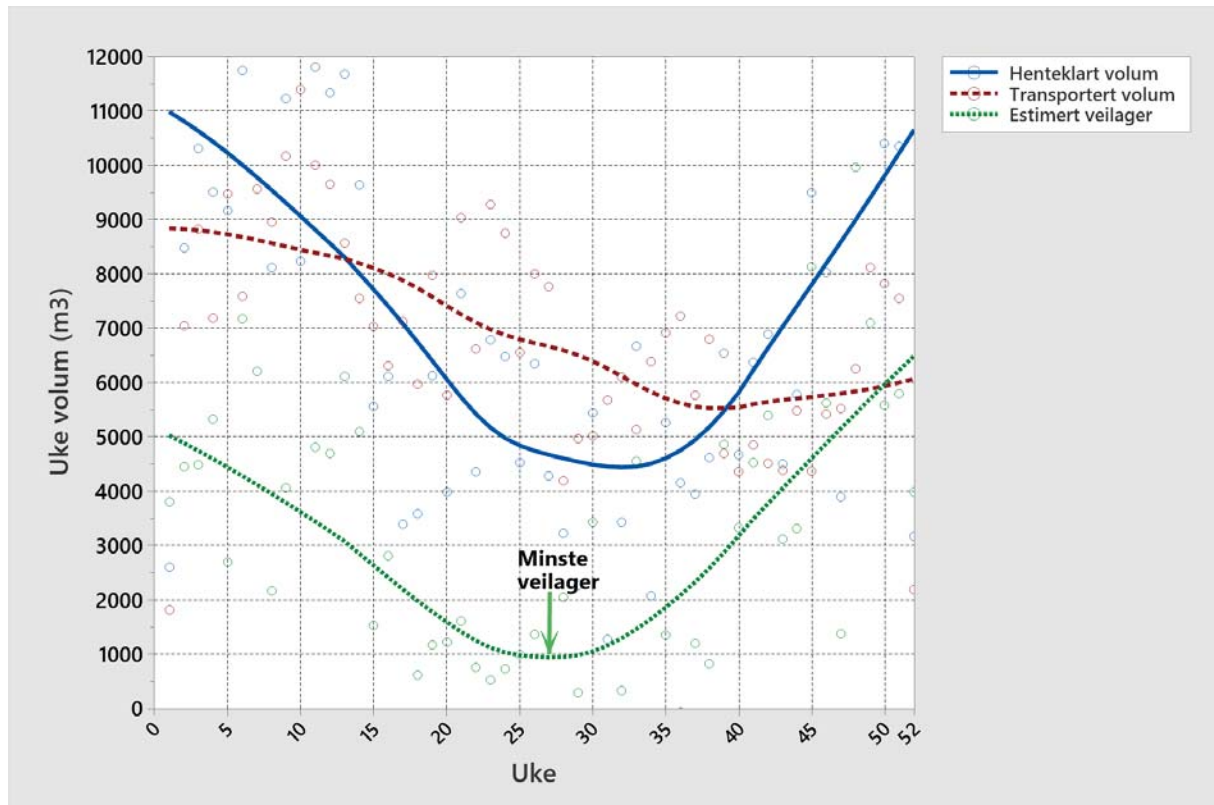
### 3 Resultat

For å forstå hvordan transportledetidene påvirker ferskheten til massevirke er det viktig å se på transportledetider ut ifra område og sesong. Det er derfor viktig å bryte det ned for å forstå effekter og hvordan det henger sammen.

### 3.1 Volumvariasjon og transportledetider

#### Henteklart volum, transportert volum og estimert veilager

Gjennom året var det markerte svingninger i henteklart ukevolum (figur 6). Henteklart ukevolum var lavere i sommersesongen og høyere i vintersesongen. Transportert volum varierer mindre gjennom året. Estimert veilager varierte i takt med henteklart volum og transportert volum, og var høyest på vinteren og lavest på sommeren.

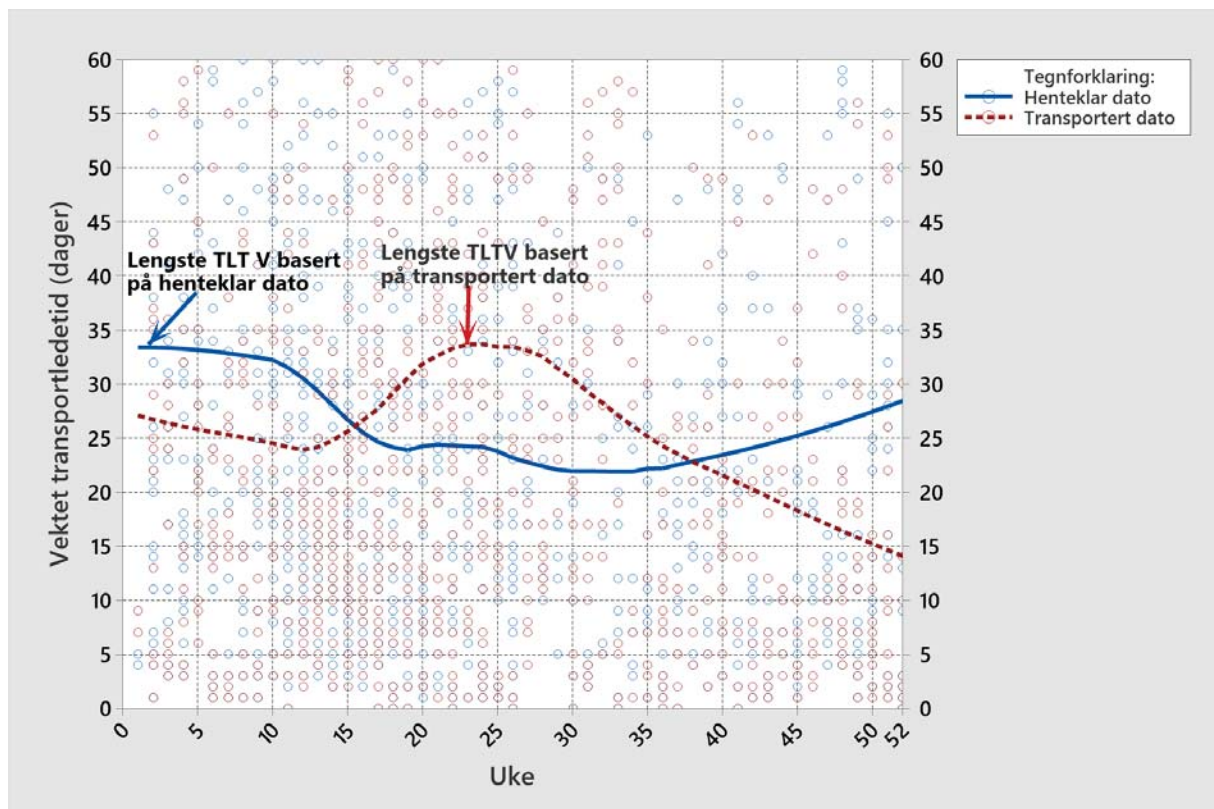


Figur 6: Sesongvariasjonen for henteklart og transportert ukevolum samt estimert veilager, for alle sortiment fra de fire studiekommunene basert på årene 2013-2017.

Henteklart volum har større svingninger enn transportert volum gjennom året, og var mindre enn transportert volum i uke 13-39 (figur 6). Henteklart volum var størst på starten av året, med henholdsvis  $11000\text{m}^3$  virke, lavest i uke 24-37 med henholdsvis  $4500\text{m}^3$ - $5000\text{m}^3$ , med en økning mot uke 52. Trenden for transportert volum viser en nedgang fra uke 1, hvor ukevolumet var i underkant av  $9000\text{m}^3$ , mot uke 37 hvor ukevolumet var omkring  $5500\text{m}^3$ . Trenden for det estimerte veilageret viser at veilageret var størst på vinteren, og redusertes utover våren til i underkant av  $1000\text{m}^3$  om sommeren, før det igjen øktes utover høsten og vinteren.

## Forskjeller mellom transportledetid basert på henteklar dato og transportert dato

Gjennom året var det markerte svingninger for vektet transportledetid ( $TLT_V$ ) basert på både henteklar dato og transportert dato (figur 7).  $TLT_V$  basert på henteklar dato var lengst på vinteren og tidlig om våren, mens kortest på sommeren og tidlig om høsten.  $TLT_V$  basert på transportert dato var lengst sent på våren og sommeren, og kortest på vinteren og sent på høsten.

