



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2021 30 stp**

Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning, MINA

## **Transportledetider – en kartlegging av variasjon og årsaker**

Transport lead times – a survey of variation and  
causes

**Johan Stener Maagaard**

Skogfag



## Forord

Da var tiden over som skogfagstudent ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet over. Denne oppgaven er skrevet i samarbeid med Glommen Mjøsen Skog SA og Transportfelleskapet Østlandet, og er en kartleggingsstudie av transportledetider i deres felles arbeidsområde.

Jeg vil rette en stor takk til seniorforsker Dag Fjeld som har loset meg igjennom denne masteroppgaven. Jeg er evig takknemlig for diskusjon, læring og faglig innspill. Jeg vil også takke Ove Bergfjord (TFØ), Asmund Stensrud (TFØ) og Håkon Bakken (GM) for muligheten til å skrive denne masteroppgaven.

Studietiden i Ås har vært så mye mer enn bare studier og tusen takk til alle som har gjort de siste 5 årene minneverdige!

Tusen takk til familien min som har støttet meg igjennom hele skriveprosessen, og takk til min kjære Ane som har motivert og støttet meg.

Takk til Ulrik, Erik, Olaf og Anne Marte for teknisk hjelp og støtte når ting ikke funker.

Avslutningsvis er det et sitat som står igjen etter arbeidet med denne oppgaven:

«Wood supply is not complicated, but it can be complex».

*Norges miljø- og biovitenskapelige universitet*

*Ås, 01.06.21*

*Johan Stener Maagaard*

## Sammendrag

For at sagbruk og industri skal ha tilgang til virke er de avhengige av at skognæringen har et jevnt avvirkningskvantum gjennom året, i tillegg til at man ønsker en jevn flyt av tømmer til nasjonal og internasjonal industri. Variasjoner knyttet til sesong, vær, avvirkningsmønster og region påvirker transportledetidene. Lange ledetider kan være med å variere tilgangen til tømmer for industri og sagbruk, samt påvirke kvaliteten på tømmeret.

Studien omfatter kartlegging av variasjoner i transportledetider, analyse av faktorer som driver lange ledetider og verifisering av hovedårsaker til lange ledetider og tiltak fra transportledere. Studien er gjennomført på vegne av Glommen Mjøsen Skog SA og Transportfelleskapet Østlandet i deres felles arbeidsområde. I studien analyseres transportledetidene med avviksmeldinger som er innrapportert av transportører fra og med januar 2018 til og med januar 2021. I tillegg ble ledetidene analysert i GIS sammen med kart over løsmasser og vegklasser for å se påvirkningen disse faktorene hadde på ledetiden. Studien ble delt inn i tre steg; 1) Kartlegge variasjoner i transportledetid basert på transportklarmeldinger og fraktbrev, 2) Analysere effekter av faktorer, og 3) Verifisering av hovedårsaker til lange ledetider og tiltak.

Resultatene viser at ledetiden for massevirke er lengre enn for sagtømmer. Massevirke med velteplasser i områder med jordarter som har dårlig permeabilitet (silt og leire) hadde en lengre ledetid enn velteplasser med jordarter med god permeabilitet (sand og grus) i Sør-Øst og Sør-Vest. For massevirke lagt ved offentlig veg på sommeren i Nord-vest, Nord-øst, Sør-vest og Sør-øst var gjennomsnittlig ledetid kortere sammenlignet med massevirke lagt ved skogsbilveg.

Studien viser at det er viktig med en god koordinering i planer mellom de ulike leddene i virkesforsyningen for å sikre korte transportledetider og tilstrekkelig kapasitet til å motta tømmer på terminaler/industri.

## Abstract

To ensure access to timber for the sawmills and industry, they are dependent on the forest industry having a steady felling quantity throughout the year. A steady flow of timber to the national and international industry is also desirable. Variations related to season, weather, felling pattern, and region affect transport lead times. Long lead times can vary the supply of timber for the industry and affect the quality of the timber.

The study includes mapping variations in transport lead times, analysis of factors that drive long lead times, and verification of the main causes of long lead times and measures from transport managers. The study was conducted on behalf of Glommen Mjøsen Skog SA and Transportfelleskapet Østlandet in their common work area in Innlandet county. The study analyzes the transport lead times with deviation reports reported by transporters from and including January 2018 to and including January 2021. In addition, the lead times were analyzed in GIS together with maps of loose materials and road classes to see the impact these factors had on the lead time. The study got divided into three steps; 1) Map variations in transport lead time based on transport ready reports and consignment notes, 2) Analyze effects of factors, and 3) Verify the main reasons for long lead times and identify measures.

The results show that the lead time for pulpwood is longer than for sawn timber. Mass timber with tipping sites in areas with soils with poor permeability (silt and clay) had a longer lead time than tipping sites with soils with good permeability (sand and gravel) in the South-East and South-West regions. For pulpwood laid by public roads in the summer in North-West, North-East, South-West, and South-East, the average lead time was shorter when compared to pulpwood laid by forest roads.

The study shows that it is essential to have good coordination in plans between the various links in the timber supply to ensure short transport lead times and sufficient capacity to receive timber at terminals/industry.



## Innholdsfortegnelse

Forord .....	I
Sammendrag .....	II
Abstract .....	III
Innholdsfortegnelse .....	V
Tabelliste .....	VII
Figurliste.....	VIII
1. Introduksjon .....	1
1.1 Bakgrunn .....	1
1.1.1 Ledetidsproblematikk og transportutfordringer .....	1
1.1.2 Virkesstrøm og sesongvariasjon.....	3
1.1.3 Ledetid og leveransepresisjon for virkestyring .....	4
1.1.4 Veg og geologiske utfordringer.....	4
1.1.5 Transportledetid og avstand .....	5
1.2 Problemstilling og forskningsspørsmål .....	6
1.3 Oppsett og struktur .....	7
2. Material og metode.....	8
2.1 Inndeling av studien.....	8
2.2 Studieområdet .....	8
2.3 Programmer brukt i analysen.....	9
2.4 Steg 1: Kartlegging av variasjon i transportledetider .....	10
2.5 Steg 2: Analyse av faktorene som driver lange ledetider .....	12
2.6 Steg 3: Verifisering av hovedårsaker til lange ledetider og tiltak .....	15
2.7 Fremstilling av resultater .....	15
3. Resultat.....	4
3.1 Steg 1: Kartlegging av variasjon i transportledetider .....	4
3.2 Steg 2: Analyse av faktorene som driver lange ledetider .....	9
3.2.1 Avvik.....	9
3.2.2 Løsmasser ved velteplass .....	13
3.2.3 Type veg velteplassene ble lagt ved.....	15
3.2.4 Avstand til mottak .....	19
3.3 Steg 3: Verifisering av hovedårsaker til lange ledetider og tiltak .....	20
3.3.1 Overholdelse av sesongkrav .....	20
3.3.2 Drivere for lange ledetider .....	21
3.3.3 Tiltak for å redusere lange ledetider.....	22
4. Diskusjon.....	24
	V

4.1	Resultat .....	24
4.1.1	Steg 1: Kartlegging av variasjon i transportledetider .....	24
4.1.2	Steg 2: Analyse av faktorene som driver lange ledetider .....	25
4.1.3	Steg 3: Verifisering av hovedårsaker til lange ledetider og tiltak .....	26
4.2	Metode .....	27
4.2.1	Steg 1: Kartlegging av variasjon i transportledetider .....	27
4.2.2	Steg 2: Analyse av faktorene som driver lange ledetider .....	28
4.2.3	Steg 3: Verifisering av hovedårsaker til lange ledetider og tiltak .....	29
5.	Konklusjon .....	30
	Referanser .....	31
	Vedlegg .....	34
	A.1 Spørreundersøkelse til transportledere .....	34



## Tabelliste

Tabell 1. Sesongkrav for transportledetid etter hvilken periode virket er meldt transportklart .	3
Tabell 2. Inndeling av tidsperioder som er brukt for å fremstille figur 5 og 6 om kumulativ andel sagtømmer og massevirke som er levert innenfor gitte frister etter de generelle kontrakts- og leveringsbestemmelsene til TFØ.....	10
Tabell 3. Oversikt over hvilke treslag og sortimenter i de ulike sortimentgruppene .....	11
Tabell 4. Oversikt over de ulike avviks-ID-ene og deres tilhørende forklaring i klartekst.....	12
Tabell 5. Oversikt over infiltrasjonsklassene med forklaring (NGU, 2015, s.25) og aggregering av disse til løsmassekategorier. ....	13
Tabell 6. Oversikt over hvilke veger som er aggregert til vegkategoriene. ....	14
Tabell 7. Inndeling av hvilke uker som definerer sesongene vinter, vår, sommer og høst.....	14
Tabell 8. Forklaring på boxplots som er benyttet i resultatet.....	16
Tabell 9. Sesongvariasjoner for gjennomsnittlig TLTV for massevirke for hver region med den prosentvise endringen mellom løsmassekategori 1 og løsmassekategori 2.. Høyeste prosentvise endring for hver kategori er uthevet. Tallene er basert på årene 2018-2021 .....	15
Tabell 10. Sesongvariasjoner for gjennomsnittlig TLTV for massevirke for hver region med den prosentvise endringen mellom velteplasser ved offentlig veg og skogsbilveg. Høyeste prosentvise endring for hver kategori er uthevet. Tallene er basert på årene 2018-2021 .....	18
Tabell 11. Oversikt over svarene fra transportlederne om hvordan de mente de greide å holde seg innenfor ledetidkravene på sommer- og vintersesongen. (Helt enig = 1/Helt uenig = 5)..	20
Tabell 12. Oversikt over respondentene sine svar på hva de fire viktigste faktorene som driver lange ledetider rangert fra mest til minst viktig. ....	22

## Figurliste

Figur 1. Sesongvariasjon i henteklart og transportert massevirke .....	2
Figur 2. Sesongvariasjon i henteklart og transportert sagtømmer.....	2
Figur 3. Oversikt over de ulike stegene for metoden .....	8
Figur 4. Inndeling av studieområdet i Nord-Øst, Sør-Øst, Nord-Vest og Sør-Vest.....	9
Figur 5 Kumulativ andel massevirke som var levert innenfor gjeldene tidsfrister etter TFØ generelle kontrakts- og leveringsbestemmelser. ....	4
Figur 6. Kumulativ andel sagtømmer som var levert innenfor gjeldene tidsfrister etter TFØ generelle kontrakts- og leveringsbestemmelser. ....	5
Figur 7. Gjennomsnittlig sesongvariasjon i ukentlig volum sagtømmer som er meldt transportklart og transportert for hele studieområdet. Tallene er basert på årene 2018-2021....	6
Figur 8. Gjennomsnittlig sesongvariasjon i ukentlig volum massevirke som er meldt transportklart og transportert for hele studieområdet. Tallene er basert på årene 2018-2021....	6
Figur 9. Sesongvariasjon for transportledetiden for første transportklardato til første transporterte dato ( $TLT_{Start}$ ), siste transportklardato til siste transporterte dato ( $TLT_{Slutt}$ ) og volumvektet transportledetid ( $TLT_V$ ) for massevirke for de ulike regionene etter transportert uke. Tallene er basert på årene 2018-2021.....	7
Figur 10. Sesongvariasjon for transportledetiden ( $TLT_{Start}$ , $TLT_{Slutt}$ , $TLT_V$ ) for sagtømmer for de ulike regionene etter transportert uke. Tallene er basert på årene 2018-2021.....	8
Figur 11. Oversikt over antall avvik innmeldt av avvik-ID 1 og avvik-ID 2 for de ulike regionene. Tallene er basert på perioden 2018-2021. ....	9
Figur 12. Sesongvariasjon for transportledetiden ( $TLT_{Start}$ , $TLT_{Slutt}$ , $TLT_V$ ) samlet for sagtømmer og massevirke for de ulike regionene etter transportert uke for avviksklasse 1 (venstre) og uten avvik (høyre). Tallene er basert på årene 2018-2021.....	10
Figur 13. Sesongvariasjon for transportledetiden for ( $TLT_{Start}$ , $TLT_{Slutt}$ , $TLT_V$ ) sagtømmer og massevirke for de ulike regionene etter transportert uke for avviks-ID 2 (venstre) og uten avvik (høyre). Tallene er basert på årene 2018-2021.....	11
Figur 14. Variasjon i transportledetider for virke (sagtømmer og massevirke) uten avvik, med avvik-ID 1 (årsak) og avvik-ID 2 (Vegforhold). Tallene er basert på årene 2018-2021 .....	12
Figur 15. Oversiktskart over velteplasser inndelt etter hvilke typer løsmasser som befinner seg i regionen. Oversikten er basert på data fra årene 2018-2021.....	13

Figur 16. Sesongvariasjon for transportledetiden for ( $TLT_{Start}$ , $TLT_{Slutt}$ , $TLT_V$ ) massevirke for de ulike regionene etter transportert uke for løsmassekategori 1 (venstre) og løsmassekategori 2 (høyre). Tallene er basert på årene 2018-2021. (Antall steg: 2, grad av smoothing: 0,5).....	14
Figur 17. Oversikt over gjennomsnittlig prosentandel virke (sagtømmer og massevirke) som ble lagt ved skogsbilveg, fylkesveg, kommunal veg og riksveg i de ulike regionene inndelt etter sesong på året. Tallene er basert på årene 2018-2021.....	16
Figur 18. Sesongvariasjon for transportledetiden for ( $TLT_{Start}$ , $TLT_{Slutt}$ , $TLT_V$ ) massevirke for de ulike regionen for velteplasser som er tilknyttet offentlig veg (venstre) og skogsbilveger (høyre). Tallene er basert på årene 2018-2021. (Antall steg: 2, grad av smoothing: 0,5).....	17
Figur 19 Sesongvariasjon for gjennomsnittlig $TLT_V$ mot avstand til fire ulike massevirkemottak i Sør-Vest. Basert på årene 2018-2021. ....	19

# 1. Introduksjon

*I dette kapittelet vil bakgrunnen og de overordnede rammene for studien settes.*

*Ledetidsproblematikk og transportutfordringer blir introdusert med grunnlag i tidligere studier og teori, før problemstilling og forskningsspørsmål presenteres.*

## 1.1 Bakgrunn

Oppdragsgiver for studien er Glommen Mjøsen Skog og Transportfellesskapet Østlandet (TFØ). Glommen Mjøsen skog er et av de største skogeierandelslagene i Norge og avvirker årlig rundt 3 500 000 m<sup>3</sup> (Glommen Mjøsen, 2019). TFØ er et logistikselskap som transporterer tømmer i innlandet for Glommen Mjøsen Skog. TFØ er eid av Glommen Mjøsen Skog SA som har 50% av aksjene, Moelven Virke AS som har 25% av aksjene og Norske Skog Saugbrugs som har 25% av aksjene.

Oppdraget fra oppdragsgiver er å gjennomføre en kartleggingsstudie ved å kvantifisere variasjoner i transportledetider mellom virket er meldt transportklart og frem til det er transportert i deres felles arbeidsområde i Innlandet. Arbeidsområdet og kommunene som er en del av denne studien blir presentert i delkapittel 2.1.

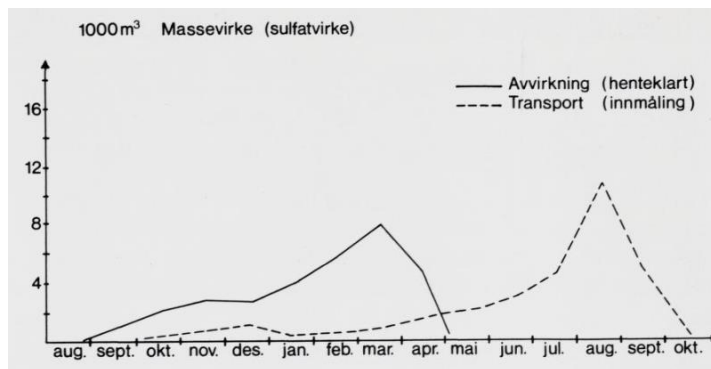
### 1.1.1 Ledetidsproblematikk og transportutfordringer

Den totale skogavvirkningen for salg i Norge i 2019 ble målt til å være 11 017 000 m<sup>3</sup> (SSB, 2019). Avvirkningsstatistikken viser at Norge har en jevn økning i avvirkning av tømmer årlig siden 2012 (SSB, 2021a), men eksporten av tømmer har økt mye i samme periode fra omkring 1 000 000 m<sup>3</sup> i 2012 til 3 500 000 m<sup>3</sup> i 2020 (SSB, 2021b).

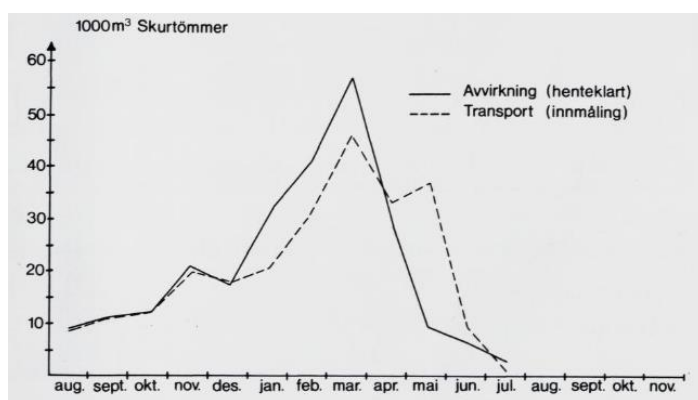
Den økende avvirkningen og eksporten av tømmer fordrer blant annet effektiv transport, der transportledetiden er sentral. Innenfor logistikken er definisjonen på en ledetid tiden fra en bestilling er plassert og til den er mottatt (Chopra, 2019, S. 329). I denne studien defineres ledetiden (transportledetiden) som tiden fra virket er meldt transportklart ved veg og frem til det er levert på enten tømmerterminal eller til industri.

Lange transportledetider for sagtømmer og massevirke oppstår ved varierende avvirkningstakt gjennom sesongen og ved at sagtømmeret blir prioritert i perioden med teleløsning, noe som

går på bekostning av massevirket (figur 1 og figur 2). En casestudie av Puodziunas og Fjeld (2002) viste at virke med høy økonomisk verdi vil prioriteres og dermed ha en kortere ledetid.



Figur 1. Sesongvariasjon i henteclart og transportert massevirke (Vadla & Wilhelmsen. 1982, s. 15)



Figur 2. Sesongvariasjon i henteclart og transportert sagtømmer (Vadla & Wilhelmsen. 1982, s. 16)

Kostnadene tilknyttet transport i skognæringen er høye sammenlignet med andre næringer. En rapport av Hovi et al. (2008, s.1) viser at logistikkostnadene for skogsektoren i 2001 var på rundt 15% av den totale omsetningen, og 11% var transportkostnader. For de andre næringene som ble undersøkt var transportkostnadene på 5,6% av total omsetning (Hovi et al, 2008, s.1).

I melding til stortinget (Landbruks- og matdepartementet, 2017, s.52) ble det lagt frem at «Transport av tømmer fra velteplass i skogen til industritomt utgjør for massevirke 30-50 prosent og for sagtømmer 12-15 prosent av råvarekostnaden til industrien». Lastebiler har en høyere transportkostnad fordi kostnaden beregnes ut fra tonn tømmer transportert per km (tonn/km). Tog og båt har større kapasitet til å transportere store volum, og har dermed en lavere transportkostnad målt i tonn/km. Lastebiler blir derfor ikke brukt når det skal transporteres tømmer over lengre distanser. Lindström og Fjeld (2014) viste at økt transportstyring ga økte kostnader. Når servicenivået økte hos leverandøren ga dette økte kostnader fordi transportørene fikk planlagt mindre effektivt.

For å få en effektiv transport av virke er det viktig at man maksimerer transportkapasiteten til tømmerbilene, men det er som regel bruksklassen (BK) som setter begrensning muligheten av å kjøre fullastet transport. BK på vegen sier hvor mange tonn last man har lov til å ha totalastet og hvor mange tonn trykk man kan ha per aksling. På våren er det vanlig at BK senkes fordi akseltrykket må minimeres når telen går. Vegvesenet legger ut en vegliste på nett som er en midlertidig forskrift som bestemmer BK for fylkesveger og kommunale veger for henholdsvis sommer og vinter. I teleløsningen er det kommunen selv som setter restriksjoner for når det kommunale vegnettet senker akseltrykket. I Norge er den høyeste tillatte vekten for tømmertransport 60 tonn (Statens Vegvesen, 2021).

### 1.1.2 Virkesstrøm og sesongvariasjon

Industrien skal i tillegg ha en jevn virkesstrøm gjennom året. Dette gjelder både for sagtømmer og massevirke. Variasjon i vær skaper utfordringer for avvirkningsprosessen. Våren og høsten er de tidspunktene det forekommer størst utfordringer knyttet til vær og temperatur. Plussgrader og snøsmelting på våren skaper dårligere drifts- og transportforhold. På høsten når temperaturen synker og høstregnet kommer tar det lengre tid før bakken tørker opp, noe som igjen skaper dårlige drifts- og transportforhold. TFØ opererer med ulike sesongkrav for virke som er hugget på henholdsvis sommer og vinter. Sesongkravene for når virket skal være transportert er gitt i tabell 1.

Tabell 1. Sesongkrav for transportledetid etter hvilken periode virket er meldt transportklart

<b>Sesong</b>	<b>Tidsperiode</b>	<b>Sesongkrav</b>
<b>Vinter</b>	1.oktober til 31.mars	4 uker etter mottatt transportklarmelding
<b>Sommer</b>	1.april til 30.september	2 uker etter mottatt transportklarmelding

### 1.1.3 Ledetid og leveransepresisjon for virkestyring

I forsyningskjedeteori innen skogfaget blir det presentert ulike strategier fra konsumerperspektivet. De ulike strategiene man velger mellom er effektiv og fleksibel strategi (Fjeld og Dahlin, 2017). Det å ha en kort transportledetid vil være med å bygge opp om den fleksible strategien og det å fokusere på leveransepresisjon vil være en effektiv strategi. Dette vises i Skoog (2000), der det konkluderes med at man kan bruke ledetid og leveransepresisjon som nøkkeltall til virkestyring for Holmen skog. Ved økt leveransepresisjon vil det kreve at man har større lager. Dette vil være på bekostning av at man binder opp mer kapital og øker risikoen for forringelse av virke hvis det blir liggende for lenge på veglager.

Store veglager kan også øke risikoen for forringelse av virke og kan medføre økt ledetid. Forringelsen kan være i form av uttørking og fare for insektangrep på sommeren. En studie av Carlsson & Rönneqvist (2005) som beskriver utfordringer med forsyningskjeden hos Södra i Sverige viser at veglageret varierer igjennom året. Variasjonene forklares ikke av variasjon i etterspørsel, men på grunn av avvirkningsmønsteret. Dette er fordi det tradisjonelt drives kombinert landbruk og skogbruk som gjør at tiden sent på våren, sommeren og tidlig på høsten blir brukt på landbruket. Avvirkningen i skogen skjer dermed på vinteren og tidlig på våren, noe som bygger opp store lagre i skogen.

### 1.1.4 Veg og geologiske utfordringer

Tilstanden på vegene kan påvirke ledetidene. En rapport skrevet på vegne av Mjøsen skog og fylkesmannen i Oppland fra 2014 konkluderer med at halvparten av de registrerte vegene «ikke er kjørbare og trenger grøvre opprustning» (Gjerstadberget og Sannes, 2014, s. 11). Dette legger begrensninger på tømmertransporten, spesielt i perioder med lave temperaturer og nedbør som gjør bæreevnen til vegen dårligere. En tilsvarende rapport ble skrevet for daværende Hedmark fylke. Denne rapporten konkluderte med at 19% av skogsbilvegene måtte bygges om, men at omkring 36% (4154 km) av vegnettet hadde god standard (Holaker og Uthushagen, 2015, s.20). På Opplandsiden var skogsbilvegnettet totalt i 2013 litt over 6500 km. Utfordringer med vegnett er også omtalt i den samme rapporten skrevet for Mjøsen Skog (Sannes, 2015, s.65) der TFØ har en «økende antall avvik på transportoppdragene som følge av for dårlig bæreevne på skogsbilveier» for områdene Gjøvik og Toten.

I Norge er det et tykt sammenhengende lag med morenejord, som utgjør 20-30% av landarealet (Almås, 2019). Videre viser Almås (2019) at leirinnholdet i morenejord er lavt og utgjør som regel mindre enn 10%. For morenejorden rundt region Sør-Vest (Toten) tilhører dette oslofeltet (Stabbetorp, 2009 s. 6) som ble dannet under kambriumsilurtiden. Morenejord fra kambriumsilurområdene har noe høyere leirinnhold enn morenejord andre steder (Jørgensen, 1977). Variasjonen i stedegne løsmasser og hvor virket blir lagt kan ha ulike utslag på transportledetiden fordi virket blir utilgjengelig i perioder. Skogsbilveger av dårlig kvalitet og stengte offentlige veger på våren kan gi utfordringer når tømmeret skal transporteres

#### 1.1.5 Transportledetid og avstand

Tidligere studier viser at det er en korrelasjon mellom transportledetid og avstand, samt mellom transportledetid og volum på velteplass (Zilo, 2013). Skoog (2000) konkluderer med at det å styre råvareflyten etter en kortere transportledetider vil gi ferskere virke i tillegg til at velteplasser ikke vil bli glemt. Ifølge studien vil ledetiden dermed kunne brukes som et hjelpemiddel i styringen av råvarekjeden. En masteroppgave skrevet av Tofte (2020) viser at feil virkesferskhet ikke bare skyldes lang transportledetid alene, men hvor lang transportledetiden er i forhold til uttørkingshastigheten.



## 1.2 Problemstilling og forskningsspørsmål

For at sagbruk og industri skal ha tilgang til virke er de avhengige av at skognæringen har et jevnt avvirkningskvantum gjennom året, i tillegg til at man ønsker en jevn flyt av tømmer til nasjonal og internasjonal industri. Varierende vær, klima og avstand gjør at logistikken i skognæringen er viktig for å hele tiden holde en jevn flyt av tømmer til industrien slik at det leverte virke holder seg innenfor kvalitetskrav fastsatt av Norsk Virkesmåling. Lange ledetider kan være med å variere tilgangen til tømmer for industri og sagbruk, samt påvirke kvaliteten på tømmeret.

På bakgrunn av problematikk knyttet til lange transportledetider er det viktig å finne ut av årsakssammenhenger og analysere de ulike faktorene sin påvirkning, slik at TFØ får levert ferskt virke i henhold til sine kontrakts- og leveringsbestemmelser. I en næring der transportkostnadene og kravene til kvalitet er høye, vil større kunnskap om variasjoner i ledetidene og faktorene som driver disse også være nyttig for å kunne effektivisere og gjøre tiltak.

Hensikten med denne studien var derfor å kartlegge variasjoner i transportledetider og bakenforliggende årsaker ved å analysere hvilken påvirkning avviksmeldinger, løsmasser på velteplass og hvilke veger velteplassen lå ved hadde på ledetidene for Transportfelleskapet Østlandet (TFØ) og Glommen Mjøsen Skog SA.

Målet med studien var å gi større innsikt i variasjonene i ledetider og de bakenforliggende årsakene for TFØ og Glommen Mjøsen Skog, i tillegg til å identifisere tiltak for å rette inn de viktigste faktorene.

Med grunnlag i problemstilling, hensikt og målet med studien var forskningsspørsmålene de følgende:

1. Hvordan varierer transportledetidene for hovedsortimentene?
2. Hva er de viktigste faktorene som driver lange ledetider?
3. Kan hovedårsakene til de ekstra lange ledetidene verifiseres av transportlederne og hvilke tiltak forslår de for å rette inn de viktigste faktorene?

### 1.3 Oppsett og struktur

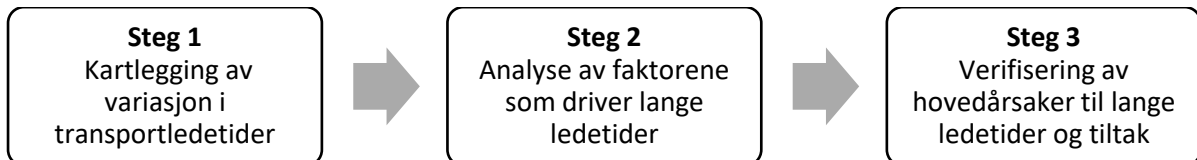
Kapittel 1 gir de overordnede rammene for studien ved å presentere oppdraget, bakgrunn, problemstilling, mål, hensikt og forskningsspørsmålene. Kapittel 2 er en gjennomgang av stegene i studien, material og metode. I kapittel 3 blir resultatene fra studien presentert, før metode og resultatene blir diskutert i kapittel 4. Konklusjonene for studien blir presentert i kapittel 5.

## 2. Material og metode

*Dette kapittelet gir en oversikt over stegene i studien, material og metodene som ble brukt.*

### 2.1 Inndeling av studien

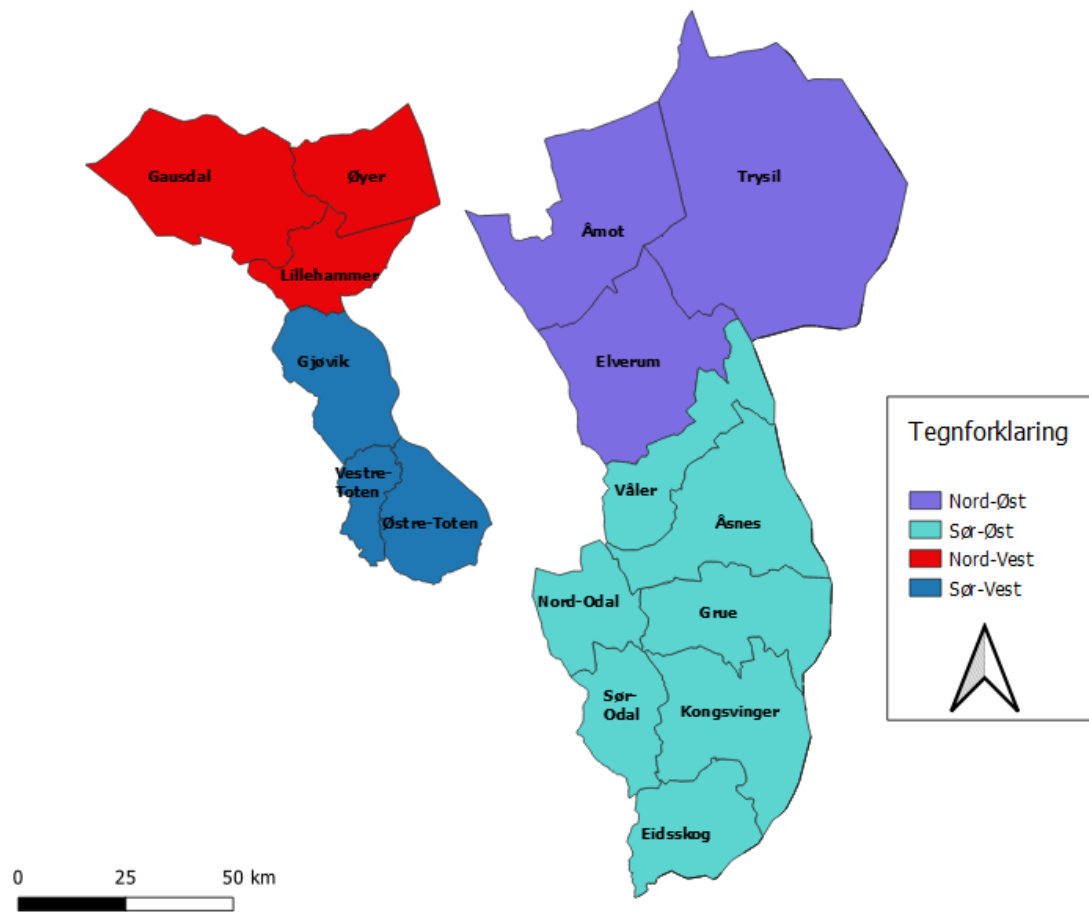
Studien ble delt inn tre steg for å besvare forskningsspørsmålene (figur 3).



*Figur 3. Oversikt over de ulike stegene for metoden*

### 2.2 Studieområdet

Glommen Mjøsen Skog og TFØ sitt felles arbeidsområde er Innlandet og det ble i denne studien sett på to forskjellige geografiske studieområder. Det vestlige områdene er kommunene Øyer, Gausdal, Lillehammer, Gjøvik, Østre Toten og Vestre Toten. De østlige kommunene omfatter Åmot, Trysil, Elverum, Våler, Åsnes, Nord-Odal, Sør-Odal, Grue, Kongsvinger og Eidsskog. Disse kommunene ble inndelt i fire ulike regioner basert på deres beliggenhet og geologi. Inndeling av regionene kan man se i figur 4. Inndelingen tilsvarer den som ble brukt i Tofte (2020), og brukes for å anonymisere kommunene og i tillegg få et godt og tydelig datasett for å kunne studere trendene i studieområdet.



Figur 4. Inndeling av studieområdet i regionene Nord-Øst, Sør-Øst, Nord-Vest og Sør-Vest

### 2.3 Programmer brukt i analysen

Utarbeiding av dataen som ble brukt i steg 1 ble behandlet ved bruk av dataprogrammet Microsoft Excel versjon 2104.

For fremstilling av velteplasser og kartanalyser ble QGIS 3.18.1 brukt. QGIS er et open source kartprogram (Quantum GIS, 2021). QGIS kan behandle både vektor- og rasterdata. I denne oppgaven ble QGIS brukt til å behandle vektordata. Datumet som er brukt i denne oppgaven er WGS84/UTM Zone 33N. Dette for å finne ut hvor koordinatene til velteplassene ligger og hvor virket har blitt levert innenfor de ulike regionene. For sammenkoblingen av vektordataen ble NN join (Nearest neighbour join) benyttet. NN join er en plugin til QGIS som kan kombinere ulike vektorlag og produserer et nytt kartlag med den kombinerte dataen (Quantum GIS, u.å).

For analysene og fremstillingen av data ble MiniTab 19.2020.1 benyttet (MiniTab, 2021).

## 2.4 Steg 1: Kartlegging av variasjon i transportledetider

For å finne variasjonen i andel massevirke og sagtømmer som blir transportert innenfor de ulike sesongkravene som er gitt i tabell 1 ble det delt inn i tre forskjellige tidsperioder (tabell 2). Selv om kravene er de samme mellom 1. april og 30. september, ble denne sesongen delt opp i vår og sommer for å se på hvordan ledetidene i perioden mellom 1.april og 30.juni varierer fra perioden mellom 1.juli til 30.september. Sesongkravene er videre referert til som stipulerte grenser.

Tabell 2. Inndeling av tidsperioder som er brukt for å fremstille figur 5 og 6 om kumulativ andel sagtømmer og massevirke som er levert innenfor gitte frister etter de generelle kontrakts- og leveringsbestemmelsene til TFØ.

<b>Periodenavn</b>	<b>Vinter</b>	<b>Vår</b>	<b>Sommer</b>
<b>Sesongkrav</b>	4. uker	2. uker	2. uker
<b>Tidsperioder</b>	1. oktober – 31. mars	1. april – 30. juni	1. juli – 30. september

For å kvantifisere variasjonen i transportklart volum og transportert volum ble volumet summert per uke og inndelt etter om det er sagtømmer eller massevirke. I datamaterialet var det et avvik på 2,5% mellom volum som er meldt transportklart og volum som er blitt transportert, dette ble justert for å få likt volum transportert og transportklart.

For å kartlegge variasjon i transportledetidene har transportklarmeldinger og fraktbrev blitt innhentet fra en 3-års periode fra januar 2018 frem til og med januar 2021.

Transportklarmeldingene blir laget når virket blir lagt ved veg og meldt klart for transport. Fraktbrevene er kvitteringen for når virket er transportert og levert til industri eller terminal. Mellomlagring og transport med tog/båt er ikke inkludert i definisjonen av transportledetiden. Denne begrensningen er satt på bakgrunn av at det kun er transportledetiden som ligger innenfor Glommen Mjøsen Skog og TFØ sitt felles arbeidsområde som skal undersøkes. Samkjøring og lagring på terminal før videre transport er heller ikke inkludert. Alle leveranser med negativt volum ble tatt ut av datasettet. fordi dette er leveranser som er ført med feil volum og som deretter er etterjustert. Utarbeidningen er den samme som i Tofte (2020).

De ulike treslagene som ble bruk i studien var gran (*Picea abies*), furu (*Pinus sylvestris*) og

lauv (*Betula pubescens*). Sortimentgruppene ut fra treslag og sortimentnumrene er gitt i tabell 3.

Tabell 3. Oversikt over hvilke treslag og sortimenter som inngår i de ulike sortimentgruppene

Treslag	Sortimentnummer	Sortimentgruppe
Gran	100	Massevirke
	102	
	140	Sagtømmer
	142	
Furu	200	Massevirke
	240	Sagtømmer
Lauv	345	Massevirke

Felles for transportklarmeldingene, fraktbrevene og avviksmeldinger er Ordrebok-ID-en. For hver enkelte Ordrebok-ID var det flere transportklarmeldinger og henteklarmeldinger som varierte med dato og volum.

Transportledetidene som bli brukt i denne studien var:

- $TLT_{Start}$ : Transportledetid for første transportklardato og siste fraktbrevdato for hver Ordrebok-ID med sortimentgruppe som er gitt i tabell 3.
- $TLT_{Slutt}$ : Transportledetid for siste transportklardato og siste fraktbrevdato for hver Ordrebok-ID med sortimentsgruppe som er gitt i tabell 3.
- $TLT_V$ : Transportledetid for en volumvektet transportklardato og volumvektet fraktbrevdato for hver Ordrebok-ID med sortimentsgruppe som er gitt i tabell 3.

$TLT_{Start}$  og  $TLT_{Slutt}$  er i denne studien brukt mest som støtte for å vise hvordan  $TLT_V$  varierer. Hvis trendlinjen for  $TLT_V$  legger seg nærmere  $TLT_{Start}$  betyr det at mye av volumet har blitt meldt henteklart og blitt transport tidlig. Hvis  $TLT_V$  legger seg nærmere  $TLT_{Slutt}$  vil det indikere at volumet har blitt meldt transportklart sent og at store deler av det transporterte volumet er transportert sent.

Etter rådataen ble summert og negative volumer ble slettet gjensto det 12756 individuelle ordrebok-ID i perioden fra og med januar 2018 til og med januar 2021.

## 2.5 Steg 2: Analyse av faktorene som driver lange ledetider

Analysene av lange ledetider startet med å sortere avvikene som ble meldt inn i perioden fra 2018 til 2021. Avvik-ID-ene ble koblet sammen med ordrebok-ID for å sortere hvilke transportører som hadde et avvik knyttet til sin transport. Av avvikene var det hyppigst forekomst av avvik-ID 1 og avvik-ID 2. Grunnet for lite data med avvik-ID 3,4 og 5 er disse ikke inkludert i studien. Avvikene er gitt i tabell 4. Avvikmeldingene som ble skrevet av transportører ble manuelt gjennomgått for å kontrollere at avvikene hadde riktig avvik-ID.

Tabell 4. Oversikt over de ulike avviks-ID-ene og deres tilhørende forklaring i klartekst

Avvik-ID	Avvik tekst	Forklaring
1	Årsak	Feil kjørerute, virket er fjernet eller ligger feil, stengte terminaler, ekstra lastetid
2	Vegforhold	Manglende brøyting/strøing, manglende bæreevne, teleløsning eller manglende snuplass
3	Miljø	Slangebrudd, oljesøl
4	Konsekvens	Dårlige snuplasser, dårlige veger, ikke brøytet, stengte bommer, venting ved terminal
5	Annet	Ikke merket virke, manglende volum, kø på mottak

For å analysere effektene av de viktigste faktorene for lange ledetider ble QGIS benyttet for å koble sammen løsmassene der velteplassen sine koordinater var. Dette for å analysere hvordan løsmassene i regionene påvirker transportledetidene. Transportklarmeldingene inneholdt XY-koordinater som ble lagt inn i QGIS som et tegnseparert tekstlag. Dette ble koblet sammen med kartdata fra Norges geologiske undersøkelser (NGU) sine løsmassekart ved bruk av NN join (QGIS plug-in). Kartdataen fra NGU omhandlet fire ulike infiltrasjonsklasser som er inndelt etter løsmasseforholdene i Norge (f.eks. breelv- og elveavsetninger, bresjø-/innsjøavsetninger eller hav- og fjordavsetninger eller morenejord). Inndelingen av infiltrasjonsklassene og aggregering til løsmassekategorier er vist i tabell 5.

Tabell 5. Oversikt over infiltrasjonsklassene med forklaring hentet fra NGU (2015, s.25) og aggregering av disse til løsmassekategorier.

<b>Løsmassenes infiltrasjons-egenskap</b>	<b>Definisjon/forklaring</b>	<b>Løsmassekategori</b>
Godt egnet	Løsmassenes kornfordeling og permeabilitet, samt jorddybde og terrengforhold indikerer god infiltrasjonsevne. Tilstrekkelig tykkelse av sand og grus over grunnvannsnivået. Omfatter store breelv- og elveavsetninger, samt enkelte mektige strandavsetninger og sorterte partier i randmorener.	<b>Løsmassekategori 1</b>
Middels egnet	Løsmassenes kornfordeling og permeabilitet, samt jorddybde og terrengforhold indikerer middels infiltrasjonsevne. Begrenset tykkelse av sand og grus over grunnvannsnivået, eller større avsetninger med noe redusert infiltrasjonskapasitet. Omfatter hovedsakelig tykke sand- og grusrike moreneavsetninger, tykt/sammenhengende dekke av forvitningsmateriale, sandige strandavsetninger og bresjø- /innsjøavsetninger	
Lite egnet	Løsmassenes kornfordeling og permeabilitet, samt jorddybde og terrengforhold indikerer dårlig infiltrasjonsevne. Små/grunne avsetninger, stedvis med noe infiltrasjonskapasitet eller tykke avsetninger med liten infiltrasjonskapasitet.	<b>Løsmassekategori 2</b>
Uegnet	Løsmassenes kornfordeling og permeabilitet, samt jorddybde og terrengforhold indikerer meget dårlig eller ingen infiltrasjonsevne. Omfatter tette leirdominerte avsetninger, grovt blokk- og steinmateriale, myr, fyllmasser, tynne løsmasseavsetninger med liten infiltrasjonskapasitet, samt bart fjell.	



I tillegg ble kartdata fra Statens Vegvesen over ulike veger i regionene koblet sammen med velteplasskoordinatene. Hvilke veger som ble sett på og aggregert til kategorier er vist i tabell 6.

Tabell 6. Oversikt over hvilke veger som er aggregert til vegkategoriene.

Veg	Vegkategori
Fylkesveg	<b>Offentlig veg</b>
Kommunal veg	
Riksveg	
Europaveg	
Skogsveg	<b>Skogsbilveg</b>
Privat Veg	

Da kartlagene ble koblet sammen ble det hentet ut en CSV fil som inneholdt all data som NN-join lagde. Denne datafilen inneholdt hvilken type veg som lå nærmest velteplassen og hvilke typer løsmasser som befinner seg rundt velteplassene i de ulike regionene. Transportledetid ble sett på i sammenheng med ulike løsmasser og hva slags vegtyper som velteplassen har blitt lagt ved. Dette ble igjen sett på i sammenheng med tidspunkter som de ulike kommunene og Statens Vegvesen senket akseltrykket i de respektive regionene.

I tillegg ble transportledetidene sett på for de Ordrebok-ID-ene som hadde en avviksmelding innrapportert og det ble undersøkt hvordan transportledetidene varierte for de ulike regionene.

Resultatene er inndelt i sesonger for å se variasjoner mellom årstidene. Disse er gitt i tabell 7.

Tabell 7. Inndeling av hvilke uker som definerer sesongene vinter, vår, sommer og høst

Sesong	Vinter	Vår	Sommer	Høst
Uker	47-52, 1-12	13-22	23-33	34-46

## 2.6 Steg 3: Verifisering av hovedårsaker til lange ledetider og tiltak

For å verifisere de årsakene som har blitt kartlagt i steg 1 og 2 i denne studien ble det innhentet kvalitativ data i form av en spørreundersøkelse (Vedlegg A.1) tilsendt per mail og med en samtale i etterkant. Denne spørreundersøkelsen omhandlet erfaringene til den enkelte transportlederen og hvilke årsaker til lange ledetider de så på som mest og minst viktige. I tillegg ble de spurt om hvilke tiltak de mente de ulike aktører kunne forbedre for å minske transportledetiden. Svarene av spørreundersøkelsen ble brukt for å kunne se om de resultatene man fikk etter analysen samsvarte.

Undersøkelsen ble sendt ut i forkant av intervjuet og ga transportlederne mulighet til å besvare spørsmålene og forberede seg. Samtalene i etterkant tok ca. 45 minutter per transportleder. Det var viktig å forklare hensikten med studien og hvilke forutsetninger som var lagt til grunn for analysen. I tillegg var det viktig å forklare definisjonen på hva en «transportledetid» i denne studien var for å unngå misforståelser.

Kvalitativ metode er en forskningsmetode som brukes ved innsamling og analyse av kvalitative data. Dette er data som er i form av tekst, i motsetning til kvantitativ data (Grønmo, 2020). Ifølge Grønmo (2020) utfyller kvalitativ og kvantitativ metode hverandre. For gode kvalitative data er det viktig med validitet og reliabilitet. Validitet vil si noe om i hvilken grad man kan trekke gyldige slutninger om det man undersøker (Dahlum, 2021). For reliabiliteten omhandler dette stabiliteten i målingene og hvor konsistent den er (Svartdal, 2020).

## 2.7 Fremstilling av resultater

For grafisk fremstilling av trender ble LOWESS smoother i MiniTab benyttet. Dette er en ikke-parametrisk regresjon som gir dataen en fin gjennomsnittlig trend i et datasett med variasjon. Man bestemmer hvor mye smoothing man skal bruke i et tall mellom 0 og 1. Dette angir hvor stor andel av «plottene» man skal bruke pr x-verdi. Antall steg gir en variasjon av hvor mye man skal vektlegge ekstremene av verdiene. Her velger man et tall mellom 1 og 10.

For å se på variasjonen i ledetid mellom avstand og med hensyn på ulike terminaler og sesong for Sør-Vest ble det laget deskriptiv statistikk. Dette gir en gjennomsnittlig transportledetid per mil for de nevnte forutsetningene og man får vist frem hvordan den gjennomsnittlige transportledetiden varierer når avstanden øker for de ulike mottakene. Her ble det lagt på en enkel lineær regresjon.

For resultatene som er gitt i boxplot er forklaringen gitt i tabell 8.

*Tabell 8. Forklaring på boxplots som er benyttet i resultatet*

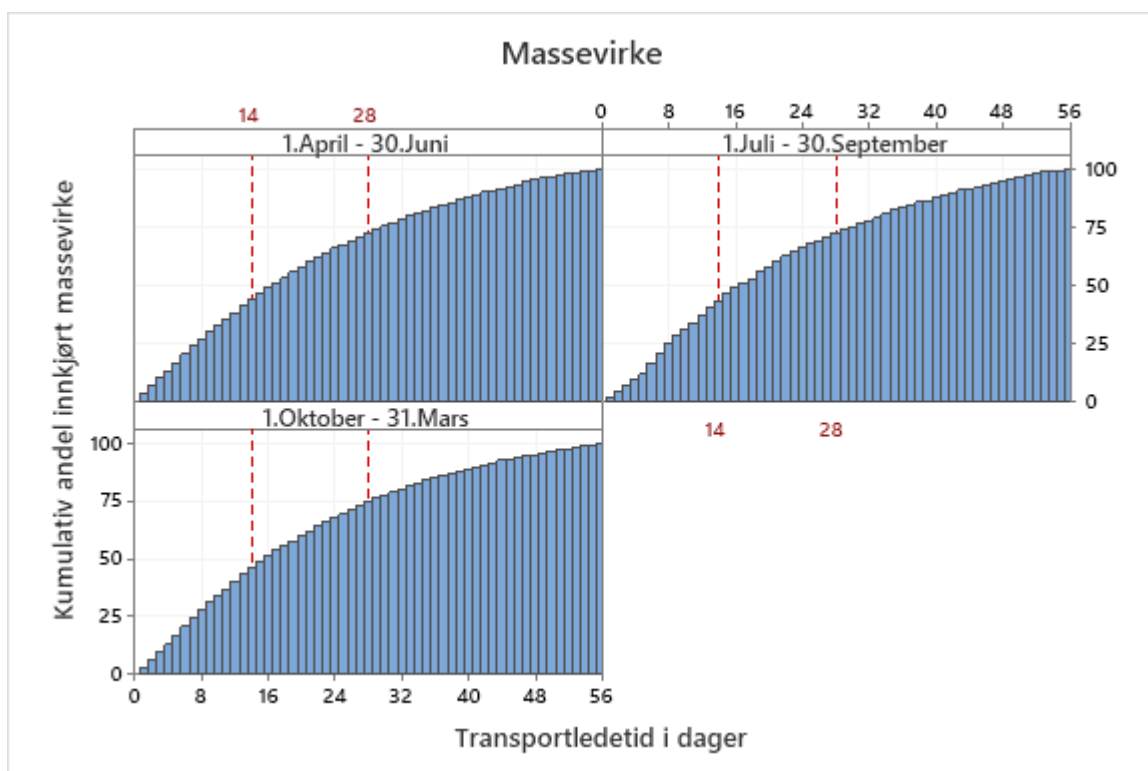
<b>IQ50</b>	De blå boksene representerer 50% av de observasjonene som ligger nærmest medianen
<b>IQ75</b>	Strekene som ligger utenfor de blå boksene representerer 75% av observasjonene som ligger nærmest medianen

### 3. Resultat

I dette kapitlet vil resultatene fra hver fase av studien presenteres.

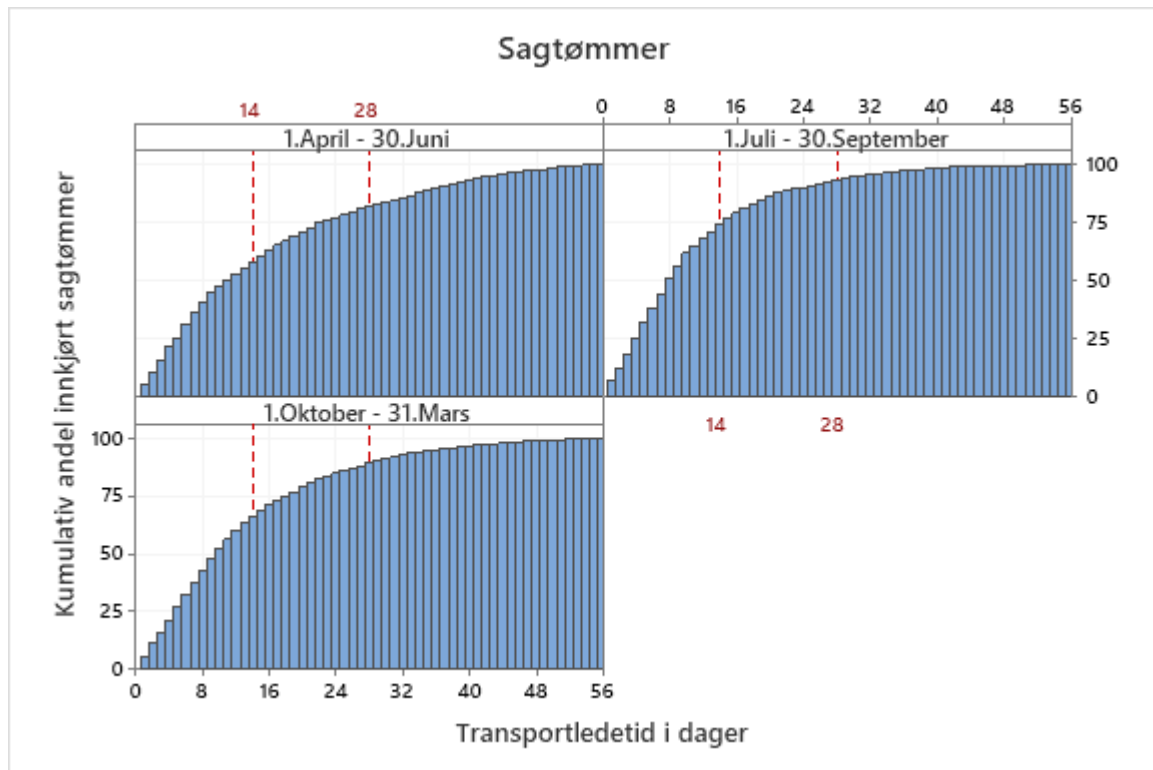
#### 3.1 Steg 1: Kartlegging av variasjon i transportledetider

Figur 5 viser at 43% av massevirket ble transportert innenfor den stipulerte grensen på 2 uker på sommeren og 75% av massevirket ble transportert innenfor den stipulerte grensen på 4 uker. For våren ble 44% av massevirket transportert innenfor 2 uker.



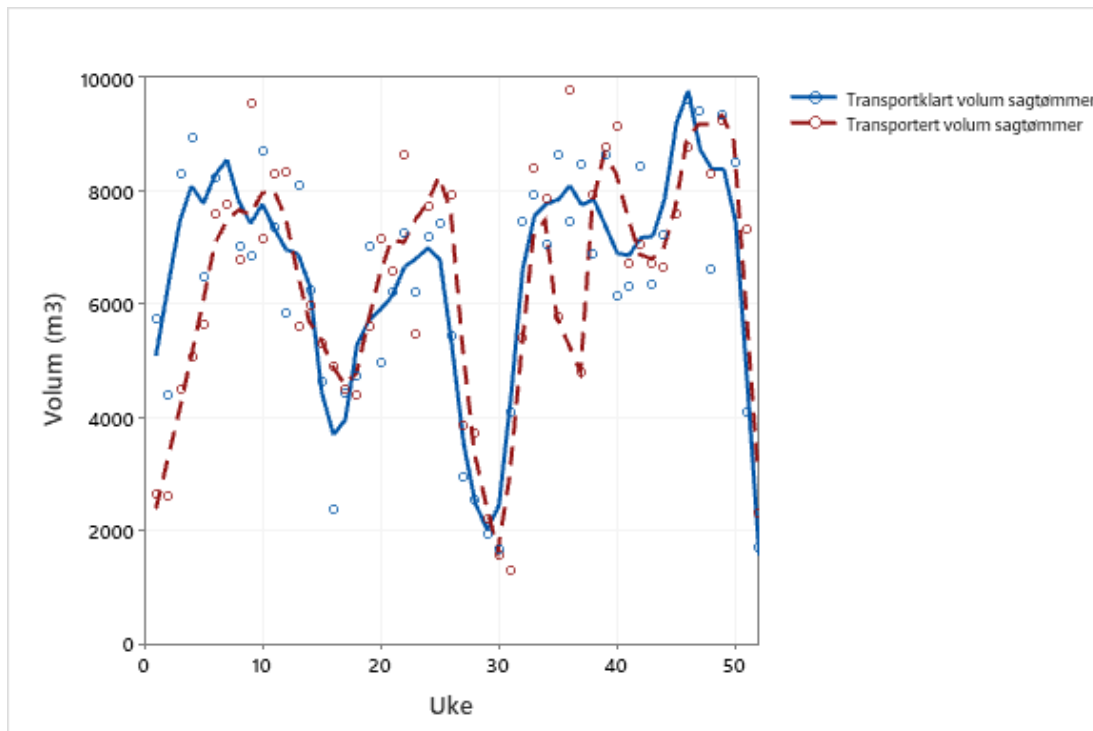
Figur 5 Kumulativ andel massevirke som var levert innenfor gjeldene tidsfrister etter TFØ generelle kontrakts- og leveringsbestemmelser.

For sagtømmeret ble 74% av virket transportert innen den stipulerte grensen på 2 uker på sommeren, og 89% av virket transportert ble transportert innenfor den stipulerte grensen på 4 uker. For våren blir 58% av sagtømmeret transportert innenfor 2 uker (figur 6).



Figur 6. Kumulativ andel sagtømmer som var levert innenfor gjeldene tidsfrister etter TFØ generelle kontrakts- og leveringsbestemmelser.

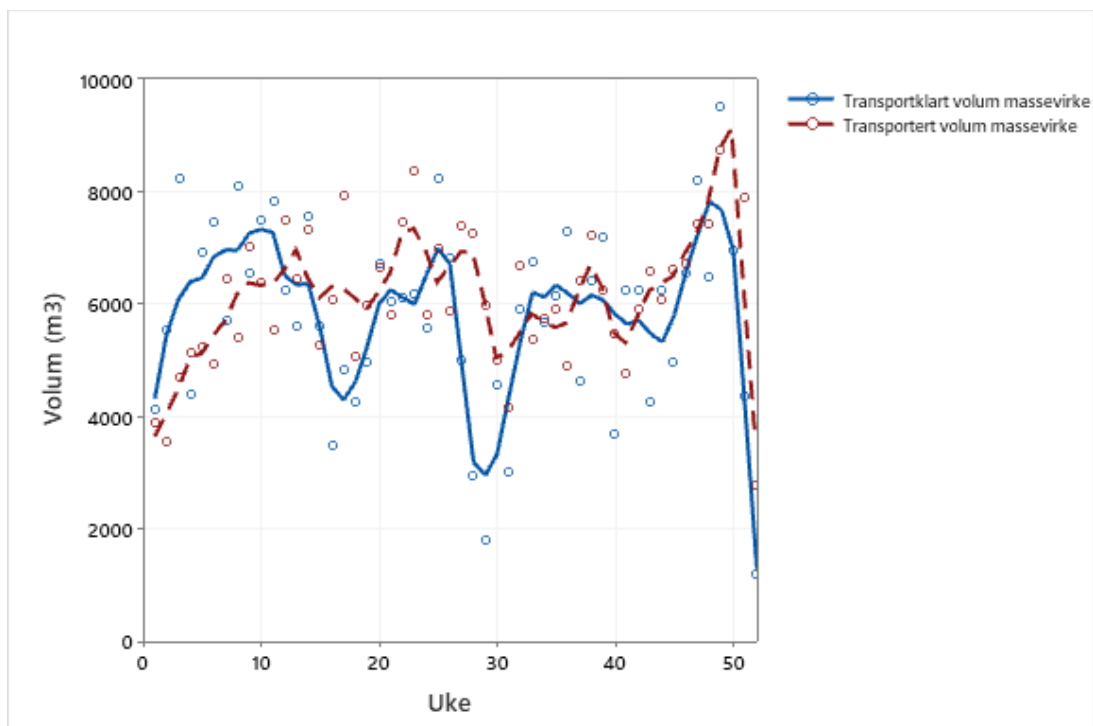
Gjennom sesongen varierer volumet for massevirket og sagtømmer som ble meldt transportklart og volumet som ble transportert som vist i figur 7 og figur 8. Man ser at transportert og transportklart volum følger hverandre tett gjennom året for sagtømmeret. I uke 8 ble det meldt rundt  $8000 \text{ m}^3$  transportklart. Transportert volum økte fra uke 9 og tangerer linjen for transportklart volum på  $8000 \text{ m}^3$ . Fra uke 16 sank dette ned til  $5000 \text{ m}^3$ , før det deretter økte mot uke 22 til rundt  $7000 \text{ m}^3$ . Transportklart og transportert volum sank deretter til  $3000 \text{ m}^3$  i uke 30. Fra uke 9 til uke 30 ser man at det blir transportert et større volum enn det som blir meldt transportklart. Utover høsten øker både transportklart og transportert sagtømmer frem til uke 48.



Figur 7. Gjennomsnittlig sesongvariasjon i ukentlig volum sagtømmer som er meldt transportklart og transportert for hele studieområdet. Tallene er basert på årene 2018-2021. (Antall steg: 2, grad av smoothing: 0,1)

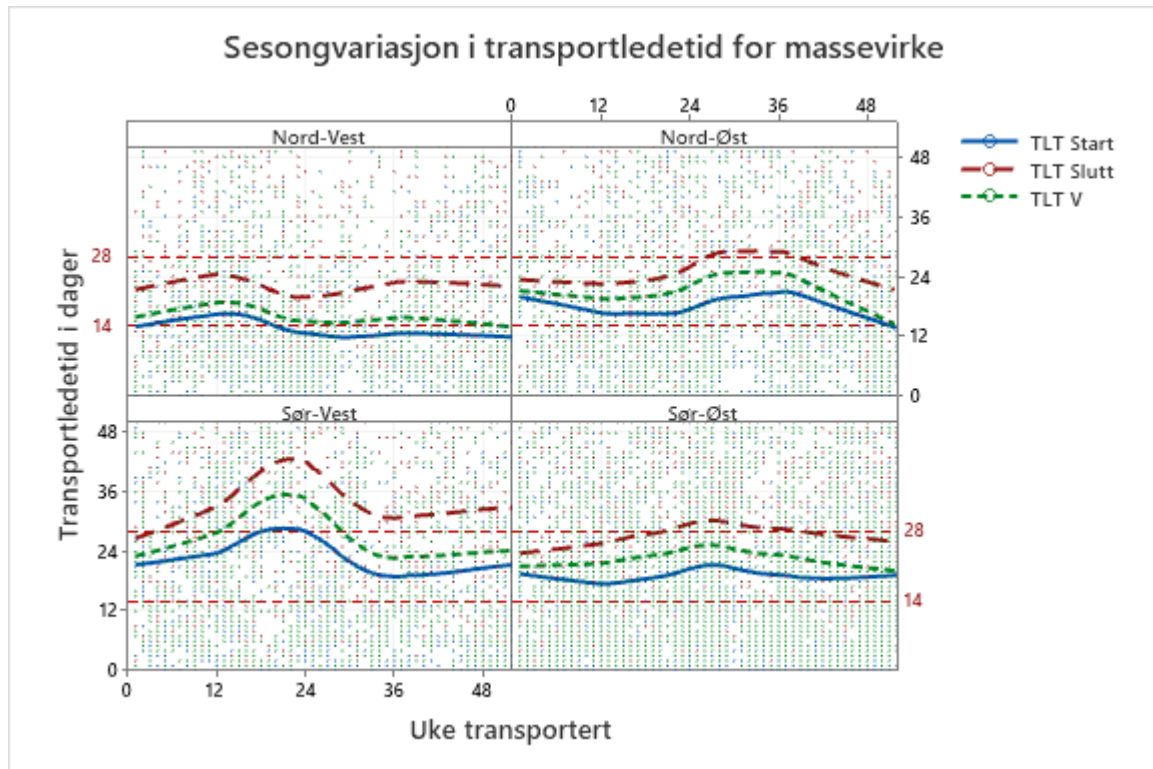
For massevirke (figur 8) økte volumet som var transportklart til 7000 m<sup>3</sup> i uke 10.

Transportert volum tangerte transportklart volum i uke 12. Deretter lå transportert massevirke mellom 500-1500 m<sup>3</sup> over transportklart volum fra uke 12 til uke 32.



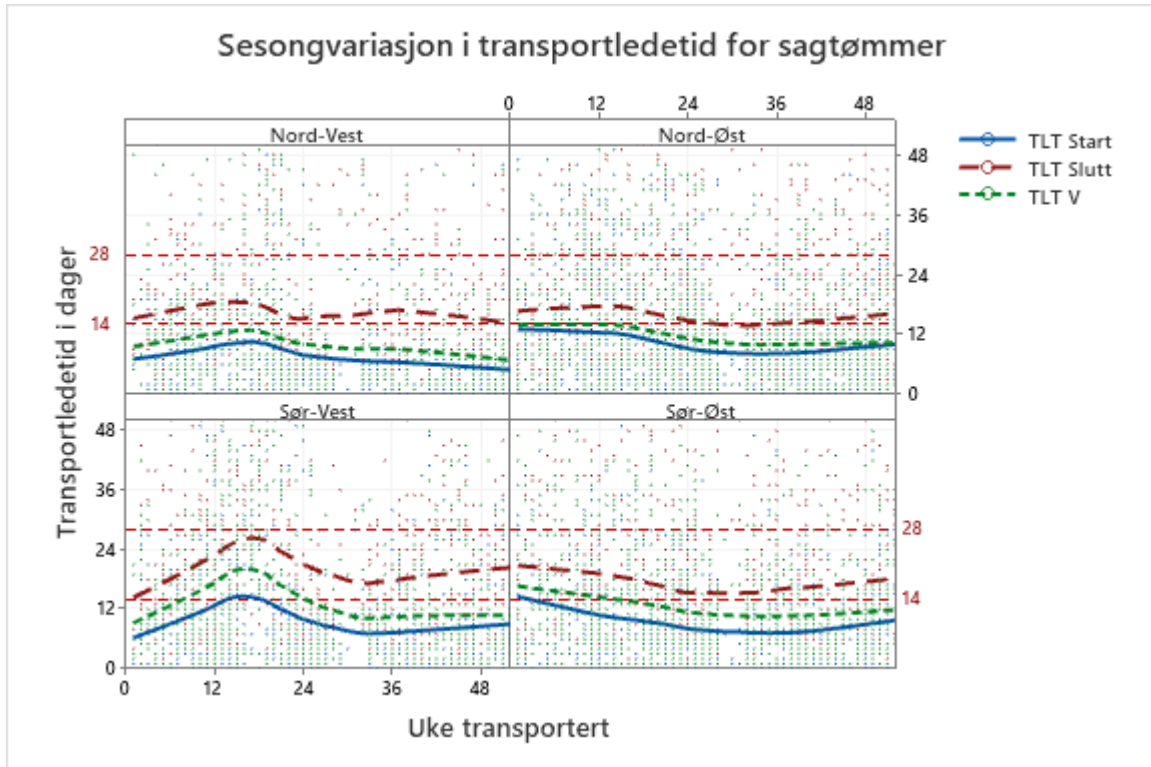
Figur 8. Gjennomsnittlig sesongvariasjon i ukentlig volum massevirke som er meldt transportklart og transportert for hele studieområdet. Tallene er basert på årene 2018-2021. (Antall steg: 2, grad av smoothing: 0,1)

Den generelle trenden for transportledetiden for massevirke er presentert i figur 9.  $TLT_V$  øker i Nord-Vest og Sør-Vest fra uke 1.  $TLT_V$  flater deretter ut i henholdsvis uke 24 for Nord-Vest og i uke 36 for Sør-Vest. For Nord-Øst øker  $TLT_V$  frem til uke 24 og synker fra uke 36. I Sør-Øst øker den frem til uke 25 før den synker igjen. Den lengste  $TLT_V$  for region Nord-Vest var på 19 dager i uke 13, i Nord-Øst var den 26 dager i uke 32, i Sør-Vest på 36 dager i uke 21 og i Sør-Øst er den lengste  $TLT_V$  på 26 dager i uke 26.



Figur 9. Sesongvariasjon for transportledetiden for første transportklardato til første transporterte dato ( $TLT_{Start}$ ), siste transportklardato til siste transporterte dato ( $TLT_{Slutt}$ ) og volumvektet transportledetid ( $TLT_V$ ) for massevirke for de ulike regionene etter transportert uke. Tallene er basert på årene 2018-2021. (Antall steg: 2, grad av smoothing: 0,5)

Sesongvariasjonen for sagtømmer (figur 10) er mindre enn for massevirke. For Nord-Vest finner man den lengste  $TLT_V$  (13 dager) for regionen i uke 18 og for Nord-Øst er den på 14 dager i uke 1-12. For Sør-Vest er  $TLT_V$  lengst i uke 16 på 21 dager og for Sør-Øst er den lengst i uke 1 på 16 dager. For sagtømmeret ligger  $TLT_V$  nærmere  $TLT_{Start}$  i Nord-Vest og Nord-Øst. For Sør-Vest ligger  $TLT_V$  nærmere  $TLT_{Start}$  fra uke 30 til uke 52 med en forskjell på 3-5 dager i trendene. For Sør-Øst er det tilsvarende trend fra uke 36 til uke 52 med 2-4 dager forskjell mellom  $TLT_V$  og  $TLT_{Start}$ .



Figur 10. Sesongvariasjon for transportledetiden ( $TLT_{Start}$ ,  $TLT_{Slutt}$ ,  $TLT_V$ ) for sagtømmer for de ulike regionene etter transportert uke. Tallene er basert på årene 2018-2021. (Antall steg: 2, grad av smoothing: 0,5)

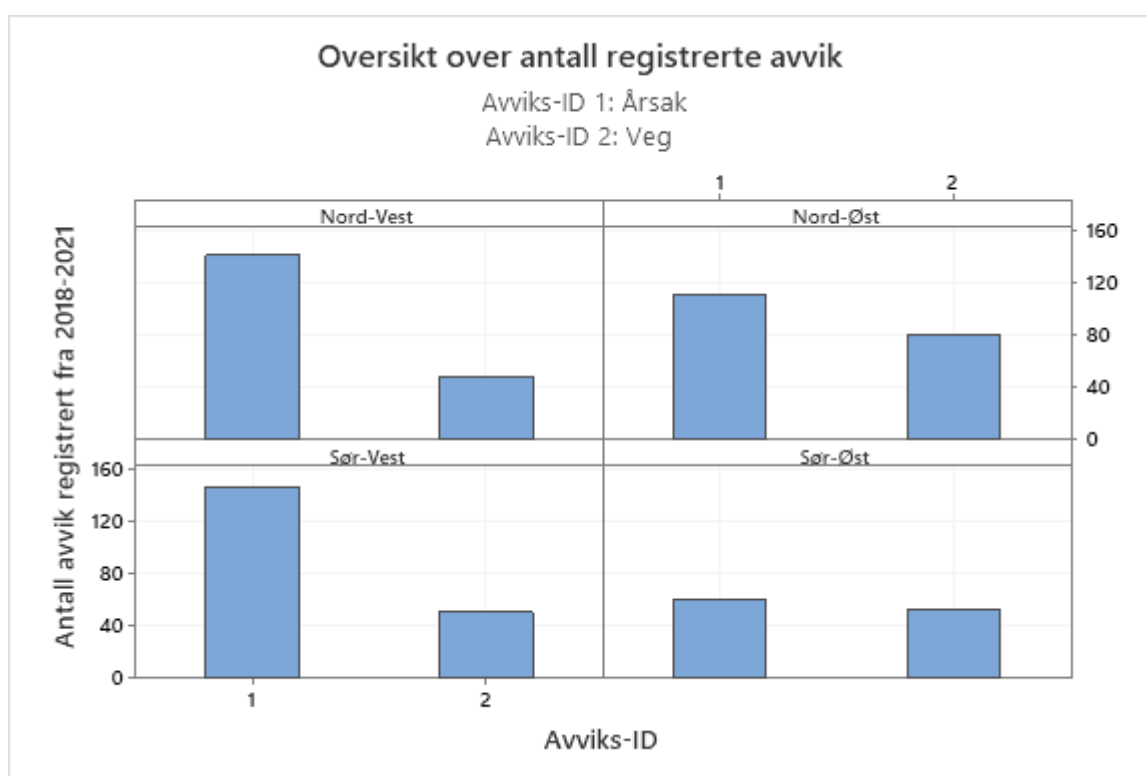


## 3.2 Steg 2: Analyse av faktorene som driver lange ledetider

I analysen av faktorene som driver lange ledetider vil fire faktorer presenteres i resultatene for steg 2; avvik, løsmasser ved velteplass, type veg velteplassene ble lagt ved og avstand til mottak.

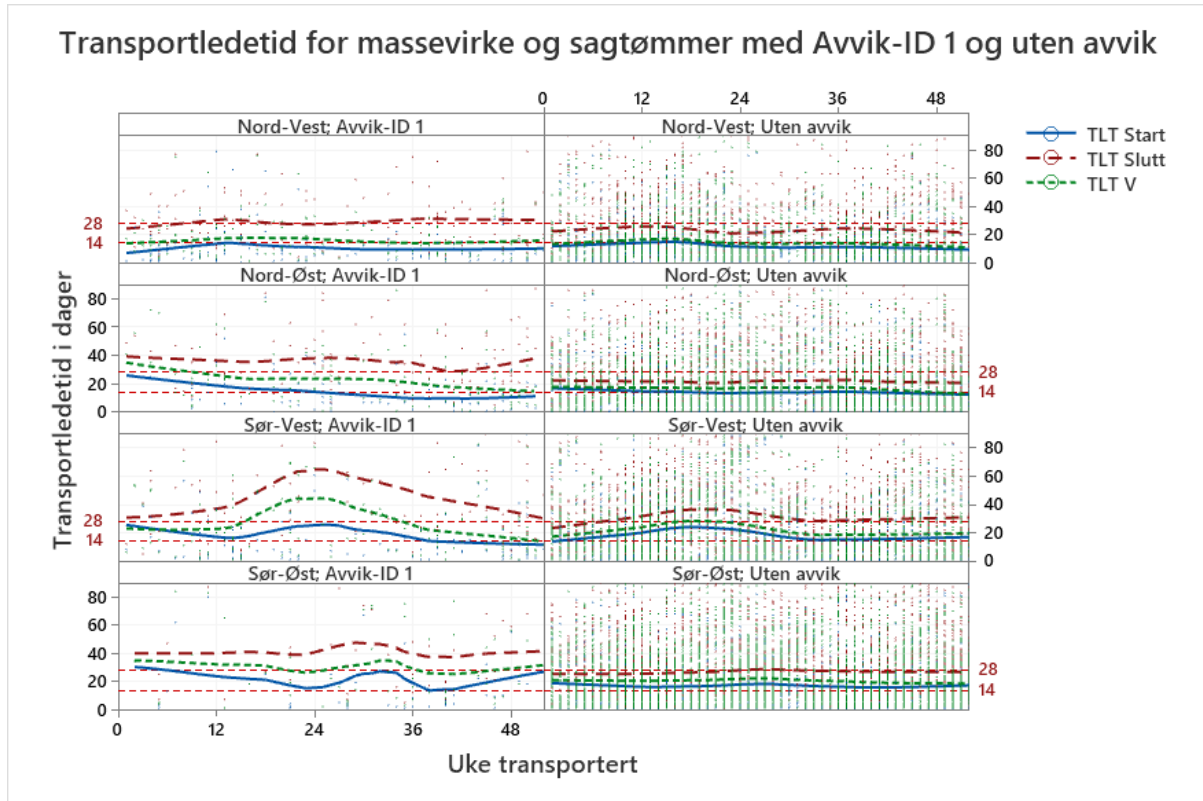
### 3.2.1 Avvik

Av de undersøkte ordrebok-ID-ene hadde 5,4% av tilfellene avvik fra avvik-ID 1 eller avvik-ID 2. For å få en indikasjon på hvor utbredt det er med avvik i transport ble det totale antallet avvik summert for avvik-ID 1 og 2 (figur 11). For Nord-Vest var det 141 tilfeller av avvik-ID 1 og 48 av avvik-ID 2. Nord-Øst hadde 110 tilfeller av avvik-ID 1 og 80 tilfeller av avvik-ID 2. Sør-Vest hadde 147 tilfeller av avvik-ID 1 og 51 tilfeller av avvik-ID 2. Sør-Øst hadde 61 tilfeller av avvik-ID 1 og 53 tilfeller av avvik-ID 2.



Figur 11. Oversikt over antall avvik innmeldt av avvik-ID 1 og avvik-ID 2 for de ulike regionene. Tallene er basert på perioden 2018-2021.

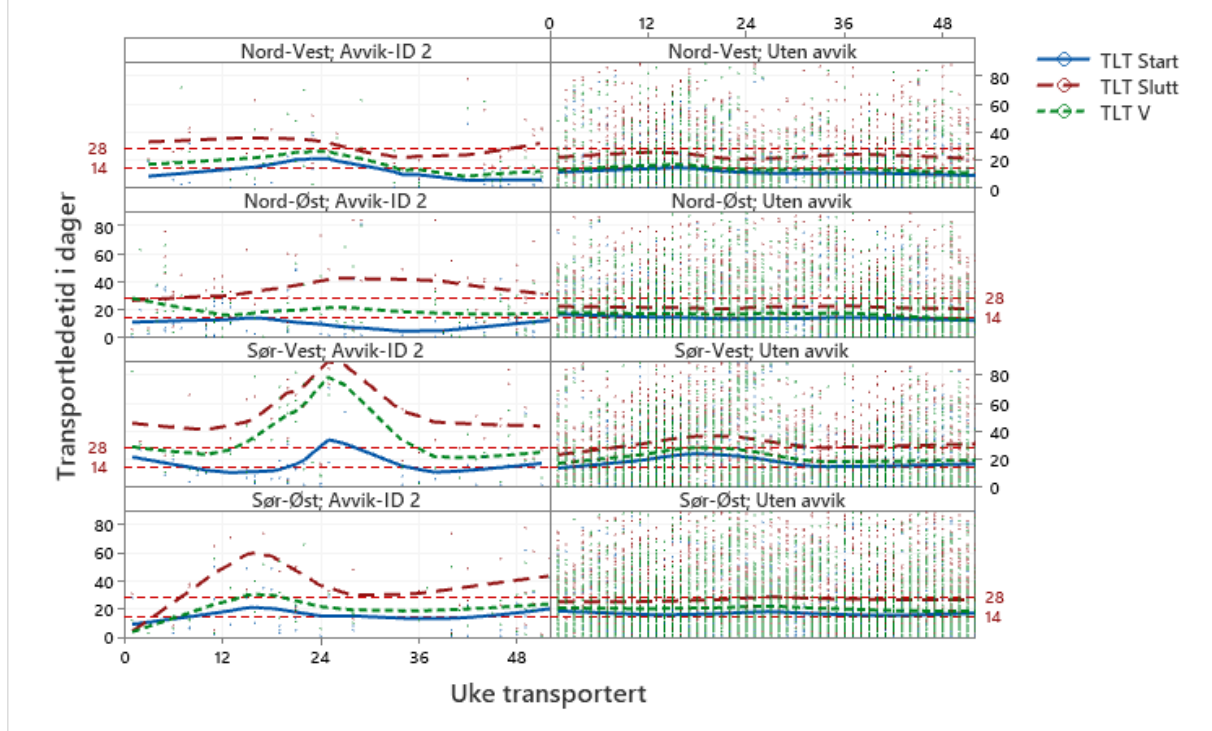
I figur 12 ser man at avvik-ID 1 i Nord-Vest har lengst  $TLT_V$  i uke 18 på 18 dager, for Nord-Øst var det lengste  $TLT_V$  i uke 1 på 34 dager. For Sør-Vest var den lengste  $TLT_V$  i uke 25 på 45 dager og for Sør-Øst var den lengste  $TLT_V$  på 33 dager i uke 35.



Figur 12. Sesongvariasjon for transportledetiden ( $TLT_{Start}$ ,  $TLT_{Slutt}$ ,  $TLT_V$ ) samlet for sagtømmer og massevirke for de ulike regionene etter transportert uke for avviksklasse 1 (venstre) og uten avvik (høyre). Tallene er basert på årene 2018-2021. (Antall steg: 2, grad av smoothing: 0,5)

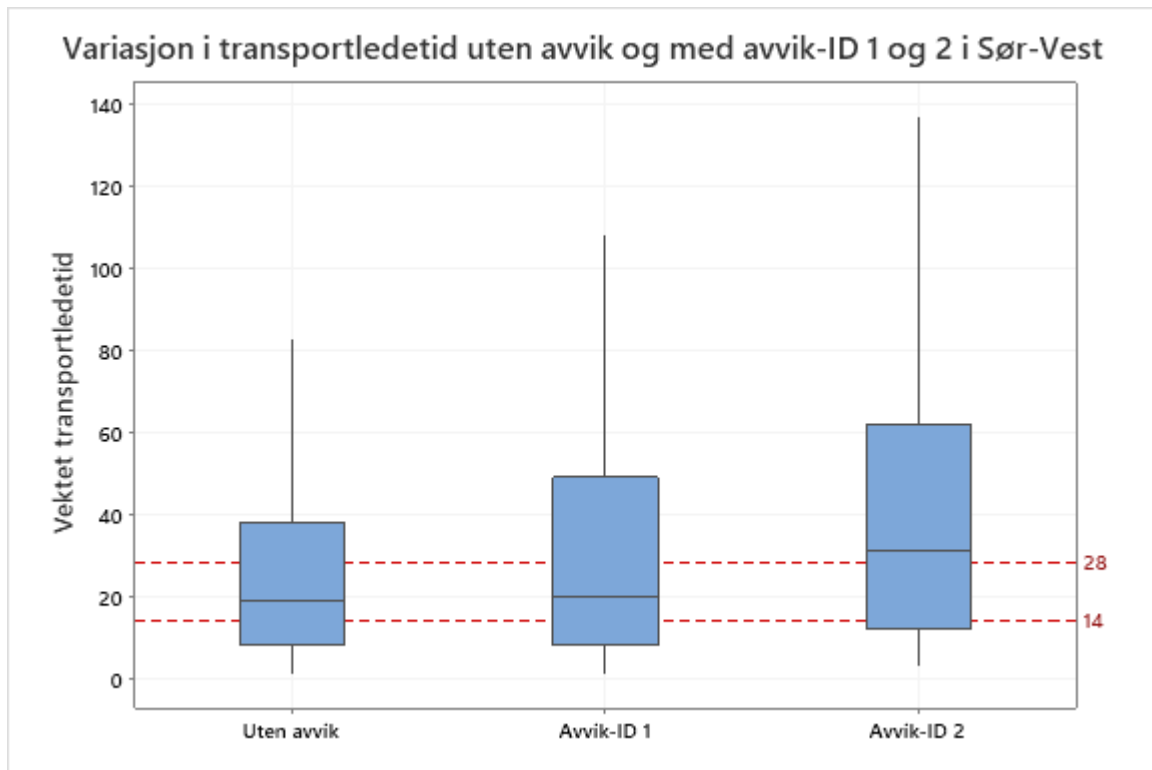
For avvik-ID 2 (figur 13) i Nord-Vest var den lengste  $TLT_V$  i uke 24 med 26 dager, for Nord-Øst var den lengste  $TLT_V$  på 28 dager i uke 1. I Sør-Vest var lengste  $TLT_V$  på 79 dager i uke 25 og i Sør-Øst er  $TLT_V$  lengst i uke 15 med en ledetid på 31 dager. For Sør-Vest i uke 25 ser man at  $TLT_{Slutt}$  og  $TLT_V$  ligger veldig tett på hverandre noe som indikerer at majoriteten av volumet har blitt transportert veldig sent. I Sør-Øst ser man at det var motsatt, her ligger  $TLT_V$  nærmere  $TLT_{Start}$  som indikerer at mye av volumet var transportert tidlig, men at det har gått lang tid fra siste transportklarmelding og frem til det har blitt transportert (60 dager).

## Transportledetid for massevirke og sagtømmer med Avvik-ID 2 og uten avvik



Figur 13. Sesongvariasjon for transportledetiden for ( $TLT_{Start}$ ,  $TLT_{Slutt}$ ,  $TLT_V$ ) sagtømmer og massevirke for de ulike regionene etter transportert uke for avviks-ID 2 (venstre) og uten avvik (høyre). Tallene er basert på årene 2018-2021.

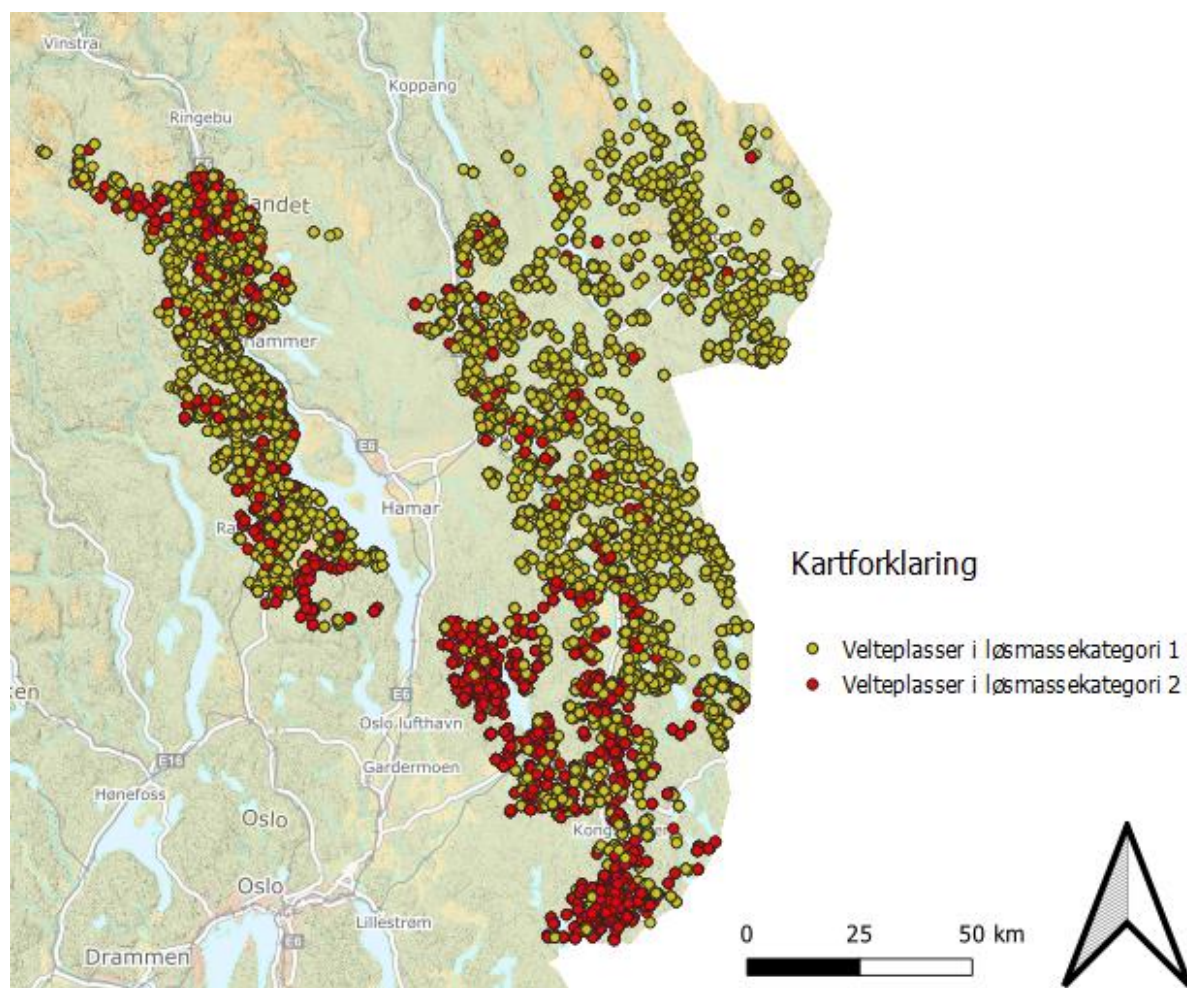
I figur 14 vises hvordan transportledetiden varierer for sagtømmer og massevirke både uten avvik, for avvik-ID 1 og for avvik-ID 2. Uten avvik ligger transportledetiden for IQ50 30 dager transportledetid og en IQ75 på mellom 1 og 83 dager. For avvik-ID 1 ligger IQ50 på 41 dager, med en IQ75 på mellom 1 til 108 dager. For avvik-ID 2 ligger IQ50 på 50 dager og IQ75 på mellom 3 og 137 dager. Medianen for ledetiden uten avvik er på 19 dager, 20 dager for avvik-ID 1 og 31 dager for avvik-ID 2.



Figur 14. Variasjon i transportledetider for virke (sagtømmer og massevirke) uten avvik, med avvik-ID 1 (årsak) og avvik-ID 2 (Vegforhold). Tallene er basert på årene 2018-2021

### 3.2.2 Løsmasser ved velteplass

For å avdekke de viktigste faktorene som drar opp transportledetiden ble analysene i QGIS brukt for å koble hvilke veger velteplassene var lagt ved, i tillegg til å koble hvilke løsmassekategorier som fantes i området der velteplassene var. figur 15 viser en tettere andel punkter som er preget av grunne og/eller leiredominerte løsmasser i regionene Sør-Øst, Sør-Vest og Nord-Vest.

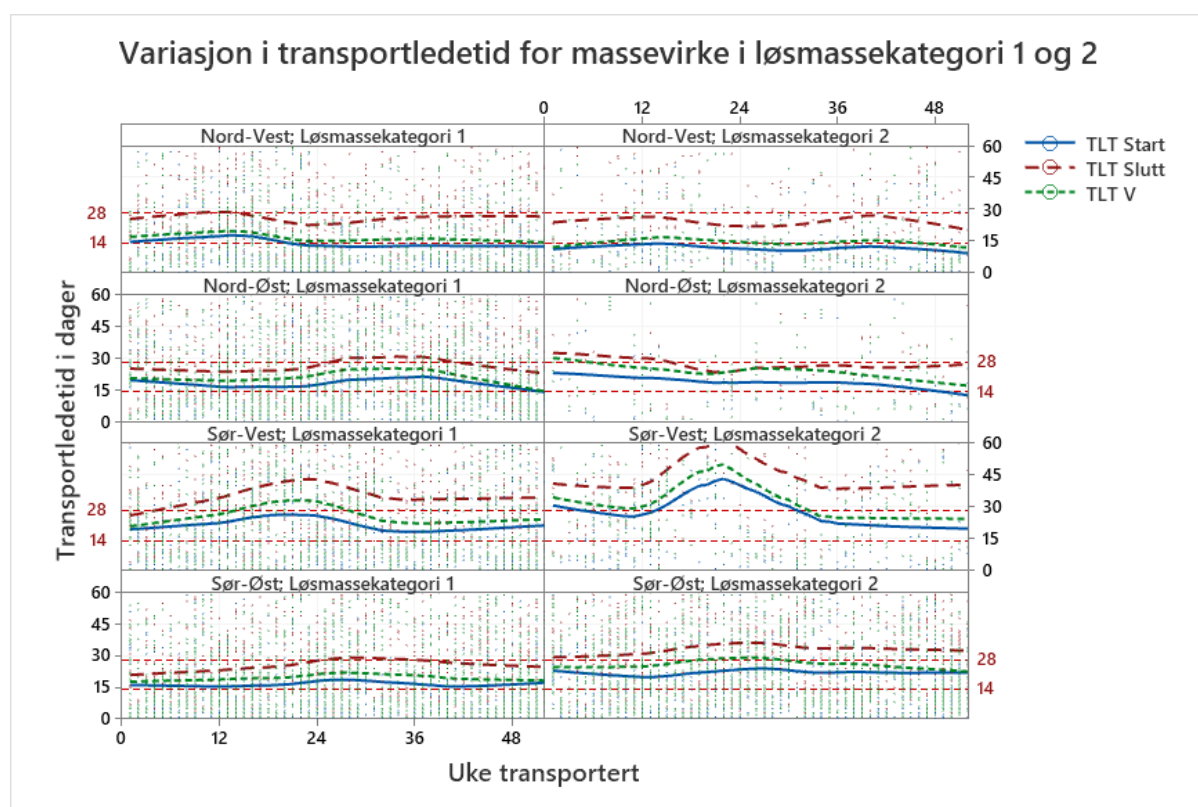


Figur 15. Oversiktskart over velteplasser inndelt etter hvilke typer løsmasser som befinner seg i regionen. Oversikten er basert på data fra årene 2018-2021.

Figur 16 viser variasjonen i transportledetid for løsmassekategori 1 og 2. Generelt indikerer trendene at  $T_{LTv}$  var høyere i perioden på våren og høsten. Visualisert i figur 15 ser man at tettheten med punkter for løsmassekategori 2 øker i Sør-Øst. For Nord-Vest og Sør-Vest var det mer jevn fordeling av løsmassekategori 1 og 2. For løsmassekategori 1 var den lengste  $T_{LTv}$  i Nord-Vest i uke 14 på 20 dager, i Nord-Øst ligger  $T_{LTv}$  høyest på 25 dager mellom uke 28 til uke 36. I Sør-Vest var  $T_{LTv}$  lengst i uke 20 på 33 dager og i Sør-Øst var  $T_{LTv}$

lengst mellom uke 27 og uke 30 med 22 dager. Differansen mellom  $TLT_{Start}$  og  $TLT_{Slutt}$  var 10 dager (hhv. 23 og 33 dager) i uke 21 for Sør-Vest.

For løsmassekategori 2 ser man at  $TLT_V$  var lengst for Nord-Vest i uke 14 med 14 dager, i Nord-Øst var  $TLT_V$  lengst i uke 1 med 24 dager. For Sør-Vest var  $TLT_V$  lengst i uke 19 med 36 dager og for Sør-Øst i uke 24 med 26 dager. Den største variasjonen mellom  $TLT_{Start}$  og  $TLT_{Slutt}$  var i Sør-Vest i uke 19 med 14 dager forskjell.



Figur 16. Sesongvariasjon for transportledetiden for ( $TLT_{Start}$ ,  $TLT_{Slutt}$ ,  $TLT_V$ ) massevirke for de ulike regionene etter transportert uke for løsmassekategori 1 (venstre) og løsmassekategori 2 (høyre). Tallene er basert på årene 2018-2021. (Antall steg: 2, grad av smoothing: 0,5)

Tabell 9 vises variasjonen for massevirke mellom gjennomsnittlig transportledetid for løsmassekategori 1 og 2 for hver sesong. I Sør-Vest var det 40% lengre ledetid på sommeren for løsmassekategori 2 enn for løsmassekategori 1. I Sør-Øst var det 34% lengre ledetid for løsmassekategori 2.

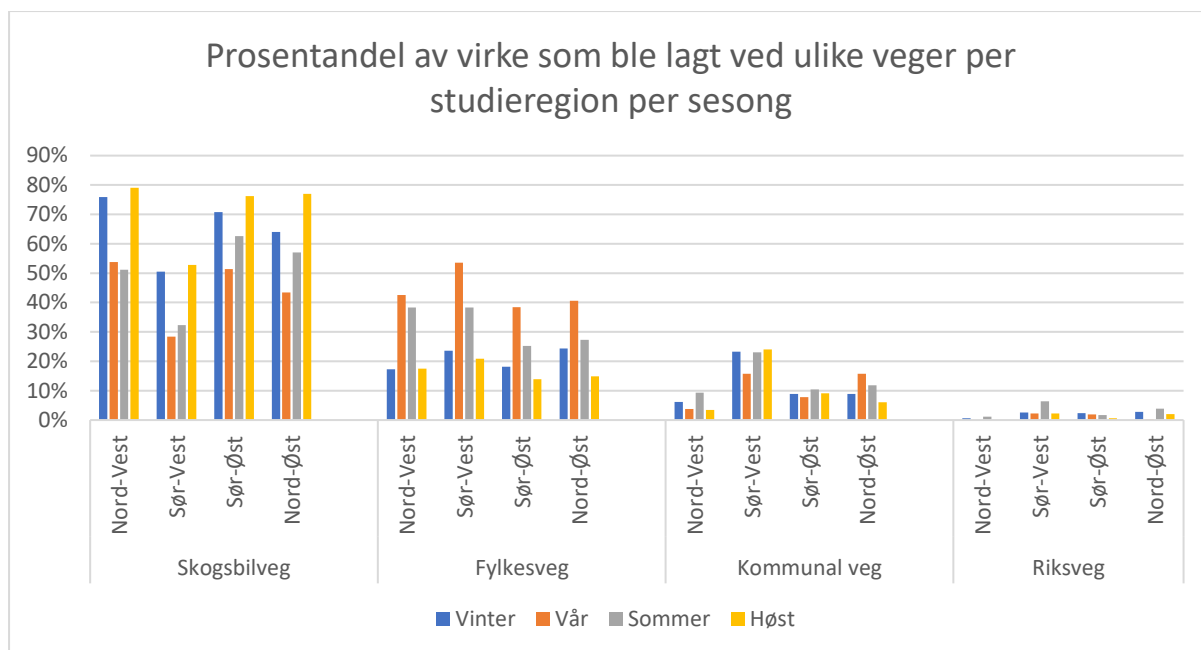


Tabell 9. Sesongvariasjoner for gjennomsnittlig TLT<sub>v</sub> for massevirke for hver region med den prosentvise endringen mellom løsmassekategori 1 og løsmassekategori 2.. Høyeste prosentvise endring for hver kategori er uthevet. Tallene er basert på årene 2018-2021

Region	Sesong Transportklart	Gjennomsnittlig TLT <sub>v</sub> for massevirke med		Prosentvis endring
		velteplass i løsmassekategori 1	velteplass i løsmassekategori 2	
Nord-Vest	Vår	26	19	-29 %
	Sommer	19	20	<b>3 %</b>
	Høst	19	19	0 %
	Vinter	21	18	-16 %
Nord-Øst	Vår	22	16	-26 %
	Sommer	28	29	2 %
	Høst	29	25	-15 %
	Vinter	20	26	<b>30 %</b>
Sør-Vest	Vår	29	31	7 %
	Sommer	42	59	<b>40 %</b>
	Høst	28	27	-4 %
	Vinter	25	30	20 %
Sør-Øst	Vår	20	27	<b>34 %</b>
	Sommer	29	37	25 %
	Høst	25	33	32 %
	Vinter	22	26	16 %

### 3.2.3 Type veg velteplassene ble lagt ved

Figur 17 viser hvordan andelen velteplasser for massevirke varierer ut fra hvilken type veg virke ble lagt ved siden av, avhengig av sesong. På vinteren ble det i alle regioner lagt flest velteplasser langs skogsbilveger (Nord-Vest = 76%, Nord-Øst = 64%, Sør-Vest = 51%, Sør-Øst 71%). Andelen velteplasser lagt ved skogsbilveger synker på våren, og virket ble da i større grad lagt ved fylkesveger (Nord-Vest = 43%, Nord-Øst = 41%, Sør-Vest = 54%, Sør-Øst = 38%).



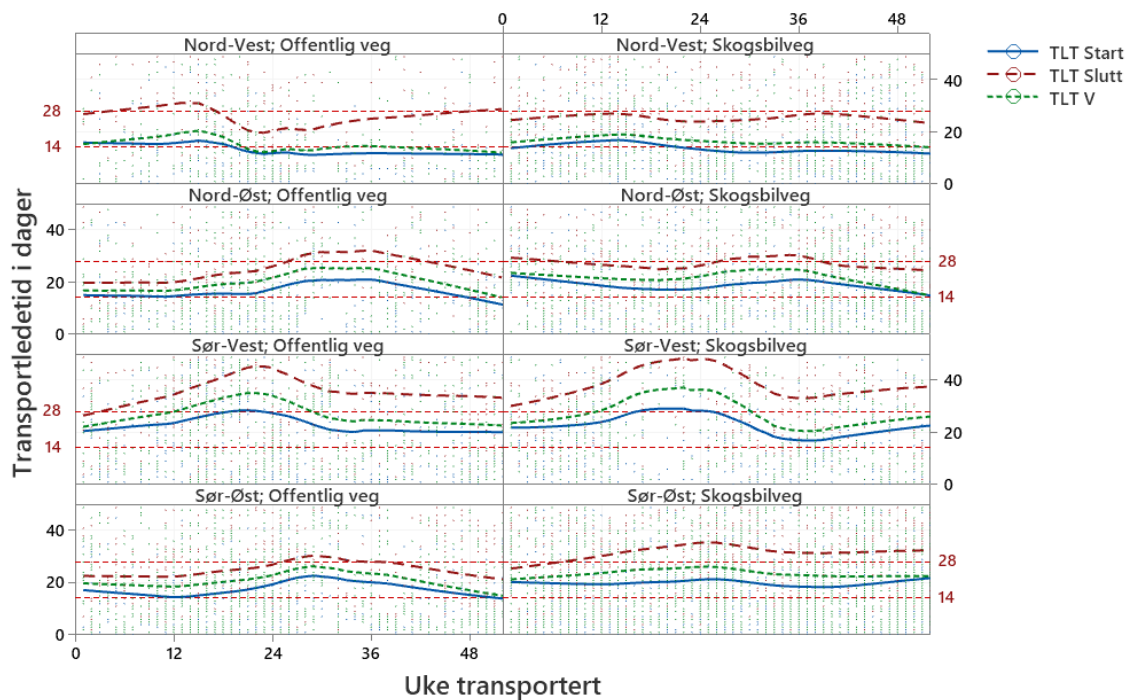
Figur 17. Oversikt over gjennomsnittlig prosentandel virke (sagtømmer og massevirke) som ble lagt ved skogsbilveg, fylkesveg, kommunal veg og riksveg i de ulike regionene inndelt etter sesong på året. Tallene er basert på årene 2018-2021.

Variasjonen i  $TLT_v$  gjennom sesongen for massevirke med velteplasser plassert ved offentlig veg og skogsbilveg vises i figur 18. For velteplasser lagt ved offentlige veger var det lengst  $TLT_v$  i uke 16 på 19 dager, for Nord-Øst i uke 28 med 18 dager. For Sør-Vest var det lengst  $TLT_v$  i uke 18 med 30 dager og i Sør-Vest i uke 28 med 24 dager.

For massevirket som ble lagt langs skogsbilveg var  $TLT_v$  i Nord-Vest lengst i uke 15 på 17 dager, for Nord-Øst var den lengst i uke 1 med 21 dager, for Sør-vest var den lengst i uke 20 med 29 dager og i Sør-Øst var  $TLT_v$  lengst i uke 25 med 28 dager.



## Variasjon i transportledetid for massevirke ved offentlig veg og skogsbilveg



Figur 18. Sesongvariasjon for transportledetiden for ( $TLT_{Start}$ ,  $TLT_{Slutt}$ ,  $TLT_V$ ) massevirke for de ulike regionen for velteplasser som er tilknyttet offentlig veg (venstre) og skogsbilveger (høyre). Tallene er basert på årene 2018-2021. (Antall steg: 2, grad av smoothing: 0,5)

For Nord-Vest synker  $TLT_V$  drastisk etter uke 22 for virke som var lagt ved offentlig veg. For Sør-Vest flater trenden ut for massevirket lagt ved offentlig veg i uke 31, men for virke lagt ved skogsbilveger flater den ikke ut før i uke 35. I Sør-Vest flater trenden for massevirket lagt ved offentlig veg ut etter uke 28, men for massevirket lagt ved skogsbilveg er trenden generelt flat, men har en synkende trend for  $TLT_V$  etter uke 25.

Tabell 10 viser at sommeren hadde 42% lengre ledetid for massevirke lagt ved skogsbilveg enn for massevirke lagt ved offentlig veg i Nord-Vest. I Nord-Øst var det på 25% lengre ledetid på vinteren for massevirket lagt ved skogsbilveg mot offentlig veg. I Sør-Vest var det 26% lengre ledetid for massevirke lagt ved skogsbilveg på sommeren enn for massevirke lagt ved offentlig veg. I Sør-vest var det 33% lengre ledetid for massevirke lagt ved skogsbilveg enn for offentlig veg på sommeren.

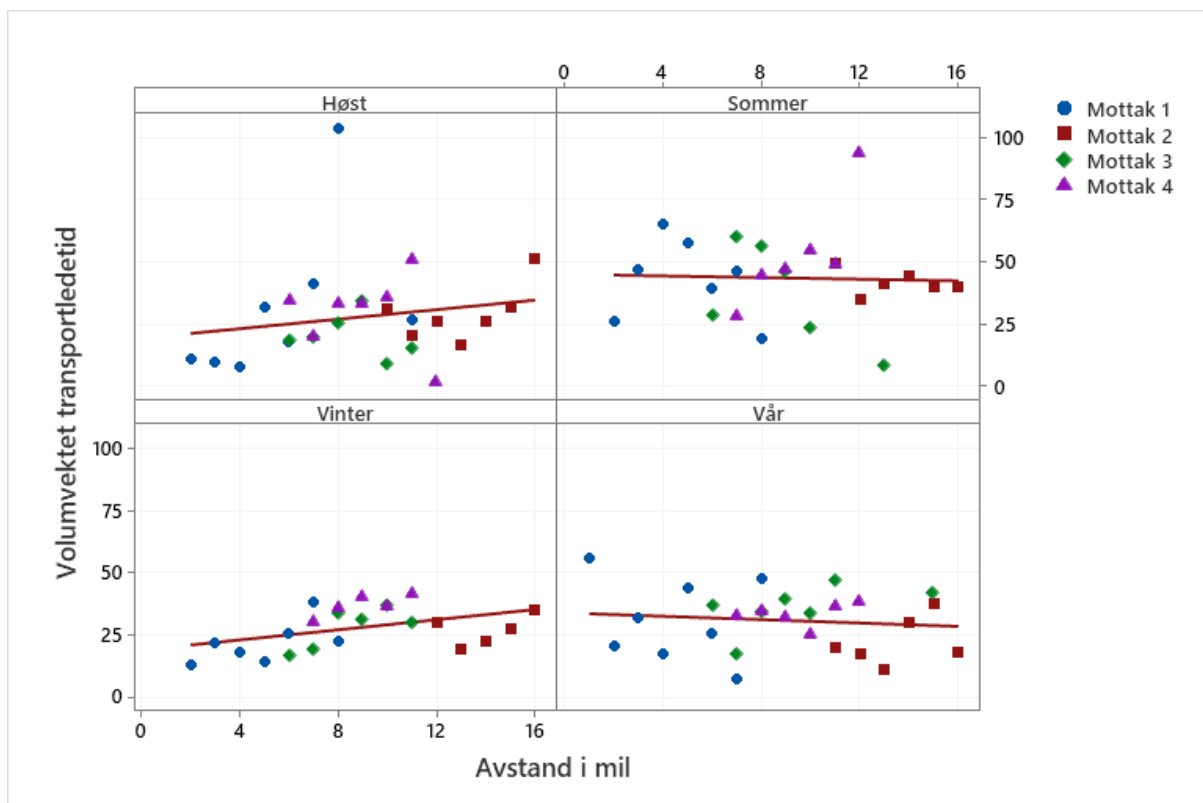
Tabell 10. Sesongvariasjoner for gjennomsnittlig TLT<sub>v</sub> for massevirke for hver region med den prosentvise endringen mellom velteplasser ved offentlig veg og skogsbilveg. Høyeste prosentvise endring for hver kategori er uthevet. Tallene er basert på årene 2018-2021

Region	Sesong Transportklart	Gjennomsnittlig TLT <sub>v</sub> for massevirke lagt ved		Prosentvis endring
		Offentlig veg	Skogsbilveg	
Nord-Vest	Vår	28	23	-19 %
	Sommer	16	22	<b>42 %</b>
	Høst	19	19	0 %
	Vinter	22	20	-7 %
Nord-Øst	Vår	21	21	0 %
	Sommer	27	30	11 %
	Høst	33	27	-18 %
	Vinter	18	22	<b>25 %</b>
Sør-Vest	Vår	31	26	-16 %
	Sommer	42	53	<b>26 %</b>
	Høst	30	26	-13 %
	Vinter	25	28	11 %
Sør-Øst	Vår	23	24	5 %
	Sommer	28	37	<b>33 %</b>
	Høst	30	29	-5 %
	Vinter	20	25	24 %

### 3.2.4 Avstand til mottak

Figur 19 viser hvordan transportledetiden varierer per sesong for fire ulike mottak ut fra avstand for regionen Sør-Vest. Det ble fokusert på de lange ledetidene for Sør-Vest på bakgrunn av den store variasjonen i ledetiden på våren og sommeren for massevirket som vist i figur 9.

På vinteren ser man en tydelig trend der transportledetiden øker med økt avstand. Den samme trenden ser man også på høsten. De lengste gjennomsnittlige transportledetidene var på sommeren. Den høyeste R-Sq var på vinteren og 3% på høsten.



Figur 19 Sesongvariasjon for gjennomsnittlig TLTv mot avstand til fire ulike massevirkemottak i Sør-Vest. Basert på årene 2018-2021.

### 3.3 Steg 3: Verifisering av hovedårsaker til lange ledetider og tiltak

I dette delkapittelet vil kvalitativ data fra intervjuer med transportlederne bli presentert for å verifisere funn fra steg 1 og 2. Spørreundersøkelsen er vedlagt i vedlegg A.1.

#### 3.3.1 Overholdelse av sesongkrav

I svarene om hvor gode transportlederne var til å overholde sesongkravene knyttet til transportledetidene for sagtømmer og massevirke ble det i stor grad kommentert at det var vanskelig å holde seg innenfor kravene på 2 uker på sommeren og 4 uker på vinteren. Spesielt i regionen Sør-Vest og Nord-Vest ble det kommentert at det var vanskeligere å transportere sagtømmer innenfor ledetidkravet enn det var for massevirke, og at kravene på vinteren var mer problematisk enn for sommeren. For Nord-Vest og Sør-Vest var det like vanskelig å holde seg innenfor ledetidkravene på vinteren både for sagtømmer og massevirke (tabell 11).

Tabell 11. Oversikt over svarene fra transportlederne om hvordan de mente de greide å holde seg innenfor ledetidkravene på sommer- og vintersesongen. (Helt enig = 1/Helt uenig = 5)

<b>Ledetidkrav</b>	<b>Transportleder i Nord-Vest og Sør-Vest</b>	<b>Transportleder i Nord-Øst</b>	<b>Transportleder i Sør-Øst</b>
<b>Massevirke på sommeren</b>	3	2	3
<b>Sagtømmer på sommeren</b>	3	3	2
<b>Massevirke på vinteren</b>	5	2	3
<b>Sagtømmer på vinteren</b>	5	3	2

### 3.3.2 Drivere for lange ledetider

Ifølge transportlederen i Nord-Vest det overproduksjon i forhold til leveringsplaner som ble sett på som den viktigste årsaken til lange ledetider. Deretter var det for trange velteplasser som gjorde at man måtte omprioritere transport for å ikke «tette igjen» veger. For dårlige veger og leveringsstopp på mottak påvirket også transportledetiden. Sistnevnte årsaker omhandlet i stor grad massevirket ifølge respondenten.

I Sør-Vest var det lav bæreevne under barmarkssesong den viktigste årsaken til lange ledetider, etterfulgt av overproduksjon i forhold til leveringsplaner. Dårlige veger og dårlige velteplasser ble også nevnt som viktige faktorer som påvirket ledetiden.

I Nord-Øst var det leveringsstopp på mottak som var den viktigste årsaken for lange transportledetider. Dette etterfølges av manglende tele i vinterperioden og for lav bæreevne i barmarkssesongen i perioder med mye nedbør. Etter dette kommer avstand til mottak opp som en faktor for lange ledetider.

I Sør-Øst var stengte offentlige veger i perioden med teleløsning det største problemet for transportledetidene. Leveringsstopp på mottak, store veglagre på våren og manglede tele i skogsbilvegnettet var andre faktorer som har bidratt til lange ledetider.

For den generelle tilgjengeligheten innenfor sine respektive regioner mente respondentene at det var vegene som var problematiske, og ikke nødvendigvis forskjell i tilgjengelighet etter hvor tømmeret geografisk ble transportert fra. Dette skyldes både at vegvesenet senket bruksklassen for fylkesvegene i teleløsningen, i tillegg til at kommunen senket bruksklassen for de kommunale vegene. Det kom også frem at det var økte krav for skilting da man la virke langs fylkesveg, noe som skapte mer jobb for å omplassere disse skiltene når virke skulle transporteres. Oversikt over respondentenes svar på hva de fire viktigste faktorene som driver lange ledetider er gitt i tabell 12.

Tabell 12. Oversikt over respondentene sine svar på hva de fire viktigste faktorene som driver lange ledetider rangert fra mest til minst viktig.

<b>Rangering</b>	<b>Transportleder i Nord-Vest</b>	<b>Transportleder i Sør-Vest</b>	<b>Transportleder i Nord-Øst</b>	<b>Transportleder i Sør-Øst</b>
<b>1</b>	Overproduksjon i forhold til leveringsplaner	Lav bæreevne under barmarkssesong	Leveringsstopp på mottak	Dårlig tilgang på offentlige veger i teleløsningen
<b>2</b>	For trange velteplasser	Overproduksjon i forhold til leveringsplaner	Lav forekomst av tele under vinterperioden	Leveringsstopp på mottak
<b>3</b>	Leveringsstopp på mottak	For dårlige skogsbilveger	Lave bæreevne under barmarkssesong	Høy avvirkningstakt på vinteren som skaper store veglagre
<b>4</b>	For dårlige skogsbilveger	For trange velteplasser	For lang avstand til mottak	Restriksjoner på akseltrykk på offentlige veger på våren

### 3.3.3 Tiltak for å redusere lange ledetider

Når det gjaldt tiltak hos leverandøren mente respondentene at for å få en kortere transportledetid burde det være bedre samsvar mellom produksjon og leveringsplaner, bedre merking av sortiment og bedre lunning slik at transportørene enklere fikk plukket med seg alt tømmeret og ikke etterlot noe. God og nøyaktig informasjon var viktig for å senke andelen bomturer og senke andelen avvik.

Når det gjaldt tiltak hos transportorganisasjonen var det å ha nok transportkapasitet i perioder med høy produksjon et viktig tiltak, i tillegg til å planlegge godt for å få transportert alt tømmeret fra driftene systematisk.

Når det gjaldt tiltak hos transportøren var det viktig at utstyret var i orden, i tillegg til gode rutiner for skiftkjøring i perioder med mye aktivitet. Det å følge opp drifter og kjøre de ferdige slik det ikke blir liggende igjen små volumer mellom nest siste og siste transport som kunne ha blitt samkjørt med annet virke ble trukket frem som viktig.

Når det gjaldt tiltak hos mottakeren var det viktig at innkjøpt volum samstemte med volum som gikk ut fra mottak/terminal, eventuelt å få økt kapasitet til å ta imot virke som ble transportert. Det å ha lengre åpningstid for innmåling av tømmer og kutte lossetiden ble også trukket frem som tiltak.

Strøing, brøyting og generell tilrettelegging av skogsbilvegene var viktig i hele studieområdet. Dette er viktig for å ha alle områder tilgjengelig i vinterperioden. Statens Vegvesen og kommunene senker akseltrykket for fylkesveger og kommunale veger i teleløsningen, og for Nord-Vest, Sør-Vest og Sør-Øst er dette et større problem enn for Nord-Øst.

Et annet funn fra intervjuene var at presise transportklarmeldinger vil gjøre arbeidet enklere med planlegging av samkjøring ulike sortimenter.

## 4. Diskusjon

*I dette kapittelet vil resultatene fra steg 1,2 og 3 diskuteres. Deretter diskuteres metodevalg knyttet til stegene.*

### 4.1 Resultat

#### 4.1.1 Steg 1: Kartlegging av variasjon i transportledetider

I figur 1 og figur 2 vises variasjonen i transportklart og transportert massevirke og sagtømmer etter Vadla & Wilhelmsen (1982). Selv om dette er en gammel studie ser man at det er prioritert å transportere sagtømmeret tidlig på våren, men at massevirket som er avvirket i samme periode ikke blir transportert før i september og oktober. I resultatdelen i figur 7 ser man at sagtømmeret blir jevnere transportert ettersom det blir meldt transportklart. Det er en jevnere transport av massevirke (figur 8) som blir transportert i dag i motsetning til hvordan det var på 80-tallet (figur 1). I tillegg ser man at sagtømmeret ligger godt innenfor 14 dager i de stipulerte grensene i figur 6.

I figur 5 og figur 6 ser man den kumulative andelen av de volumvektede transportledetidene for henholdsvis massevirke og sagtømmer som er innenfor de stipulerte grensene på 2 og 4 uker. En større prosentandel av sagtømmeret blir levert innenfor tidsfristene i motsetning til massevirket. Dette kan forklares med at virke som det stilles høyere krav til har en kortere transportledetid. Dette stemmer også overens med Puodziunas og Fjeld (2002) sin studie om forsyningskjedestrategier som viste at sortimenter med høy verdi ble prioritert.

Transportlederne forklarte ikke direkte at dette var årsaken til at sagtømmeret ble prioritert, men at det ikke var de samme stenging/åpnings-tidspunktene å forholde seg til som med massevirket.

For våren (1.april-30.juni) ser man i figur 5 og figur 6 at 58% sagtømmeret og 44% av massevirket har en ledetid innenfor den stipulerte grensen på 2 uker. Dette er tidspunktet der vegnettet er stengt grunnet teleløsning og det ligger mye virke på veglager som skal transporteres inn. Mye sagtømmer og massevirke spesielt i Sør-Vest lå «innestengt» i denne perioden og det blir ikke innkjørt før i juni måned (O. Bergfjord, personlig kommunikasjon, 25.05.2021). Dette forklarer den lave andelen av virke som leveres innenfor de stipulerte grensene i figur 5 og figur 6.



#### 4.1.2 Steg 2: Analyse av faktorene som driver lange ledetider

I resultatene i fra avvik-ID i figur 12 og figur 13 har klasse 1 og 2 nesten identiske trender gjennom året. Dette betyr at det er flere tilfeller av avvik-ID 2, men at de blir registrert feil slik at man ikke får oversikt over det faktiske antallet som tilhører avvik-ID 1. Av resultatene i figur 12 og figur 13 får man likevel en indikasjon på hvordan avvikene påvirker transportledetiden.

For transportledetidene som ble koblet med avvik ser man at det er størst utslag for lange transportledetider med avvik-ID 2 (figur 13) på våren og sommeren for alle studieregionene (uke 12-36). Dette er i perioden med teleløsning og perioden med stengt vegnett i Sør-Vest. Trenden for avvik-ID 1 er tilsvarende som for avvik-ID 2 i Nord-Vest og Sør-Vest, noe som kan forklares med feilregistreringer av avvik hos transportør. For Sør-Øst forklares den lange ledetiden mellom uke 26-36 bløte veger som må tørke opp før videre transport. Dette står beskrevet i avviksmeldingene fra denne perioden. Før transporten blir gjenopptatt etter en avviksmelding er lagt inn må selgeren sin skogbruksleder melde ifra om at avviket er løst. Tilfellet er at innmeldingen ikke alltid blir gjort, noe som resulterer i at det tar tid før transporten blir gjenopptatt (Personlig kommunikasjon, O. Bergfjord, 25.05.2021)

I variasjonen i transportledetider for massevirke som er lagt i områder med løsmassekategori 1 og 2 er det størst variasjon for Sør-Vest og Sør-Øst (figur 16). Tabell 9 viser at den gjennomsnittlige transportledetiden for massevirke i Sør-Øst generelt er kortere for velteplasser i løsmassekategori 1 enn for løsmassekategori 2. Den minste variasjonen i transportledetid for massevirke mellom velteplasser med løsmassekategori 1 og 2 er på vinteren i Sør-Øst. Dette kan forklares med at det er kaldere temperatur som gjør at vegene fryser og blir mer stabile, uavhengig av jordart. I figur 15 ser man at det er større tetthet med punkter av løsmassekategori 2 i Sør-Øst.

Resultatene i figur 18 viser at ledetiden synker markant rundt uke 19 i Nord-Vest for massevirket som er lagt ved offentlige veger. Dette er rundt samme tidspunkt som akselrestriksjonene blir fjernet for kommunene i Nord-Vest. For Sør-Øst øker transportledetiden for massevirke frem til uke 28 for virket som er lagt ved offentlig veg. For massevirket med velteplass ved skogsbilveger er det ikke tilsvarende trend. Respondenten i

Sør-Øst bekreftet dette med å kommentere at det offentlige vegnettet var det største problemet for lange ledetider i regionen på våren.

I studien av Carlsson & Rönneqvist (2005) ble det presentert at det tradisjonelt avvirket mer tømmer sent på høsten, vinteren og tidlig på våren, noe som resulterer i store lagre. I studien til Skoog (2000) ble det konkludert med at økt lager gir økt ledetid. I resultatene fra respondentene kom det frem at det blir avvirket mer tømmer på vinteren og at det bygger seg opp et større veglager på våren. Etter de generelle kontrakts- og leveringsbestemmelsene til TFØ kan virke ligge 4 uker i perioden mellom 1.oktober og 31.mars, noe som gjør at en større andel av massevirket og sagtømmeret kan ligge på veglager innenfor disse 4 ukene. I teleløsningen med nedsatt akseltrykk på offentlige veger og stengte mottak «stopper» transporten opp, og det blir en lang transportledetid som ikke møter kravene på 2 uker ledetid mellom 1.april og 30.september. Dette ser man for massevirke i figur 9 i alle regionene mellom uke 13 til uke 30.

#### 4.1.3 Steg 3: Verifisering av hovedårsaker til lange ledetider og tiltak

I intervjuene ble det trukket frem at for å redusere de lange ledetidene må man blant annet ha et større samsvar mellom produksjon- og leveringsplaner og inngående og utgående volum på industri/terminal. I Carlsson & Rönneqvist (2005) ble det satt en arbeidsgruppe for å se på tiltak for å redusere transportledetiden. Videre beskrev Carlsson & Rönneqvist at de måtte i større grad koordinere virkesforsyningen fra skogen og frem til kunden for å senke transportledetiden.

Utfordringer med høy produksjonstakt på vinteren og lavere etterspørsel gjør at det blir et overskudd av massevirke og sagtømmer som blir liggende lenger på veglager. Kalde vintre gjør det mulig å la virket ligge lengre uten at det forringes i noen særlig stor grad i denne perioden. Resultatene fra respondentene viste at utfordringer med kapasitetsmangel på vinteren og teleløsning på våren skapte store utfordringer for å få levert virke innenfor kravene.

## 4.2 Metode

### 4.2.1 Steg 1: Kartlegging av variasjon i transportledetider

I steg 1 ble grunnlagsdata renset for alt av negative volumer, feilregistreringer og rader som manglet betydningsfull data (mottak, avstand, velteplasskoordinater med mer.). Etter dette gjensto det 12756 individuelle ordrebok-ID-er som hadde en jevn fordeling av massevirke og sagtømmer fordelt utover studieområdet (figur 15). Dataen ble sortert slik at man hadde en felles transportklardato og fraktbrevdato per ordrebok-Id. Datasettet hadde store variasjoner i antall transportklarmeldinger registrert for de ulike sortimentene og dermed var det beste å samle de i kategoriene sagtømmer og massevirke. Studien ble dermed preget av at man ikke får studert de enkelte sortimentet hver for seg med de resultatene man kunne ha fått ut av det. Et samlet datasett som kun er delt i massevirke og sagtømmer vil likevel gi en indikasjon på hvordan de generelle variasjonene i transportledetider varierer.

Det var en variasjon på tømmervolumet som ble meldt transportklart og det som ble transportert til terminal/industri. Volumvariasjonen var på 2,5%, noe som er mindre enn det Tofte (2020) fikk.

Den volumvektede transportledetiden sier ikke noe om hvor mange transporter som ble kjørt per ordrebok-ID eller volumet som har blitt transportert. Den sier kun noe om tiden mellom det vektete snittet av volumet har blitt meldt transportklart og transportert. Denne formen for transportledetid gir likevel en god indikasjon på virkeligheten og er brukt i både Tofte (2020) og Skoog (2000).

Transportledetiden fra første transportklarmelding til første transport ( $TLT_{Start}$ ) og transportledetiden fra siste transportklarmelding til siste transport ( $TLT_{Slutt}$ ) visualiserer hvordan tømmertransporten varierer gjennom året, og er mer brukt som støtte for visualiseringen av den volumvektede transportledetiden. Respondentene i steg 3 kommenterte at det kunne forekomme små «klatter» med virke som kunne bli liggende lenge. Dette kunne ha vært samlastet med noe annet, men fordi det ikke ble meldt inn tidnok forekom det at man måtte kjøre unødvendige turer. Dette gjør at  $TLT_{Slutt}$  blir kunstig overestimert.

Resultatene fremstilt i steg 1 viste tydelig at transport av sagtømmer ikke hadde lange ledetider og fokuset for analysene ble derfor på massevirke. Unntaket er TLT<sub>v</sub> med avvik som både inkluderte både sagtømmer og massevirke.

#### 4.2.2 Steg 2: Analyse av faktorene som driver lange ledetider

I steg 2 ble transportledetidene med avviksmeldinger brukt for å analysere påvirkningen av variasjon gjennom året. Etter å ha gjennomgått avvikene som var koblet til transportledetidene forkommer det flere ganger at avvik tilknyttet klasse 2 dukker opp i klasse 1 og motsatt.

Transportledetidene (TLT<sub>v</sub>) som er brukt i denne oppgaven er volumvektet og sett på for dager og ikke per time. Dette gjør at eventuelle avvik som øker ledetidene med timer ikke slår nok ut til at man ser noen variasjon for transportledetiden når man bruker lowessmoothe over et år. Av den grunn ble ikke avviks-ID 3,4 og 5 tatt med i resultatene.

De ulike transportledetidene som ble analysert i QGIS og fremvist med ulike løsmasser og veger tilknyttet velteplassen kan inneholde feil. Dette er fordi vegene ikke nødvendigvis består av de samme løsmassene som befinner seg i bakken, men tilkjørte masser som er bedre egnet for å brukes til vegbygging.

For analysene av løsmassekategorier ble disse kategorisert ut ifra fire infiltrasjonsklasser som forteller noe om permabiliteten, jorddybden og jordtypen i området som velteplassen ligger. Det å dele kategoriene videre fra fire til to gir en oversikt over hvordan transportledetiden varierer med løsmasser, men ikke på detaljert nivå som definerer jordart isolert sett. Dette skyldes at kartdataen er veldig grovt inndelt etter løsmasstype. Det vil være størst variasjon for moreneavsetningene som varierer med innhold fra leire til stein og blokk og dybde fra 0,5 m til flere titalls meter (NGU, 2015, s.27).

For variasjonen i transportledetiden for hvilken veg velteplassene sokner til er det også noen skjulte feil. I tilfeller der andre veger svinger mye og kommer nærmere velteplassen, kan dette gjøre utslag for NN-join-funksjonen i QGIS. Programmet tolker dette som at feil veg er nærmest velteplassen, selv om dette ikke er tilfellet og koblingen blir dermed feil. Det ble

også observert tilfeller der det ikke var registrert noen veg i kartdataen ved velteplassen og NN-join koblet seg på den nærmeste vegen som viste seg å være feil.

#### 4.2.3 Steg 3: Verifisering av hovedårsaker til lange ledetider og tiltak

I steg 3 ble det gjennomført intervjuer av transportlederne. En svakhet er at det kun er transportlederne som er intervjuet. Ved å gjennomføre intervjuer av transportører ville man hatt et større grunnlag å verifisere funn fra steg 1 og steg 2. Det kan være variasjoner i hva en transportleder eller transportør opplever som viktige årsaker for lange transportledetider. Dette går på validiteten og relabiliteten. Relabiliteten kan være svekket hvis man hadde fått andre svar i fra transportørene om f.eks. hva som påvirker transportledetidene mest for de ulike regionene.

Steg 2 kunne ha vært gjennomført før steg 3. Ved å endre rekkefølgen på stegene ville man ha fått faktorene som forårsaker lange transportledetider før man hadde begynt analysen. Dette kunne ha skapt et bedre grunnlag for hvilke analyser man burde gjøre for de ulike studieområdene. Ved å gjøre dette ville analysen vært med å bekrefte eller avkrefte hvilke årsaker og bakenforliggende faktorer som påvirker lange ledetider i stor eller liten grad.

## 5. Konklusjon

Steg 1 av studien viste at andelen sagtømmer som blir levert innenfor de stipulerte grensene var høyere enn for massevirket. Andelen sagtømmer som var innenfor den stipulerte grensen var 58% mellom 1.april og 30.juni og 74% mellom 1.juli og 30.september og 89% mellom 1.oktober og 31.mars. For massevirke var andelen innenfor den stipulerte grensen på 44% mellom 1.april og 30.juni, 43% mellom 1.juli og 30.september og 75% mellom 1.oktober og 31.mars.

Steg 2 av studien viste at våren og sommeren var de mest kritiske periodene for lange ledetider for massevirke, spesielt i regionen Sør-Vest og Sør-Øst. Studien viste også at ledetiden var kortere for massevirke som var lagt ved offentlig veg på sommeren i alle regionene, sammenlignet med ledetidene for virke som var lagt ved skogsbilvegene. I Sør-vest på sommeren var gjennomsnittlig ledetid for massevirke der veltplassene lå i områder med jordarter med dårlig permeabilitet som silt og leire (løsmassekategori 2) 59 dager, sammenlignet med 42 dager for jordarter med god permeabilitet som sand og grus (løsmassekategori 1). I Sør-Øst var de tilsvarende tallene for løsmassekategori 2 37 dager og 29 dager. For sommeren i Nord-vest, Nord-øst, Sør-vest og Sør-øst var gjennomsnittlig ledetid henholdsvis 6, 3, 11, og 9 dager kortere for massevirke lagt ved offentlig veg sammenlignet med skogsbilveg.

Steg 3 av studien viste at transportlederne selv mente de ikke alltid greide få transportert sagtømmer og massevirke innenfor sesongkravene for transportledetiden, noe som samsvarte med funnene i steg 1 og 2. Massevirket som skulle transporteres på våren hadde man størst utfordring med å få levert innenfor kravene. De viktigste årsakene til lange ledetider var ifølge transportlederne overproduksjon i forhold til leveringsplaner, leveringsstopp av massevirke på terminaler, manglende vegvedlikehold for skogsbilveger og restriksjoner på akseltrykk for offentlige veger i teløsningen.

Studien viser at det er viktig med en god koordinering i planer mellom de ulike leddene i virkesforsyningen for å sikre både korte transportledetider og tilstrekkelig kapasitet til å motta tømmer på terminaler/industri.

## Referanser

- Almås, Åsgeir Rossebø. (2019) Jord: Store norske leksikon. Hentet fra: <https://snl.no/jord> (lest 26.05.2021)
- Chopra, S. (2019). Supply Chain Management (7.utg.) Pearson Education Limited.
- 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.
- Dahlum, Sirianne (2021). Validitet: Store norske leksikon. Hentet fra: <https://snl.no/validitet> (lest 25.05.2021)
- Fjeld, D. & Dahlin, B. (2017). Nordic logistics handbook - Forest operations in wood supply. *Sveriges Lantbruksuniversitet, Helsinki University*.
- Gjerstadberget & Sannes. (2014). Mjøsen Skog & Fylkesmannen i Oppland 2012. *Registrering av skogsbilveier i Oppland*. (Rapport for Oppland) Hentet fra: <https://www.statsforvalteren.no/>
- Glommen Mjøsen. (2019). Om oss. Hentet fra: <https://www.glommen-mjosen.no/om-oss/> (lest 13.03.2021)
- Grønmo, Sigmund (2020). Kvalitativ metode: Store norske leksikon. Hentet fra: [https://snl.no/kvalitativ\\_metode](https://snl.no/kvalitativ_metode) (lest 25.05.2021)
- Holaker, T. & Uthushagen, T. (2015). *Tilstandsregistrering skogsbilveger i Hedmark – 2017*. (Fylkesmannen i Hedmark 4/2016). Hentet fra: <https://www.statsforvalteren.no/>
- Hovi, I.B., Madslie, Anne., Trømborg, E., Sjølie, H.K., Solberg, B., Veisten, K. (2008). *Virkninger av endrede transportkostnader for skogbruk, skogindustri, distriktene og miljøet* (TØI rapport 949/2008). Hentet fra: <https://www.toi.no>
- Jørgensen, P. (1977). Some properties of Norwegian tills. *Boreas* 6. s 149-157.
- Landbruks- og matdepartementet. (2017) Verdier i vekst. *Konkurransedyktig skog- og trenæring*. Meld. St. 6 (2016-2017). Hentet fra: <https://www.regjeringen.no> (lest 04.05.2021).
- Lindström, J. & Fjeld, D. (2014). A process perspective on the timber transport vehicle routing problem. *Journal of Green Engineering*, 4: 291-306.
- Minitab. (2021). *Minitab*. Hentet fra: <https://www.minitab.com/en-us/products/minitab/> (lest 31.05.2021).

- Norges geologiske undersøkelse. (2015). Produktspesifikasjon: ND\_Løsmasser, versjon 3.0. Oslo: NGU. Hentet fra: <https://www.ngu.no/> (lest 27.05.2021)
- Puodziunas & Fjeld. (2002). Evaluation of supply chain strategies in Lithuanian Forest Enterprises: a case study. *Baltic Forestry* 8(2): 64-70
- Quantum GIS. (2021). QGIS User Guide. Documentation QGIS 3.16. Hentet fra: <https://docs.qgis.org/3.16/en/docs/index.html> (Lest 13.05.2021)
- Quantum GIS. (u.å). QGIS Python Plugins Repository. NN join. Hentet fra: <https://plugins.qgis.org/plugins/NNJoin/> (lest 13.05.2021)
- Statistisk sentralbyrå. (2020). Rekordhøy tømmerhogst. Hentet fra: <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/artikler-og-publikasjoner/rekordhoy-tommerhogst> (lest 13.03.2021)
- Statistisk sentralbyrå. (2021, 13. august) Hentet fra: <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/skogbruk/statistikk/skogavvirkning-for-salg> (Lest 03.05.2021)
- Statistisk sentralbyrå. (2021a). Avvirkning for salg (1000 m<sup>3</sup>), etter virkesgruppe, statistikkvariabel og år. Hentet fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/08979/chartViewColumn/> (Lest 04.05.2021)
- Statistisk sentralbyrå. (2021b). kvartalsvis import og eksport av tømmer. Kubikkmeter. Hentet fra: <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/skogbruk/statistikk/skogavvirkning-for-salg> (Lest 04.05.2021)
- Sannes B. (2015). *Skogsbilveg mobilisering i Gjøvik-Toten*. Sluttrapport. Prosjektrapport utgitt av Mjøsen Skog Sa, Lillehammer. Nett. Hentet fra: <https://www.glommen-mjosen.no>
- Stabbetorp, H. (2009). *Jordsmonn, klima og andre forutsetninger for kvalitetsproduksjon av mat på Toten*. (Bioforsk rapport 4(71) 2009) Hentet fra: <https://nibio.brage.unit.no/> (lest 27.05.2021)
- Statens Vegvesen. (2021). *Transport av tømmer*. Hentet fra: <https://www.vegvesen.no/kjoretoy/yrkestransport/veglistre-og-dispensasjoner/tommer> (Lest 24.05.2021).
- Skoog, E. (2000). Leveransprecision och ledtid – två nyckeltal för styrning av virkesflödet. Masteroppgave, SLU.
- Svartdal, Frode. (2020) Reliabilitet: Store norske leksikon. Hentet fra: <https://snl.no/reliabilitet> (lest 25.05.2021)



Tofte O. (2020). Modellering av effekter på av transportledetider på massevirkets ferskhet i Trøndelag. Masteroppgave, NMBU.

Vadla, K. & Wilhelmsen, G. (1982). *Virkesbehandling*. [2. utg.]. utg. Oslo: Landbruksforl.

Zilo, T. (2013). Reducering av transportledtid för lövtimmer och brännved genom samtransport med andra sortiment. Masteroppgave, SLU.

## Vedlegg

### A.1 Spørreundersøkelse til transportledere

## Transportledetider – Mulige årsaker og tiltak.

### 1. Bakgrunnsinformasjon om transportlederne

Spørsmål	Svar (tall)
Hvor mange år har du jobbet som transportleder?	
Hvilken region er du ansvarlig for?	
Hvilke mottak er det du styrer tømmertransport til?	
Hvor mange lastebiler er det du styrer til enhver tid?	

### 2. Overholdes ledetidkravene?

Påstand	Helt enig = 1 / helt uenig = 5
Jeg greier å holde ledetidkravet til sagtømmer på vinteren	
Jeg greier å holde ledetidkravet til sagtømmer på sommeren	
Jeg greier å holde ledetidkravet til massevirket på vinteren	
Jeg greier å holde ledetidkravet til massevirke på sommeren	

### 3. Faktorer som driver lange ledetider

Faktorer som driver lange ledetider	Rangere fra viktigst (1) til minst viktigst (11)	Kommentar, begrunnelse
Sortiment		
Lav bæreevne under barmarkssesong		
Lav forekomst av tele i vegen under vinterperioden		
For lav vegstandard (Skogsbilveger)		
Manglende vegvedlikehold (Skogsbilveger)		
For dårlige velteplasser		
Mulighet til å levere til offentlig veg		
Leveringsstopp på mottak		
For lang avstand til mottak		
For lav transportkapasitet		
Andre faktorer (Spesifiser)		
<b>Geografiske områder</b>	<b>Hva karakteriserer disse?</b>	<b>Hvor finnes de?</b>
Beskriv områder som alltid er tilgjengelig innenfor din geografi?		

Beskriv område som sjeldent er tilgjengelig innenfor din geografi?		
--	--	--

#### 4. Tiltak for å redusere lange ledetider

Tiltak for å redusere lange ledetider	Tekstsvart
Hos leverandøren	
Hos transportorganisasjonen	
Hos transportøren	
Hos mottakeren	
Hos andre	



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

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway