

**Mulighetsstudie:**  
**Utviklingstiltak och implementeringsscenarior**  
**för att reducera transportkostnader**

**- Faglig sammendrag 2015 (Fase I og II)**

Dag Fjeld og Dag Skjølaas



Referanse: Kostnadsreduksjoner innen videretransport (14/71942)

***Utviklingsfondet for skogbruket***  
***Skogtiltaksfondet***

# Mulighetsstudie: Utviklingstiltak og implementeringsscenarioer for kostnadsreduksjoner innen tømmertransport

## Prosjekt mål

Prosjektets hovedmål var å kvantifisere potensielle kostnadsreduksjoner i tømmertransport fra skog til industri, og vurdere implementeringsscenarioer.

**Fase I** tar utgangspunkt i regionale transportforutsetninger og evaluerer potensielle utviklingstiltak.

**Fase II** modellerer potensielle kostnadsreduksjoner for prioriterte tiltak og bedømmer gjennomføringsmuligheter hos interessentene.

## Gjennomførte studier

I Fase I gjennomførtes 4 delstudier som dannet grunnlag for en fordypet delstudie i Fase II (Tabell 1). Delstudie 1 og 3 gjelder tømmertransport med lastebil. Delstudie 4 og 5 gjelder tømmertransport med jernbane. Delstudie 2 omfatter tømmertransport med både lastebil og jernbane.

**Tabell 1.** Gjennomførte delstudier (Fase I og II).

Fase	Delstudie	Region	Material
I	<b>1. Regional oversikt - tømmervogntogstyper</b>	Trøndelag, Hedmark-Oppland, Agder-Telemark	7 firma (1-6 tømmerbiler/firma)
	<b>2. Regional oversikt – transportstyring</b>	Trøndelag, Hedmark-Oppland, Agder-Telemark	4 transportorganisasjoner (2 respondenter/organisasjon)
	<b>3. Mer effektiv tømmerflyt med virkesbytte</b>	Hedmark-Oppland	3 sagbruk (1 måneds leveranser)
	<b>4. Kostnadsmodellering av avstand mellom jernbaneterminaler</b>	Hedmark-Oppland	3 mottagere av massevirke (1 måneds leveranser)
II	<b>5. Optimal lokalisering av jernbaneterminaler</b>	Hedmark-Oppland-Akershus	3 mottagere av massevirke (1-3 års leveranser)

*Delstudie 1* – Gitt maksimal tillatte totalvekt for tømmervogntog, er egenvekt den faktor som har størst betydning for transportkostnader. Derfor fokuseres det i delstudie 1 på å kvantifisere variasjon i egenvekt og de faktorer som ligger bak. En spørreundersøkelse ble utviklet i samarbeid med Norges lastebileierforbund (NLF), og denne ble testet med 7 respondentfirmaer. Resultatene ble analyserte med Principal Component Analysis (PCA) for å kartlegge sammenheng mellom regionale forutsetninger, valg av material/komponenter og egenvekt.

*Delstudie 2* – Tidligere nordiske studier av planlegging av tømmertransport viser at det er mange beslutninger som har betydning for transportkostnader. I første omgang var det derfor viktig å kartlegge praksis i norsk transportstyring for å bedømme hvilke punkter som var mest relevante å fokusere på. Etter forslag fra referansegruppen ble det gjennomført en kartlegging av transportstyringsaktiviteter hos 4 organisasjoner: 2 rendyrkede transportorganisasjoner og 2 andre (henholdsvis leverandør- og kundeorganisasjoner). I tillegg ble integrasjon med leverandørens produksjonsstyring kartlagt for begge rendyrkede transportorganisasjoner. Metoden som ble brukt var standard prosesskartlegging. To respondenter ble intervjuet per transportorganisasjon.

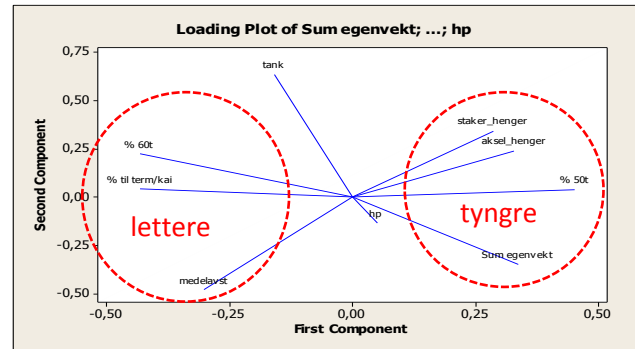
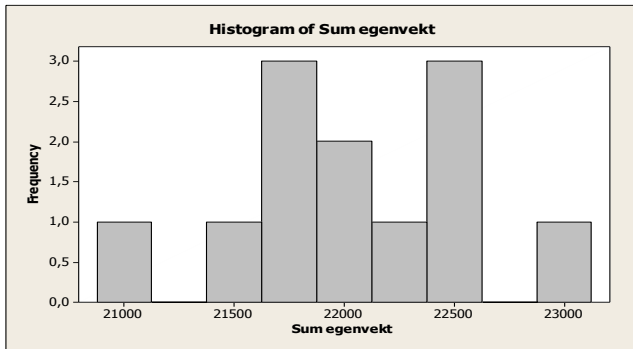
*Delstudiet 3* – Tidligere studier av transportplanlegging viser at både planlegging av virkestrømmer (destinering) og utnyttelse av returmultipliciteter er viktig for transportkostnadene. Under gjennomføringen av delstudie 2 ble det registrert et sterkt fokus på utnyttelse av returer i praksis, men det ble også påpekt at det kan forekomme visse forretningsmessige hindre for å få til en rasjonell fordeling av virke mellom alternative mottagere. Derfor ble det valgt å rette fokus på planlegging av virkestrømmer i delstudie 3. Utfordringen skulle kunne håndteres på to måter: enten gjennom utvikling av forretningspraksis for bytte mellom leverandører/mottagere (s.k. virkesbytte), eller gjennom bedre destinering av virke hos den enkelte leverandør/mottager. Etter forslag fra prosjektets referansepersoner fokuserte delstudie 3 på ett case-studie av potensiale for kostnadsreduksjoner gjennom bedre fordeling av virke gjennom virkesbytte. Etter tillatelse fra 3 nærliggende sagbruk i Oppland og Hedmark ble data innsamlet for én måneds leveranser. En enkel optimeringsmodell for omfordeling av virke ble utviklet for å minimere de totale transportkostnadene for leveranser til alle 3 sagbruk. Resultatene for ulike kombinasjoner av virkesbytte ble sammenlignet med kostnader for de faktiske gjennomførte transporter for å estimere den potensielle kostnadsreduksjonen.

*Delstudie 4* – Å sikre avsetning av massevirke er avhengig av kostnadseffektiv jernbanetransport til større kunder. Kostnader for jernbanetransport er avhengig av den infrastruktur som er tilgjengelig og sammensetning av lok/vogner som det opereres med. Derfor ble det etablert et samarbeid med prosjektet *Effektiv tømmertransport med jernbane* (prosjektleder Dag Skjølaas, finansiert av Skogtiltaksfondet). Delstudie 4 består av en relativ enkel plan-geometrisk modellering av optimal avstand mellom tømmerterminaler. Modellen tar hensyn til inntransportkostnader med lastebil og håndteringskostnader på terminalen.

*Delstudiet 5* - Etter den innledende analysen av optimal avstand mellom tømmerterminaler i fase I, ba referansegruppen om at prosjektets fase II fokuserte på effekten av ulike tenkbare scenarier på transportkostnader for massevirke fra det sentrale Sør-Østlandet (igjen i samarbeid med *Effektiv tømmertransport med jernbane*). Datamaterialet ble innsamlet for ett års leveranser (2014) av gran- og furumassevirke fra Hedmark, Oppland og Akershus. Datamaterialet ble senere økt til å inkludere alle massevirkeleveranser for 2012, 2013 og 2014. En optimeringsmodell ble utviklet for å teste effekten som ulike scenarier for på utvikling av terminalstruktur, etterspørsel og energikilder (El/diesel). Modellen minimerer summen av kostnader for inntransport med lastebil og videretransport med jernbane, og er avgrenset til nedslagsområder for de 6 meste sentrale tømmerterminaler i SØ Norge. Analysen av transportkostnader forutsetter en fast kostnad per kubikk for terminalhandtering og bruker en linear solver. Modellen også kjørt med volum-avhengige handteringskostnader med en ikke-linear solver.

## Resultater Fase I og II

Delstudie 1 viste stor variasjon i tømmervogntogtyper. Egenvekter varierte fra 21 til 23 t, og det innebærer en variasjon i lastvekt fra 29 til 27 t på 50-t veier og 39 til 37 t på 60-t veier (Figur 1).

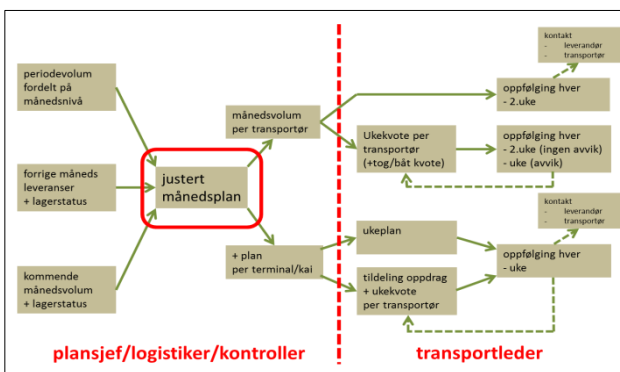


Figur 1. Variasjon i tømmervogntogenes egenvekt.

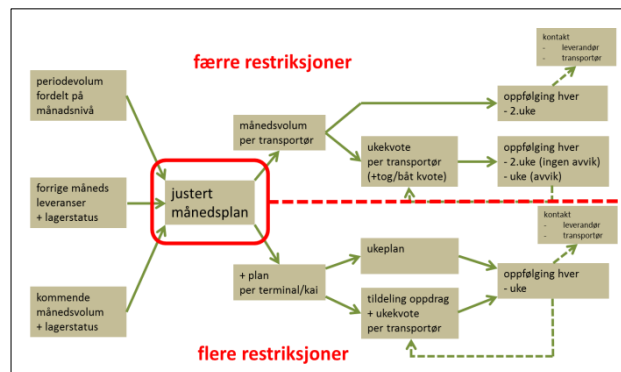
Figur 2. Klustering av tømmervogntogstyper etter PCA.

Figur 2 viser en foreløpig gruppering av tømmervogntogstyper etter PCA-analysen. To hovedgrupper fantes; den første med **lettere biler som kjører mer på 60 t veier** (til venstre, med lengre gjennomsnittlig transportavstand og større andel av last til terminal eller kai) og den andre med **tyngre biler som kjører mer på 50 t veier** (på høyre, ofte med 6 staker på henger, ev. 5 aksler på tilhenger). Det ble også registrert en tendens til større tanker i den første gruppen og større motorer i den andre gruppen. De fleste nyinnkjøpte biler (24/60t) hadde minst 700 hk. *Delstudiet fortsetter for å få bredere dekning og flere respondenter i prosjektets Fase III.*

Delstudie 2 gjennomførte en kartlegging av rutiner for transportstyring i praksis. Figur 3 viser alternative steg i arbeidet for logistikeren (som styrer månedens leveranser til mottagere) og transportlederen (som fordeler kvoter til transportører) på måneds- og ukesbasis. Ulike organisasjoner bygger på ulike inndata (til venstre), men felles for alle er en justert månedsplan etter avstemning med leverandører og mottagere. Basert på den justerte månedsplanlegger fortsetter arbeidet med allokering av månedsvolumer og ukekvoter til de enkelte transportører. Grad av presisjon for fordeling og oppfølging av kvoter varierer med organisasjonens situasjon; organisasjoner med flere leverandører og kunder (nederst på figur 4) har mer frekvent tildeling og oppfølging av oppdrag til transportører, og mer sentralisert planlegging av leveranser til jernbaneterminaler og kaier.

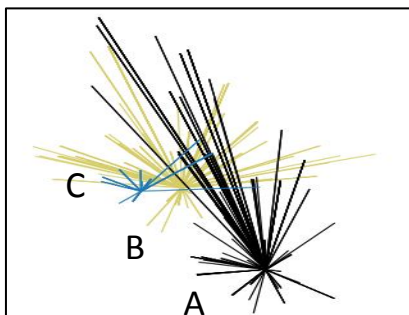


Figur 3. Alternativ steg i transportstyring (månedsnivå).



Figur 4. Inndeling av arbeidsflyt etter kompleksitet.

*Delstudie 3* fortsatte det planleggingssteget som var felles for alle organisasjoner i delstudie 2; månedsplan for tømmerflyt til alternative mottagere. For det utvalgte case-studiet ble det beregnet potensielle innsparinger av transportkostnader gjennom bedre fordeling av sagtømmer mellom sagbruk («virkesbytte»). Når alle 3 sagbruk kunne bytte virke mellom seg (kombinasjon 1), ble de totale kostnader redusert, men et sagbruk oppnådde større innsparing på bekostning av de andre 2. Der bare 2 sagbruk byttet med hverandre, gav 2 kombinasjoner en total besparing (kombinasjon 2 og 3), men bara én kombinasjon (kombinasjon 3) ga en gjensidig besparing for begge samarbeidende sagbruk.

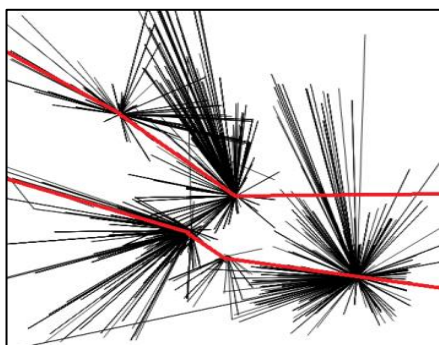


Kombinasjon for virkesbytte	Effekt på transportkostnader			Sum kostnader
	Sagbruk A	Sagbruk B	Sagbruk C	
1	-	+	+	-
2	-	+		-
3		-	-	-
4	-		+	ingen effekt

**Figur 5.** Geografisk tømmerflyt til tre sagbruk. **Tabell 2.** Kombinasjoner av virkesbytte som gav besparinger (-).

Den potensielle kostnadsbesparelsen innen denne konstellasjonen var 4 %. Dette kan sammenlignes med resultater fra tidligere studier som tilsier et potensiell på 2 % for 3 alternative mottagere. Konstellasjonen skulle egentlig inkludere 4 mottagere, men den fjerde var ikke villig å delta i undersøkelsen. *Delstudiet fortsetter med analyse av flere konstellasjoner i prosjektets Fas III.*

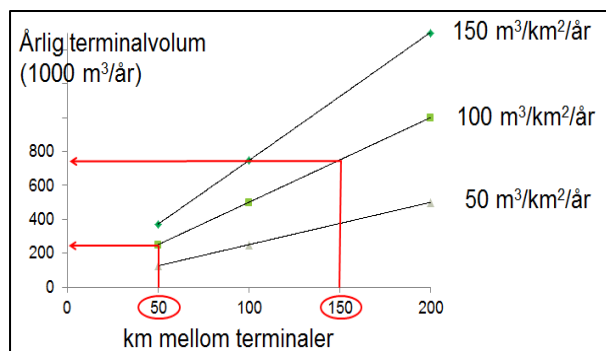
*Delstudie 4* gjorde en innledende modellering av effekten av avstand mellom jernbaneterminaler på totale transport- og håndteringskostnader på terminalene. GIS-analyser av én måneds leveranser til 3 mottagere belyste typiske mønstre for inntransport til tømmerterminaler.



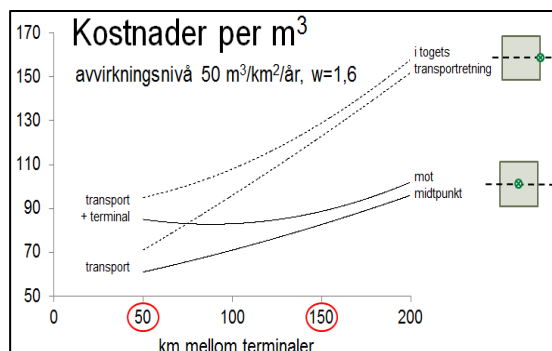
**Figur 6.** Eksempel på geografisk mønster for inntransport av massevirke til jernbaneterminaler (sorte streker) for én måneds leveranser til 3 industrier. Jernbanens kjøreretning (røde streker) er mot høyre.

Med utgangspunkt i regionale avvirkningsnivåer ( $\text{m}^3/\text{km}^2/\text{år}$ ) ble årlige terminalvolumer, transport-avstander og -kostnader modellert for ulike avstander mellom terminalene. Avstand mellom terminaler og utforming av nedslagsområdene avgjør gjennomsnittlig inntransportavstand- og kostnader. Samtidig, for en gitt avstand

mellom terminaler, avgjør regionens avvirkningsnivå hvor mange kubikkmeter de faste årlige terminalkostnader kan fordeles på (Figur 7). Med hensyn til summen av inntransport- og håndteringskostnader, varierer den optimale avstanden derfor med regionale forutsetninger. Høyere kostnader for jernbanetransporter motiverer inntransport i togets transportretning, og derfor en kortere avstand mellom terminaler (Figur 8).



**Figur 7.** Effekt av avstand mellom terminaler på årlig terminalvolum ( $m^3/\text{år}$ ).



**Figur 8.** Effekt av avstand mellom terminaler på totale transport og terminalkostnader ( $kr/m^3$ ).

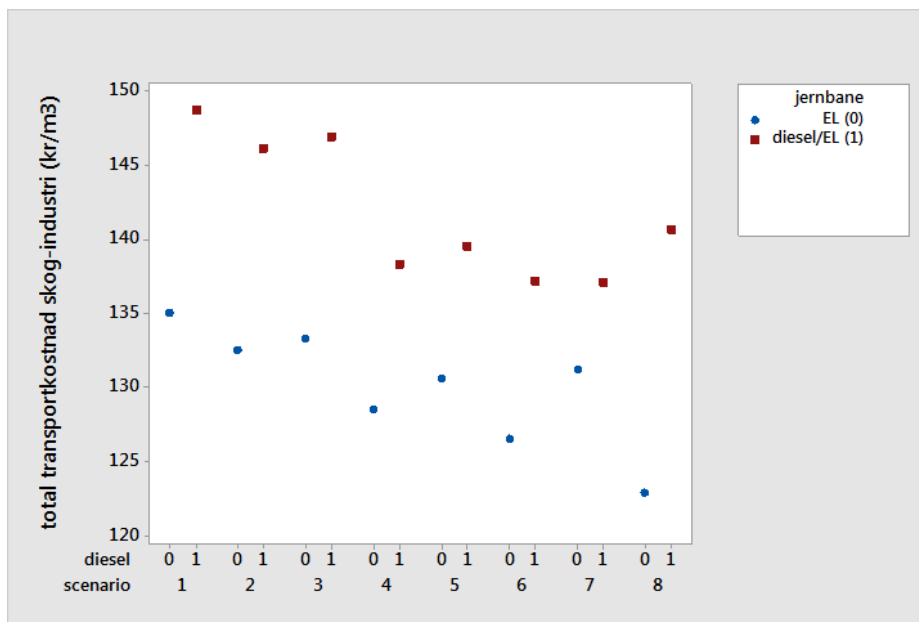
## Fase II

*Delstudie 5 - Framtidsscenarioene for jernbanetransport inkluderer endringer i terminalenes lokalisering og industriens etterspørsel (Tabell 3). Alle scenarioer ble testet både med dagens forutsetninger, der visse strekninger kjøres med diesel-lok, og framtidsmuligheter for full elektrifisering. Forutsatt sentrum for etterspørsel i Norge og Sverige var hhv. Sarpsborg/Halden og Karlstad. Scenarioene representerer alternative forutsetninger som ligger til grunn for en potensiell utvikling av transportkostnader fra skog til industri sammenlignet med dagens situasjon.*

**Tabell 3.** Scenarioer for tenkbar utvikling av forutsetning for jernbanetransport av tømmer i SØ Norge.

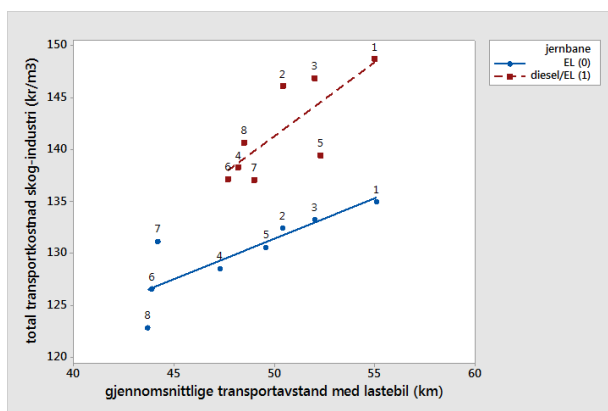
Scenario (Sc)	Beskrivelse	Antall terminaler i systemet
1	Basis-scenario (dagens situasjon)	5
2	Ny lokalisering av en sentral terminal	5
3	Sc2 minus en terminal i nord	4
4	Sc2 pluss en ny terminal i sør	6
5	Basis-scenario pluss en ny terminal i sør	6
6	Alle terminaler åpne med ubegrenset kapasitet	7
7	Sc6 med økt etterspørsel til Norge	7
8	Sc6 med økt etterspørsel til Sverige	7

En grafisk sammenstilling av sum transportkostnader per kubikkmeter for alle 8 scenarioer vises i Figur 9.

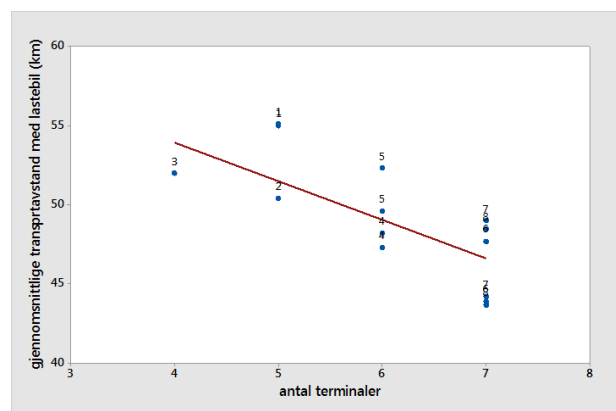


**Figur 9.** Potensiell utvikling av transportkostnader fra skog till industri basert på ulike framtidsscenarioer. Scenario 1 med diesel/EL representerer dagens situasjon. Scenario 7 representerer økt etterspørsel i Norge. Scenario 8 representerer økt etterspørsel i Sverige.

De hovedfaktorene som driver kostnadsutviklingen vises i Figur 10 og 11. I dagens situasjon skyldes kostnadsvariasjoner mellom scenarioer primært inntransportavstand med lastebil (Figur 10). På samme måte som for delstudie 4 drives reduksjon av inntransportavstand primært av antall terminaler i systemet. Figur 11 viser hvordan eventuell flytting av en terminal gir redusert inntransportavstand med samme antall terminaler. For 6 terminaler gir Sc4 redusert inntransportavstand og reduksjon i totale transportkostnader sammenlignet med Sc5 (for begge energikilder). For 5 terminaler gir Sc2 redusert inntransportavstand og reduksjon i totale transportkostnader sammenlignet med Sc1 (for begge energikilder). Både Sc2 og Sc4 baseres på ny lokalisering av en sentral terminal. I denne sammenheng er det interessant å sammenligne Sc4, Sc2 og Sc3 der alle 3 alternativer forutsetter flytting av den ene sentralterminalen, men at alternativene for øvrig har ulikt antall andre terminaler i systemet. Scenario 3 gav en relativ lav inntransportavstand i forhold till trendlinjen (Figur 10), men fremdeles høyere totale transportkostnader (Figur 9).



**Figur 10.** Sum transportkostnad (kr/m³) og inntransportavstand (km).



**Figur 11.** Inntransportavstand (km) og antal terminaler

Et viktig del av disse analysene er eventuell elektrifisering av visse strekninger som i dag kan bare betjenes av diesel-lok. I modellen forutsettes det ulike kostnadsfunksjoner for diesel-lok og EL-lok pga. lavere trekkraft og færre vogner der det må brukes diesel-lokomotiver. Uavhengig av terminallokalisering er det betydelige kostnadsforskjeller mellom scenarioer der det brukes diesel og scenarioer der det brukes elektrisitet (Figur 9). Men i dagens situasjon med bruk av diesel-lok på visse strekninger vil elektrifiseringen i visse scenarioer resultere i kortere gjennomsnittlig inntransportavstand til terminalene (Figur 10). Dette forekommer i scenarioer med flere frihetsgrader med hensyn till valg av terminal som Sc8, Sc7, Sc6 (7 terminaler, ubegrenset kapasitet) og Sc5, Sc4 (6 terminaler). For scenarioer med 5 og 4 terminaler (Sc1, Sc2, Sc3) hadde elektrifisering ingen effekt på gjennomsnittlig inntransportavstand til terminalene.

Ved å sammenligne scenario 7, 8 og 9 kan man få et innblikk i hvordan endret etterspørsel fra massevirkeindustrien i SØ Norge (Sarpsborg/Halden) og SV Sverige (Karlstad) kan påvirke transportkostnader. For dagens situasjon (diesel-lok på noen strekninger) resulterte ikke økt norsk etterspørsel i høyere transportkostnader (Sc6 vs Sc7). Derimot vil økt etterspørsel i Sverige (Sc6 vs Sc8) resultere i økte transportkostnader på grunn av lengre gjennomsnittlig avstand till kunden. Ved elektrifisering av alle strekninger blir transportkostnader redusert for alle tre scenarioer (Sc6, Sc7, Sc8). Reduksjonen ble minst ved økt norsk etterspørsel og størst ved økt svensk etterspørsel. Det henger både sammen med transportavstandene till de respektive mottagerne og at de strekninger som brukes av norsk industri allerede er elektrifisert.

## **Fase II - Gjennomføringsmuligheter hos interessentene**

Skogeierforbundet har engasjert seg i arbeidet med Nasjonal transportplan for perioden 2018-2029. Arbeidet har vært finansiert gjennom prosjektet *Effektiv virkestransport på jernbane* som er finansiert av Skogtiltaksfondet, og ledet av Dag Skjølaas som prosjektleder. Gjennom dette arbeidet er det sammen med Jernbaneverket gjennomført en prosess i 2015 der mange av aktørene i skognæringen har deltatt. De tema som er undersøkt i delstudie 4 og 5 har vært presentert og drøftet på møter på Follum 12. mai, i Skogeierforbundet 2. juli og på Kongsvinger 26. november. Både Jernbaneverket og de fleste brukerne av jernbane i skognæringen har vært tilstede på alle disse møtene. I tillegg har mange av aktørene deltatt på Jernbaneverkets 2 møter om godsstrategi der det ene møtet var vinklet direkte mot skognæringens behov. Møtene viser at Jernbaneverket har tatt hensyn til innspillene fra skognæringen.

Så langt har Jernbaneverket foreslått bygging av signalanlegg i tilknytning til terminalen på Vestmo som et av strakstiltakene som skal gjennomføres i 2016 og 2017. Videre har Jernbaneverket foreslått elektrifisering av strekningen Kongsvinger-Elverum-Hamar i sin utredning om drift av de ikke elektrifiserte strekningene. I tillegg foreslår Jernbaneverket at det bygges tilsving både på Kongsvinger og på Elverum. Scenario-analysene som er gjennomført i delstudie 5 vil bygge opp under dette gjennom de beregningene som er gjort av innsparingspotensialet ved elektrifisering.

Når det gjelder forslag til endringer i terminalstruktur vil skognæringen selv foreslå dette gjennom rapporten fra prosjektet *Effektiv virkestransport på jernbane*. Rapporten planlegges publisert i andre halvdel av februar.



### **Fase III – Prosjektets forsettelse**

Som nevnte tidligere kommer prosjektet å videreført i en Fase III med 2 delmål:

*Delmål 1* – Oppnå en representativ kartlegging av typiske material- og utstyrvalg for 24m/60t tømmervogntog, samt en sammenligning av lønnsomheten for disse.

*Delmål 2* – Oppnå minst 3 eksempel-studier av virkesbytte i ulike geografier som demonstrerer mulighetene for en gjensidig lønnsom geografisk omfordeling av tømmerflyt mellom mottagende bruk.

Fase III består derfor av følgende to deler:

*Del 1* Den tidligere tømmerbilundersøkelsen utvides til å omfatte totalt 30 respondenter over 3 regioner. Spørreskjema for undersøkelsen ble utviklet sammen med Norges Lastebileierforbund, og videreutvikles og tilpasses transportørenes datatilgang. Respondentenes svar kobles til firmaets økonomiske nøkkeltal for å se om det er sammenheng mellom valg av material/utstyr og lønnsomhet.

*Del 2* Den tidligere undersøkelsen av tømmerflyt og *besparing av transportkostnader gjennom geografisk virkesbytte* utvides med to nye studier. For hver studie samles det inn data for historiske virkestrømmer til nærliggende sagbruk, og deretter gjennomføres det en re-optimering for å finne de meste lønnsomme konstellasjoner for omfordeling. Rutiner og metoder er allerede utviklet under Fase I.

*Dag Fjeld (NIBIO), Dag Skjølaas (Norges Skogeierforbund)*