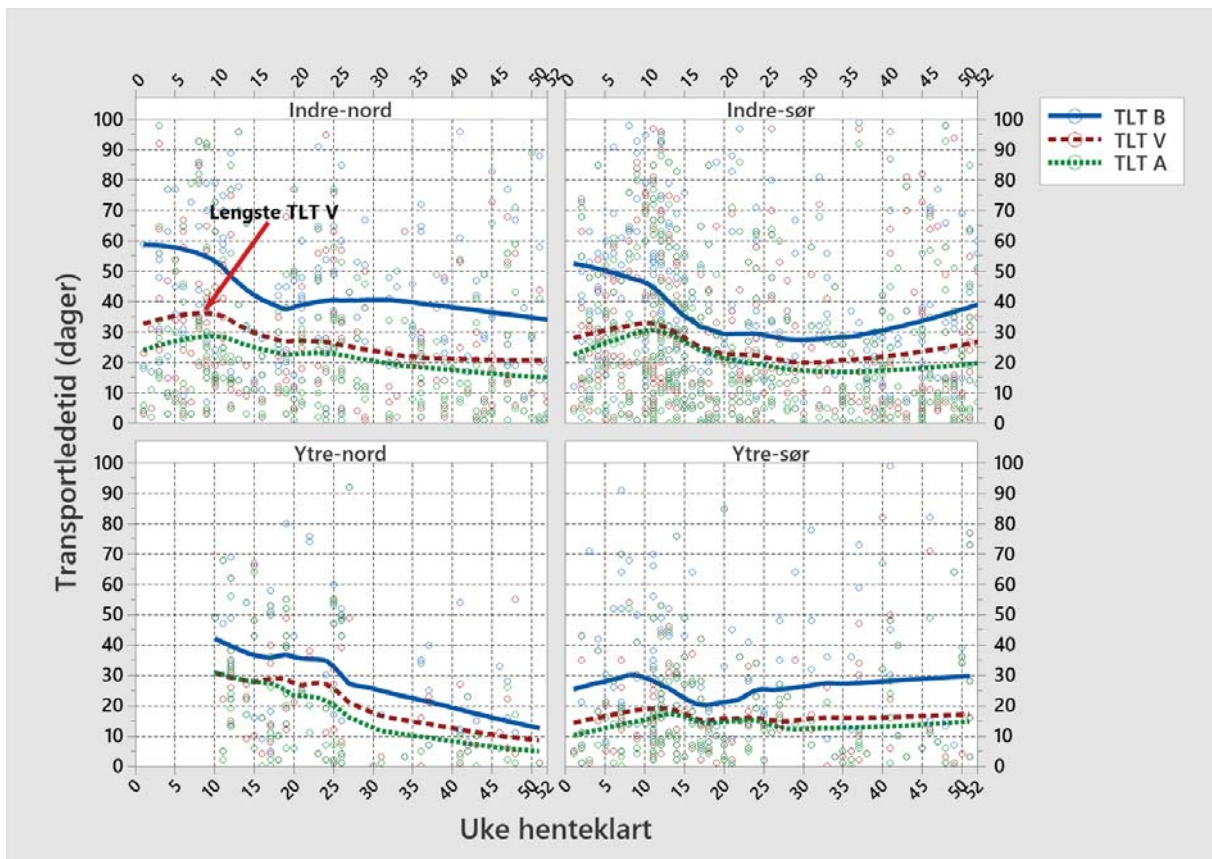


Figur 7: Sesongvariasjon for volumvektet transportledetid ( $TLT_V$ ) for gran massevirke (sortiment 102,110) etter henteklar og transportert uke for de fire studiekommunene basert på årene 2013-2017.

$TLT_V$  basert på henteklar dato var lengst mellom uke 1-10 (33 dager), hvor ledetiden redusertes mot uke 17 (24 dager) (figur 7). Trenden viser også at  $TLT_V$  basert på henteklar dato økte fra omkring 22 dager i uke 35 til omkring 29 dager i uke 52.  $TLT_V$  basert på transportert dato var kortest i uke 52, mens lengst mellom uke 22-27, hvor  $TLT_V$  var omkring 33 dager.

## Forskjeller i transportledetid mellom studiekommuner basert på henteklar dato

Trenden for  $TLT_A$ ,  $TLT_V$  og  $TLT_B$  basert på henteklar dato varierer gjennom året i de ulike studiekommunene, og var generelt kortere i de ytre områdene enn i de indre områdene (figur 8).  $TLT_B$  var lengre enn  $TLT_V$  og  $TLT_A$ , mens  $TLT_V$  generelt var noe lengre enn  $TLT_A$ .

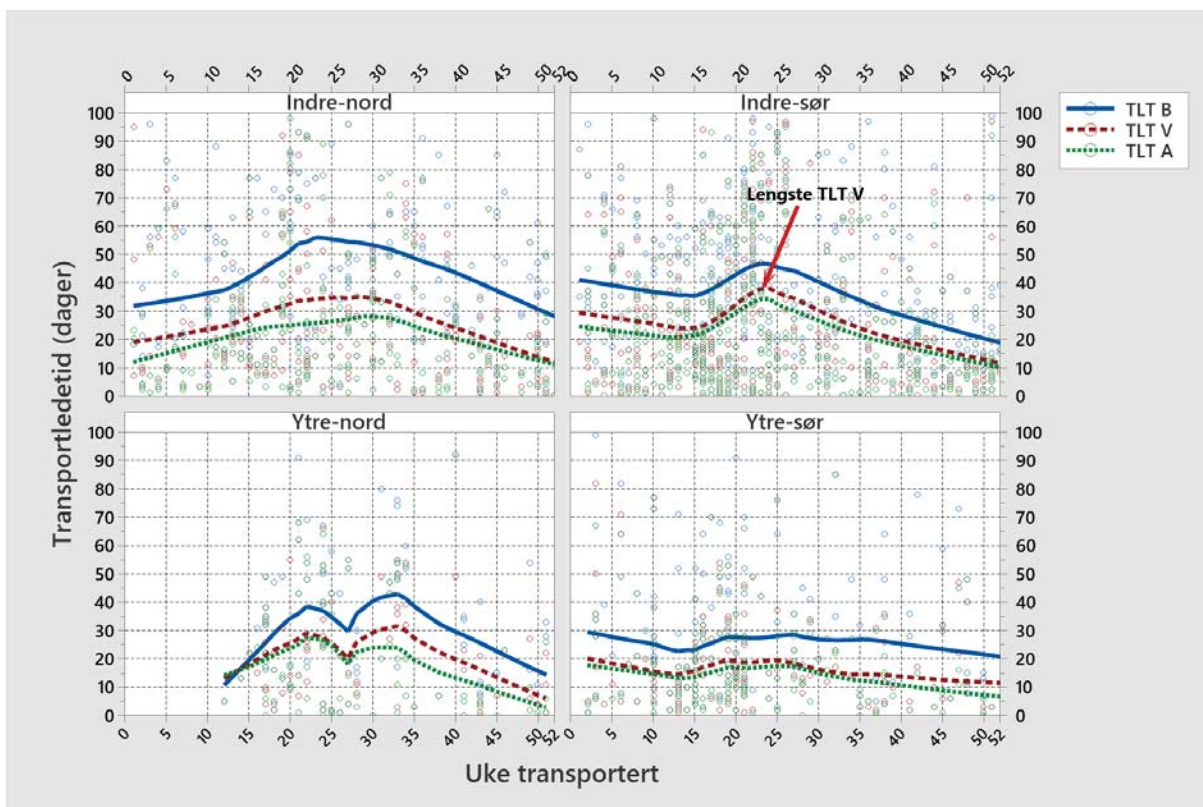


Figur 8: Sesongvariasjon for transportledetid fra første henteklare dato til første transporterte dato ( $TLT_A$ ), volumvektet transportledetid ( $TLT_V$ ) og transportledetid fra første henteklare dato til siste transporterte dato ( $TLT_B$ ) for gran massevirke (sortiment 102,110) etter uke henteklart for de fire studiekommunene basert på årene 2013-2017.

$TLT_B$  var lengst i uke 1 i indre-nord (60 dager), indre-sør (55 dager) og ytre-nord (42 dager), mens  $TLT_B$  i ytre-sør var lengst i uke 10 og uke 40-52 (30 dager) (figur 8). Ser man derimot på trenden for  $TLT_V$  ser man at transportledetiden var lengst rundt uke 10 i indre-nord (38 dager), uke 13 i indre-sør (30 dager) og ytre-sør (20 dager), og uke 10-20 i ytre-nord (30 dager). Den største differansen mellom  $TLT_A$  og  $TLT_B$  forekom i uke 1 i indre-nord, hvor differansen var omtrent 35 dager.

### Forskjeller i transportledetid mellom studiekommuner basert på transportert dato

Trenden for  $TLT_A$ ,  $TLT_V$  og  $TLT_B$  basert på transportert dato varierer gjennom året i de ulike studiekommunene (figur 9). Alle transportledetider basert på transportert dato var generelt lengst i sommersesongen, og kortest på vinter, vår og høst, og da særlig mot uke 52.



Figur 9: Sesongvariasjon for transportledetid fra første henteklare dato til første transporterte dato ( $TLT_A$ ), volumvektet transportledetid ( $TLT_V$ ) og transportledetid fra første henteklare dato til siste transporterte dato ( $TLT_B$ ) for gran massevirke (sort. 102,110) etter uke transportert for de fire studiekommunene basert på årene 2013-2017.

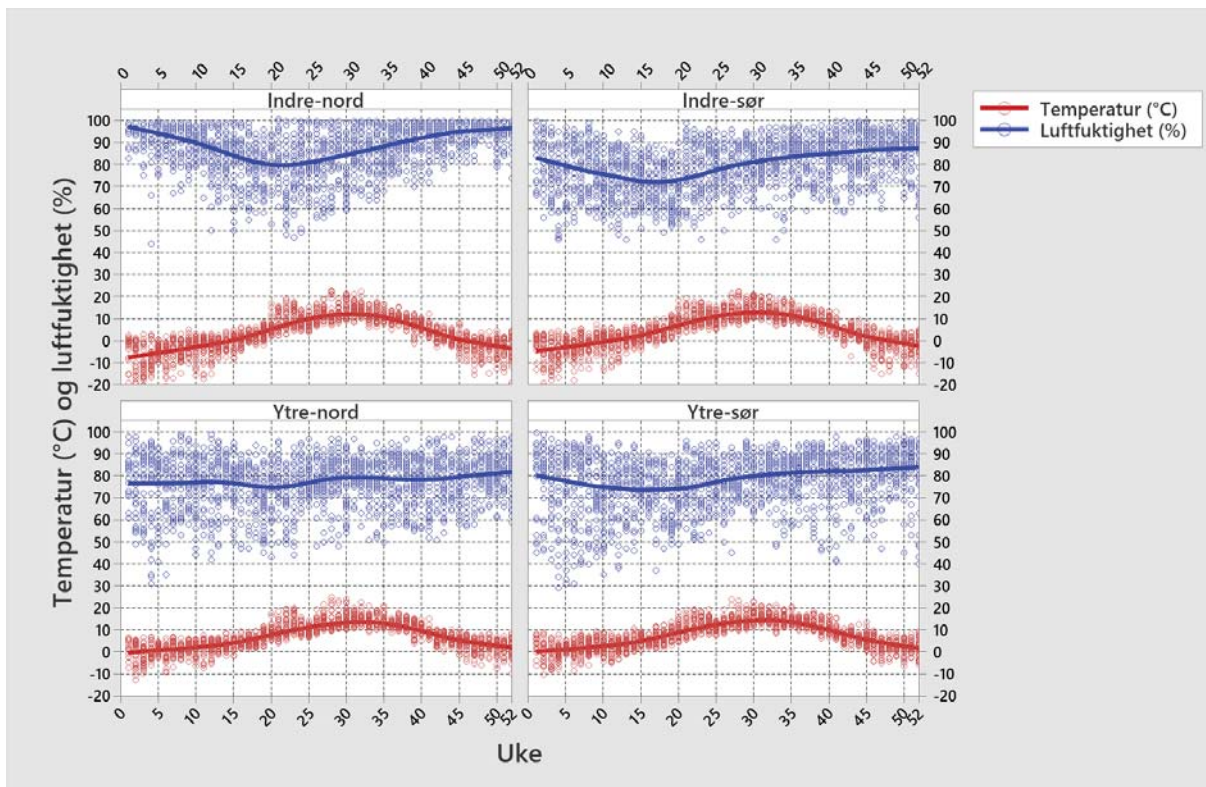
For indre-nord viser trenden at  $TLT_V$  var lengst i uke 20-30 (35 dager), og kortest i uke 52 (10 dager), mens lengst i uke 22 (30 dager) og kortest i uke 52 (8 dager) i ytre-nord (figur 9). I indre-sør var  $TLT_V$  lengst i uke 24 (39 dager) og kortest i uke 2 (10 dager), mens lengst i uke 1 og 18-27 (20 dager) for ytre-sør. Den største differansen på  $TLT_A$  og  $TLT_B$  var i indre-nord i uke 23, hvor differansen er 30 dager.

### 3.2 Klimaets påvirkning på uttørking

#### Klimaet i studiekommunene

Det er noe markerte forskjeller i klimaet (temperatur og relativ luftfuktighet) mellom de ulike studiekommunene (figur 10). De indre områdene varierte gjennom året med kalde vintre og varme somre, og høy luftfuktighet på vinteren og lavere på vår og sommer. I de ytre områdene var klimaet mer stabilt, hvor den relative luftfuktigheten generelt var lavere enn i de indre områdene, samt at den midlere døgntemperaturen også var mer stabil med milde vintre.



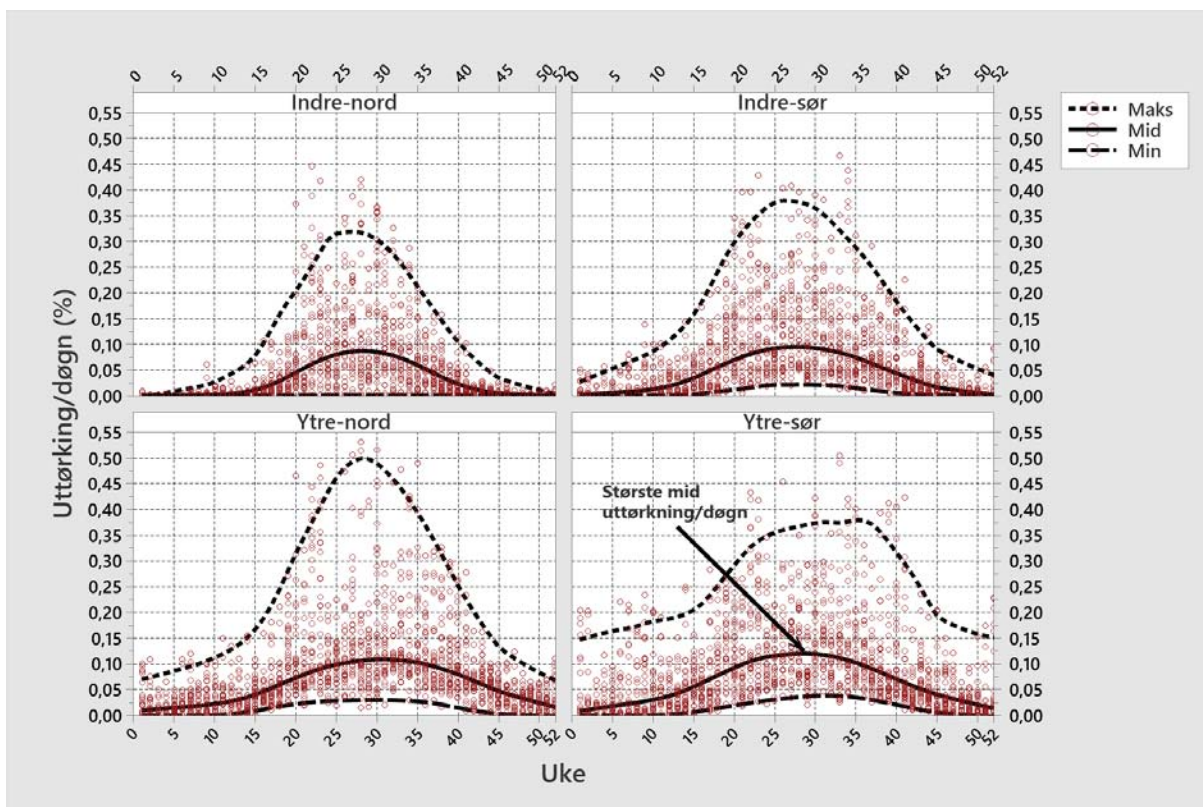


Figur 10: Sesongvariasjon for midlere døgntemperatur (°C) og midlere relativ luftfuktighet (%) for de fire studiekommunene basert på årene 2013-2017.

Ved å ha kjennskap til variasjonene i klimaet i de fire studiekommunene, kan man sannsynliggjøre klimaets påvirkning med hensyn på uttørkingshastigheten til massevirke.

### Uttørking av massevirke i de ulike studiekommunene

Det var stor sesongvariasjon for uttørkingshastigheten til massevirke gjennom året i de fire studiekommunene (figur 11). De indre områdene hadde generelt lavere uttørkingshastighet gjennom året enn i de ytre områdene. De indre områdene hadde generelt liten eller ingen uttørking på vinteren, tidlig om våren og sent på høsten, mens de ytre områdene hadde noe større uttørking.



Figur 11: Sesongvariasjon for maks (maksimal), mid (midlere), og min (minste) uttørking per døgn (%) for gran massevirke (sortiment 102,110) for de fire studiekommunene basert på beregninger i TorkCalc for årene 2013-2017.

Det var ingen uttørking per døgn i indre-nord mellom uke 1-5 og 50-52 for maks, mid og min (figur 11). Ser man på trenden til mid, ser man at massevirket tørket mest på sommeren i uke 25-30 (0,09%/døgn), mens maks viste en uttørking på 0,32%/døgn. I ytre-nord viser mid en uttørking på 0%/døgn i uke 1 og 52, med en topp mot uke 30, hvor uttørkingen var 0,11%/døgn. Maks viser en uttørking på 0,50%/døgn i uke 28. For indre-sør var det en jevn stigning for mid fra 0%/døgn i uke 1-5, mot 0,13%/døgn i uke 25-30, og nedover mot 0,02%/døgn i uke 52. I uke 25-27 viser maks en uttørking på 0,38%/døgn. For ytre-sør viser resultatene en uttørking for mid på 0,01%/døgn i uke 1, med en jevn stigning mot uke 25-30, hvor uttørkingen var 0,13%/døgn, og mot 0,02%/døgn i uke 52. Maks varierte fra 0,15%/døgn i uke 1 til 0,39%/døgn i uke 36, og 0,15%/døgn i uke 52.

### Klima og uttørking i de ulike studiekommunene

De ytre områdene hadde høyere gjennomsnittlig temperatur og lavere gjennomsnittlig relativ luftfuktighet som potensielt gir høyere gjennomsnittlig uttørking/døgn, kontra de indre områdene (tabell 7). Resultatene viser også at indre-nord hadde lavest

gjennomsnittstemperatur og høyest gjennomsnittlig relativ luftfuktighet, og som gir potensielt lavere gjennomsnittlig uttørking/døgn enn alle de andre områdene.

Tabell 7: Sesongvariasjon for minste, gjennomsnitt og maksimalt midlere døgntemperatur (°C), midlere relativ luftfuktighet (%) og uttørking per døgn av virke (%) for de fire studiekommunene basert på årene 2013-2017. Høyeste og laveste gjennomsnittsverdi er uthevet.

Område	Sesong	Temperatur (°C)			Relativ luftfuktighet (%)			Uttørking (%)		
		Min	Gj.snitt	Maks	Min	Gj.snitt	Maks	Min	Gj.snitt	Maks
Indre-nord	Vinter	-26,2	<b>-4,5</b>	5,1	44	<b>94</b>	100	0,00	<b>0,00</b>	0,06
	Vår	-17,4	0,4	16,9	50	82	99	0,00	0,01	0,37
	Sommer	2,2	11,5	22,7	47	82	101	0,00	0,10	0,44
	Høst	-8	5,3	15,4	70	92	100	0,00	0,02	0,15
Ytre-nord	Vinter	-12,8	1,5	8,5	31	78	99	0,00	0,02	0,15
	Vår	-7,4	4,2	17,4	42	75	99	0,00	0,05	0,46
	Sommer	3,8	12,8	24,9	44	77	97	0,01	<b>0,14</b>	0,56
	Høst	-1,7	9,1	17,8	51	78	98	0,00	0,09	0,32
Indre-sør	Vinter	-20,6	-2,4	7,2	46	82	100	0,00	<b>0,00</b>	0,13
	Vår	-12,2	2,8	18,4	46	<b>72</b>	95	0,00	0,04	0,34
	Sommer	3,8	12,2	22,4	46	79	99	0,00	0,12	0,46
	Høst	-7,1	6,6	15,7	58	85	100	0,00	0,05	0,29
Ytre-sør	Vinter	-10,7	1,9	9,8	29	78	100	0,00	0,03	0,24
	Vår	-5,1	5,1	18,1	37	73	95	0,00	0,07	0,28
	Sommer	5,6	<b>13,7</b>	23,7	45	78	96	0,01	<b>0,14</b>	0,61
	Høst	0,2	9,6	18,2	41	81	98	0,00	0,08	0,42

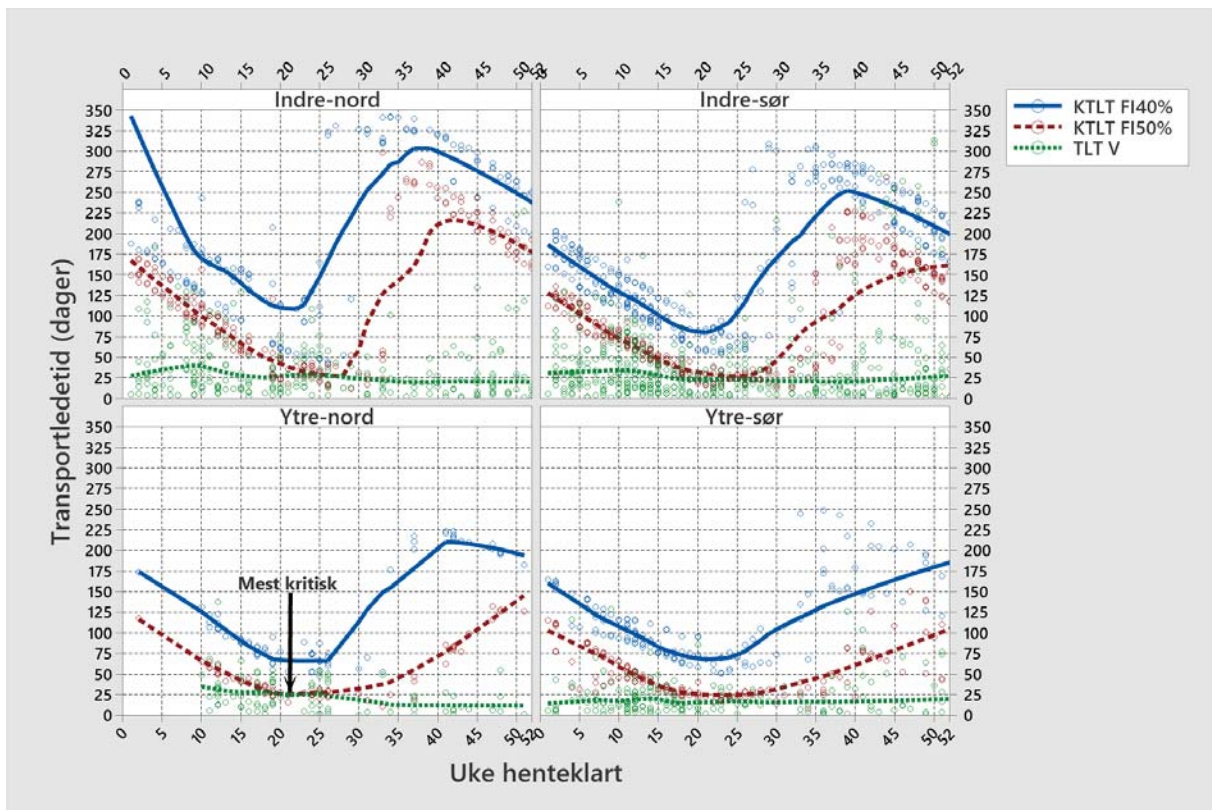
Indre-nord hadde den laveste gjennomsnittstemperaturen (-4,5°C) og høyeste relative luftfuktigheten (94%) på vinteren hvis man sammenligner alle sesongene og områdene (tabell 7). Det ga en gjennomsnittlig uttørking på 0%/døgn. Ytre-sør hadde den høyeste gjennomsnittstemperaturen, men også en relativt lav luftfuktighet på sommeren som resulterte i en uttørking på 0,14%/døgn. Er temperaturen under 0°C vil potensielt ikke virke tørke noe, mens uttørkingshastigheten vil øke med økt temperatur og redusert luftfuktighet.

### 3.3 Kritisk transportledetid og leveranser med feil ferskhet

Kritisk transportledetid for massevirke fra de ulike studiekommunene

Det var stor sesongvariasjon for kritisk transportledetid før massevirke når et fuktinnhold på 50% og 40% ( $KTLT_{FI50\%/FI40\%}$ ) basert på henteklar dato for alle fire studiekommuner (figur 12). De indre områdene hadde lengre  $KTLT_{FI50\%/FI40\%}$  enn de ytre områdene, og for alle områdene

var  $KTLT_{F150\%/F140\%}$  kortest på sommeren og lengst på vinter, vår og høst.



Figur 12: Sesongvariasjon for kritisk transportledetid til massevirket når et fuktinnhold på henholdsvis 50% og 40% ( $KTLT_{F150\%/F140\%}$ ) og vektet transportledetid ( $TLT_V$ ) for gran massevirke (sortiment 102, 110) etter uke henteklart for de fire studiekommunene basert på årene 2013-2017.

$KTLT_{F150\%}$  for massevirke som var meldt henteklart sent på våren og på sommeren (uke 18-28) i de indre områdene må ha kortest transportledetid for at massevirket ikke skal forringes, mens trenden for  $KTLT_{F140\%}$  viser at massevirket som er meldt henteklart sent på våren og tidlig på sommeren (uke 17-26) må transporteres raskt for at virket ikke skal forringes ytterligere (figur 12). De indre områdene hadde en bratt oppgang fra uke 28 til uke 40 for  $KTLT_{F150\%}$ . Trenden for  $KTLT_{F140\%}$  viser en tidligere oppgang i sommersesongen. For de indre områdene var  $KTLT_{F150\%}$  lavest mellom uke 17-28, mens lavest for  $KTLT_{F140\%}$  i uke 17-26. Trenden viser at den kritiske perioden i forhold til  $TLT_V$  var litt tidligere for de ytre områdene enn for de indre områdene.

Minste, gjennomsnittlige og maksimale  $KTLT_{F150\%/F140\%}$  varierte i stor grad mellom sesongene for de fire studiekommunene (tabell 8). Massevirke som var meldt henteklart i sommersesongen hadde generelt lavest gjennomsnittlig  $KTLT_{F150\%}$ , mens  $KTLT_{F140\%}$  generelt var

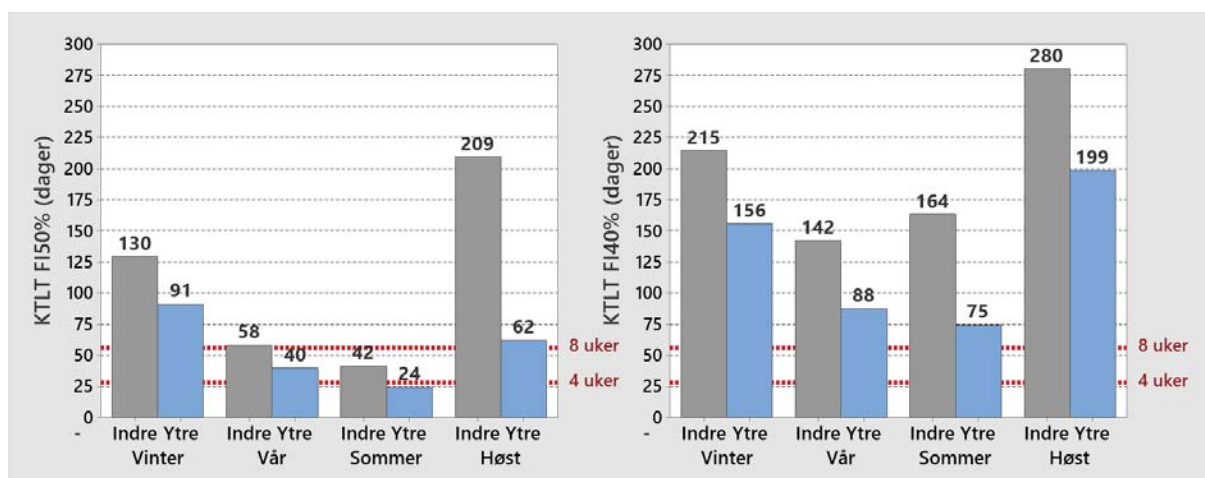
lavest i høstsesongen. De ytre områdene hadde generelt lavere gjennomsnittlig  $KTLT_{F150\%/F140\%}$  enn de indre områdene.

Tabell 8: Sesongvariasjon for minste, gjennomsnitt og maksimal kritiske transportledetid (dager) før virket når et fuktinnhold på 50% og 40% ( $KTLT_{F150\%/F140\%}$ ), samt vektet transportledetid ( $TLT_V$ ) (dager) for gran massevirke (sortiment 102, 110) for de fire studiekommunene basert på årene 2013-2017. Høyeste og laveste gjennomsnittsverdi er uthevet.

Område	Henteklart sesong	$KTLT_{F150\%}$ (dager)			$KTLT_{F140\%}$ (dager)			$TLT_V$ (dager)		
		Min	Gj.snitt	Maks	Min	Gj.snitt	Maks	Min	Gj.snitt	Maks
Indre-nord	Vinter	87	144	225	126	256	496	0	46	227
	Vår	22	66	120	60	179	432	2	33	129
	Sommer	11	47	299	41	183	390	1	30	108
	Høst	202	<b>244</b>	287	243	<b>304</b>	340	1	23	134
Ytre-nord	Vinter	65	110	132	129	176	208	1	26	102
	Vår	22	40	65	12	87	123	2	34	158
	Sommer	10	26	32	50	<b>69</b>	177	0	24	55
	Høst	19	64	99	201	216	224	0	<b>11</b>	27
Indre-sør	Vinter	27	115	178	113	173	253	1	46	314
	Vår	17	51	93	57	105	168	0	33	173
	Sommer	12	36	152	55	144	309	0	30	431
	Høst	45	174	269	104	256	295	0	<b>49</b>	272
Ytre-sør	Vinter	28	73	150	93	136	207	1	26	129
	Vår	21	39	60	58	88	117	1	19	85
	Sommer	8	<b>23</b>	39	50	80	245	0	17	36
	Høst	22	61	126	145	181	249	1	29	126

Indre-nord hadde den høyeste gjennomsnittlige  $KTLT_{F150\%}$  (244 dager) og  $KTLT_{F140\%}$  (304 dager) på høstsesongen av alle områdene, mens ytre-nord hadde gjennomsnittlig laveste  $KTLT_{F150\%}$  (26 dager) og  $KTLT_{F140\%}$  (69 dager) i sommersesongen (tabell 8). Den laveste gjennomsnittlige  $TLT_V$  var i ytre-nord i høstsesongen, mens den høyeste var i indre nord også i høstsesongen.

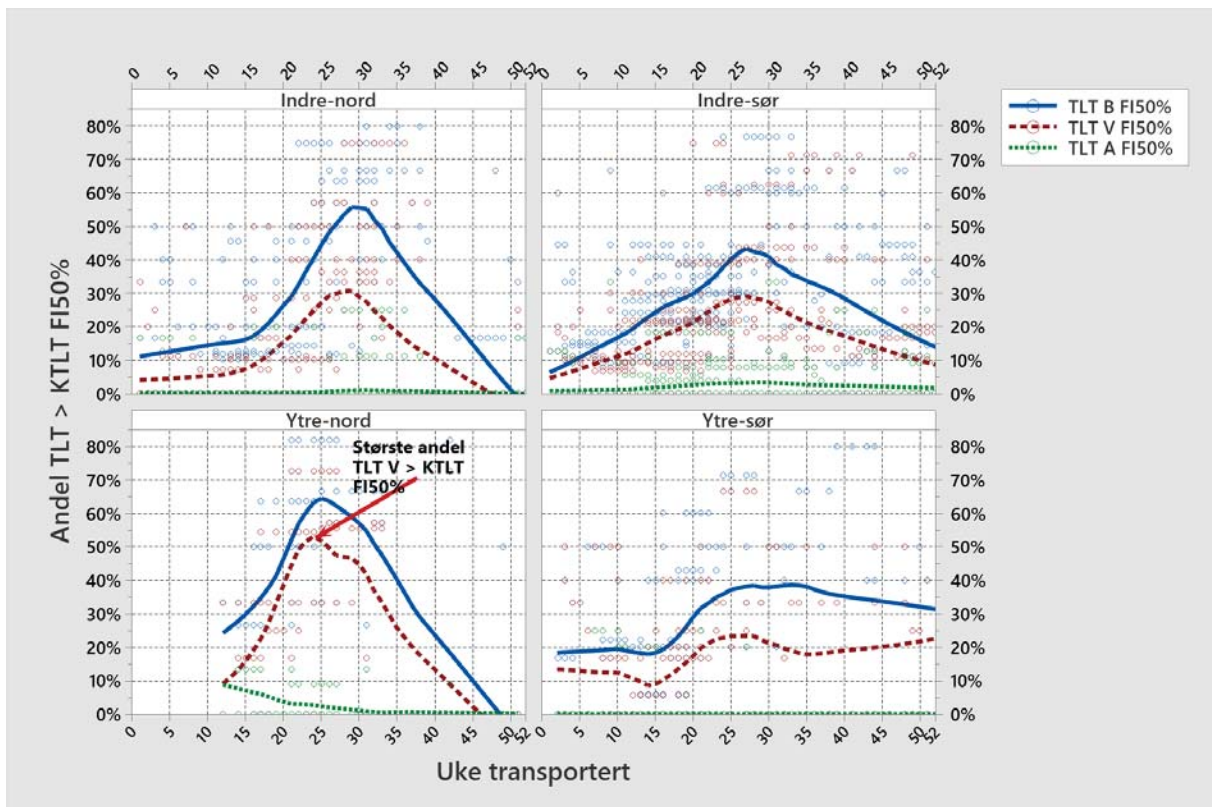
$KTLT_{F150\%/F140\%}$  var kortere i de ytre områdene enn i de indre områdene i alle sesonger (figur 13).



Figur 13: Sesongvariasjon for gjennomsnitt av kritisk transportledetid til virket når et fuktinnhold på henholdsvis 50% og 40% ( $KTLT_{F150\%/F140\%}$ ) for indre og ytre områder basert på årene 2013-2017, med de generelle tidsfristene til for Norsk Virkesmåling.

$KTLT_{F150\%}$  i de indre områdene kontra de ytre områdene var i gjennomsnitt 39 dager kortere i vintersesongen, 18 dager i vårsesongen, 18 dager i sommersesongen og 147 dager i høstsesongen (figur 13).  $KTLT_{F140\%}$  var gjennomsnittlig 59 dager kortere i de ytre områdene enn de indre i vintersesongen, 54 dager i vårsesongen, 89 i sommersesongen og 81 i høstsesongen. De ytre områdene hadde 4 dager kortere  $KTLT_{F150\%}$  i sommersesongen enn 4 ukers fristen for sommerhogget virke i de generelle tidsfristene til Norsk Virkesmåling.

Sesongvariasjonene for andel  $TLT_A$ ,  $TLT_V$  og  $TLT_B$  som var lengre enn  $KTLT_{F150\%}$  ( $TLT_{A/V/B} > KTLT_{F150\%}$ ) viser generelt størst prosentandel på sommer og tidlig høst for  $TLT_V$  og  $TLT_B$ , mens den viser mindre variasjon for  $TLT_A$  (figur 14). De sørlige områdene hadde en mindre sesongvariasjon enn de nordlige områdene, hvor det var en mer markant topp i sommersesongen. Ytre-nord hadde størst prosentandel  $TLT_V > KTLT_{F150\%}$  av alle områdene i sommersesongen.

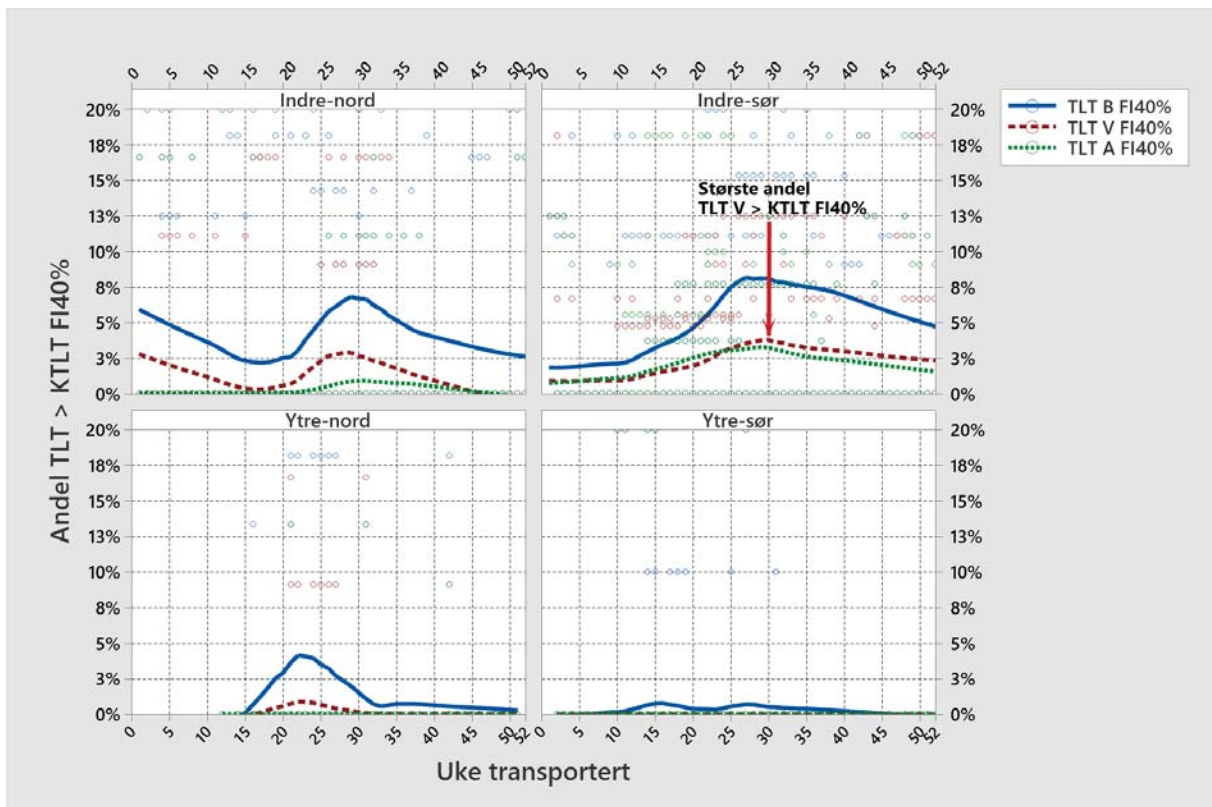


Figur 14: Sesongvariasjon for andel transportledetider fra første henteklare dato til første transporterte dato ( $TLT_A$ ), volumvirket transportledetider ( $TLT_V$ ) og transportledetider fra første henteklare dato til siste transporterte dato ( $TLT_B$ ) for gran massevirke (sort. 102,110) som nådde et fuktinnhold på 50% ( $KTLT_{F150\%}$ ) ( $TLT_{A/V/B} > KTLT_{F150\%}$ ) før det ble transportert fra de fire studiekommunene basert på årene 2013-2017.

Høyeste trend for prosentandel  $TLT_A > KTLT_{F150\%}$  var i ytre-nord i uke 12 (10%) (figur 14). Størst prosentandel  $TLT_V > KTLT_{F150\%}$  var i ytre-nord i uke 23-25 (52%), indre-nord i uke 27-30 (30%) og indre sør i uke 25-27 (30%), mens i uke 23-28 og 52 (23%) for ytre-sør. Den minste prosentandel  $TLT_V > KTLT_{F150\%}$  var i uke 47-52 (0%) i indre-nord, uke 46-52 (0%) i ytre-nord, uke 1 (7%) i indre-sør og uke 14-15 (10%) i ytre-sør.

### Massevirke som nådde et fuktinnhold på 40% før transport

Sesongvariasjonene for  $TLT_{A/V/B} > KTLT_{F40\%}$  viser generelt størst andel på sommersesongen for  $TLT_A$ ,  $TLT_V$  og  $TLT_B$ , mens mindre variasjon for  $TLT_A$  i de ytre områdene (figur 15). De ytre områdene hadde en jevnere sesongvariasjon enn de nordlige områdene. Indre-sør hadde størst andel  $TLT_V > KTLT_{F40\%}$  av alle områdene i sommersesongen, mens ytre-sør hadde liten variasjon og minimal andel  $TLT_{A/V/B} > KTLT_{F40\%}$ .



Figur 15: Sesongvariasjon for andel transportledetider fra første henteklare dato til første transporterte dato ( $TLT_A$ ), volumvirket transportledetider ( $TLT_V$ ) og transportledetider fra første henteklare dato til siste transporterte dato ( $TLT_B$ ) for gran massevirke (sort. 102,110) som nådde et fuktinnhold på 40% ( $KTLT_{F140\%}$ ) før det ble transportert fra de fire studiekommunene basert på årene 2013-2017.

Trenden for størst andel  $TLT_V > KTLT_{F140\%}$  var i indre-sør i uke 30 (4%) og lavest (0%) gjennom hele året i ytre-sør (figur 15). Høyeste trend for andel  $TLT_V > KTLT_{F140\%}$  i indre-nord var i uke 1 og 25-30 (3%) mens i uke 23 (1%) i ytre nord. For  $TLT_A > KTLT_{F140\%}$  var den største andelen i indre sør i uke 29 (4%), uke 30 (1%) i indre-nord, mens 0% gjennom hele året for ytre-nord og ytre-sør.

### Massevirke som nådde et fuktinnhold på 50% og 40% før transport

$TLT_{A/V/B} > KTLT_{F150\%}$  varierte mellom områdene og sesongene (tabell 9). Ytre-nord hadde gjennomsnittlig størst andel  $TLT_V > KTLT_{F150\%}$  på sommersesongen, mens generelt minst på vintersesongen. Det var mindre variasjon for andel  $TLT_V > KTLT_{F140\%}$  mellom områdene og sesongene. Indre-nord hadde største gjennomsnittlige andel  $TLT_V > KTLT_{F140\%}$  i sommersesongen, mens minste andel var i ytre-nord og ytre-sør.

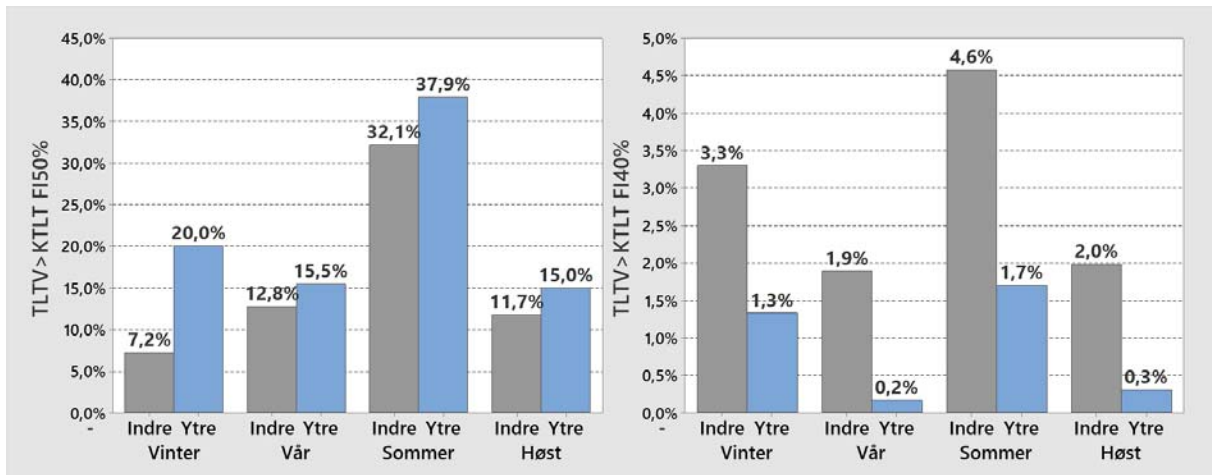


Tabell 9: Sesongvariasjon for gjennomsnittlige transportledetider fra første henteklare dato til første transporterte dato ( $TLT_A$ ), volumvektet transportledetider ( $TLT_V$ ) og transportledetider fra første henteklare dato til siste transporterte dato ( $TLT_B$ ) for gran massevirke (sort. 102,110) som nådde et fuktinnhold på 50% og 40% ( $KTLT_{F150\%/F140\%}$ ) før det ble transportert for de fire studiekommunene basert på årene 2013-2017. Høyeste og laveste verdi for  $TLT_V$  er uthevet.

Område	Transportert sesong	TLT over $KTLT_{F150\%}$			TLT over $KTLT_{F140\%}$		
		$TLT_A$	$TLT_V$	$TLT_B$	$TLT_A$	$TLT_V$	$TLT_B$
Indre-nord	Vinter	2 %	<b>5 %</b>	13 %	2 %	4 %	5 %
	Vår	2 %	8 %	15 %	1 %	2 %	5 %
	Sommer	3 %	33 %	52 %	4 %	<b>5 %</b>	7 %
	Høst	2 %	7 %	17 %	1 %	1 %	3 %
Ytre-nord	Vinter	-	-	-	-	-	-
	Vår	0 %	21 %	81 %	4 %	<b>0 %</b>	5 %
	Sommer	0 %	<b>48 %</b>	50 %	2 %	2 %	6 %
	Høst	0 %	12 %	20 %	1 %	1 %	2 %
Indre-sør	Vinter	2 %	10 %	16 %	2 %	3 %	4 %
	Vår	3 %	18 %	25 %	3 %	2 %	4 %
	Sommer	4 %	31 %	42 %	4 %	4 %	10 %
	Høst	4 %	17 %	22 %	4 %	3 %	7 %
Ytre-sør	Vinter	1 %	20 %	24 %	2 %	3 %	2 %
	Vår	1 %	10 %	19 %	1 %	<b>0 %</b>	2 %
	Sommer	2 %	28 %	39 %	1 %	1 %	5 %
	Høst	0 %	18 %	42 %	0 %	<b>0 %</b>	2 %

Prosentandel  $TLT_V > KTLT_{F150\%}$  var størst i ytre-nord i sommersesongen (48%), mens minst i indre-nord i vintersesongen (5%) (tabell 9). Størst prosentandel  $TLT_V > KTLT_{F140\%}$  var i indre-nord i sommersesongen (5%), mens minste var i ytre-nord i vårsesongen (0%) og ytre-sør i vår- og høstsesongen (0%).

Andelen  $TLT_V > KTLT_{F150\%}$  i de indre områdene var gjennomsnittlig mindre i alle sesonger enn i de ytre (figur 16). Andelen  $TLT_V > KTLT_{F140\%}$  i de ytre områdene var mindre enn i de indre områdene.



Figur 16: Sesongvariasjon for gjennomsnitt av andel transportledetider fra volumvektet henteklar dato til volumvektet transporterte dato ( $TLT_V$ ) for gran massevirke (sort. 102,110) som nådde et fuktinnhold på 50% og 40% ( $KTLT_{F150\%/F140\%}$ ) før det ble transportert for indre og ytre områder basert på årene 2013-2017.

Differansen i andel  $TLT_V > KTLT_{F150\%}$  mellom de indre og ytre områdene var størst i vintersesongen, hvor de ytre områdene viste en andel på 20% i vintersesongen mot 7,2% i de indre områdene (figur 16). Begge områder hadde størst andel  $TLT_V > KTLT_{F150\%}$  i sommersesongen med henholdsvis 32,1% i de indre områdene, og 37,9% i de ytre. Andel  $TLT_V > KTLT_{F140\%}$  var gjennomsnittlig størst i de indre områdene i vinter- (3,3%), vår- (1,9%), sommer- (4,6%) og høstsesongen (2,0%). I de ytre områdene var andelen  $TLT_V > KTLT_{F140\%}$  1,3% i vintersesongen, 0,2% i vårsesongen, 1,7% i sommersesongen og 0,3% i høstsesongen.

## 4 Diskusjon

### 4.1 Metodevalg

Beregningene ble delt opp i tre steg for å analysere og lettere forstå hvordan transportledetider påvirker ferskheten til massevirke. Valget av representativ kommune for hvert område ga tilstrekkelig datamateriale for indre-nord, indre-sør og ytre sør, mens datamaterialet fra ytre-nord var betraktelig mindre. Spesielt hentemeldinger fra uke 1-10 var så få at det ga en lite dekkende trend, og ble derfor fjernet fra studien. Med tanke på at hver studiekommune skulle representere hvert sitt område, kan det likevel være store ulikheter innen klima, hogstvolum og ledetider innad i hvert område studiekommunen representerer. Formålet var å finne variasjoner mellom sesonger og områder, og i den sammenheng vil valget

av studiekommuner likevel gi et inntrykk av hvordan uttørking og transportledetider kan være i de ulike områdene.

I steg 1 var det en del usikkerhet knyttet til datamaterialet da det forekom negative volumer og forskjeller i henteklart og transportert volum, samt stor datovariasjon for samme kontrakt-ID. Det ble gjort rensing av feildata, men skjulte feil som for eksempel feilregistrert dato eller volum, kan ha resultert i feil resultat. Grunnen til at ukentlig henteklart og transportert volum (figur 6) ikke ble presentert for hver studiekommune var for å få et helhetlig bilde, da avvirkning i en kommune ikke nødvendigvis gir en god trend for et helt område. Dette er fordi hogstlag kan ha mye avvirkning i en kommune ett år, og nesten ingenting året etter. Det samme gjelder for transport. Avviket mellom henteklart virke og transportert virke var på 10,5%. Dette stemmer overens med det som er å regne for typisk avvik som er konsistent med tidligere studier (D. Fjeld, personlig kommunikasjon, 4. mai 2020). Transportert volum bedømmes av transportør, og er i hovedsak basert på vektbegrensningen på vei og tømmerbil, samt erfaringer for hvor mye tomrom det er mellom stokkene. Wilhelmsson og Moberg (2004) viste at råvekt for gran massevirke varierte mellom områder i Sverige, hvor råvekten i Uppland i øst var på omtrent 980 kg/m<sup>3</sup>fub, mens råvekten i Härjedalen i vest var på omtrent 900 kg/m<sup>3</sup>fub. Det vil si at vekten for fastmasse under bark kan variere mellom områder, og gi variasjon i volum når vekten er den samme.

For de beregnede transportledetidene er det flere usikkerhetsmomenter. Blant annet sier datamaterialet ikke noe om når henteklart virke spesifikt har blitt transportert, bare når det har blitt foretatt en transport med samme kontrakt-ID og sortiment. Transportledetidene ble derfor beregnet på tre ulike måter for å vise variasjonen. Vektet transportledetid er trolig nærmest realiteten ettersom den tar høyde for volum. Totalt sett blir også alle beregnede transportledetider underestimert i forhold til total ledetid fra avvirkning til treforedlingsindustri. Dette er fordi det mangler lagringstid på skogslager, tømmerterminal (tømmerkai/togterminal) og industri, samt eventuelle transporttider fra skog til veilager, og terminal til industri (figur 1).

I steg 2 ble TorkCalc med lokal værdata benyttet for å beregne uttørking av massevirke. Tilstand og eksponering av sol og vind kan gjøre at uttørkingen i studien er overestimert for

virke som har vært lagret på mindre eksponerte steder. Likevel gir dette et godt bilde på hvordan uttørkingen er når virket ligger fullt eksponert. Usikkerhet knyttet til utgangspunktet for råvekt og tørrvekt i TorkCalc, gjorde at det ble tatt utgangspunkt i et fuktinnhold på 55%, men dette kan være for lavt. I så fall medfører dette at  $KTLT_{F150\%/F140\%}$  er for korte med tanke på utgangspunktet for fuktinnhold. For å få et mer presist resultat, og for å verifisere bruk av TorkCalc i Trøndelag, må det derfor gjøres feltforsøk for å verifisere fuktinnhold i nylig felt gran og uttørkingshastigheten fra områdene i Trøndelag. Dette kan også inkludere andre påvirkningsfaktorer som for eksempel lagringsforhold, mekaniske skader, regn og snø. Kartlegging av sammenkjørings- og lagringstid på terminal og industri er også viktig for å bestemme ferskheten til massevirket når det går inn i masseproduksjonen.

I steg 3 ble det beregnet andel  $TLT_{A/B/C} > KTLT_{F150\%/F140\%}$ . Siden beregningene bare tar hensyn til at virke har nådd ferskhetensgrensene når transportledetiden har overskredet den kritiske transportledetiden, vil også transportledetider som for eksempel er 1 dag over kritisk transportledetid gi samme resultat som ved 100 dager over. Til ettertanke kunne det derfor ha blitt skilt mellom transportledetidene som var noen få dager over kritisk transportledetid og de som var uker over, da noen dager fra eller til ikke vil gi det store negative utslaget på ferskheten.

For å visualisere sesongvariasjon ble MiniTab sin smoother-funksjon benyttet. Grad av smoothing over antall steg ble justert etter inngangsdata for å fange variasjonsmønster, men for inngangsdata med mye variasjon var dette vanskelig å tilpasse. Derfor er resultatene fra fase 2 og 3 også presentert med minste, gjennomsnittlig og maksimale verdi fra sesong og område. Ved å slå sammen de to indre områdene og de to ytre områdene, ble effekter av indre og ytre områder enklere å bedømme.

## 4.2 Transportledetider og ferskhet

Resultatene belyser sesongvariasjoner og ulikheter mellom områder for transportledetider og uttørking. Totalt henteklart volum og totalt transportert volum varierte gjennom året, og ga økt veilager når henteklart volum var større enn transportert volum og motsatt (figur 6). Det er naturlig at henteklart volum er størst på vintersesongen da hogstmaskin og lastbærer i

mange våte områder er avhengig av den gode bæreevnen i skogen når det er tele i bakken, og for å sikre nok massevirke til massebrukene gjennom året. Problemet med veilager forekommer når virket blir lagret så lenge at ferskheten forringes, og medfører ulempe for treforedlingsindustri. Dette gjenspeiler seg også i transportledetidene, hvor transportledetidene basert på henteklar dato økte med økt henteklart ukesevolum og økt veilager og motsatt (figur 6 og 7). Det er vanlig at det forekommer en redusert virkesforsyning i forbindelse med sommer- og juleferie, i tråd med industriforbruk, men også en mindre reduksjon i forbindelse med påskeferie og teleløsning kan forventes (D. Fjeld, personlig kommunikasjon, 4. mai 2020). Siden datamaterialet er fra flere år, og smoother-funksjonen også vektet gjennomsnittet med omkringliggende data, vises ikke dette klart i resultatene (figur 6). Derimot ser man at henteklart ukesevolum og veilager var lavest på sommeren. Dette kan tyde på et mål om å redusere veilageret mot fellesferien, da aktiviteten er redusert. Det kan også ha en sammenheng med de generelle ferskhetsbestemmelsene til Norsk Virkesmåling (2019) (tabell 1).

De ytre områdene hadde generelt lavere og jevnere transportledetid gjennom året (figur 7 og 8). I de ytre områdene blir ofte tømmeret kjørt til terminal og videre med fartøy, og kan derfor ha kortere transportavstand for tømmerbilene. I realiteten vil dermed den totale ledetiden i de ytre områdene bli lengre, ettersom virket vil bli lagret på en terminal i påvent av et fartøy som frakter virket helt frem til industri. Hvor lang tid virket blir liggende på terminalen vil variere alt etter frekvensen på forsendelsene per kunde.

De ytre områdene hadde en jevnere og lavere midlere relativ luftfuktighet gjennom året, mens de indre kyst-områdene hadde større variasjon (figur 10). Dette gjenspeiler seg også i temperaturen i de ulike områdene som viste at de indre områdene hadde kaldere vintre enn de ytre områdene, mens temperaturen varierer lite mellom områdene i uke 25-35. Det resulterte i at virke fra kalde sesonger potensielt tørket mindre per døgn enn fra varme sesonger (figur 11). Når temperaturen var under 0°C og den relative luftfuktigheten var høy, tørket virket i mindre grad. Økte temperaturen og luftfuktigheten sank, tørket virket i større grad (tabell 7). Berg et al. (1995) rapporterte at fuktigheten i tømmer på østkysten av midt-Sverige ikke ble redusert i stor grad fra februar til midten av mars. Dette stemmer overens med resultatene i figur 11, hvor massevirket tørket i gjennomsnitt fra 0-0,03%/døgn i uke 5,

og 0,02-0,05 i uke 10 i alle områder. Berg et al. (1995) viste også at luftfuktigheten i september var høy (>72%) med synkende temperatur, og at fuktigheten i virke økte. Resultatene i figur 10 og 11 viser at temperaturen ble redusert i september (uke 35-40), mens luftfuktigheten var høy (80-90%), men at virket likevel tørket mellom 0,05-0,10%/døgn. Begge studiene viser til dels det samme sesongmønsteret. Jeg opplever at klimaet er fuktigere nær kysten, men dette stemmer ikke overens med figur 10, hvor de indre områdene hadde høyere relativ luftfuktighet enn de ytre. Ved å ha kontroll på hvor mye virket vil tørke per døgn, kan man estimere hvor lang tid det tar før ferskheten til massevirket forringes, og eventuelt tilpasse ledetidene etter uttørkingshastigheten hvis værforholdene motiverer til dette.

Den kritiske transportledetiden var kortere i de indre områdene for både et fuktinnhold på 50% og 40% (figur 13). Det gjenspeiler temperatur og luftfuktighetsforskjellene mellom områdene (figur 10).  $KTLT_{F150\%}$  var lengst om høsten i de indre områdene med 209 dager mot 62 dager i de ytre områdene, og kortest om sommeren med 42 dager i de indre områdene og 24 dager i de ytre (figur 13). Grunnen til at  $KTLT_{F150\%}$  økte så betraktelig fra sommer til høst i indre områder, er fordi massevirket som blir hogd på høsten ikke vil tørke til et fuktinnhold på 50% før vinterkulden, og dermed ikke tørke videre før varmere perioder på våren, mens sommerhogget massevirke vil tørke til et fuktinnhold på 50% før kuldeperioden (figur 11). Dette gjelder også for  $KTLT_{F140\%}$ .

Effekten av transportledetidene på ferskheten til massevirke i henhold til et fuktinnhold på 50%, viste at størst andel leveranser fra ytre områder fikk en negativ effekt, med høyest andel på 37,9% i sommersesongen (figur 16). Spesielt ytre-sør hadde jevn og lav transportledetid, men på grunn av en gjennomsnittlig lav kritisk transportledetid for de ytre områdene på 24 dager (figur 13), vil likevel ferskheten reduseres. I henhold til et fuktinnhold på 40% fikk leveranser fra indre strøk størst negativ effekt på ferskhet, med høyest andel på 4,6% på sommersesongen (figur 16). Til tross for at  $KTLT_{F140\%}$  var lengre i de indre områdene enn i de ytre (figur 13), var det også en lengre transportledetid i de indre områdene (tabell 8).

Målene til massebrukene er å få en jevn strøm av massevirke med rett ferskhet for å redusere bruk og justering av mengde blekningskemikalier i den ferdige papirmassen, og for å få et sterkere papir (Corson, 2002). Denne studien viser at potensielt 37,9% av massevirket (figur

16) som har blitt transportert fra ytre områder om sommeren, kan være misfarget, og vil ha behov for mer blekemiddel i spesielt TMP (Duchesne & Nylinder, 1996; Nylinder et al., 1995). Er det derimot krav om et fuktinnhold på over 40%, vil størst andel av virke som har blitt transportert i sommersesongen fra indre områder være av feil ferskhet. Dette vil føre til utfordringer med barkbarheten til massevirke, da bindingsstyrken mellom ved og bark vil øke med lavere fuktighet, og vil føre til mer bark og urenheter i papirmassen i både TMP og CTMP (Duchesne & Nylinder, 1996; Nylinder et al., 1995). I og med at det er stor variasjon mellom transportledetidenes effekt på ferskhet i henhold til et fuktinnhold på 50% og 40%, anbefales det at flere fuktighetsgrenser mellom 50% og 40% inkluderes i fremtidige studier.

### 4.3 Bruk av estimert ferskhet i transportstyring

Studien viser at feil virkesferskhet ikke nødvendigvis skyldes lange transportledetider, men lengden på transportledetidene i forhold til uttørkingshastigheten til massevirke. Dette kan man se i tabell 8 som viser at indre-nord hadde gjennomsnittlig lengst transportledetid i høstsesongen, men var fremdeles godt innenfor gjennomsnittet for  $KTLT_{F150\%/F140\%}$ . Carlsson og Rönnqvist (2005) rapporterte om behov for et bedre system for å skape bedre koordinering og distribusjon fra skog til sluttkunde ved å involvere alle parter, og ved å bruke nye teknologier og planleggingsverktøy som beslutningsstøtte. Bruk av værdrevne uttørkingsmodeller i transportstyring kan bidra med å dokumentere ferskheten til virket, og dermed skape bedre forståelse, koordinering og distribusjon mellom partene. Puodziunas og Fjeld (2002) viste at sortiment med høy verdi ofte hadde strengere kvalitetskrav og dermed ble prioritert. Ved å ha bedre kontroll på ferskheten ved bruk av værdrevne uttørkingsmodeller, kan dette føre til mer presis transportstyring og eventuelt bedre pris på virke som kan dokumentere god ferskhet. Derimot viste Lindström og Fjeld (2014) at en mer presis transportstyring etter virkeskvalitet reduserer lønnsomheten for transportørene, som innebærer at transportkostnadene øker. Bruk av værdrevne uttørkingsmodeller i transportstyringen kan derfor også føre til økt press på en mer presis og effektiv transportstyring som potensielt kan gi økte transportkostnader.  $KTLT_{F150\%}$  var kortere i ytre områder i sommersesongen enn 4 ukers-fristen i de generelle tidsfristene til Norsk Virkesmåling (figur 13).  $KTLT_{F150\%}$  var også lengre enn tidsfristen for de andre sesongene og for alle sesonger i de indre områdene. Norsk Virkesmåling vil kunne dra fordel av en mer

dokumentert ferskhet i massevirkevirke, ettersom det vil være et godt hjelpemiddel for en nøytral ferskhetsbedømmelse, spesielt ved fotowebmåling.

## 5 Konklusjon

Studien viser at kritisk transportledetid i henhold til en grense for fuktinnhold på 50% er 130 dager i indre områder mot 91 dager i ytre områder i vintersesongen, 58 mot 40 dager i vårsesongen, 42 mot 24 dager i sommersesongen og 209 mot 62 dager i høstsesongen. For en fuktinnholdsgrense på 40% er kritisk transportledetid 215 dager i indre områder mot 156 dager i ytre områder i vintersesongen, 142 mot 88 dager i vårsesongen, 164 mot 75 dager i sommersesongen og 280 mot 199 dager i høstsesongen. Effekten av transportledetidene på ferskheten til massevirke i henhold til et fuktinnhold på 50%, viste at det var en negativ effekt på 7,2% av massevirke fra indre områder mot 20% fra ytre områder i vintersesongen, 12,8% mot 15,5% i vårsesongen, 32,1% mot 37,9% i sommersesongen og 11,7% mot 15% i høstsesongen. I henhold til et krav om 40% fuktinnhold var det en negativ effekt på 3,3% i de indre områdene mot 1,3% i de ytre områdene i vintersesongen, 1,9% mot 0,2% i vårsesongen, 4,6% mot 1,7% i sommersesongen og 2% mot 0,3% i høstsesongen.

Selv om transportledetidene i de ytre kystområdene var kortere enn i de indre områder, nådde større andel massevirkeleveranser fra ytre områder et fuktinnhold på 50%. Dette viser at bruk av TorkCalc potensielt kan gjøre det lettere å prioritere og ferskhetsbedømme massevirkeleveranser fra ulike områder når ferskhet er et krav, men det forutsetter verifisering mot norske forhold.

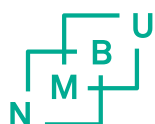


## 6 Referanser

- Berg, M., Bjurulf, A., Duchesne, I., Hedenberg, Ö. & Löfgren, M. (1995). *Resultat 5. Vad är färskhet?* Skogforsk.
- Bjurulf, A. (1993). Färskhetsbegreppet för massaved - En enkätundersökning. *Skogforsk*.
- Bjurulf, A. (1993b). Färskhetsbegreppet för massaved. *Skogforsk*.
- Britt, K. W. (1970). *Handbook of pulp and paper technology*. 2nd ed., rev. and enl. utg. New York: Van Nostrand Reinhold Co.
- Carlsson, D. & Rönnqvist, M. (2005). Supply chain management in forestry—case studies at Södra Cell AB. *European Journal of Operational Research*, 163 (3): 589-616.
- Corson, S. (2002). Process impacts on mechanical pulp fibre and sheet dimensions. *Pulp & Paper Canada*, 103 (2): 20-27.
- Duchesne, I. & Nylinder, M. (1996). Measurement of the bark/wood shear strength: practical methods to evaluate debarking resistance of Norway spruce and Scots pine pulpwood. *Forest Products Journal*, 46 (11/12): 57.
- Eaton, R. A. & Hale, M. D. C. (1993). Staining fungi and moulds. *Wood: decay, pests and protection*. Chapman & Hall, London, UK: 130-145.
- Fjeld, D. & Dahlin, B. (2017). Nordic logistics handbook - Forest operations in wood supply. *Sveriges Lantbruksuniversitet, Helsinki University*.
- Hartler, N. (1977). *Influence of chip moisture in mechanical pulping*. International Mechanical Pulping Conference; Proceedings.
- Hofmann, N., Mendel, T., Schulmeyer, F., Kuptz, D., Borchert, H. & Hartmann, H. (2018). Drying effects and dry matter losses during seasonal storage of spruce wood chips under practical conditions. *Biomass and Bioenergy*, 111: 196-205.
- Holte, H. S. (2013). *Effekter i den trebaserte verdikjeden som følge av innføringen av fotowebmåling, en ny målemetode for rundtømmer*. Masteroppgave: Norges miljø- og biovitenskapelige Universitet.
- Landbruks- og matdepartementet. (2016). *Verdier i vekst. Konkurransedyktig skog- og trenæring* St. Meld. 6.
- Liese, W. & Peek, R. (1984). Experiences with wet storage of conifer logs. *Tidsskrift-Dansk skovforening*.
- Lindström, J. & Fjeld, D. (2014). A process perspective on the timber transport vehicle routing problem. *Journal of Green Engineering*, 4: 291-306.
- Liukko, K. & Elowsson, T. (1999). The effect of bark condition, delivery time and climate-adapted wet storage on the moisture content of *Picea abies* (L.) Karst. pulpwood. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 14 (2): 156-163.
- Minitab. (2019). *Minitab*. Tilgjengelig fra: <https://www.minitab.com/en-us/products/minitab/> (lest 19.05.2020).
- MM-Karton. (u.å.). *FollaCell*. Tilgjengelig fra: <https://www.mm-karton.com/en/company/mills/follacell/> (lest 06.10.2019).
- Norsk Virkesmåling. (2012). *Definisjoner*.

- Norsk Virkesmåling. (2015). Målereglement for skogsvirke - generelle bestemmelser.
- Norsk Virkesmåling. (2017a). FMB-måling.
- Norsk Virkesmåling. (2017b). Fotoweb.
- Norsk Virkesmåling. (2019). *Ferskhetskrav ved tømmerleveranser*.
- Norsk Virkesmåling. (u.å.). *Norsk Virkesmåling*. Tilgjengelig fra: <http://www.m3n.no/tjenester/> (lest 13.05.2020).
- Norske Skog Skogn. (u.å.). *TM-anleggene*.
- Nylinder, M., Duchesne, I. & Yngvesson, M. (1995). Measurement of the binding strength between bark and wood-methods to evaluate debarking resistance of pulpwood. *Rapport-Sveriges Lantbruksuniversitet*.
- Puodziunas & Fjeld. (2002). Evaluation of supply chain strategies in Lithuanian Forest Enterprises: a case study. *Baltic Forestry* 8(2): 64-70.
- Röser, D., Mola-Yudego, B., Sikanen, L., Prinz, R., Gritten, D., Emer, B., Väätäinen, K. & Erkkilä, A. (2011). Natural drying treatments during seasonal storage of wood for bioenergy in different European locations. *biomass and bioenergy*, 35 (10): 4238-4247.
- Sjostrom, E. (1993). *Wood chemistry: fundamentals and applications*: Gulf professional publishing.
- Statens Vegvesen. (2020). *Transport av tømmer*. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/kjoretoy/yrkestransport/veglister-og-dispensasjoner/tommer> (lest 12.05.2020).
- Statistisk sentralbyrå. (2018a). *03908: Avvirkning av industrivirke for salg (m<sup>3</sup>), etter region, treslag, kjøpergruppe, statistikkvariabel og år*.
- Statistisk sentralbyrå. (2018b). *07366: Produktivt skogareal (dekar), etter region, statistikkvariabel og år*.
- Statistisk sentralbyrå. (2019). *Kvantum rundvirke avvirket for salg: 31.12*.
- Tamminen, Z. (1964). Moisture content, density and other properties of wood and bark. II Norway spruce (Nr. R 47). *Royal College of Forestry, Stockholm*.
- Tsoumis, G. (1991). *Science and technology of wood: structure, properties, utilization*, b. 115: Van Nostrand Reinhold New York.
- Vadla, K. & Wilhelmsen, G. (1982). *Virkesbehandling*. [2. utg.]. utg. Oslo: Landbruksforl.
- Wilhelmsson, L. & Moberg, L. (2004). Arbetsrapport från skogorsk nr 569: Viktsutredning - Råvolumvikter. *Skogforsk*.
- Wilhelmsson, L., Persson, E. & Persson, T. (2005). Resultat nr. 11 Prognoser för virkets uttorkning efter avverkning. *Skogforsk*.
- Zilo, T. (2013). Reducering av transportledtid för lövtimmer och brännved genom samtransport med andra sortiment. *Masteroppgave, SLU*.





**Norges miljø- og biovitenskapelige universitet**  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway