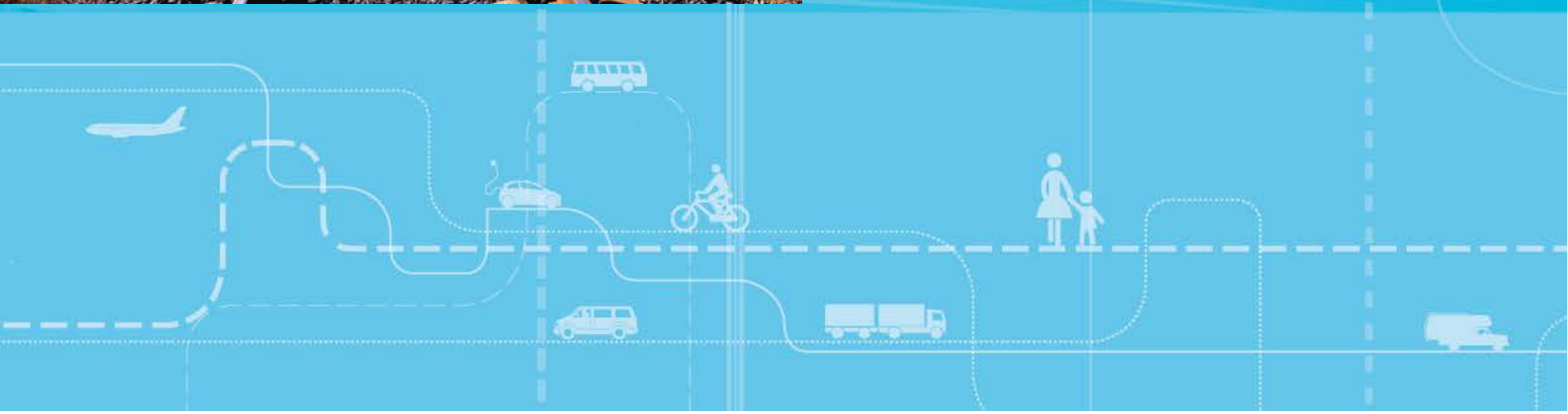
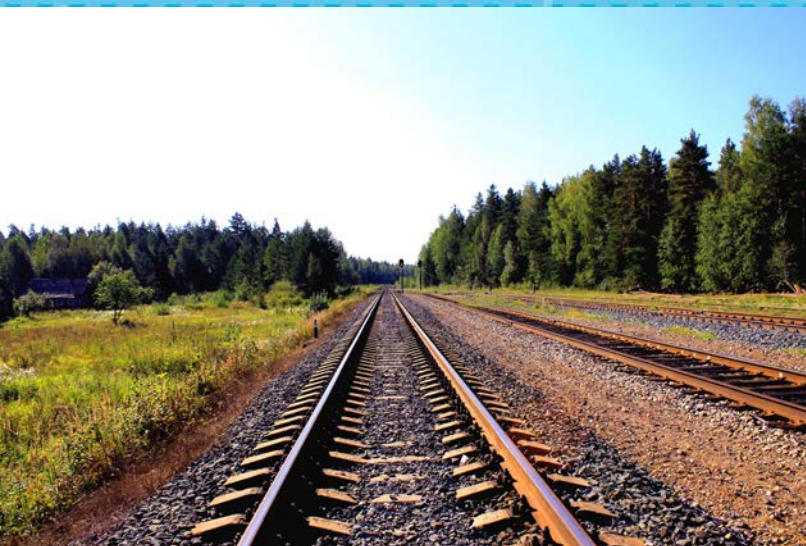


Å måle det upresise: Årsaker til og konsekvenser av togforsinkelser



Å måle det upresise: Årsaker til og konsekvenser av togforsinkelser

Askill Harkjerr Halse, Vegard Østli og Marit Killi

Tittel: Å måle det upresise: Årsaker til og konsekvenser av togforsinkelser

Forfattere: Askill Harkjerr Halse
Vegard Østli
Marit Killi

Dato: 12.2015

TØI rapport: 1459/2015

Sider 71

ISBN Elektronisk: 978-82-480-1686-1

ISSN 0808-1190

Finansieringskilde: Jernbaneverket
Norges forskningsråd

Prosjekt: 3918 - PRESIS

Prosjektleder: Marit Killi

Kvalitetsansvarlig: Kjell Werner Johansen

Emneord: Elastisitet
Fartsreduksjon
Jernbane
Punktlighet
Pålitelighet

Sammendrag:

Denne rapporten oppsummerer noen av resultatene fra innovasjonsprosjektet PRESIS, som er et prosjekt i samarbeid med Jernbaneverket og togselskapene med mål om å forbedre jernbanens pålitelighet. Vi diskuterer hvordan tilgang til detaljerte data for infrastruktur og togdrift kan brukes til å identifisere økonomiske sammenhenger som er sentrale i planlegging og styring av jernbanen. Vi viser at saktekjøringer har en statistisk signifikant effekt på godstogenes kjøretid som også fører til økt forsinkelse ved ankomst. I tillegg beregner vi hvordan forsinkelser påvirker etterspørselen etter jernbanetjenester både for passasjer- og godstransport.

Title: Measuring the uncertain: Causes and consequences of train delays

Author(s): Askill Harkjerr Halse
Vegard Østli
Marit Killi

Date: 12.2015

TØI report: 1459/2015

Pages 71

ISBN Electronic: 978-82-480-1686-1

ISSN 0808-1190

Financed by: The Norwegian National Rail Administration
The Research Council of Norway

Project: 3918 - PRESIS

Project manager: Marit Killi

Quality manager: Kjell Werner Johansen

Key words: Elasticity
Punctuality
Railway
Reliability
Speed reduction

Summary:

This report summarizes some of the results from the innovation project PRESIS, which is a joint project with the railway authorities and operators with the goal to improve train reliability. We discuss how access to detailed data on infrastructure and train operations from the railway sector can be used to identify economic relationships which are crucial for railway planning and management. We show that temporary speed reductions have a statistically significant effect on freight train running time which also translates into delay at the destination. We also estimate how delays impact demand for railway services both in the case of passenger travel and freight.

Language of report: Norwegian

Rapporten utgis kun i elektronisk utgave.

This report is available only in electronic version.

Transportøkonomisk Institutt
Gaustadalleen 21, 0349 Oslo
Telefon 22 57 38 00 - www.toi.no

Institute of Transport Economics
Gaustadalleen 21, 0349 Oslo, Norway
Telefon 22 57 38 00 - www.toi.no

Forord

Denne rapporten er skrevet i forbindelse med prosjektet PRESIS, som er et innovasjonsprosjekt i offentlig sektor finansiert gjennom SMARTRANS-programmet til Norges forskningsråd. Partnerne i prosjektet er Jernbaneverket, NSB, CargoNet, Flytoget, SINTEF, TØI og NTNU. Prosjektleder er Tone Nordløff i Jernbaneverket. Forskningsaktivitetene i prosjektet er finansiert av bevilgningen fra Forskningsrådet og bidrag fra Jernbaneverket. I tillegg bidrar alle partnerne med egeninnsats i form av arbeidstimer og eventuelt utlegg.

Som en del av prosjektet ble det opprettet ei arbeidsgruppe for samfunnsøkonomiske analyser. Vi takker alle deltakerne i denne gruppa for deres innspill til forskningstemaer og kommentarer til resultatene underveis. Spesielt vil vi takke Viggo Rasmussen og Truls Kvaase i CargoNet og Erlend Dysvik i NSB for hjelp med tilgang til markedsdata, og Andreas Landmark ved SINTEF for tilrettelegging av punktlighetsdata og data for saktekjøringer.

Andreas Seim ved SINTEF har hatt det overordnede ansvaret for FoU-aktivitetene i PRESIS. Prosjektleder for TØIs arbeid har vært Marit Killi (april 2013-september 2015) og Askill Harkjerr Halse (september-desember 2015). Analysene gjengitt i kapittel 2 og 3 er i hovedsak utført og beskrevet av henholdsvis Vegard Østli og Askill Harkjerr Halse. Marit Killi har bidratt i diskusjon av arbeidsopplegg, bearbeiding av data, diskusjon av resultatene og avsluttende rapportskrivning. Kjell Werner Johansen har vært ansvarlig for kvalitetssikring av rapporten. Vi takker også Nils Fearnley og kolleger på avdeling for Økonomi og logistikk for verdifulle kommentarer. Eventuelle feil og mangler som gjenstår er forfatterens ansvar.

Oslo, februar 2016
Transportøkonomisk institutt

Gunnar Lindberg
direktør

Kjell Werner Johansen
avdelingsleder

Innhold

Sammendrag

Summary

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Innledning: Sporet og den tapte tid | 1 |
| 1.1 | Usikkerhet koster!..... | 1 |
| 1.2 | PRESIS og tilknyttete prosjekter..... | 3 |
| 1.3 | Jernbane og samfunnsøkonomiske analyser..... | 3 |
| 1.4 | Jernbaneforskning og erfaringsdata..... | 4 |
| 1.5 | Bearbeidete datasett..... | 5 |
| 2 | Hvor forsvinner sekundene? | 6 |
| 2.1 | Betydningen av mindre tiltak..... | 6 |
| 2.2 | Saktekjøringer og punktlighet..... | 6 |
| 2.3 | Datagrunnlag..... | 7 |
| 2.4 | Effekt på tidstapet underveis..... | 14 |
| 2.5 | Effekt på ankomsttidspunkt til terminal..... | 18 |
| 2.6 | Øker forskjellene mellom ulike tog?..... | 25 |
| 2.7 | Diskusjon..... | 30 |
| 2.8 | Oppsummering..... | 33 |
| 3 | ...og forsvinner kundene? | 34 |
| 3.1 | Hvordan måle effekten på markedet..... | 34 |
| 3.2 | Datagrunnlag..... | 36 |
| 3.3 | Empirisk framgangsmåte..... | 38 |
| 3.4 | Analyser, persontrafikk..... | 39 |
| 3.5 | Analyser, godstog..... | 44 |
| 3.6 | Effekter av større hendelser..... | 47 |
| 3.7 | Diskusjon..... | 51 |
| 4 | Oppsummering | 52 |
| | Referanser | 54 |
| | Vedlegg A: Datagrunnlag persontog | 56 |
| | Vedlegg B: Tilleggsanalyser, etterspørsel | 64 |
| | Alternativt mål på pålitelighet..... | 64 |
| | Kontroll for forskjellige trender..... | 66 |
| | Vedlegg C: Tilleggsanalyser, saktekjøringer | 68 |

Sammendrag:

Å måle det upresise: Årsaker til og konsekvenser av togforsinkelser

TØI rapport 1459/2015

Forfatter(e): Askill Harkjerr Halse, Vegard Østli og Marit Killi
Oslo 2015 71 sider

I denne rapporten argumenterer vi for at de rike dataene som er tilgjengelige for togtrafikk og jernbaneinfrastruktur i større grad bør brukes til å tallfeste økonomiske sammenhenger i jernbanedrift, og viser to konkrete eksempler. I den første analysen ser vi på midlertid nedsatt hastighet på deler av jernbanestrekninger – «saktekjøring» – og hvordan disse påvirker kjøretid og forsinkelser for godstog. Selv om hver saktekjøring kun gir et påslag i kjøretid på 44-50 sekunder på delstrekningen, bidrar de likevel til forsinkelser ved ankomst. I den andre analysen viser vi at forsinkelser gir lavere etterspørsel etter togbilletter og transporttjenester med tog. Resultatene tilsier at 25 prosent reduksjon i forsinkelsene kan gi én prosent økt salg av periodebilletter på NSBs tog på Østlandet.

Det er stor enighet i den transportøkonomiske litteraturen om at mer pålitelig transport utgjør en økonomisk gevinst. Uforutsigbare reise- og framføringstider fører til at individer og bedrifter må gjøre kostbare tilpasninger som å reise tidligere eller ha ekstra varer på lager. «Kostnaden» ved forsinkete tog er derfor den nytten en kunne oppnådd hvis alle tog var i rute.

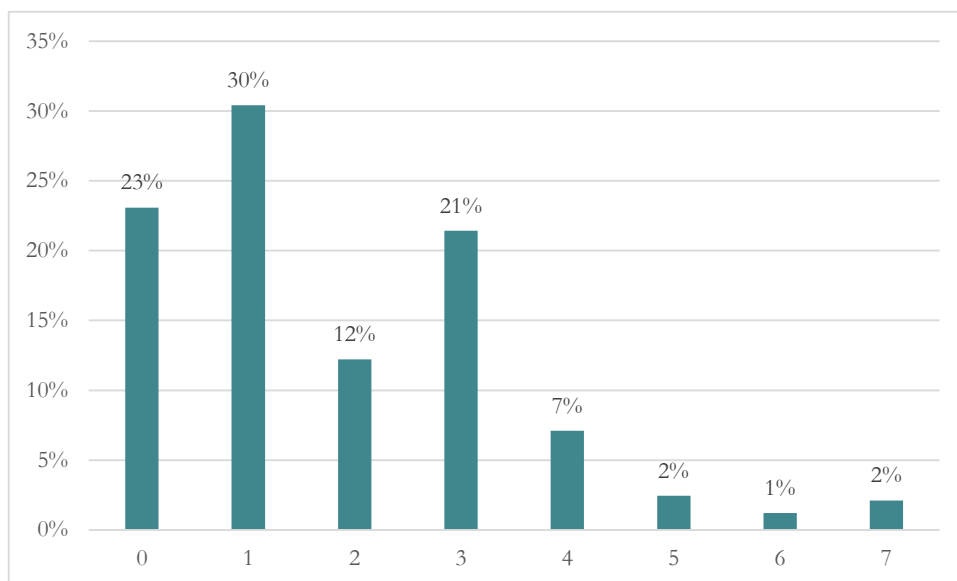
Mye av den eksisterende litteraturen som omhandler punktlighet og jernbane er basert på optimering og/eller simulering, noe som gir rom for flere mer rendyrkede empiriske studier. I prosjektet PRESIS har vi utviklet metoder for å overvåke påliteligheten i det norske jernbanesystemet: Verktøyene består både av automatiserte deskriptive analyser i nær-sann tid og tyngre analyser basert på historiske data for å tallfeste sentrale årssakssammenhenger.

I denne rapporten dokumenterer vi to eksempler på den sistnevnte typen analyser. Den første dreier seg om hvordan saktekjøring påvirker kjøretid og forsinkelser, mens den andre omhandler effekten av forsinkelser på etterspørselen etter jernbanetjenester. Begge er basert på økonometriske metoder for analyse av paneldata, hvor vi følger de samme enhetene over mange tidsperioder. Ved hjelp av lineær regresjon med faste effekter kan vi kontrollere for uobservert heterogenitet som er stabil over tid eller på tvers av enheter.

Akkurat som brukerne av transportsystemet tar høyde for risikoen for forsinkelser når de planlegger reiser og sendinger, tar infrastruktureieren og togoperatørene innover seg den underliggende usikkerheten i systemet når de fastsetter ruteplanen. Ruteplanen har et visst nivå av slakk som hindrer at små avvik får for store konsekvenser. Dette innebærer at effekten av et tiltak eller en hendelse på en delstrekning ikke nødvendigvis vises i form av endret pålitelighet ved ankomst. Studien vår av saktekjøring er en måte å studere sammenhengen mellom effekter på delstrekningsnivå og opplevd pålitelighet.

Effekten av saktekjøring på togenes pålitelighet

Store deler av jernbanenettet utenfor de store byområdene trafikkeres kun av godstog og interregionale persontog med lav avgangsfrekvens. På disse strekningene er det ofte midlertidig nedsatt hastighet på en delstrekning – saktekjøringer – på grunn av problemer med infrastrukturen. Noen saktekjøringer varer kun noen dager, mens andre kan gjelde i flere måneder eller til og med år. Ruteplanen blir vanligvis ikke endret som følge av saktekjøringer, ettersom de antas å ha liten effekt på ankomsttid til stasjon eller godsterminal.

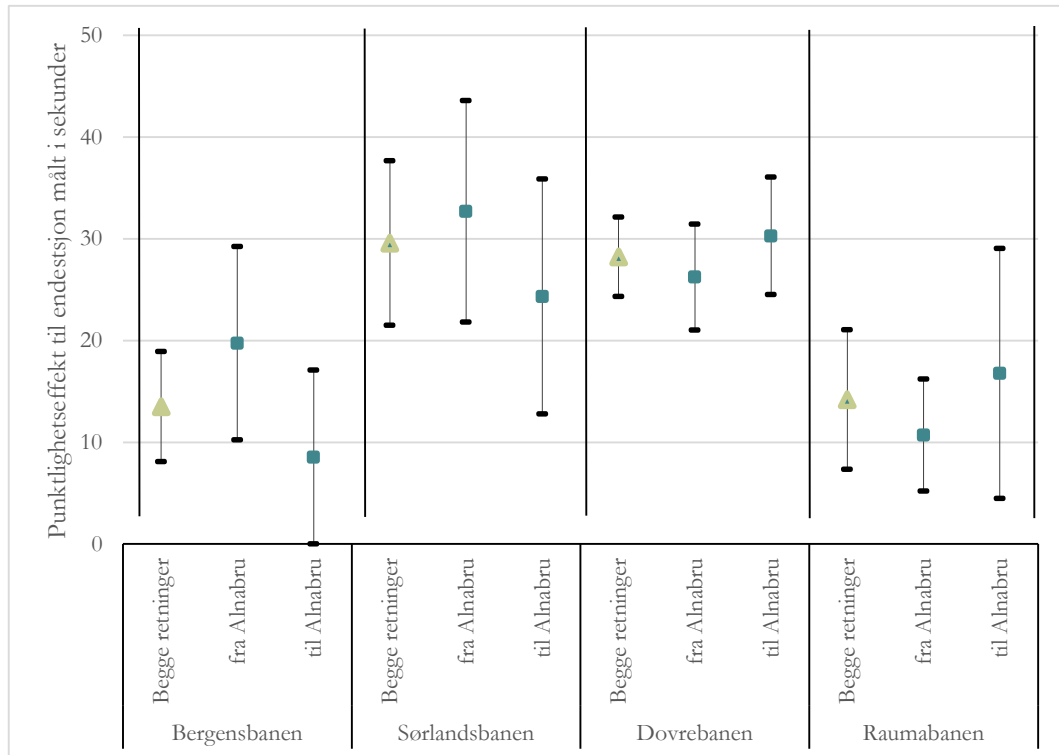


Figur 1. Godstog på Dovrebanen i 2012, etter antall saktekjøringer hvert tog passerer mellom Eidsvoll og Trondheim.

Vi studerer hvordan saktekjøringer påvirker CargoNets godstog både på delstrekningsnivå og ved ankomst. Vi identifiserer effekten på delstrekningsnivå ved hjelp av data for kjøretider og saktekjøringer på Dovrebanen i 2012. Saktekjøringer er registrert for hver enkelt dag og koplet med kjøretider på delstrekningsnivå (mellom registreringspunkter). Dette gir oss mulighet til å tallfeste effekten nokså presist. Nesten alle saktekjøringene gjelder for 400 meter eller mindre, noe som innebærer at effekten først og fremst er knyttet til at togene må bremse ned og så akselerere igjen.

For å undersøke om saktekjøringene også fører til forsinket ankomst, bruker vi data for 2008-2013 og studerer hver av strekningene Oslo-Bergen, Oslo-Stavanger, Oslo-Trondheim og Oslo-Åndalsnes. Her er saktekjøringer bare registrert per uke, og det er mange andre faktorer som bidrar til forsinkelse ved ankomst. Ved å inkludere ulike kombinasjoner av kontroll for tidstrend, sesongsvingninger, tidspunkt på dagen og tognummer sjekker vi i hvilken grad resultatene er følsomme for om vi kontrollerer for slike andre faktorer.

På delstrekningsnivå finner vi en sterkt statistisk signifikant effekt. Hver saktekjøring fører til 44 til 50 sekunder økt kjøretid på delstrekningen. Vi finner også en signifikant effekt på ankomsttidspunkt for alle de fire godstrekningene. Dette betyr at togene i gjennomsnitt ikke klarer å kompensere for den tapte tida ved høyere/jevne hastighet eller ved å bruke mindre tid på å vente på kryssende eller passerende tog.



Figur 2. Beregnet punktlighetseffekt til endestasjon som følge av saktekjøringer med tilhørende konfidensintervall på 95 % nivå for hver retning og begge retninger kombinert.

Siden en stor del av linjenettet er enkeltspors, kan venting på kryssende eller passerende tog ha stor betydning for påliteligheten ved ankomst. Noen tog må stoppe og vente lenger enn planlagt, mens andre venter mindre. Ofte avhenger dette av i hvilken grad hvert tog er forsinket i utgangspunktet. Mange tog kjører heller ikke fra terminalen til angitt tidspunkt.

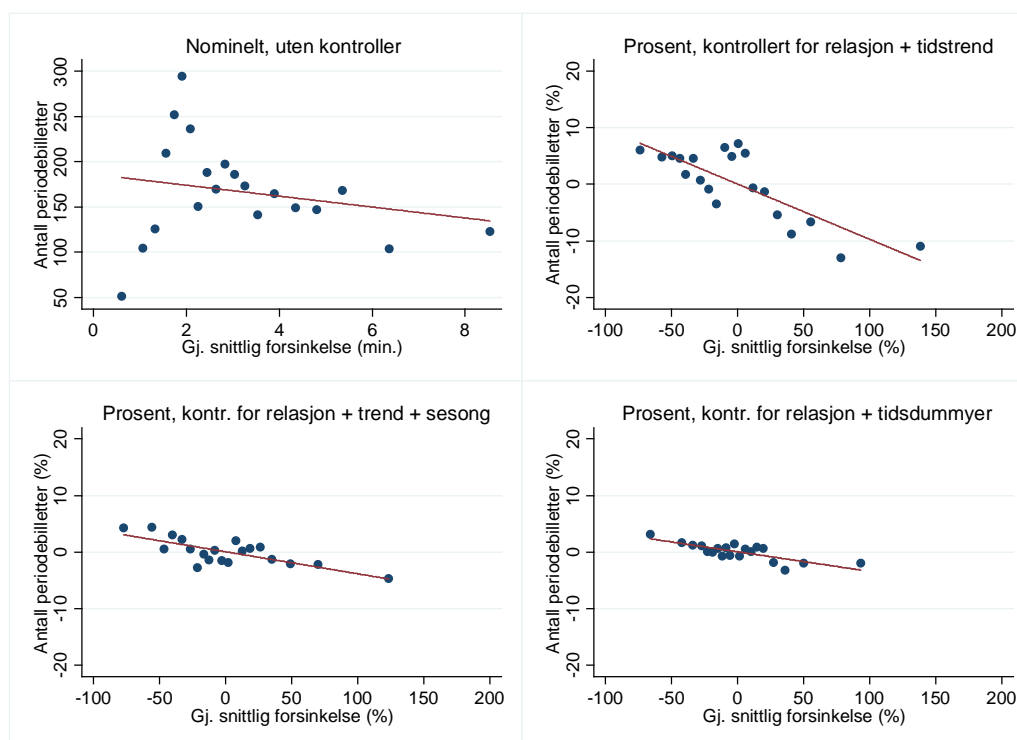
Dette innebærer at det er stor variasjon mellom ulike tog når det gjelder kjøretider og ankomsttidspunkt. Vi klarer i liten grad å forklare denne variasjonen med omfanget av saktekjøringer. Vi finner imidlertid at antallet saktekjøringer også har en viss effekt på sannsynligheten for å bli minst 15 minutter forsinket ved ankomst. Dette kan tyde på at noen tog pådrar seg en betydelig forsinkelse som følge av saktekjøringer kombinert med venting på kryssende tog.

Hvordan pålitelighet påvirker etterspørselen

Som vist i litteraturen kan sammenhengen mellom togenes pålitelighet og etterspørselen etter jernbanetjenester beregnes både direkte og indirekte. Den

indirekte metoden innebærer å kombinere betalingsvillighet for pålitelighet med en kjent etterspørselselastisitet, for eksempel priselastisiteten. Den direkte innfallsvinkelen er å beregne sammenhengen mellom pålitelighet og volum basert på markedsdata.

Vi beregner sammenhengen direkte ved hjelp av markedsdata både for passasjer- og godstog. Passasjerdataene dekker NSBs tog i Østlandsområdet (unntatt innad i Oslo/Akershus) for 2010-2013. Data for solgte periodebilletter hver måned på de 444 stasjonskombinasjonene er kombinert med pålitelighetsdata for de togene som betjener hvert stasjonspar. For godstog har vi data for volum og ankomst for hvert enkelt tog for 28 terminalpar på fem strekninger. Begge datasettene er aggregert opp til månedlige data.



Figur 3. Sammenheng mellom antall periodebilletter og gjennomsnittlig forsinkelse på månedsbasis til stasjonen en reiser til om ettermiddagen. (Hvert punkt tilsvarer ca. 1000 observasjoner.)

For passasjertog finner vi en ganske robust negativ effekt av forsinkelser på etterspørsel både når vi studerer returreisene om ettermiddagen for seg eller slår sammen forsinkelse på tur- og returreisen. Etterspørselselastisiteten med hensyn til gjennomsnittlig forsinkelse er $-0,04$, noe som er omtrent halvparten av det en får i regneeksempler basert på studier av betalingsvillighet. Dette er konsistent med resultatene til Wardman og Batley (2014) for britisk jernbane.

Den estimerte sammenhengen for godstog er noe mer upresis, og resultatene antyder at andelen lange forsinkelser er et bedre mål på forsinkelse enn gjennomsnittlig forsinkelse. Uansett viser resultatene en noe svakere effekt enn for passasjertog, med en elastisitet med hensyn til gjennomsnittlig forsinkelse på mellom $-0,01$ og $-0,02$. Hvis vi vil sammenlikne dette med resultatene basert på betalingsvillighet må vi anta

en fraktpris, som i realiteten varierer mellom avtaler. Basert på rimelig antakelser ser det imidlertid ut til at elastisiteten beregnet direkte er lavere også for gods.

Et spørsmål er i hvilken grad kundene reagerer på «vanlige» svingninger i togenes pålitelighet sammenliknet med større avbrudd og lange forsinkelser. Resultatene for passasjertog ser ikke ut til å være drevet bare av ekstremtilfellene, og vi finner ingen synlige tegn i data på at etterspørselen har falt kraftig etter vintre med store problemer og forsinkelser. Når det gjelder godstog kan det synes rimelig at større hendelser som at strekningen er stengt på grunn av flom og ras har større betydning. Også dette er imidlertid vanskelig å se i dataene.

Summary:

Measuring the inaccurate: Causes and consequences of train delays

TØI Report 1459/2015

Author(s): Askill Harkjerr Halse, Vegard Østli and Marit Killi

Oslo 2015, 71 pages Norwegian language

In this report, we argue that the rich available data on train performance and railway infrastructure should be used to get precise measurements of economic relationships in railway management. As one such exercise, we first show how temporary speed reductions on railway links caused by low infrastructure quality affects running time and delays for Norwegian freight trains. Even though each speed reduction only adds about 44-50 seconds to running time, speed reductions still contribute to delay at the destination. Secondly, we show that delays has a negative effect on demand for passenger and freight trains services. The corresponding demand elasticity is lower than the one implied by willingness-to-pay studies, consistent with evidence from Great Britain.

It is widely acknowledged in the transportation economics literature that more reliable transport time constitutes an economic benefit. In the presence of unreliability, individuals and firms adjust by taking costly measures like departing early or keeping a safety stock of goods. The 'cost' of train delays is therefore the foregone benefits that could have been achieved if all trains were running on time.

Much of the existing literature on railway punctuality is based on optimization and/or simulation, calling for more empirical studies. In the innovation project PRESIS, funded by the Research Council of Norway and the Norwegian National Rail Administration, we have developed methods to survey reliability in the Norwegian rail sector. The tools consists both of automated descriptive analysis carried out in close to real time, and more detailed analysis of relations which are of particular interest.

This report documents two examples of the latter type of analysis. One concerns the effect of speed reductions on running time and reliability, while the other concerns the effect of reliability on demand for railway services. Both are based on econometric methods for analysis of panel data, where we follow the same observational units over many time periods. Using linear regression models with fixed effects, we are able to credibly control for unobserved heterogeneity which is constant over time or across observational units.

Just like users of the transportation system adapt to unreliability when planning their trips and shipments, the infrastructure manager and train operators take the underlying uncertainty in the transport system into account when deciding on timetables. All timetables have some degree of slack which ensures against large consequences of small deviations. This means that effects of measures or incidences on a railway link might not translate into changes in arrival reliability at the destination. Our study of the effect of speed reductions is one way to address the relationship between effects on the link and at destination.

The impact of speed reductions on freight train reliability

Large parts of the Norwegian railway network outside the bigger cities is only operated by freight trains and interregional passenger trains with low service frequency. On these railway lines, there are often temporary speed reductions on certain links due to problems with the infrastructure. Some speed reductions only last for a few days, while others can be in effect for many months or even years. Train timetables are normally not adjusted as a result of speed reductions, since they are assumed to have little impact on arrival time at the destination.

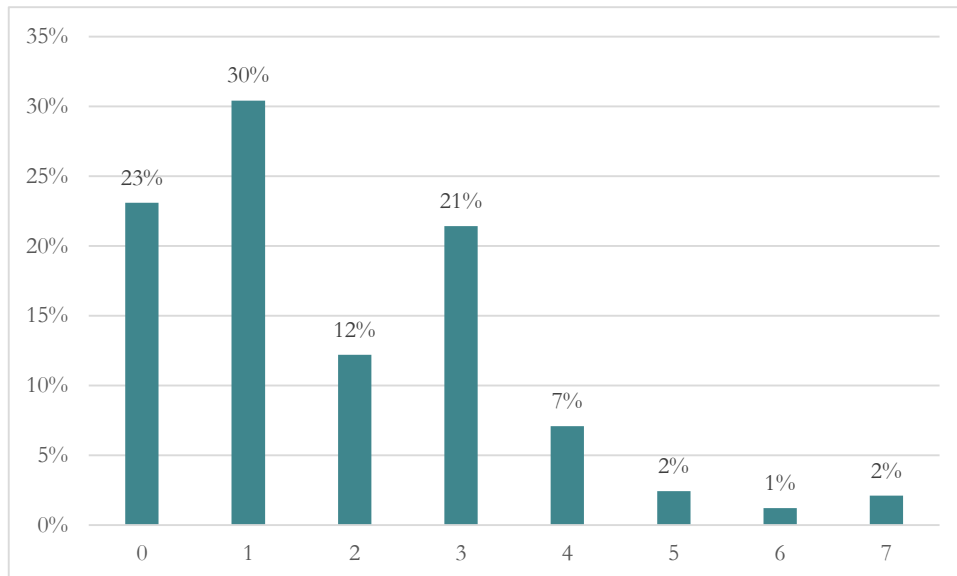


Figure 1. Freight trains on the Oslo-Trondheim line in 2012 by the number of speed reductions the train had to pass between Eidsvoll and Trondheim

We analyze the impact of speed reductions both on the link level and at destination for freight trains. To identify the effect on the link level, we utilize a dataset on running times and speed reductions on the Oslo-Trondheim line (‘Dovrebanen’) in 2012. Speed reductions are recorded each day and running times for each train is recorded at the link level, allowing to estimate the effect with high precision. Almost all speed reductions are of length 400 meters or less, implying that most of the effect is due to trains having to break and then accelerate again.

To investigate whether speed reductions result in later arrival at the destination, we use data covering the years 2008-2013 and study four of the main railway lines: Oslo-Bergen, Oslo-Stavanger, Oslo-Trondheim and Oslo-Åndalsnes. This data only includes speed reductions recorded each week, and there are likely to be many other factors which explain changes in arrival time. However, by using varying combinations of controls for time, season, time of day and train service, we can evaluate to what extent the estimated effect of speed reductions is sensitive to controlling for other factors.

On the link level, we find a highly statistically significant effect of speed reductions. One speed reduction leads to about 44-50 seconds longer running time. We also find a significant positive effect at destination for all four railway lines. This implies that

on average, trains are not able to compensate for the time lost at speed reductions by driving faster or having shorter stops when waiting for crossing or overtaking trains.

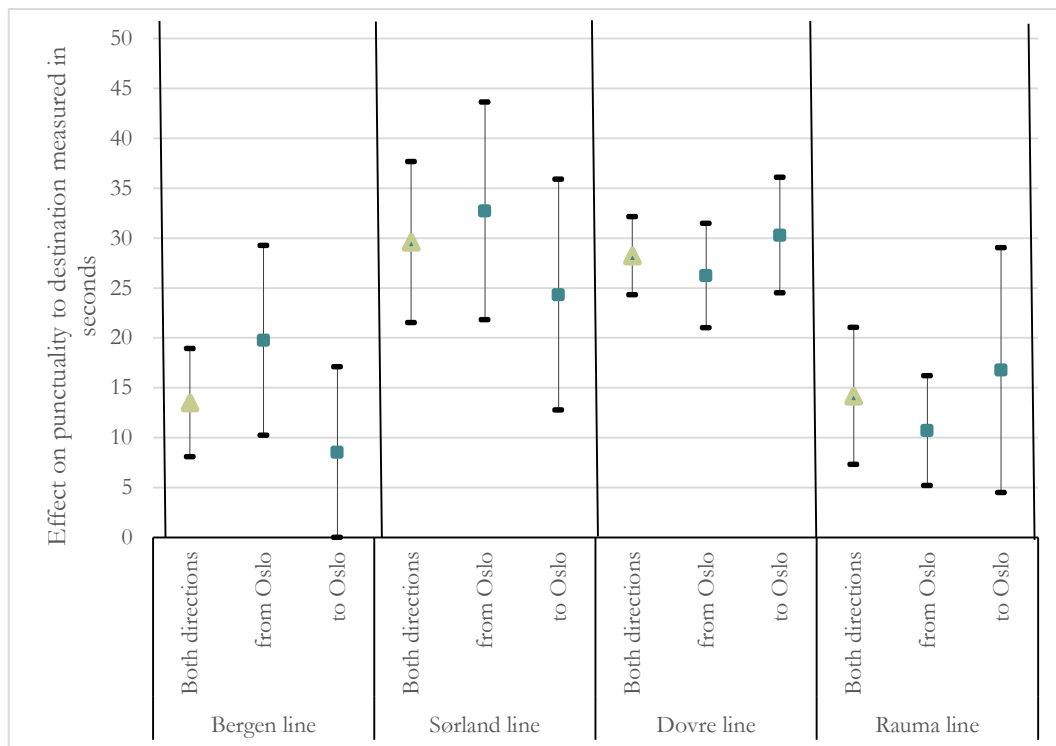


Figure 2. Effect of one more speed reduction on running time from origin to destination terminal. Point estimates and confidence intervals for each freight train line.

Since a large part of the network is single-track, waiting for meeting or overtaking trains is likely to be of high importance for arrival reliability. Some trains have to wait longer than planned for trains meeting or overtaking, while others wait less. Often, the management of crossings depends on to what extent the train is delayed or ahead of schedule already, and many trains do not depart exactly at their scheduled departure time.

As a result of this, we find that there is large heterogeneity across freight trains in running times and arrival delay. We are not able to explain the variation in running times by speed reductions to a large extent. However, there is a small significant impact of speed reductions on the probability of being more than 15 minutes delayed. This indicates that some trains incur long delays as a result of the interaction between speed reductions and meeting and overtakings.

How reliability affects demand for railway services

As shown in the literature, the effect of train reliability on demand for railway services can be estimated both directly and indirectly. The indirect approach involves combining willingness-to-pay for reliability with a known demand elasticity, for instance the price elasticity. The direct approach is to estimate the relationship between reliability and demand using market data.

We estimate the effect directly using market data for both passenger and freight trains. The passenger train data covers interregional trains in the greater Oslo area (not including the inner area) for 2010-2013. To obtain a data set suitable for analysis, we have combined the monthly number of period tickets sold for each of the 444 origin-destination station pairs with reliability data for the trains serving the station pair. In the case of freight trains, we have train-level data on freight volume and reliability for 28 terminal pairs on five railway lines. Both data sets are aggregated to monthly observations.

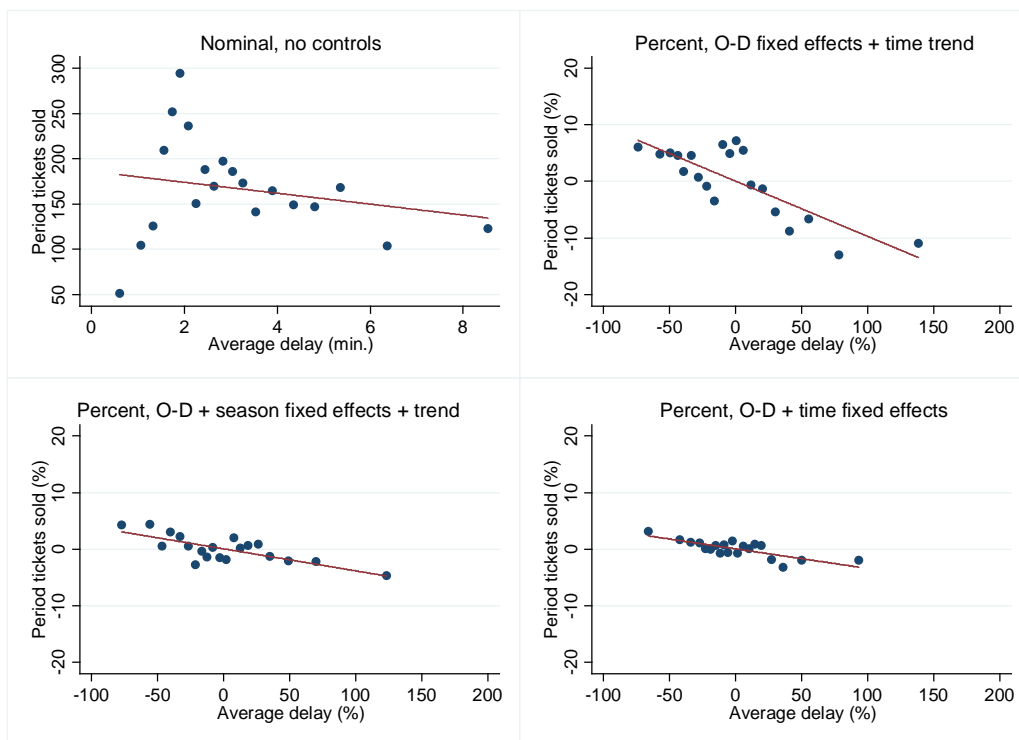


Figure 3. The relationship between reliability on the return trip and the number of period tickets sold on passenger trains for station pairs in the greater Oslo area. (Each point corresponds to about 1000 observations.)

For passenger trains, we find a quite robust negative effect of average delay on demand when considering reliability on return trips only, or when studying morning and return trips jointly. The demand elasticity with respect to average delay is $-0,04$, which is about half of the elasticity one gets when using the indirect approach based on Norwegian willingness-to-pay studies. This is consistent with the findings by Wardman and Batley (2014) for Great Britain.

The estimated elasticity for freight trains is somewhat less precise, and the results indicate that the share of long delays is a better measure of reliability than average delay. In any case, the results show that the effect on demand seems to be somewhat weaker for freight trains, with an elasticity with respect to average delay of about $-0,01$ to $-0,02$. If we want to compare this with the elasticity based on the indirect approach, we have to assume a freight fare. In practice, this varies between contracts. With reasonable assumptions about the fare, it seems that the implied elasticity is somewhat higher than the estimated one also for freight.

An interesting question is whether customers react both to `regular' variation in reliability as well as major disruptions and large delays. Our results for passenger trains do not seem to be driven only by extreme observations, and we find no descriptive evidence that demand has dropped substantially during or after winters with many long delays. In the case of freight trains, it seems more likely that large events like blocked lines due to landslides and flooding play an important role. However, this is difficult to spot in the data.

1 Innledning: Sporet og den tapte tid

I dette kapitlet gjør vi kort rede for prosjektet PRESIS, forskningsfeltet og grunnlaget for analysene som er gjengitt i denne rapporten. Hovedfokuset i rapporten vil være på de konkrete forskningsfunnene knyttet til pålitelighet og samfunnsøkonomi gjengitt i kapittel 2 og 3. En fyldigere diskusjon av samfunnsøkonomiske og andre perspektiver på pålitelighet gis i boka «Punktlighet i jernbanen», skrevet i forbindelse med prosjektet (Olsson, Halse mfl. 2015). I denne demonstreres også en rekke praktiske verktøy for å overvåke og forbedre påliteligheten¹ i jernbanesystemet.

For mer om verdsetting av pålitelighet i samfunnsøkonomiske analyser, spesielt for godstransport, se TØI-rapport 1250 (Halse og Killi 2013), TØI-rapport 1083 (Halse, Samstad mfl. 2010) og TØI-rapport 825 (Minken og Samstad 2006).

1.1 Usikkerhet koster!

Kan vi verdsette i kroner og øre nytten av færre forsinkete tog? Bruk av samfunnsøkonomiske analyser har lang tradisjon innenfor samferdselssektoren. I slike analyser tallfester en kostnadene og nytten for samfunnet som helhet av hendelser eller tiltak. I en nyttekostnadsanalyse beregner en samlet nytte og kostander for å slå fast hvorvidt et tiltak er lønnsomt eller ikke for samfunnet som helhet.

Metodene for samfunnsøkonomiske analyser av samferdselstiltak bør være sterkt forankret i godt etablerte samfunnsøkonomiske teoretiske prinsipper. Dette er ikke fordi teoriene er allmenngyldige, men fordi verktøyet mister sin verdi hvis alle skal kunne tilpasse det etter sine egne subjektive prinsipper. I stedet for romslige retningslinjer som alle kan slutte seg til, bør en sørge for å ha et rammeverk for samfunnsøkonomiske analyser som henger klart sammen («andre konsistens») og gir tydelige svar. Fordelen med dette er også at det vil være tydelig hvilken relevante hensyn som *ikke* fanges opp i regnestykkene, og som en derfor må vie spesiell oppmerksomhet til. (Se kapittel 2 i NOU 2012:16 for en grundigere diskusjon.)

I nyttekostnadsanalyser av større samferdselstiltak, for eksempel en ny jernbanestrekning, utgjør nytten av tidsbesparelser for brukerne ofte den største delen av nyttesida. Dette gjelder både tidsbesparelser som blir brukt til arbeid eller mer effektiv produksjon, og de som tas ut i økt fritid. Ofte behandler en reisetida som om den er kjent på forhånd, men i virkeligheten er denne usikker.

At usikkerhet er kostbart står sentralt i samfunnsøkonomisk teori. Aversjon mot usikkerhet kan forklare hvorfor vi er villige til å betale for forsikringer, eller hvorfor de fleste av oss setter pengene i banken i stedet for å investere i aksjer med høyere

¹ I den transportøkonomiske litteraturen blir pålitelighet («reliability») brukt i større grad enn «punktlighet», men de to begrepene er delvis overlappende. Hovedforskjellen er at punktlighet kun kan knyttes til rutegående transport, siden det innebærer avvik fra en avtalt plan. Pålitelighet omfatter i prinsippet alle subjektive opplevelser av hvorvidt transporten er forutsigbar og til å stole på, men knyttes ofte til statistisk usikkerhet («variability»). I denne rapporten bruker vi hovedsakelig begrepet pålitelighet, men punktlighet i noen tilfeller der vi kun fokuserer på avvik fra ruteplanen.

forventet avkastning. På samme måte viser undersøkelser at folk er villige til å betale for transportalternativer som gir et mindre usikkert ankomsttidspunkt, dersom et slikt eksisterer. Vi har derfor et godt grunnlag for å si at dette er noe som bør inngå på nyttesiden i samfunnsøkonomiske analyser av samferdselstiltak.

Når toget er forsinket, innebærer dette en samfunnsøkonomisk kostnad, men det hersker en del forvirring om hva denne kostnaden består av. Én vanlig misforståelse er at det bare dreier seg om tapt arbeidstid, men som nevnt over utgjør også tapt fritid en samfunnsøkonomisk kostnad. Det andre vi må huske på er at alle aktørene allerede har tilpasset seg til en situasjon med et visst nivå av usikkerhet, og at de vil tilpasse seg annerledes dersom usikkerheten endrer seg.

Tilpasningen ser vi for eksempel ved at mange reiser på et tidligere tidspunkt for at konsekvensene skal bli mindre hvis reisen tar lengre tid enn planlagt. Hvis reisetida hadde vært mer forutsigbar, kunne de reisende lagt inn mindre sikkerhetsmargin og dermed brukt tida til noe annet som ga høyere nytte. For de reisende består derfor kostnaden ved upålitelig transport både av kostnaden ved å komme for tidlig og kostnaden ved å komme for seint (Fosgerau og Karlström 2010).

For forsinkelser som skyldes forhold som gjentar seg mer eller mindre jevnlig blir det derfor misvisende å snakke om «kostnaden» ved en forsinkelse som om det er snakk om en engangshendelse. Kostnaden er derimot den nytten en ikke oppnår fordi en hver gang må ta høyde for risikoen for å bli forsinket.

I prosjektet PRECIS har vi utviklet metoder for å overvåke påliteligheten i jernbanenettet, med hovedfokus på togdriften. Detaljerte data for kjøretider kan vise hvor ofte togene er forsinket, og hvordan dette endrer seg over tid. Det en må ha i bakhodet er at også denne observerte atferden er et resultat av en tilpasning der noen har gjort en mer eller mindre uttalt avveining mellom ulike gevinster og kostnader. Uten at vi kjenner bakgrunnen for tilpasningen, er det derfor vanskelig å forutse hva effekten blir av et tiltak eller en ytre hendelse på togenes pålitelighet, og hva som videre blir konsekvensen for passasjerer og godskunder.²

En viktig forskjell på vei og jernbane er at jernbanen i større grad er et lukket system og at kapasitetsutnyttelsen er styrt. Dette gir både begrensninger og muligheter for studier av de underliggende årsakssammenhengene. En stor fordel er tilgangen på data fra infastrukturer og togoperatørene, noe vi har forsøkt å utnytte i dette prosjektet. Vi diskuterer jernbanens egenart og mulighetene for empiriske analyser i delkapittel 1.3 og 1.4 nedenfor.

Resten av rapporten viser konkrete eksempler på slike analyser. I kapittel 2 undersøker vi konsekvensene av saktekjøringer i form av observerte kjøretider på delstrekning og forsinkelse ved ankomst, og hvilken gevinst en kan oppnå ved å fjerne saktekjøringene. I kapittel 3 ser vi hvordan endring i togenes pålitelighet over tid påvirker kundens etterspørsel etter reiser og godstransport.

² På samme måte viser Eliasson og Börjesson (2014) at for store jernbaneinvesteringer vil nytten avhenge av hvilke antakelser en gjør om ruteplanen med og uten investeringen.

1.2 PRESIS og tilknyttete prosjekter

PRESIS er et innovasjonsprosjekt finansiert av Norges forskningsråd (NFR) og ledet av Jernbaneverket. Partnerne i prosjektet er Jernbaneverket, SINTEF, TØI, NTNU, CargoNet, NSB og Flytoget. Prosjektet startet opp i 2013 og består av en rekke forskjellige aktiviteter. Den overordnede målsettingen er å utvikle metoder og verktøy for å forbedre punktligheten i norsk jernbane, basert på analyser av data fra jernbanesystemet og et samfunnsøkonomisk rammeverk. Prosjektet resulterte i boka «Punktlighet i jernbanen», som ble utgitt i 2015 på SINTEF Forlag.

De samme partnerne samarbeidet også om NFR-prosjektet PUSAM (2010-2012). Et av hovedbidragene fra dette prosjektet var å etablere et bedre tallgrunnlag for verdsetting av raskere og mer pålitelig godstransport på jernbane, spesielt gjennom en egen verdsettingsstudie blant samlastere og andre jernbanekunder. Arbeidet er oppsummert i TØI-rapport 1250 (Halse og Killi 2013). Selve undersøkelsen er omtalt i TØI-rapport 1189 (Halse og Killi 2012). Hvordan en kan inkludere verdien av pålitelig godstransport i samfunnsøkonomiske analyser er diskutert i en svensk pilotstudie der de norske resultatene er gjengitt sammen med de fra den nederlandske verdsettingsstudien (Krüger, Vierth mfl. 2013).

I NFR prosjektet PEMRO (2005-2008) samarbeidet Jernbaneverket, SINTEF, NTNU, CargoNet, NSB og Flytoget om å utvikle verktøy for punktlighetsarbeid med fokus på beslutningsprosessene. Konkrete resultater fra dette arbeidet som kan brukes i praktisk punktlighetsoppfølging er gjengitt i håndboka for PIMS-metodikken, som er en metode for systematisk arbeid med punktlighetsforbedring (Veiseth, Olsson mfl. 2008).

1.3 Jernbane og samfunnsøkonomiske analyser

Den kanskje mest sentrale forskjellen på vei og jernbane sett i et samfunnsøkonomisk perspektiv er at i jernbanen er kapasitetsutnyttelsen styrt. På veien er kapasitetsutnyttelsen et resultat av individenes tilpasning i likevekt, og økt kapasitet vil normalt resultere i økt trafikk. Dersom det koster det samme å bruke veien uavhengig av tidspunkt, vil trafikken kunne bli høyere enn det samfunnsøkonomisk effektive i områder med trengsel på veinettet.

I jernbanen er det infrastruktureieren som sammen med togoperatørene bestemmer ruteplanen. Infrastrukturen og rullende materiell kan da ses på som gitte rammebetingelser, men investeringer i ny infrastruktur og rullende materiell kan også begrunnes med at en vil legge til rette for en ny ruteplan. Hvis vi tar rammebetingelsene for gitt, utgjør ruteplanen i hovedsak en avveining mellom avgangshyppighet, reisetid og pålitelighet. Uansett i hvilken grad dette representerer en «optimal» tilpasning, er realiteten at ruteplanen ikke endres hver gang rammebetingelsene endres. På kort sikt ligger den fast.

Større investeringstiltak med lengre tidshorison vil imidlertid som regel også innebære at ruteplanen endres, og dette inngår da i grunnlaget for de samfunnsøkonomiske analysene. En ny ruteplan gir ofte gevinster både i form av kortere reisetid og flere avganger. Akkurat som for veiinvesteringer blir det imidlertid ikke nødvendigvis færre forsinkelser, ettersom utnyttingen av den økte kapasiteten gjør at systemet igjen er sårbart for avvik. Dette kan være et argument for å arbeide selvstendig med punktlighetsarbeid i jernbanen, noe som også er det en gjør i praksis.

En bør derimot være forsiktig med å tillegge en pålitelighetsgevinst til et tiltak som ikke først og fremst har dette som mål.

For mindre tiltak med kortere tidshorison, for eksempel vedlikehold av delstrekninger, vil en derimot kunne oppnå gevinster i form av økt pålitelighet. Hvis kjøretida på en delstrekning blir kortere eller mer forutsigbar, kan en unngå forsinkelser også ved ankomst. Ettersom ruteplanen er utformet nettopp for å unngå store konsekvenser av små avvik, er det imidlertid ikke sikkert at en får en synlig effekt, og i hvert fall ikke at den er like stor som tiltaket isolert sett tilsier. Noe av gevinsten er dermed at en har fått mer slakk i ruteplanen, som på sikt kan tas ut i form av et forbedret rutetilbud. På lang sikt kan alle typer tiltak anses som kapasitetsfremmende.

1.4 Jernbaneforskning og erfaringsdata

Analysene i denne rapporten bærer til en viss grad preg av nybrottsarbeid. Det gjelder spesielt kapittel 2, der vi ser på den empiriske sammenhengen mellom saktekjøringer og punktlighet på delstrekning og ved ankomst. Gorman (2009), som selv undersøker årsaker til togforsinkelser empirisk, påpeker at mye av den eksisterende faglitteraturen om jernbane og punktlighet er basert på optimering og simulering. Tilgangen på data bør etter vår mening tilsi at også mer rendyrkede empiriske kvantitative metoder bør brukes i større grad.

Det finnes noen tidligere eksempler på empiriske studier av denne typen. I den nevnte studien av Gorman testes en rekke variabler som påvirker omfanget av forsinkelser. Gorman finner særlig at blandet trafikk fører til mer forsinkelser. Gibson mfl. (2002) undersøker sammenhengen mellom kapasitetsutnyttelse og forsinkelser for ulike britiske togstrekninger, og bruker dette til å beregne en pris på bruk av skinnene. Olsson og Haugland (2004) finner at både kapasitetsutnyttelse og mengden passasjerer kan forklare forsinkelser i Oslo-området, og at håndtering av kryssende tog har betydning på enkeltsporstrekninger.

Et eksempel som ikke omhandler jernbane er artikkelen til Peer mfl. (2012), som studerer sammenhengen mellom forsinkelse og variasjon i kjøretid på veistrekninger. De skiller mellom forsinkelse og variasjon basert på fin og grov informasjon, der fin informasjon betyr at en kontrollerer for faktorer som påvirker kjøretida, men som vi kan anta at de reisende tar høyde for. De finner at variasjonen øker mer enn proporsjonalt med kjøretida ved lange forsinkelser for begge typer informasjon.

Metodene brukt for å beregne effekten av forsinkelser på kundenes etterspørsel i kapittel 3 er i noe større grad brukt før, men det finnes kun et fåtall liknende studier (Wardman og Batley 2014). Generelt preges etterspørselsanalyser i transportøkonomien av spørreundersøkelser med hypotetiske valg («stated preference») og store strukturelle modeller som kombinerer estimering og kalibrering.

I empirisk samfunnsøkonomi for øvrig har den «eksperimentelle» innfallsvinkelen fått mer gjennomslag på bekostning av den strukturelle. Det betyr kort sagt at en prøver å finne naturlige eksperimenter i virkelige data som gjør det mulig å identifisere enkelte årsakssammenhenger uten at en på forhånd spesifiserer alle de teoretiske sammenhengene en antar at gjelder. Å finne slike naturlige eksperimenter i samferdselssektoren er ikke nødvendigvis enkelt, ettersom mange ting ofte endrer seg samtidig og det ligger strategiske vurderinger bak ulike inngrep. Vi tror imidlertid det

ligger mange uutnyttede muligheter her som kan gi spennende funn etter hvert som tilgangen på data øker og blir mer kjent.

1.5 Bearbejdet datasett

Et sentralt bidrag fra prosjektet PRESIS har vært å kartlegge og ta i bruk nye datakilder fra jernbanesystemet. Dette er gjort både gjennom fortløpende analyser på bestilling, automatisering av analyser i webverktøy og mer dyptpløyende analyser av historiske datasett. Den siste typen analyser bygger på en ganske stor innsats når det gjelder tilrettelegging av dataene. Disse dataene bør, med de nødvendige tillatelser, kunne utnyttes i videre forskning. TØI sitter på følgende bearbejdet datasett:

1. Kjøretider for individuelle godstog på delstrekninger på Dovrebanen i 2012 koplet med informasjon om saktekjøring på delstrekningen
2. Forsinkelse ved start og ankomst for godstog på Dovrebanen, Raumabanen, Bergensbanen og Sørlandsbanen 2008-2013, koplet med antall saktekjøringer på ukensnivå.
3. Passasjertellinger for enkelttog på Vestfoldbanen (Drammen og Tønsberg) 2008-2013 koplet med punktlighetsdata fra TIOS
4. Periodebilletter på relasjons- og månedsnivå for reiser på østlandsområdet (utenom interne reiser i Ruters område) 2010-2013, koplet med punktlighetsdata fra TIOS for de samme relasjonene.
5. Godsmengder på relasjons- og månedsnivå for CargoNets kombitog i Norge 2008-2013, koplet med punktlighetsdata fra TIOS for de samme relasjonene.

Dataene som er brukt i analysene i denne rapporten er beskrevet i delkapittel 2.3, delkapittel 3.2 og vedlegg A. Datasettene bygger delvis på mer detaljerte grunnlagsdata som også kan benyttes i andre former. Vi ønsker å fortsette arbeidet med å kartlegge og utnytte datakilder fra jernbanesystemet og transportsystemet for øvrig i kommende prosjekter.

2 Hvor forsvinner sekundene?

Som diskutert i delkapittel 1.3 er den observerte ytelsen i jernbanesystemet et resultat av en tilpasning gjort av flere aktører for å unngå uønskete hendelser. Utforming av ruteplanen og gjennomføring av ulike tiltak er sammen ment å skulle oppnå et visst tilbud, gitt rammevilkårene. Hvilke betingelser som må tas for gitt, avhenger av beslutningssituasjonen.

I PRECIS har vi fokus på tiltak av moderat omfang og med nokså kort tidshorison. Altså antar vi at tiltaket i seg selv har liten betydning for ruteplanen. Som forklart i delkapittel 1.3 vil det da normalt være en gevinst i form av bedret pålitelighet fordi systemet har blitt mindre sårbart for avvik, men det vil også være en skjult gevinst i form av mer slakk. Resultatene i dette kapitlet belyser i hvilken grad slakket skjuler effektene.

2.1 Betydningen av mindre tiltak

Samfunnsøkonomiske analyser blir særlig brukt i forbindelse med større investeringer. Samtidig er det en rekke mindre tiltak som kan ha stor betydning for i hvilken grad en får tatt ut nytten av disse store investeringene. Effektene av mindre tiltak er dessuten i stor grad målbare, noe som taler for at en bør veie kostnad mot oppnådd effekt også for tiltak innenfor drift og vedlikehold og mindre investeringer.

Den økonomiske nytten for brukerne må imidlertid beregnes på det nivået som er relevant for disse. En togpassasjer er ikke interessert i tilstanden på skinnene eller hva denne får å si for hastigheten på et gitt sted, men hva samlet kjøretid og risikoen for å komme for seint er. Det må derfor bygges ei bro mellom tiltak og opplevd pålitelighet.

I dette kapitlet har vi forsøkt å gjøre dette spesielt ved å se på effekten av saktekjøringer i jernbanenettet. Dette skyldes både at dette er et tema som aktørene i jernbanen er opptatt av, og at saktekjøringer utgjør et sett med flere ganske like hendelser som gjør det mulig å studere dem kvantitativt. I tillegg er det relativt enkelt å få tilgang til, og koble sammen, datakilder som kan benyttes for å gjennomføre analyser av betydningen slike hendelser har for framføringstid og punktlighet.

Resultatene – sammenhengen mellom tidstap underveis og forsinkelse ved ankomst – kan imidlertid være relevante også for å anslå effekten av andre typer tiltak. *Metodene* som brukes kan også være relevante for å studere andre typer tiltak, som endringer i signalsystemet eller krysningsmønstre i ruteplanen.

2.2 Saktekjøringer og punktlighet

Saktekjøringer oppstår som regel på grunn av mangler eller feil tilknyttet infrastrukturen, og fører ofte til at tillatt hastighet på strekningen må reduseres. Hastighetsnedsettelsen fører i sin tur til at togene som benytter infrastrukturen

bruker lengre tid på strekningen der saktekjøringen er, noe som øker sannsynligheten for at toget blir forsinket til endestasjon.

Hvis saktekjøringer bidrar til togforsinkelser har det en kostnad for brukerne av transportsystemet. I PUSAM-prosjektet (TØI-rapport 1250) beregner Halse og Killi (2013) en forsinkelsesverdi på 72 kr per tonntime (2011-kroner) for godstransport på jernbane. Dette er opplevde kostnader for vareeier av at framføringstiden for godset blir mindre pålitelig, målt i forventede antall forsinkelsestimer. For infrastruktureier er det dermed en avveining mellom kostnader for transportbrukere i form av redusert punktlighet som følge av at saktekjøringer blir stående, mot kostnader ved å forhindre og redusere omfanget av saktekjøringer.

Kvantifiseringen av påslag i framføringstid underveis, og endring i punktlighet til endestasjon, gjennomføres ved at vi benytter kjøretidsdata fra TIOS for godstog fra CargoNet for ulike banestrekninger i landet. Dette kobles med informasjon om omfanget av saktekjøringer på banestrekningene på det tidspunktet hvert enkelt tog kjører. Med dette sammenkoblede datasettet kan vi spesifisere økonometriske modeller der vi er i stand til å beregne punktlighetseffekter som følge av en enkelt saktekjøring.

I PRECIS har vi gjennomført en rekke økonometriske analyser for å kunne beregne den gjennomsnittlige virkningen av en saktekjøring på framføringstid og punktlighet. Analysene er gjennomført på to ulike nivåer:

1. Tidstap underveis på banestrekningen
2. Effekt på punktlighet til endestasjon

For punkt (1) er det gjennomført økonometriske analyser på delstrekningsnivå for godstog på Dovrebanen for å beregne virkningen av saktekjøringer på tidstap underveis på banestrekningen. For å beregne virkningen av saktekjøringer på punktlighet til endestasjon er det for punkt (2) gjennomført økonometriske analyser for Dovrebanen, Bergensbanen, Sørlandsbanen og Raumabanen. Ved å analysere flere banestrekninger får vi et bredere datagrunnlag, samtidig som vi kan avdekke eventuelle forskjeller mellom trekningene med tanke på hvor mye en saktekjøring påvirker endestasjonspunktlighet. Ulikheter mellom banestrekninger kan ha en betydning for de beregnede samfunnsøkonomiske kostnadene av saktekjøringer, og derigjennom hvilke banestrekninger en bør prioritere å fjerne saktekjøringer på. Her vil imidlertid også andre hensyn komme inn, slik som mengden og type gods som transporteres på den aktuelle banestrekningen.

I disse analysene behandler vi alle saktekjøringer likt, altså ser vi på effekten av en «typisk» saktekjøring. I boka «Punktlighet i jernbanen – hvert sekund teller» vises eksempler på studier av en enkelt saktekjøring (Olsson mfl. 2015, side 71.)

2.3 Datagrunnlag

Det er benyttet ulike datasett for beregning av kjøretids- og punktlighetseffekter underveis og til endestasjon, som følge av saktekjøringer. Vi gir her en presentasjon av datasettene som er benyttet for de ulike analysene.

Data på delstrekningsnivå for Dovrebanen

Datasettet som blir benyttet i analysene underveis på banestrekningen (delstrekningsnivå) inneholder informasjon om passeringstider ved 55 ulike

målepunkter, for nordgående og sørgående godstog som trafikkerer Dovrebanen mellom Alnabru og Trondheim. Det er ikke inkludert kjøretider mellom Alnabru og Eidsvoll (Hovedbanen) i analysene ettersom vi ikke har tilstrekkelig presisjonsnivå på data om saktekjøringer for denne strekningen. I tillegg er målepunktet ved Trondheim er satt ved Selsbakk stasjon grunnet noe unøyaktigheter i kjøretidene mellom Selsbakk og Trondheim.

Ved hjelp av passeringstidspunktene er det mulig å beregne kjøretiden for ulike delstrekninger for hvert enkelt godstog i datasettet. Det er benyttet kjøretidsdata fra TIOS for godstog operert av CargoNet i 2012, med informasjon om kjøretider på sekundnivå. Informasjon om saktekjøringens beliggenhet og varighet er koblet på hver enkelt delstrekning, slik at vi vet hvilke tog som er rammet av saktekjøringer³.

Mange av målepunktene langs strekningen vi undersøker er ved stasjoner langs banestrekningen, mens andre ligger mellom stasjoner. Målepunktene vises i tabellen nedenfor.

Tabell 2-1. Målepunkter for godstog langs Dovrebanen. Forkortelse for målepunkt i parentes.

| 1 til 10 | 11 til 20 | 21 til 30 | 31 til 40 | 41 til 50 | 51 til 55 |
|--------------------|-------------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Eidsvoll (EVL) | Hamar (HMR) | Fåberg (FÅB) | Sjøa (SJO) | Oppdal (OPD) | Søberg (SØB) |
| Minnesund (MSU) | Jessnes (JES) | Øyer (ØYE) | Otta (OTA) | Fagerhaug (FGH) | Melhus (MEL) |
| Morskogen (MOR) | Brumunddal (BRD) | Tretten (TRE) | Sel (SEL) | Ulsberg (UBG) | Nypan (NYP) |
| Strandlykkja (SLY) | Rudshøgda (RUD) | Losna (LOS) | Brennhaug (BRH) | Barkåker (BÅK) | Heimdal (HMD) |
| Espa (EPA) | Moelv (MLV) | Fåvang (FÅV) | Dovre (DOV) | Garli (GAL) | Selsbakk (SLB) |
| Tangen (TAN) | Bergsvika (BVK) | Ringebu (RBU) | Dombås (DOM) | Soknedal (SDL) | |
| Stensrud (STE) | Brøttum (BUM) | Hundorp (HUN) | Fokstua (FOK) | Støren (STØ) | |
| Sørli (SRI) | Bergseng (BGG) | Fron (FRN) | Hjerkinn (HJN) | Hovin (HOI) | |
| Stange (STG) | Lillehammer (LHM) | Vinstra (VIN) | Kongsvoll (KVL) | Lundamo (LMO) | |
| Ottestad (OTT) | Hove (HVE) | Kvam (KVA) | Drivstua (DRS) | Ler (LER) | |

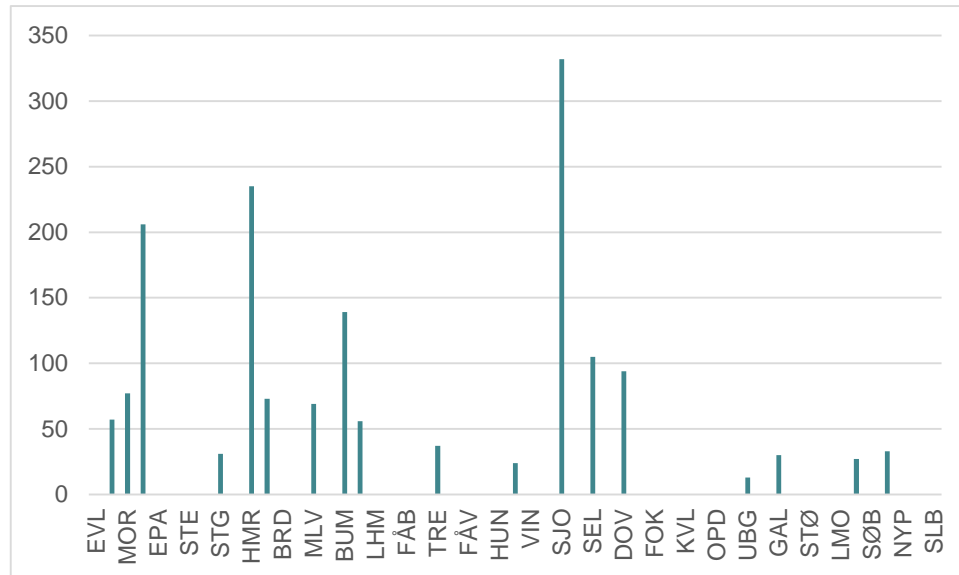
Kjøretiden for et enkelt godstog på en delstrekning beregnes som forskjellen mellom passeringstidene ved to målepunkter etter hverandre. Eksempelvis beregnes kjøretiden for et nordgående tog mellom Eidsvoll og Minnesund som differansen i passeringstidene mellom disse to målepunktene.

Det er registrert tidspunkt for innkjør og utkjør ved de ulike målepunktene. I analysene tar vi utgangspunkt i kjøretidene fra utkjør ved et målepunkt frem til innkjør ved neste målepunkt. Dermed ser vi bort i fra kjøretid som påløper når togene oppholder seg mellom innkjør og utkjør ved målepunktene. Eliminering av oppholdstid mellom innkjør og utkjør gjør det mulig å i større grad rendyrke virkningene av saktekjøringer på en delstrekning, ettersom vi på denne måten fjerner en del støy fra dataene. Dersom vi hadde inkludert tid mellom innkjør og utkjør, ville

³ Saktekjøringene er oppgitt på dagnivå, men uten informasjon om klokkeslett de oppstod/ble fjernet. Det er dermed en mulighet for at noen godstog er registrert feilaktig med saktekjøringer.

mye av variasjonen i data gjenspeilet venting på kryssende tog (planlagt eller ikke planlagt).

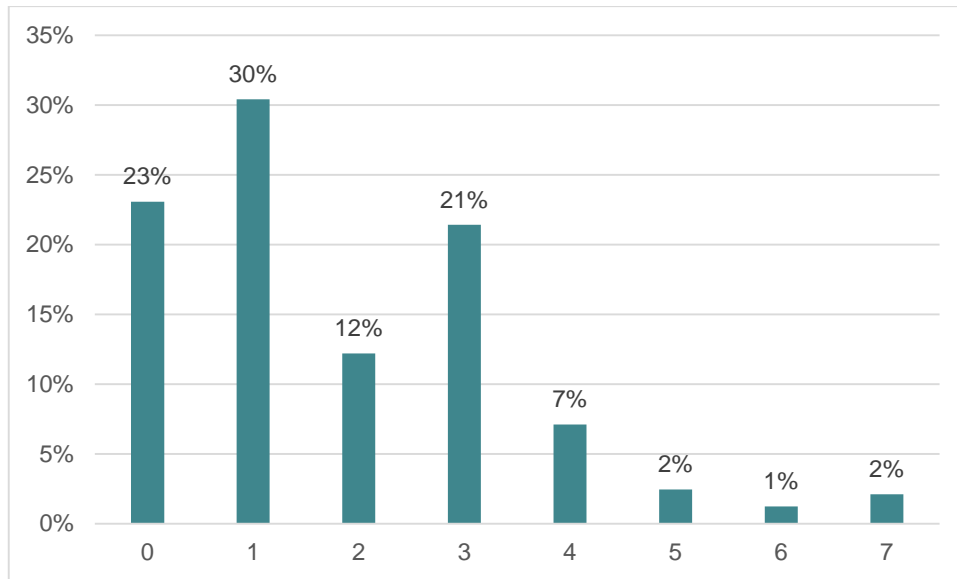
Det er stor variasjon ved varigheten til de ulike saktekjøringene som har vært på Dovrebanen i analyseperioden. Figur 2-1 viser hvor lenge saktekjøringen med *lengst* varighet på hver enkelt delstrekning har stått.



Figur 2-1. Saktekjøring med lengst varighet på Dovrebanen i 2012 på delstrekningsnivå. Vertikal akse angir antall dager. Horisontal akse angir delstrekning.

Figuren viser at saktekjøringen som varte lengst på Dovrebanen i 2012 stod nesten hele året, mens andre saktekjøringer kun varte noen få dager. I tillegg varierer også saktekjøringene i avstand, der den lengste saktekjøringene er 16 km lang, og den korteste er 40 meter. De aller fleste saktekjøringene er derimot relativt homogene, og under 1 km i lengde. Det er også sesongmessige variasjoner, med større innslag av saktekjøringer i visse deler av året enn andre.

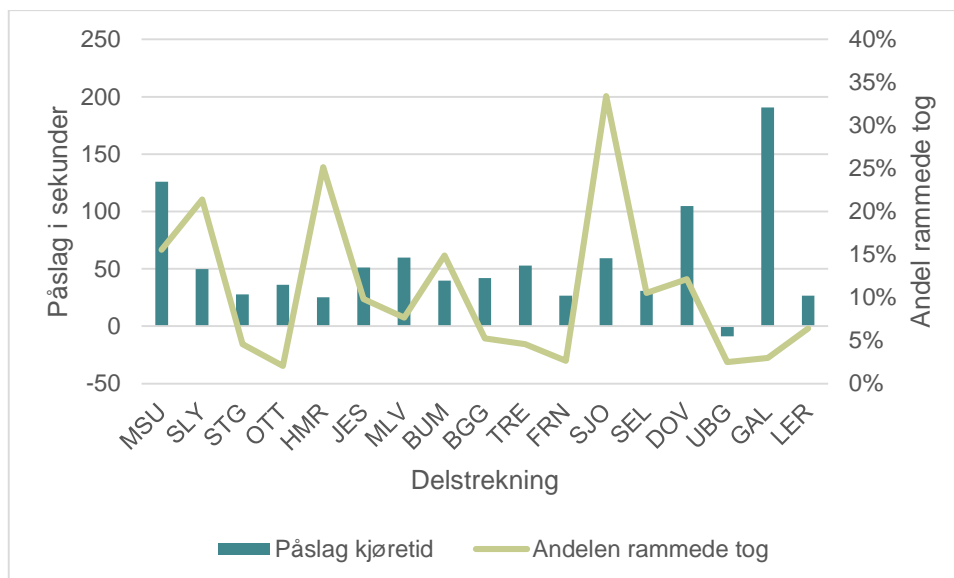
Figur 2-2 viser fordelingen på antallet saktekjøringer hvert enkelt godstog i datasettet har vært rammet av underveis mellom Eidsvoll og Trondheim.



Figur 2-2. Fordeling på antall saktekjøringer for hvert enkelt godstog i datasettet for Dovrebanen i 2012. Andelen målt langs y-aksen, og antall saktekjøringer målt langs x-aksen. Saktekjøringer på stasjonsområder holdt utenfor.

Figuren viser at det er en relativt stor spredning i antallet saktekjøringer hvert godstog har vært rammet av på Dovrebanen i 2012. De fleste godstogene har kun vært rammet av noen få saktekjøringer, mens togene som har vært mest rammet har passert 7 saktekjøringer i løpet av de 54 delstrekningene. Cirka 77 % av alle godstog på Dovrebanen i 2012 var registrert med minst én saktekjøring på strekningen mellom Eidsvoll og Trondheim.

I alt er det 17 delstrekninger på Dovrebanen som er rammet av saktekjøringer i 2012. Ved å sammenligne gjennomsnittlig kjøretid på disse delstrekningene for godstog som har vært rammet av saktekjøringer, og de som har vært uberørt av saktekjøringer, kan vi avdekke en relativ tydelig effekt på tidstap underveis som følge av saktekjøringer. Dette er vist i Figur 2-3 for sørgående godstog.



Figur 2-3. Påslag i gjennomsnittlig kjøretid på delstrekningsnivå målt langs venstre y-akse for tog som har vært rammet av saktekjøring. Høyre y-akse angir andelen godstog som er rammet av saktekjøring på den aktuelle delstrekningen. X-aksen angir delstrekninger hvor det har vært saktekjøringer.

Fra figuren ser vi at den gjennomsnittlige effekten for de fleste delstrekningene ser ut til å være relativt lik og rundt 25 til 50 sekunder med unntak av tre delstrekninger hvor endringen i den gjennomsnittlige kjøretiden for de rammede togene er over 100 sekunder. Kun for én delstrekning er den gjennomsnittlige kjøretiden på delstrekningen lavere for togene som ble rammet av saktekjøring. Samtidig er det for denne strekningen kun en liten andel tog som er rammet av saktekjøringen. Dette kan være en indikasjon på at det har vært en prioritert oppgave for Jernbaneverket å fjerne denne saktekjøringen hurtig, ettersom den hadde såpass stor innvirkning på kjøretiden.

Ved tolking av denne figuren bør en være oppmerksom på at det kan være forskjell på periodene med og uten saktekjøringer for hver delstrekning. Dette tar vi hensyn til i de økonometriske analysene i delkapittel 2.4, der vi kontrollerer for andre forhold som kan påvirke kjøretiden på en delstrekning.

Data for fire godstrekkninger

For analysene hvor vi beregner punktlighetseffekten til endestasjon benytter vi kjøretidsdata fra 2008 til 2013 fra TIOS, kombinert med T-sirkulærer som beskriver omfanget av saktekjøringer på de forskjellige banestrekningene. Vi beregner endring i forsinkelse (punktlighetseffekt) til endestasjon som følge av saktekjøringer underveis på banestrekningen. Analysene gjennomføres for:

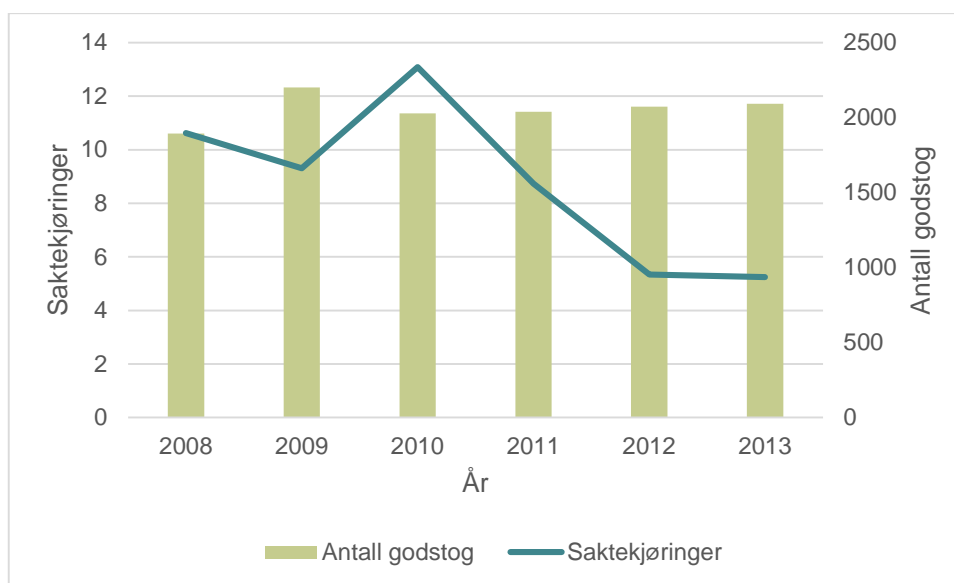
- Bergensbanen
- Dovrebanen
- Sørlandsbanen
- Raumabanen

En fordel med å gjennomføre analysene for fire ulike banestrekninger er at vi har mulighet til gjøre sammenligninger av effekten av saktekjøringer til endestasjon på tvers av banestrekninger. I og med at vi har fullstendige kjøretidsdata for alle godstog fra CargoNet for disse fire banestrekningene over seks år, er dette i tillegg et rikere

datasett med tanke på tidsperiode sammenlignet med saktekjøringsanalysene på delstrekningnivå for Dovrebanen. Samtidig er det en svakhet med datasettet fra 2008 til 2013 at kjøretidene er oppgitt i hele minutter. I analysene for Dovrebanen for 2012 er kjøretidsdataene oppgitt på sekundnivå.

I tillegg er det også større unøyaktigheter i saktekjøringsdataene. I delstrekninganalysene for Dovrebanen med data fra 2012 ble analysene gjennomført med informasjon om saktekjøringer på dagnivå. I T-sirkulærene fra 2008 til 2013 er saktekjøringene registrert på ukesnivå. Dette betyr at selv om en saktekjøring kun står i deler av en uke, vil den være registrert for hele uken i vårt datasett. Konsekvensen av dette er at noen tog i datasettet vil kunne være registrert med feil antall saktekjøringer på strekningen. Samtidig er det slik at de aller fleste saktekjøringene står over relativt lange tidsperioder, slik at eventuelle feilregistreringer trolig vil ha liten betydning.

Figur 2-4 viser antall registrerte godstog i datasettet for Bergensbanen mellom Alnabru og Bergen hvert enkelt år i analyseperioden, kombinert med gjennomsnittlig antall saktekjøringer på strekningen for hvert enkelt godstog et gitt år i analyseperioden. Den helstiplede linjen indikerer gjennomsnittlig antall saktekjøringer for hvert godstog, mens søylene viser antall godstog på banestrekningen et gitt år i analyseperioden.



Figur 2-4. Oversikt over antall godstog langs høyre y-akse og gjennomsnittlig antall saktekjøringer langs venstre y-akse per år i datasettet for Bergensbanen

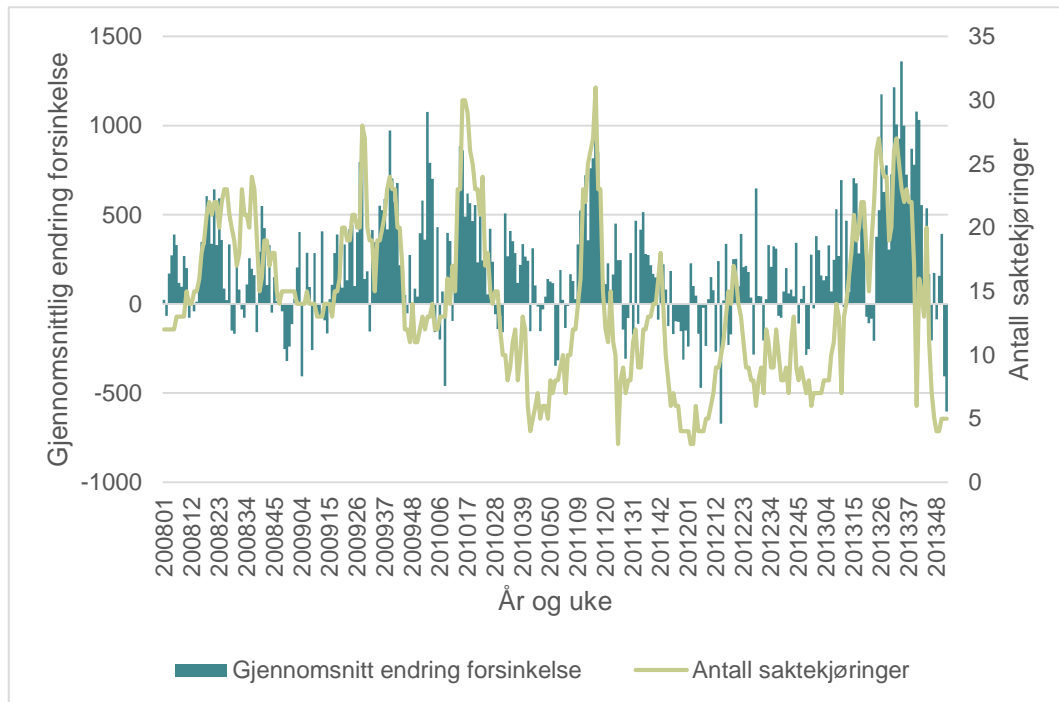
Antallet godstog i analyseperioden har holdt seg relativt stabilt, mens det gjennomsnittlige antall saktekjøringer hvert enkelt godstog har blitt rammet av mellom Alnabru og Bergen var høyest i 2010, for siden å ha en nedadgående tendens frem til 2013. Gjennomsnittlig antall saktekjøringer har dermed gått ned i den siste delen i analyseperioden.

For de andre banestrekningene har Dovrebanen en betydelig nedgang i antallet godstog i løpet av analyseperioden, mens Raumabanen og Sørlandsbanen har et relativt stabilt antall godstog hvert år i analyseperioden. For Dovrebanen har antallet saktekjøringer variert noe fra år til år, med en nedgang frem til 2012, før antallet økte noe i 2013. Det samme bildet gjelder også for Raumabanen, noe som i stor grad skyldes at Raumabanen i våre beregninger også inkluderer skinnegangen mellom

Alnabru og Dombås. For Sørlandsbanen har antallet gjennomsnittlige saktekjøringer per godstog gått noe ned i løpet av analyseperioden.

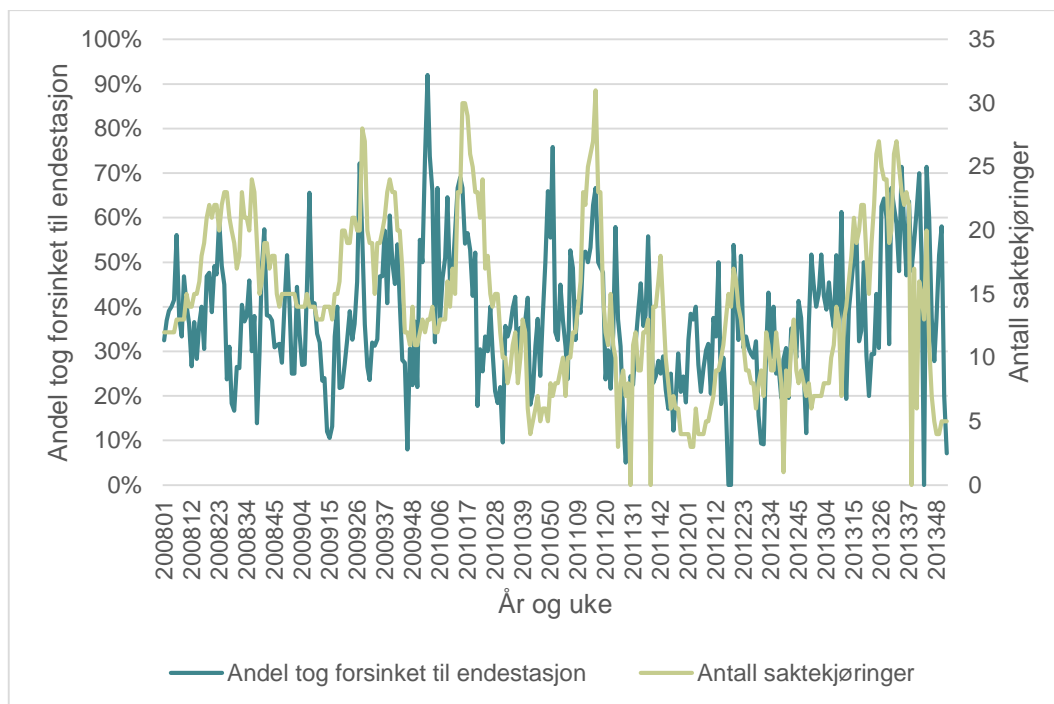
De aller fleste saktekjøringene er kortere enn 1 km. For Dovrebanen er andelen 93 %, mens Bergensbanen har en andel på 90 % under 1 km. For Sørlandsbanen og Raumabanen er andelen henholdsvis 85 og 77 %. Saktekjøringene er dermed nokså homogene med tanke på hvor lange de er. Denne homogeniteten gjør det hensiktsmessig å beregne den gjennomsnittlige punktlighetseffekten av saktekjøringer.

Figur 2-5 viser sammenhengen mellom antall saktekjøringer og gjennomsnittlig effekt på punktligheten til endestasjon på ukesnivå for Dovrebanen.



Figur 2-5. Gjennomsnittlig endring i forsinkelse fra avgang til ankomst på ukesnivå på venstre y-akse mot antall saktekjøringer på ukesnivå på høyre y-akse for Dovrebanen. År og uke vist langs x-aksen.

Fra figuren ser vi at det ser ut til å være en viss sammenheng mellom antall saktekjøringer og punktlighet til endestasjon, i form av at uker med mange saktekjøringer motsvares av høyere gjennomsnittlig negativ punktlighetseffekt til endestasjon for godstogene som har kjørt denne uken. Tilsvarende er det en tendens til at punktligheten til endestasjon er påvirket mindre de ukene det har vært få saktekjøringer. En lignende sammenheng er vist i figur 2-6, der vi har plottet *andelen* forsinkede tog på ukesnivå mot antallet saktekjøringer per uke.



Figur 2-6. Andelen forsinkede tog på ukensnivå på venstre y-akse mot antall saktekjøringer på ukensnivå på høyre y-akse for Dovrebanen. År og uke vist langs x-aksen.

Figuren viser at det i uker med mange saktekjøringer i større grad har vært en høy andel godstog som har vært forsinket til endestasjon. Isolert sett er begge disse figurene i tråd med våre forventninger om at saktekjøringer medfører redusert punktlighet og økte forsinkelser til endestasjon. Samtidig viser de også at omfanget av forsinkelser varierer mye fra uke til uke.

Tilsvarende figurer for andre banestrekninger viser samme tendenser som for Dovrebanen, men ikke i like sterk grad.

2.4 Effekt på tidstapet underveis

I beregningene av tidstapet underveis som følge av saktekjøringer benytter vi en paneldatamodell med faste effekter. Ved bruk av faste effekter tilordnes hver enkelt saktekjøring et konstantledd som gjør oss i stand til å kontrollere for uobserverte forskjeller mellom de ulike delstrekningene, som kan påvirke kjøretiden på den enkelte delstrekning. At effekten er fast betyr at den er konstant over hele tidsperioden for hver enkelt delstrekning. Metoden gjør oss i stand til å i større grad isolere effekten av saktekjøringer på kjøretid på delstrekningsnivå.

Det er beregnet modeller separat for nordgående og sørgående tog fra Eidsvoll til Trondheim⁴, i tillegg til modeller der både nordgående og sørgående tog inngår i beregningene.

Den økonometriske modellen som benyttes er som følger:

⁴ For nordgående tog måler vi for Selsbakk i stedet for Trondheim, og for sørgående tog måler vi for Strandlykkja i stedet for Eidsvoll. Dette gjøres på grunn av utfordringer med manglete data.

$$Kjøretid_{ijw} = \beta_i * Delstrekning_i + \beta_k * Saktekjøring_{ij} + \beta_w * Tognummer_w + \beta_p * Forsinket_{ij} + \sum_{l=1}^4 \beta_l * Sesong_l + \sum_{m=1}^7 \beta_m * Ukedag_m + \varepsilon_{ijw}$$

Modellen er lineær i variablene, slik at vi måler endring i kjøretid på delstrekningnivå i *antall sekunder*, som følge av tilstedeværelse av saktekjøring på delstrekningen. Et positivt estimat kan tolkes som tidstap underveis på delstrekningen som følge av en saktekjøring. Det gjøres ikke noe skille med tanke på saktekjøringens lengde, eller grad av hastighetsnedsettelse. Beregninger vi har gjort viser at disse faktorene har liten innvirkning på resultatene for dette utvalget av saktekjøring. Notasjonen i angir delstrekning, j angir hvert enkelt godstog, mens w angir tognummer.

Modellen inkluderer et sett med kontrollvariabler som tar høyde for ulike faktorer som kan spille inn på kjøretiden på en delstrekning. Det er inkludert kontrollvariabler for sesong (vår, sommer, høst og vinter) og ukedag. I tillegg er det inkludert dummyvariabler for tognummer, som kontrollerer for at kjøretiden til godstogene kan påvirkes av eksempelvis rutetid. Det er også inkludert en kontinuerlig variabel for forsinkelse ved innkjøring til delstrekningen. Estimaten for denne variabelen kan tolkes som beregnet endring i kjøretid på en delstrekning som følge av en times endring i togets forsinkelse ved starten av delstrekningen.

Vi presenterer først modellberegningene for nordgående og sørgående tog separat i tabellform, før vi viser resultatene fra modellene som kombinerer datasettene for nordgående og sørgående tog. Det presenteres fem forskjellige modellberegninger, der modell (1) er basismodellen uten kontrollvariabler, mens modell (2) inkluderer kontrollvariabler for sesong og ukedag. Modell (3) inkluderer også kontrollvariabler for tognummer, mens modell (4) og (5) undersøker hvor sensitiv modellen er for saktekjøringens lengde, ved å ekskludere godstog som har henholdsvis mer enn 10 km og 1 km saktekjøring i løpet av banestrekningene fra beregningene.

Tabell 2-3 viser modellresultatene på delstrekningnivå for nordgående godstog på Dovrebanen. Modellen er beregnet med grunnlag i kjøretider for 901 godstog på 54 delstrekninger.

Tabell 2-2. Modellresultater for nordgående godstog på Dovrebanen i 2012. Estimert påslag i kjøretid på delstrekningsnivå som følge av saktekjøring målt i antall sekunder. Parentes angir estimatets standardfeil.

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Påslag i kjøretid | 43.83*** (6.63) | 43.99*** (6.75) | 44.05*** (6.76) | 46.54*** (6.91) | 42.15*** (5.94) |
| Forsinket | 3.74*** (1.08) | 3.00*** (1.05) | 3.07*** (1.04) | 4.06*** (1.41) | 4.22*** (1.45) |
| Sesongdummyer | Nei | Ja | Ja | Ja | Ja |
| Ukedagdummyer | Nei | Ja | Ja | Ja | Ja |
| Tognummerdummyer | Nei | Nei | Ja | Ja | Ja |
| Saktekjøringer | Alle | Alle | Alle | <10 km | <1 km |
| Observasjoner | 48654 | 48654 | 48654 | 45900 | 40608 |
| r ² | 0.912 | 0.912 | 0.913 | 0.915 | 0.916 |

* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$. Standardfeil justert for seriekorrelasjon for hver delstrekning.

Fra tabellen ser vi at estimert påslag i kjøretid underveis på delstrekningen, som følge av en saktekjøring, er relativt stabilt for modell (1) til (3), og rundt 44 sekunder. Inkluderingen av kontrollvariabler bedrer modellens forklaringskraft marginalt. Variabelen som angir forsinkelse ved innkjør til delstrekning viser at kjøretiden på delstrekningen øker med cirka 3 sekunder dersom toget er én time mer forsinket. Fra modellkjøring (4) og (5) ser vi at estimatet er relativt lite sensitivt med tanke på saktekjøringens lengde.

Tabell 2-4 viser modellresultatene på delstrekningsnivå for sørgående godstog på Dovrebanen. Modellen er beregnet med grunnlag i kjøretider for 874 godstog på 51 delstrekninger.

Tabell 2-3. Modellresultater for sørgående godstog på Dovrebanen i 2012. Estimert påslag i kjøretid på delstrekningsnivå som følge av saktekjøring målt i antall sekunder. Parentes angir estimatets standardfeil.

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Påslag i kjøretid | 50.08*** (6.94) | 50.07*** (7.11) | 49.93*** (7.10) | 49.51*** (7.74) | 43.96*** (4.34) |
| Forsinket | -1.01 (0.72) | -1.61** (0.78) | -0.96 (0.74) | -1.09 (0.75) | -0.95 (0.77) |
| Sesongdummyer | Nei | Ja | Ja | Ja | Ja |
| Ukedagdummyer | Nei | Ja | Ja | Ja | Ja |
| Tognummerdummyer | Nei | Nei | Ja | Ja | Ja |
| Saktekjøringer | Alle | Alle | Alle | <10 km | <1 km |
| Observasjoner | 44574 | 44574 | 44574 | 42024 | 36414 |
| r ² | 0.900 | 0.900 | 0.900 | 0.901 | 0.904 |

* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$. Standardfeil justert for seriekorrelasjon for hver delstrekning.

For sørgående godstog viser tabellen at det estimerte påslaget i kjøretid på delstrekningnivå som følge av saktekjøring er noe høyere enn for nordgående tog. Estimater på cirka 50 sekunder er likevel ikke signifikant forskjellig fra det som ble beregnet for nordgående tog. Som vi ser endrer punkttestimatet seg lite mellom modell (1) og (3) med innføring av kontrollvariabler. Vi får derimot et noe lavere beregnet punkttestimat for saktekjøringer dersom vi ekskluderer alle godstog som har hatt saktekjøringer som har vært lengre enn 1 km. I motsetning til nordgående tog finner vi ingen signifikant effekt av hvor forsinket godstoget er, på togets kjøretid på delstrekningen.

Hvis vi kombinerer sørgående og nordgående tog i samme analyse, blir den estimerte effekten av saktekjøringer liggende et sted imellom effektene vist her. Dette gir imidlertid ikke noe bedre presisjon. Dette er vist i tabell C-1 i vedlegg C.

Oppsummering

I de separate modellene og modellene som kombinerer nordgående og sørgående godstog har vi dermed estimert en signifikant effekt av saktekjøringer på kjøretid underveis for samtlige modeller. For nordgående tog er effekten beregnet å være 44 sekunder, mens den for sørgående tog er beregnet til å være 50 sekunder. Effekten for modellen som kombinerer nordgående og sørgående tog er beregnet å være et sted midt imellom.

De beregnede estimatene gir et uttrykk for det *gjennomsnittlige* påslaget i kjøretid på en delstrekning som følge av en saktekjøring. For noen godstog kan effekten være mye større enn dette, og for andre godstog kan effekten være mindre, eller ubetydelig. Effekten vil også kunne variere for ulike delstrekninger. Det er mange faktorer som har betydning for kjøretiden til et godstog, og det har ikke vært mulig å kontrollere for alle disse faktorene i våre modeller. Et eksempel på dette er at ulike togførere vil kunne ha ulik kjørestil.

Vi føler oss likevel rimelig trygge på at våre punktestimater på cirka 48 sekunder i snitt for begge retninger gir et godt bilde av den gjennomsnittlige effekten på kjøretid underveis, med tanke på at beregningene er gjennomført på et stort antall observasjoner, og er robuste på tvers av modellspesifikasjoner. Beregningene er mest egnet til å si noe om korte saktekjøringer, ettersom de aller fleste av saktekjøringene i våre data for Dovrebanen i 2012 er under 1 km lange. For lengre saktekjøringer er trolig effekten mer variabel, og graden av hastighetsnedsettelse vil kunne ha større betydning for effekten på kjøretid.

Det har ikke vært mulig å gjennomføre lignende analyser av tidstap på delstrekningnivå for andre banestrekninger, grunnet manglende tilgang på tilstrekkelig detaljert data. Det er dermed ikke mulig å si noe om det beregnede tidstapet er sammenlignbart mellom ulike banestrekninger. Vi anser likevel våre resultater fra Dovrebanen til å være en god approksimasjon for tidstapet underveis ved saktekjøringer også for de andre banestrekningene, spesielt siden estimatene er beregnet med såpass høy presisjon og banestrekningene har mange fellestrekk.

2.5 Effekt på ankomsttidspunkt til terminal

Vi benytter standard regresjonsanalyse for beregning av effekt av saktekjøringer på punktlighet til endestasjon som følge av saktekjøring. I modellene beregner vi endring i forsinkelse fra avgang til ankomst med bakgrunn i antall påløpte saktekjøringer for hvert enkelt godstog, i tillegg til en rekke andre kontrollvariabler. Dette er i prinsippet det samme som å analysere kjøretidspåslag, så lenge planlagt kjøretid ikke endres.

Som i delstrekninganalysene skiller vi ikke mellom ulike typer saktekjøringer med tanke på lengde eller grad av hastighetsnedsettelse. De aller fleste saktekjøringene er under 1 km, og avviker i liten grad fra hverandre. I de ulike modellformuleringene beregner vi dermed effekten av en gjennomsnittlig saktekjøring.

En forklaring av variabelnavnene som er benyttet i regresjonene er gitt i tabell X:

Tabell 2-4. Oversikt over variablene som er benyttet i de økonometriske beregningene for punktlighetseffekt av saktekjøringer til endestasjon.

| Variabelnavn | Forklaring |
|-----------------------|---|
| Endring i punktlighet | Den avhengige variabelen. Endring i punktlighet fra avgang til ankomst ved endestasjon. Subscript k angir hvert individuelle godstog. |
| Saktekjøringer | Antall saktekjøringer påløpt for tog k fra avgang til ankomst endestasjon. |
| År | Kontrollvariabel for år i analyseperioden. Subscript w . Inndelt i seks år (2008-2013). |
| Sesong | Kontrollvariabel for årstid. Inndelt i fire sesonger (vinter/vår/sommer/høst). Subscript i . |
| Ukedag | Kontrollvariabel for ukedag. Subscript m . |
| Tognummer | Kontrollvariabel for godstogets tognummer. Subscript j . |
| Avgang | Kontrollvariabel for godstogets avgangstidspunkt. Subscript p . Inndelt i fire tidspunkter: <ul style="list-style-type: none">- Før tiden- 0-600 sekunder forsinket- 600-1200 sekunder forsinket- Mer enn 1200 sekunder forsinket. |

Modellberegningene er gjennomført for de fire forskjellige banestrekningene separat, og for alle banestrekningene tar vi utgangspunkt i at Alnabru er start/endestasjon. For Dovrebanen er dermed analyseområdet mellom Alnabru og Trondheim, mens Alnabru og Bergen er analyseområdet for Bergensbanen. For Raumabanen er analyseområdet mellom Alnabru og Dombås på Dovrebanen, i tillegg til strekningen mellom Dombås og Åndalsnes. Til slutt er strekningen mellom Alnabru og Kristiansand analyseområdet for Sørlandsbanen⁵.

Modellformuleringen for de fire banestrekningene er gjengitt under:

⁵ Stavanger er ikke inkludert på grunn av manglende data

$$\begin{aligned} \text{Endring i punktlighet}_{kj} = & \beta_0 + \beta_l * \text{Saktekjøringer}_k + \beta_j * \text{Tognummer}_j + \sum_{w=1}^6 \beta_w * \text{År}_w \\ & + \sum_{m=1}^7 \beta_m * \text{Ukedag}_m + \sum_{p=1}^4 \beta_p * \text{Avgang}_p + \sum_{i=1}^4 \beta_i * \text{Sesong}_i + \varepsilon_{kj} \end{aligned}$$

Notasjonen k angir hvert enkelt godstog i datasettet. Modellen er lineær i variablene, slik at vi måler endring i punktlighet til endestasjon (i antall sekunder), som følge av tilstedeværelse av saktekjøringer underveis på banestrekningen. Et positivt estimat kan tolkes dithen at punktligheten til endestasjon forverres som følge av en ekstra saktekjøring underveis på banestrekningen.

Modellen inkluderer et sett med kontrollvariabler som tar høyde for ulike faktorer som kan spille inn på punktligheten til endestasjon. Som for delstrekningsanalysene er det inkludert kontrollvariabler for sesong, ukedag og tognummer. Det er også inkludert dummyvariabler for avgangstidspunkt fra start, som kontrollerer for togets punktlighet ved avgang.

Vi presenterer modellberegningene for hver banestrekning hver for seg, med retningsfordelte separate analyser. Det presenteres tre forskjellige modellberegninger, der modell (1) er basismodellen med et minimum av kontrollvariabler som kun inkluderer en tidstrend og dummyvariabler for avgangstidspunkt, mens modell (2) inkluderer kontrollvariabler for sesong og ukedag. Modell (3) inkluderer også kontrollvariabler for tognummer.

Dovrebanen

Tabell 2-7 viser resultatene for Dovrebanen, med analysene for tog *fra* Alnabru (til Trondheim) i kolonnene til venstre, og tog *til* Alnabru (fra Trondheim) i kolonnene til høyre.

Tabell 2-5. Modellresultater for godstog på Dovrebanen til endestasjon. Beregnet endring i punktlighet til endestasjon som følge av saktekjøring underveis. Estimater oppgitt i antall sekunder. Parentes angir estimatets standardfeil.

| | Tog fra Alnabru | | | Tog til Alnabru | | |
|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | (1) | (2) | (3) | (1) | (2) | (3) |
| Endring i punktlighet | 21.81*** (2.38) | 25.84*** (2.77) | 26.23*** (2.66) | 23.91*** (2.69) | 29.97*** (3.09) | 30.27*** (2.95) |
| Sesongdummyer | Nei | Ja | Ja | Nei | Ja | Ja |
| Ukedagdummyer | Nei | Ja | Ja | Nei | Ja | Ja |
| Årdummyer | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja |
| Tognummerdummyer | Nei | Nei | Ja | Nei | Nei | Ja |
| Avgangstiddummyer | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja |
| Saktekjøringer | Alle | Alle | Alle | Alle | Alle | Alle |
| Observasjoner | 6041 | 6041 | 6041 | 5945 | 5945 | 5945 |
| r ² | 0.21 | 0.22 | 0.28 | 0.14 | 0.17 | 0.24 |

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01.

Vi beregner signifikante estimater for punktlighetseffekten til endestasjon for samtlige modeller, både for tog til og fra Alnabru. For godstog fra Alnabru til Trondheim beregner vi at effekten av en enkelt saktekjøring på punktlighet til endestasjon er på knappe 22 sekunder i modell (1), mens effekten beregnes å være cirka 26 sekunder når vi kontrollerer for sesong, ukedag og tognummer i modell (2) og (3). For godstog fra Trondheim til Alnabru finner vi gjennomgående noe høyere punktestimater, med cirka 24 sekunder i modell (1). For modell (2) og (3) beregnes én saktekjøring å medføre en endring i punktlighet til endestasjon på cirka 30 sekunder.

Bergensbanen

Modellresultatene for Bergensbanen er gjengitt i Tabell 2-8. I kolonnene til venstre vises resultatene for godstog *fra* Alnabru (til Bergen), og i kolonnene til høyre vises resultatene for godstog *til* Alnabru (fra Bergen).

Tabell 2-6. Modellresultater for godstog på Bergensbanen til endestasjon. Beregnet endring i punktlighet til endestasjon som følge av saktekjøring underveis. Estimater oppgitt i antall sekunder. Parentes angir estimatets standardfeil.

| | Tog fra Alnabru | | | Tog til Alnabru | | |
|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | (1) | (2) | (3) | (1) | (2) | (3) |
| Endring i punktlighet | 17.36*** (4.10) | 19.15*** (4.93) | 19.73*** (4.85) | -0.93 (3.56) | 8.25* (4.39) | 8.52* (4.37) |
| Sesongdummyer | Nei | Ja | Ja | Nei | Ja | Ja |
| Ukedagdummyer | Nei | Ja | Ja | Nei | Ja | Ja |
| Årdummyer | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja |
| Tognummerdummyer | Nei | Nei | Ja | Nei | Nei | Ja |
| Avgangstiddummyer | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja |
| Saktekjøringer | Alle | Alle | Alle | Alle | Alle | Alle |
| Observasjoner | 6210 | 6210 | 6210 | 6116 | 6116 | 6116 |
| r ² | 0.10 | 0.11 | 0.14 | 0.16 | 0.17 | 0.18 |

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01.

For godstog *fra* Alnabru finner vi signifikant positive estimater for effekten av saktekjøringer på punktligheten til endestasjon. Effekten av en enkelt saktekjøring beregnes å være cirka 17 sekunder i modell (1), mens modellene (2) og (3) med flere kontrollvariabler beregner effekten å være opp mot 20 sekunder. For godstog *til* Alnabru finner vi en mindre tydelig effekt av saktekjøringer på punktlighet til endestasjon. I modell (1) med få kontrollvariabler finner vi en svakt negativ, men ikke signifikant, effekt på punktligheten. I modellene (2) og (3) beregner vi en effekt per saktekjøring på punktlighet til endestasjon på drøyt 8 sekunder, men disse estimatene er kun signifikante på 10 % nivå.

Sørlandsbanen

Tabell 2-9 viser resultatene for Sørlandsbanen, med analysene for tog *fra* Alnabru (til Kristiansand) i kolonnene til venstre, og tog *til* Alnabru (fra Kristiansand) i kolonnene til høyre.

Tabell 2-7. Modellresultater for godstog på Sørlandsbanen til endestasjon. Beregnet endring i punktlighet til endestasjon som følge av saktekjøring underveis. Estimater oppgitt i antall sekunder. Parentes angir estimatets standardfeil.

| | Tog fra Alnabru | | | Tog til Alnabru | | |
|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | (1) | (2) | (3) | (1) | (2) | (3) |
| Endring i punktlighet | 24.47*** (5.21) | 32.78*** (5.75) | 32.68*** (5.56) | 17.68*** (5.55) | 24.88*** (6.14) | 24.31*** (5.89) |
| Sesongdummyer | Nei | Ja | Ja | Nei | Ja | Ja |
| Ukedagdummyer | Nei | Ja | Ja | Nei | Ja | Ja |
| Årdummyer | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja |
| Tognummerdummyer | Nei | Nei | Ja | Nei | Nei | Ja |
| Avgangstiddummyer | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja |
| Saktekjøringer | Alle | Alle | Alle | Alle | Alle | Alle |
| Observasjoner | 5713 | 5713 | 5713 | 5349 | 5349 | 5349 |
| r ² | 0.07 | 0.08 | 0.14 | 0.23 | 0.24 | 0.30 |

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01.

Punkttestimatene er signifikante for samtlige modeller på 1%-nivå, og effekten av saktekjøringer beregnes å være noe høyere for godstog *fra* Alnabru, enn *til* Alnabru. For modellene *fra* Alnabru beregner vi en punktlighetsvirkning på cirka 24 sekunder til endestasjon per saktekjøring i modell (1), mens estimatet er rundt 33 sekunder når vi inkluderer et større sett av kontrollvariabler i modell (2) og (3). For godstogene *til* Alnabru beregnes effekten å være 18 sekunder i modell (1) og opp mot 25 sekunder i modellene med flere kontrollvariabler. Modellenes forklaringskraft er størst for modellene *til* Alnabru.

Raumabanen

Tabell 2-10 viser resultatene for Raumabanen, med analysene for tog *fra* Alnabru (til Åndalsnes) i kolonnene til venstre, og tog *til* Alnabru (fra Åndalsnes) i kolonnene til høyre.

Tabell 2-8. Modellresultater for godstog på Raumabanen til endestasjon. Beregnet endring i punktlighet til endestasjon som følge av saktekjøring underveis. Estimater oppgitt i antall sekunder. Parentes angir estimatets standardfeil.

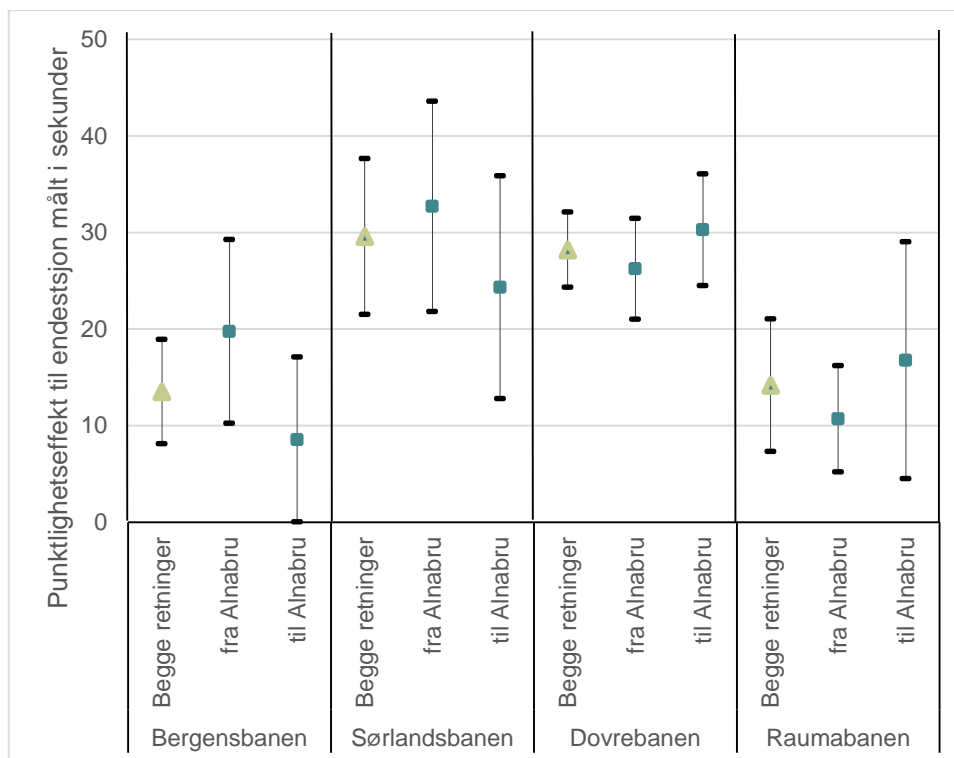
| | Tog fra Alnabru | | | Tog til Alnabru | | |
|-----------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | (1) | (2) | (3) | (1) | (2) | (3) |
| Endring i punktlighet | 9.75*** (2.47) | 10.81*** (2.85) | 10.69*** (2.81) | 18.02*** (5.58) | 17.21*** (6.34) | 16.75*** (6.26) |
| Sesongdummyer | Nei | Ja | Ja | Nei | Ja | Ja |
| Ukedagdummyer | Nei | Ja | Ja | Nei | Ja | Ja |
| Årdummyer | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja |
| Tognummerdummyer | Nei | Nei | Ja | Nei | Nei | Ja |
| Avgangstiddummyer | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja |
| Saktekjøringer | Alle | Alle | Alle | Alle | Alle | Alle |
| Observasjoner | 1518 | 1518 | 1518 | 1298 | 1298 | 1298 |
| r ² | 0.27 | 0.28 | 0.30 | 0.37 | 0.39 | 0.40 |

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01.

Samtlige punkttestimater for effekten av saktekjøring til endestasjon er beregnet til å være signifikante på 1%-nivå. Effekten er beregnet med større presisjon for godstogene *fra* Alnabru enn *til* Alnabru, med en standardfeil i estimatene som er cirka halvparten så stor. For godstogene *fra* Alnabru beregner vi punktlighetseffekten til endestasjon av en saktekjøring å være mellom 10 og 11 sekunder, og nokså lik for de tre modellspesifikasjonene (1) til (3). For godstog *til* Alnabru beregner vi effekten til å være mellom 17 og 18 sekunder, avhengig av modellspesifikasjon. Begge sett av modeller har nokså høy forklaringskraft, sett i forhold til de andre banestrekningene. Dette kan skyldes at det er et lavere og mer enhetlig utvalg av tog som trafikkerer strekningen.

Sammenligning av effekt til endestasjon mellom banestrekninger

Beregningene av punktlighetseffekten til endestasjon, som følge av saktekjøringer underveis, viser at virkningen er signifikant forskjellig fra null for samtlige banestrekninger. Dette samsvarer med vår intuisjon om at saktekjøringer bidrar til økt framføringstid og påvirker punktligheten negativt. Resultatene er oppsummert i figur X som viser punkttestimatene for hver banestrekning og retning med tilhørende konfidensintervall for estimatene. I tillegg vises punkttestimater og konfidensintervall basert på data for begge retningene samlet for hver enkelt banestrekning.



Figur 2-7. Beregnet punktligheffekt til endestasjon som følge av saktekjøringer med tilhørende konfidensintervall på 95 % nivå for hver retning og begge retninger kombinert.

De største effektene beregner vi for Sørlandsbanen og Dovrebanen, hvor vi finner at en gjennomsnittlig saktekjøring underveis på banestrekningen bidrar til et forventet påslag i forsinkelse til endestasjon på mellom 24 og 33 sekunder. For Raumabanen og Bergensbanen beregner vi noe mindre effekt av saktekjøringer, med mellom 9 og 20 sekunder endring i forsinkelse per saktekjøring. Fra figuren ser vi at det ikke er mulig å fastslå hvilken retning saktekjøringene har mest virkning på punktligheten til endestasjon. For Dovrebanen og Raumabanen er effekten av saktekjøringen størst for godstog *til* Alnabru, mens den for Bergensbanen og Sørlandsbanen er størst for tog *fra* Alnabru.

I analysene for begge retningene samlet ser vi fra figuren ser at Sørlandsbanen og Dovrebanen har beregnet en punktligheffekt som er signifikant større enn for Bergensbanen og Raumabanen, ettersom konfidensintervallene til disse banestrekningene ikke overlapper. Basert på våre analyser finner vi dermed indikasjoner på at punktligheffekten av en saktekjøring til en viss grad varierer mellom banestrekningene. Figuren viser også at konfidensintervallene for punkttestimatene er klart kortest for Dovrebanen. For de tre andre banestrekningene er usikkerheten i den estimerte effekten noe større.

Sammenlignet med resultatene på delstrekningsnivå viser beregningene av punktlighet til endestasjon for begge retninger samlet, for samtlige banestrekninger, at effekten av saktekjøringer til endestasjon er mindre enn effekten underveis på delstrekningsnivå. Mens analysene på delstrekningsnivå viser et gjennomsnittlig påslag i kjøretid på 44-50 sekunder når begge retninger er inkludert, viser beregningene til endestasjon for begge retninger samlet en punktligheffekt på mellom 14 og 30

sekunder, avhengig av banestrekning. Forskjellen er signifikant forskjellig for alle banestrekninger med unntak av Sørlandsbanen.

Resultatene fra analysene til endestasjon tyder dermed på at en saktekjøring koster mer i tidstap underveis på en delstrekning, enn det påvirker punktligheten til endestasjon. Dette indikerer at et godstog som rammes av en saktekjøring klarer å kjøre inn en god del av tidstapet til endestasjon, men ikke alt. Det er dermed en viss slakk i ruteplanen, samtidig som at dette slakket ikke er stort nok til å hindre at saktekjøringen har en punktlighetseffekt for transportbrukerne.

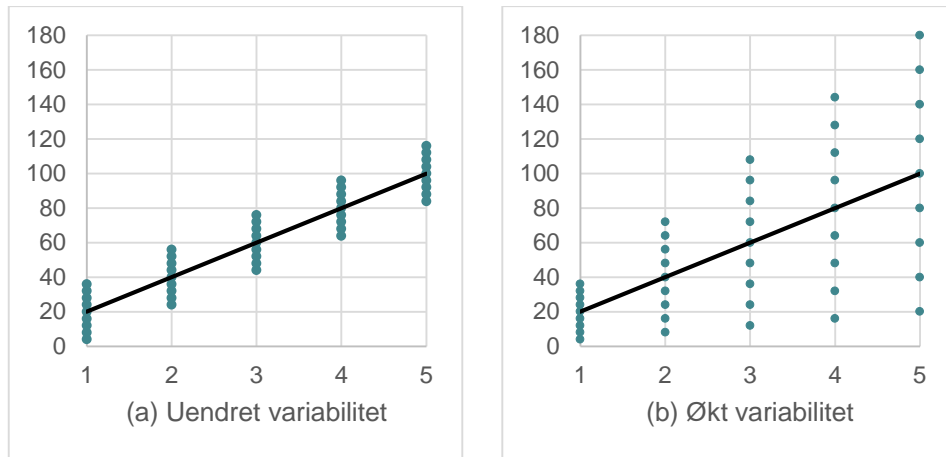
Modellene som er beregnet angir den gjennomsnittlige effekten til endestasjon, som følge av en saktekjøring. Som i analysene på delstrekningsnivå vil den reelle effekten mellom individuelle tog variere, der noen kan bli mye forsinket til endestasjon som følge av saktekjøringer underveis, mens andre tog er upåvirket av saktekjøringen. Det er mulig å vurdere hvordan undergrupper av godstog i vårt datamateriale påvirkes av saktekjøringer, og på den måten avdekke hvordan saktekjøringer påvirker tog ulikt. Vi har gjort noen flere analyser oppdelt på undergrupper, men disse er ikke egnet til å trekke generelle konklusjoner.

2.6 Øker forskjellene mellom ulike tog?

I analysene frem til nå har vi vist hvordan togenes kjøretid underveis og punktlighet til endestasjon påvirkes av saktekjøringer. At det er en positiv effekt på ankomsttidspunkt til endestasjon i gjennomsnitt antyder at noen tog blir forsinket som følge av saktekjøringene. Den gjennomsnittlige effekten sier imidlertid ikke noe om hvor mye forsinket de hardest rammete togene blir, eller i hvilken grad togene rammes ulikt. Det er derfor interessant å studere i hvilken grad saktekjøringer påvirker variasjonen i kjøretid mellom ulike tog.

Dette er også viktig for den samfunnsøkonomiske tolkningen. Dersom saktekjøringen kun har en effekt på gjennomsnittlig tidstap og ikke på variasjon, bør det samfunnsøkonomiske tapet først og fremst forstås som tapt framføringstid. Hvis det også er en effekt på variasjon, er det lettere å argumentere for å regne på kostnaden ved redusert pålitelighet, enten målt ved gjennomsnittlig forsinkelse eller standardavviket til framføringstida (Halse, Samstad mfl. 2010).

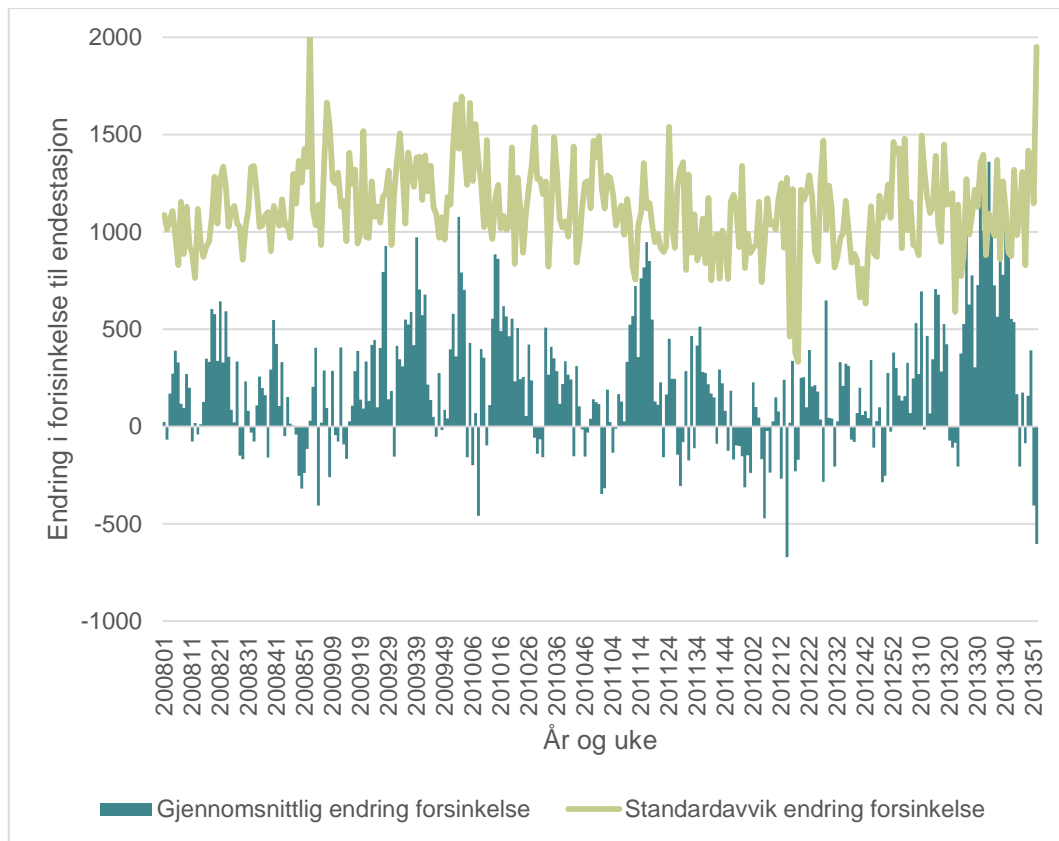
Ved å gruppere de enkelte godstogene over en gitt tidsenhet kan man sammenligne variasjonen i endring i endestasjonspunktlighet som følge av saktekjøringer underveis på banestrekningen. Figuren under skisserer mulige sammenhenger mellom antall saktekjøringer underveis på en banestrekning og variabilitet i forsinkelse ved ankomst.



Figur 2-8. Sammenheng mellom antall saktekjøringer og variabilitet i punktlighetseffekt til endestasjon. Langs Y-aksen vises påslag i forsinkelse til endestasjon i antall sekunder, mens X-aksen viser antall saktekjøringer på banestrekningen.

Hvert punkt i figuren viser beregnet påslag i forsinkelse til endestasjon for et enkelt godstog som følge av saktekjøringer underveis. Venstre del av figuren (a) viser et tenkt tilfelle der godstogenes variabilitet i punktlighet til endestasjon ikke endrer seg med antallet saktekjøringer underveis, mens høyre del av figuren (b) viser et tilfelle der variabiliteten i ankomsttidspunkt øker med antallet saktekjøringer. Dette innebærer også at sannsynligheten for forsinkelser av en viss lengde øker. I begge tilfeller har imidlertid hver saktekjøring en lik effekt på *gjennomsnittlig* forsinkelse til endestasjon.

Hva som gjelder i praksis er vanskelig å si generelt. Også i en situasjon uten saktekjøringer er det mange tog som ikke holder ruteplanen, og blant annet venter på kryssende tog på andre tidspunkter enn det ruteplanen tilsier. I Figur 2-9 sammenligner vi gjennomsnittlig endring i forsinkelse til endestasjon med standardavviket i endret forsinkelse til endestasjon på ukensnivå for Dovrebanen.



Figur 2-9. Gjennomsnittlig endring i forsinkelse fra avgang til ankomst og standardavvik i endring forsinkelse for Dovrebanen 2008 til 2013.

Figuren viser at det er høy variasjon i kjøretid mellom ulike tog i hver uke. Endring i forsinkelse fra avgang til ankomst varierer med et standardavvik på omtrent 20 minutter (1200 sekunder). Det er lite trolig at saktekjøringer bidrar til å forklare hele variasjonen i endret punktlighet til endestasjon. Det kan imidlertid tenkes at saktekjøringer øker problemene med å holde ruteplanen for noen tog mer enn andre, og at variasjonen derfor øker med antallet saktekjøringer.

Effekt på variabilitet

Ved å bruke de tidligere nevnte TIOS-data fra 2008 til 2013, kan vi empirisk beregne om saktekjøringer underveis fører til økt variabilitet i endestasjonspunktlighet for godstog. Det er mulig å analysere variabiliteten i endret endestasjonspunktlighet over tid med bakgrunn i antall saktekjøringer som har stått i de ulike tidsperiodene. Med vårt datagrunnlag er det naturlig å studere variabiliteten i endret endestasjonspunktlighet på ukensnivå, ettersom det er på dette detaljeringsnivået vi har informasjon om saktekjøringer.

For hver enkelt uke i datasettet, mellom 2008 og 2013, beregner vi standardavviket i endret punktlighet til endestasjon for alle godstogene som har kjørt en gitt uke. Dette kan deretter sammenlignes med antallet saktekjøringer som har vært den samme uken.

For å undersøke de statistiske sammenhengene nærmere gjennomfører vi regresjonsanalyser individuelt for hver banestrekning. Modellene er formulert på følgende måte, hvor vi inkluderer kontrollvariabler for sesong og år.

$$StDev(Endring\ i\ punktlighet_k) = \beta_0 + \beta_1 * Saktekjøringer_k + \sum_{w=1}^6 \beta_w * \text{\AA}r_w + \sum_{i=1}^4 \beta_i * Sesong_i$$

Den avhengige variabelen i modellen er standardavviket i endret punktlighet til endestasjon, mens de uavhengige variablene består av antallet saktekjøringer og kontrollvariabler for år og sesong. Notasjonen k angir en gitt uke i datasettet. I tillegg til den lineære modellspesifikasjonen er det også testet ut en logaritmisk modellspesifikasjon, for å se om denne gir høyere forklaringskraft enn den lineære spesifikasjonen. I de fleste tilfellene ga den lineære modellen høyest forklaringskraft, og vi presenterer derfor resultatene fra denne modellspesifikasjonen for de ulike banestrekningene. Vi inkluderer også resultatene fra modeller der det ikke er benyttet kontrollvariabler for år og sesong. Tabell X viser resultatene fra analysene for hver enkelt banestrekning og retning, der (1) angir modellspesifikasjonen uten kontrollvariabler, og (2) med kontrollvariabler. Antallet observasjoner angir antall uker som inngår i datamaterialet.

Tabell 2-9. Beregnet endring i standardavvik i endret endestasjonspunktligheit med bakgrunn i antall saktekjøringer. Estimater oppgitt i antall sekunder med standardfeil i parentes. Resultater for hver banestrekning separat.

| | Fra Alnabru | | Til Alnabru | |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| | (1) | (2) | (1) | (2) |
| Sesongdummyer | Nei | Ja | Nei | Ja |
| Årdummyer | Nei | Ja | Nei | Ja |
| <i>Dovrebanen</i> | | | | |
| Standardavvik endring i punktligheit | 4.63* (2.50) | 2.56 (3.22) | 5.38** (2.65) | 4.62 (3.40) |
| Observasjoner | 302 | 302 | 307 | 307 |
| r ² | 0.01 | 0.10 | 0.01 | 0.11 |
| <i>Bergensbanen</i> | | | | |
| Standardavvik endring i punktligheit | -2.03 (3.73) | -1.66 (5.76) | 2.04 (3.87) | -4.37 (6.33) |
| Observasjoner | 312 | 312 | 312 | 312 |
| r ² | 0.00 | 0.13 | 0.00 | 0.03 |
| <i>Sørlandsbanen</i> | | | | |
| Standardavvik endring i punktligheit | 8.68* (4.86) | 8.20 (6.36) | 15.78*** (4.91) | -7.32 (6.48) |
| Observasjoner | 311 | 311 | 310 | 310 |
| r ² | 0.01 | 0.12 | 0.03 | 0.13 |
| <i>Raumabanen</i> | | | | |
| Standardavvik endring i punktligheit | 4.74* (2.70) | 3.96 (2.83) | -0.83 (4.85) | 0.83 (5.96) |
| Observasjoner | 297 | 297 | 284 | 284 |
| r ² | 0.01 | 0.36 | 0.00 | 0.08 |

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01.

De beregnede koeffisientene kan tolkes som endringen i standardavvik i endret endestasjonspunktligheit som følge av en ekstra saktekjøring. Dersom koeffisienten er positiv øker variasjonen i endret endestasjonspunktligheit med antall saktekjøringer, og omvendt dersom den er negativ. For Dovrebanen ser vi at standardavviket i endret punktligheit til endestasjon er beregnet å øke med cirka 5 sekunder per saktekjøring, i tilfellet uten kontrollvariabler. Sammenlignet med Figur 2-9 ser vi at den beregnede virkningen relativt sett er svært liten målt mot den totale variasjonen i endret punktligheit til endestasjon på banestrekningen. Når vi inkluderer kontrollvariabler er koeffisientene ikke signifikante på 5% nivå.

Også for de andre strekningene er effektene små og ikke robuste når vi inkluderer flere kontrollvariabler. Med bakgrunn i våre data er det dermed ingen empiriske bevis på at togenes spredning i kjøretid til endestasjon påvirkes av antallet saktekjøringer. For de analyserte banestrekningene over den gitte tidsperioden tyder det på at vi har en situasjon som beskrevet i venstre del (a) av Figur 2-8.

Effekt på sannsynlighet for forsinkelse av en viss lengde

En annen måte vi kan bruke våre data for kjøretider og saktekjøringer er å undersøke hvordan *sannsynligheten* for at et tog blir forsinket til endestasjon påvirkes av antallet saktekjøringer underveis. Dette kan beregnes ved å benytte samme økonometriske modell som i de tidligere analysene for endestasjonspunktlighet⁶, men der vi bytter ut den avhengige variabelen *endring i punktlighet* med en binær variabel hvor målet for punktlighet er definert ved ankomst endestasjon. Vi tar dermed ikke hensyn til hvor forsinket toget var ved start, men ser kun på endestasjonspunktlighet. I modellberegningene har vi spesifisert ulike grenseverdier for punktlighet som henholdsvis 0, 15, 30 og 60 min etter planlagt ankomst ved endestasjon. Koeffisienten for saktekjøring i modellene kan tolkes som *endret sannsynlighet* for forsinket ankomst som følge av en enkelt saktekjøring.⁷ Resultatene fra analysen er vist i Tabell 2-12.

Tabell 2-10. Beregnet endret sannsynlighet i forsinket ankomst til endestasjon som følge av en ekstra saktekjøring underveis. Oppgitt i prosentpoeng per saktekjøring. Ikke-signifikante koeffisienter ikke oppgitt.

| | >0 min | >15 min | >30 min | >60 min |
|---------------|--------|---------|---------|---------|
| Dovrebanen | 1,0 % | 0,9 % | 0,6 % | 0,3 % |
| Bergensbanen | 0,8 % | 0,5 % | - | - |
| Sørlandsbanen | 0,5 % | - | - | - |
| Raumabanen | 0,8 % | 0,3 % | - | - |

Fra tabellen ser vi at en ekstra saktekjøring på Dovrebanen ifølge våre modellberegninger medfører økt sannsynlighet for forsinket ankomst ved endestasjon. Sannsynligheten for at toget blir over én time forsinket øker med 0,3 prosentpoeng, mens sannsynligheten for at toget blir mer enn 15 minutter forsinket øker med 0,9 % som følge av en ekstra saktekjøring. Våre kjøretidsdata fra TIOS tilsier at i underkant av 3 % av godstogene er over 60 min forsinket til endestasjon, mens i underkant av 9 % av godstogene er over 30 min forsinket. Resultatene for Dovrebanen gir dermed en indikasjon på at saktekjøringer kan være en viktig bidragsyter til økt sannsynlighet for både større og mindre forsinkelser til endestasjon.

Også for de andre banestrekningene finner vi bevis for at saktekjøringer medfører økt beregnet sannsynlighet for forsinket ankomst i henhold til ruteplan. Vi finner derimot ingen signifikante bevis for disse banestrekningene at saktekjøringer fører til økt sannsynlighet for lengre forsinkelser på over 30 minutter til endestasjon.

2.7 Diskusjon

I dette kapitlet har vi redegjort for hvordan saktekjøringer påvirker kjøretiden og punktligheten for godstog. I modellberegningene har vi funnet relativt entydige bevis for at saktekjøringer underveis på en banestrekning medfører tidstap underveis, og

⁶ Inkludert fullt sett med kontrollvariabler

⁷ I og med at den avhengige variabelen er diskret, kan en alternativt spesifisere en logit- eller probitmodell. Dette gir liknende resultater, men resultatene fra den lineære modellen er lettere å tolke direkte.

forverret punktlighet til endestasjon for godstog. Saktekjøringer medfører derfor en kostnad for samfunnet ved at godstog får lengre og mer variabel framføringstid.

For godstransport består de samfunnsøkonomiske kostnadene av alle tiltak næringslivet må gjennomføre for å sikre seg mot usikkerheten rundt transporttid, i tillegg til kostnadene vedrørende forsinkede leveringer (Halse og Killi, 2013). For persontransport består kostnadene i at de reisende må legge inn sikkerhetsmarginer mot forsinkelser.

Et av hovedbidragene fra forskningsrådprosjektet PUSAM var å frembringe enhetsverdier for spart framføringstid og forsinkelser for godstog. Enhetsverdiene er fremkommet ved bruk av en SP-studie der samlastere på jernbanen stilles ovenfor ulike valgeksperimenter vedrørende framføringstid, variasjon i framføringstid og kostnader ved jernbanetransport. For en detaljert beskrivelse av denne studien henviser vi til TØI-rapport 1250/2013 (Halse og Killi, 2013). For persontransport er det i den norske verdsettingsstudien (Ramjerdi m.fl., 2010) beregnet lignende verdier for tidsbruk i persontransport.

Beregning av samfunnsøkonomiske kostnader

Et vesentlig spørsmål er hvordan vi kan bruke resultatene fra PUSAM og PREIS til å beregne kostnadene for samfunnet av saktekjøringer for godstransport på norsk jernbane. Dette er ekvivalent med å beregne nytten for samfunnet av å fjerne saktekjøringer.

De totale kostnadene for samfunnet som følge av en saktekjøring kan antas å være avhengig av flere faktorer:

1. Hvor lenge saktekjøringen står, og hvor mange godstog og tonn gods som rammes
2. Effekten på punktlighet til endestasjon for togene som rammes av saktekjøringene
3. Samfunnsøkonomiske enhetsverdier for beregning av kostnader

I PREIS fokuserer vi i saktekjøringscasen på punkt (2), mens enhetsverdiene fra PUSAM utgjør punkt (3). Informasjon om punkt (1) kan enkelt hentes fra kjøretidsdata gjennom eksempelvis TIOS og T-sirkulærer.

Ved å kombinere informasjon fra punktene (1) til (3) er det mulig å lage anslag for de totale samfunnsøkonomiske kostnadene som følge av en enkelt saktekjøring. Disse kostnadene vil kunne variere mellom ulike banestrekninger og retninger, ettersom påslaget i forsinkelse til endestasjon som følge av saktekjøringer kan være forskjellig, samt at tonnmengden på hvert tog kan være ulikt. Den samfunnsøkonomiske kostnaden for et enkelt godstog som påvirkes av en saktekjøring kan beskrives på følgende måte, der deltategnet (Δ) beskriver endringen i punktlighet:

$$\text{SØ Kostnad} = \Delta \text{ Punktlighet endestasjon} * \text{Forsinkelseskostnad per time} * \text{Tonnmengde}$$

De totale samfunnsøkonomiske kostnadene av å ha en saktekjøring stående over tid kan deretter beregnes ved å analysere hvor mange godstog som ble påvirket av saktekjøringen, før den ble fjernet.

I en samfunnsøkonomisk beregning av virkningen av saktekjøringer, bør også endringen av slakket i systemet verdsettes. Godstogene bruker slakket i ruteplanen til å kjøre inn tapt tid underveis til endestasjon. Det er ikke ubegrensede mengder slakk i jernbanenettverket, og saktekjøringer bidrar til at mengden slakk reduseres. Når mengden slakk reduseres kan dette påvirke trafikkavviklingen og punktligheten for godstogene. Transportsystemet blir mer sårbart. Slakk har dermed en verdi, i den grad at redusert slakk trolig medfører lavere punktlighet, og økt antall forsinkelser. Når man opererer med mindre slakk kan konsekvensene av forstyrrelser i trafikkavviklingen bli større for den totale punktligheten i jernbanesystemet.

Forskjellen i punktlighetseffekten av en saktekjøring underveis og til endestasjon kan presenteres som en rate som indikerer hvor mye slakk det er i jernbanesystemet:

$$\text{Faktor for slakk} = \frac{\text{Påslag saktekjøring endestasjon}}{\text{Påslag saktekjøring delstrekning}}$$

Dersom raten er svært lav, ned mot null, kan dette betraktes som at det er mye slakk i ruteplanen; godstoget klarer å kjøre inn tapt tid som følge av saktekjøringer underveis til endestasjon. Tilsvarende er det mindre slakk i ruteplanen dersom raten går mot 1. I dette tilfellet klarer ikke godstoget å kjøre inn den tapte tiden underveis til endestasjon. I en situasjon der raten er høyere enn 1 gir dette en indikasjon på at saktekjøringen medfører større forsinkelse til endestasjon, enn effekten var underveis på delstrekningen. I dette tilfellet kan følgeforsinkelser og lignende faktorer spille inn.

Avveiningen mellom slakk og presisjon i avviklingen av jernbanetrafikk har dermed en innvirkning på brukerkostnadene for brukerne av jernbanen. En grundigere gjennomgang av samfunnsøkonomisk verdsetting av slakk, som også tar for seg operatørperspektivet, er gitt i boka «Punktligheit i jernbanen – hvert sekund teller» av Olsson mfl. (2015).

Bruk av resultater i generelle analyseverktøy

De samfunnsøkonomiske virkningene kan beregnes for en enkelt saktekjøring, som vist over. En annen mulighet er å benytte estimatene utledet i saktekjøringscaset, kombinert med enhetsverdier i PUSAM, direkte som inndata i mer generelle dataverktøy for beregning av samfunnsøkonomiske virkninger av saktekjøringer.

Parallelt med PRESIS-prosjektet er det på TØI gjennomført et prosjekt i forbindelse med NTP-arbeidet, som tar sikte på å beregne samfunnsøkonomisk optimale vedlikeholdsbudsjetter for jernbaneinfrastrukturen, i tillegg til optimale fornyingsfrekvenser for ulike banestrekninger i Norge. Beregningene i dette prosjektet tar utgangspunkt i en teoretisk modell utviklet av Minken, Dahl og Steinsland (2008), og senere i Minken, Dahl og Voll (2014).

Det sentrale poenget i prosjektet, og den teoretiske modellen, er å minimere brukerkostnadene (for godskunder og passasjerer) og etatskostnadene (vedlikehold og fornying av infrastruktur) over en uendelig tidshorison. I modellen forutsettes det at brukerkostnadene og vedlikeholdskostnadene øker med tiden siden sist fornying av infrastrukturen, som en konsekvens av at hyppigheten av feil på infrastrukturen tiltar. Gitt en vekstrate i antall feil på linjen over tid, og kunnskap om utviklingen for bruker-, vedlikeholds- og fornyingskostnader, beregnes den optimale fornyingsfrekvensen for hver banestrekning.

Resultatene fra modellberegningene i prosjektet angir den samfunnsøkonomiske nytten av å øke vedlikeholdsbudsjettet til jernbanens infrastruktur. Det er også mulig å sammenligne den samfunnsøkonomiske nytten av å øke vedlikeholdsbudsjettet, mot å bevilge penger til utbygging av ny infrastruktur. Modellen gir dermed beslutningstakere et svært nyttig verktøy for fordeling av offentlige budsjettmidler i jernbanesektoren.

En viktig faktor for at modellen skal produsere fornuftige resultater, er at inndataene er så gode og nøyaktige som mulige. Dette gjelder spesielt for brukerkostnadene, som utgjør en helt vesentlig del av modellen. Brukerkostnadene i modellen beregnes per godstog som påvirkes av feil. I modellen kan feilene betraktes som saktekjøringer på skinnegangen, som medfører økte tidskostnader for gods- og persontrafikk.

I sin nåværende form henter modellen data for punktlighetseffekten av saktekjøringer fra TIOS, mens forsinkelseskostnad per time er hentet fra PUSAM-prosjektet. Tønmengdene spesifiseres individuelt for hver banestrekning. Den samfunnsøkonomiske kostnaden per tog som påvirkes av saktekjøringen, beregnes dermed helt likt i denne modellen, som vi viste i eksempelet over for beregning av samfunnsøkonomiske kostnader for en enkelt saktekjøring. Forskjellen er at det i dette prosjektet ble benyttet årsaksregistrering fra TIOS-data for å beregne effekten av en saktekjøring på endestasjonspunktlighet. Dette er trolig en fremgangsmåte som er beheftet med stor grad av usikkerhet fordi det er krevende å forstå de bakenforliggende mekanismene til hvorfor hvert enkelt godstog blir forsinket.

I løpet av prosjektet kom det frem at det var problematisk å innhente inndata med tilstrekkelig kvalitet og presisjon. Dette gjaldt både for kostnader på etatssiden, men også brukerkostnader. Som en videreutvikling av modellen som er utviklet i dette prosjektet er det ønskelig å implementere estimatene fra saktekjøringscaset som er basert på empirisk beregnede sammenhenger, for å beregne brukerkostnadene med høyere treffsikkerhet. Dette bør kombineres med andre tiltak for å bedre datakvaliteten i modellen.

2.8 Oppsummering

I saktekjøringscaset har vi benyttet empiriske data for å belyse hvordan samfunnsøkonomiske virkninger av mindre infrastrukturtiltak på jernbanen kan beregnes. Det er beregnet virkninger av saktekjøringer på kjøretiden underveis og punktligheten til endestasjon. Basert på data fra Dovrebanen i 2012 finner vi at en gjennomsnittlig saktekjøring medfører et kjøretidspåslag underveis på delstrekningen på 44-50 sekunder. Analyser gjennomført for Dovre-, Bergens-, Sørlands- og Raumabanen med data fra 2008 til 2013 viser at det også er en effekt av saktekjøringer på punktlighet til endestasjon, i spennet mellom 10 og 30 sekunder.

Forskjellen i beregnet effekt av saktekjøringer underveis og til endestasjon indikerer at det er slakk i systemet, som bidrar til at punktligheten til endestasjon blir bedre enn det tidstapet underveis skulle tilsi. Slakket har dermed en samfunnsøkonomisk verdi, i form av at de begrenser konsekvensene av saktekjøringer. De samfunnsøkonomiske kostnadene av saktekjøringer kan beregnes ved hjelp av informasjon om godsets mengde og tidsverdi utledet i PUSAM, kombinert med den beregnede punktlighets-effekten av saktekjøringer til endestasjon. Det er også mulig å benytte estimatene utledet i dette caset i mer generelle analyseverktøy for å beregne de samfunnsøkonomiske virkningene av saktekjøringer.

3 ...og forsvinner kundene?

Fører lav pålitelighet til at færre bruker jernbanen, og kan en se dette i faktiske data? Gjennom dette prosjektet har vi fått tilgang til data som viser både hvor mange personer som tar toget og hvor mye gods som fraktes. I dette kapitlet viser vi hvordan disse kan brukes til å studere effekten av varierende pålitelighet på etterspørselen, og forklarer hvordan resultatene skal tolkes i lys av relaterte funn. Noen av analysene er tidligere presentert i en konferanseartikkel (Halse, Østli mfl. 2014).

3.1 Hvordan måle effekten på markedet

Det å måle hvor sterkt etterspørselen etter transporttjenester avhenger av ulike egenskaper ved transporten (pris og kvalitet) står sentralt i transportøkonomifaget. Riktige tall for dette er en forutsetning for å kunne gjøre gode beregninger av virkningene av ulike tiltak.

Jernbaneoperatørene sitter på data som gir gode muligheter for å beregne slike sammenhenger. Både basert på hvilke transporttjenester som er bestilt (billetter, fraktkontrakter) og data samlet inn av operatøren (passasjertellinger, registrering av last) kan en finne ut hvor mange som bruker tjenesten for en gitt strekning og et gitt tidspunkt. Ulempen er at en ikke kan studere valgsituasjonen til den individuelle kunden. Fordelen er at en som regel vil ha data for mange ulike tidsperioder og dermed variasjon i de kvalitetsfaktorene en er interessert i.

Hvor følsom etterspørselen etter en transporttjeneste er med hensyn til en egenskap ved tjenesten, måles vanligvis med en *elastisitet*. Denne gir endringen i etterspørsel i prosent når egenskapen, for eksempel pris, endrer seg med én prosent. Fearnley mfl. (2012) redegjør for ulike etterspørselselastisiteter for togreiser.

Fearnley mfl. (2015) diskuterer ulike framgangsmåter for å tallfeste elastisitetene for ulike kvalitetsfaktorer som for eksempel pålitelighet. Én mulighet er, som vist i dette kapitlet, å beregne elastisiteten direkte basert på data for hvor mange som bruker toget og omfanget av forsinkelser. En annen er å kombinere resultater fra individenes verdsetting av pålitelighet fra en verdsettingsstudie med en elastisiteten en kjenner fra før, for eksempel priselastisiteten (etterspørselselastisiteten med hensyn til pris). Dette kalles gjerne en *implisert elastisitet*.

Batley mfl. (2011) beregner forsinkelseselastisiteten direkte basert på billett- og punktlighetsstatistikk for reiser mellom ulike stasjoner i Storbritannia og finner en langsiktig elastisitet på mellom -0,04 og -0,05.⁸ Dette framstår som et lavt tall, men da må en huske på at én prosent endring i gjennomsnittlig forsinkelse normalt blir et svært lite tall, og at påliteligheten ofte varierer mye mer enn dette. Hvis forsinkelsene reduseres med 25 prosent, vil billettsalget øke med én prosent.

⁸ Van Loon mfl. (2011) har gjort en liknende studie i Nederland, men finner ingen statistisk signifikante effekter for de fleste målene på pålitelighet. Unntaket er pålitelighet målt som forskjellen mellom det 80. og 50. persentilet for reisetid.

Den indirekte metoden lar seg best forklare med et talleksempel for en bestemt strekning. For eksempel kan vi se på togreiser fra Holmestrand til Oslo S, som tar nesten nøyaktig en time. Månedskort gir en kostnad per arbeidsdag på 129 kroner. Gjennomsnittlig forsinkelse er ifølge dataene brukt i dette kapitlet 3,15 minutter til Oslo S og 3,93 minutter på reisen tilbake.

De reisende er villige til å betale 2,75 kroner for å unngå ett minutt forsinkelse (Ramjerdi, Flügel mfl. 2010).⁹ Én prosent nedgang i forsinkelsen begge veier (omtrent 0,07 minutter) er altså verdt 0,19 kroner, som tilsvarer -0,15 prosent endring i billett-kostnaden. Hvis vi antar en etterspørselselastisitet med hensyn til pris på -0,6, blir den impliserte elastisiteten med hensyn til forsinkelser $0,15 \cdot (-0,6) = -0,09$.

Elastisiteten beregnet på denne måten er høyere ved (1) større omfang av forsinkelser i utgangspunktet, (2) høyere betalingsvilje for å unngå forsinkelser eller (3) lavere billettpriser. For reiser med en høyere pris i forhold til gjennomsnittlig forsinkelse vil elastisiteten bli enda lavere (gitt at verdsettinga er lik). I eksempelet over har vi antatt at månedskortet blir benyttet alle arbeidsdager, noe som trekker prisen ned og elastisiteten opp.

For godstog er omfanget av forsinkelser større, samtidig er betalingsviljen for å unngå forsinkelser noe lavere i forhold til prisen. Hvis vi tar utgangspunkt i en gjennomsnittlig forsinkelse på 15 minutter, en verdsetting på 1,20 kroner per forsinkelsesminutt (Halse og Killi 2012)¹⁰, en antatt fraktpris på 200 kroner per tonn gods og samme priselastisitet som over, blir den impliserte elastisiteten -0,05. Fraktprisen kjenner vi imidlertid ikke, og den kan trolig variere en del mellom ulike avtaler.

Med de dataene vi har for togenes pålitelighet og passasjer-/godsvolum, kan vi både beregne elastisitetene direkte ved å se på sammenhengen mellom de to, og beregne de implisitte elastisitetene gitt omfanget av forsinkelser. Dermed kan disse sammenliknes. Wardman og Batley (2014) finner de impliserte elastisitetene generelt er noe høyere enn de som er beregnet direkte, uten å gi noen klar forklaring på hvorfor dette er tilfelle. Som mulige forklaringer nevner de forskjell på kortsiktig og langsiktig tilpasning, og at kundene mangler klare alternativer i virkeligheten.

Det er flere mulige mål på forsinkelse enn gjennomsnittlig forsinkelse (Fosgerau og Karlström 2010; Börjesson og Eliasson 2011). Disse vil imidlertid være sterkt korrelert i faktiske data, og denne typen analyser egner seg derfor dårlig til å avgjøre hva som er den mest hensiktsmessige måleenheten. I en Nederlandsk studie av sammenhengen mellom pålitelighet og etterspørsel (Van Loon, Rietveld mfl. 2011) varierer riktignok resultatene mye etter hvilken måleenhet en bruker, men resultatene er også svært upresise generelt. I delkapittel 3.3 redegjør vi for hvordan vi spesifiserer de statistiske modellene.

⁹ Ettersom disse regneeksemplene skal sammenliknes med resultater basert på data som strekker seg noe tilbake i tid, har vi ikke justert betalingsviljen for inflasjon eller økonomisk vekst. Verdien av spart reisetid er 60 kroner per time (2010-kroner) for reiser på mindre enn 100 kilometer. Vekt-faktoren for forsinkelser er 2,75.

¹⁰ Verdien av spart forsinkelse er 72 kroner per time per tonn (2011-kroner). Dette er et vektet gjennomsnitt for stykk-gods og partigods.

3.2 Datagrunnlag

I dette delkapitlet redegjør vi for de dataene vi har brukt til å se på sammenhenger mellom pålitelighet og kundevolum. Dataene dekker (1) NSBs persontog på Østlandet, (2) Vestfoldbanen spesielt og (3) godstog som inngår i CargoNets kombitogtilbud.

Alle dataene for pålitelighet er fra Jernbaneverkets TIOS-system. Dataene for volum består av (1) data for periodebilletter, (2) data for passasjertellinger ved Drammen og Tønsberg og (3) data for godsmengder i tonn.

Datasettene er også omtalt i delkapittel 1.4, der vi gjør rede for alle data innhentet i forbindelse med prosjektet.

Persontog på Østlandet

Passasjerdataene består av antall periodebilletter på månedsnivå for 2010-2013 for alle stasjonsrelasjoner på Østlandet utenom relasjoner innad i Ruter-området¹¹. Vi har valgt ut de relasjonene der det går tog *direkte* og koplet hver relasjon med relevante data for ankomstpålitelighet på reisene begge veier. For å kunne gjøre denne koplingen, har vi antatt at

- De som kjøper periodebillett reiser til arbeids- eller studiestedet (eller liknende) i morgenrushet og hjem igjen i ettermiddagsrushet.
- Avreisestedet om morgenen er den stasjonen som er oppgitt som «fra»-stasjon på billetten (selv om billetten er gyldig for reiser begge veier hele døgnet).

Om et tognummer blir inkludert i pålitelighetsdataene, avhenger altså av om toget betjener den aktuelle relasjonen i enten morgen- eller ettermiddagsrushet. I praksis vil tidspunktet en pendler reiser til og fra jobb på avhenge av hvor lang reisen er. For enkelhets skyld har vi brukt samme tidsrom for alle reiser. Et tog blir regnet med i morgenrushet dersom det betjener relasjonen med avgang tidligst klokken 0400 og ankomst før 1100. For ettermiddagsrushet er tidsrommet satt til 1500-2000. Tog på feriedager er ikke inkludert.

Pålitelighet er målt gjennomsnittlig for alle togene som betjener relasjonen hver måned. En utfordring er at et tog kan være registrert med passering ved to stasjoner uten at det betjener relasjonen. Ruteplanene er også endret over tid. Vi har hovedsakelig identifisert relevante tognumre basert på dagens rutetilbud på pendlene R10, R11, R20, L12, L13, L14, L21 og L22. Se vedlegg A for detaljer.

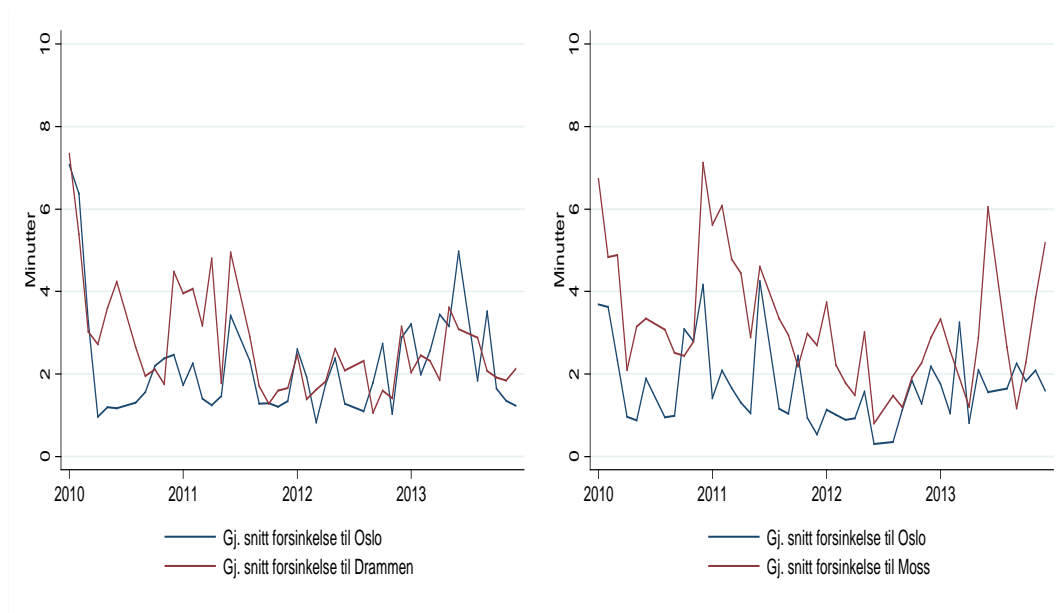
Til tross for de forenklingene har arbeidet med å kople dataene vært tidkrevende. Dette skyldes blant annet at rutetidene har blitt endret over tid, slik at en ikke uten videre kan slå fast i hvilken rekkefølge et tognummer passerer gitte stasjoner. Det kan derfor være noen tog som betjener den angitte relasjonen i en periode som ikke har blitt med i datagrunnlaget for beregning av pålitelighet. Det er også mangler i de originale punktighetsdataene.¹²

Figur 3-1 gir et eksempel på hvordan pålitelighetsdataene ser ut. Det bearbejdede datasettet dekker 444 reiserelasjoner med direkteforbindelse. Antallet passasjerer med

¹¹ Gjelder reiser *innad* i Oslo, Akershus og deler av Buskerud. Relasjoner der bare én av stasjonene ligger i Ruter-området er inkludert.

¹² For eksempel mangler mange tog på Vestfoldbanen (R11) punktighetsdata ved Skøyen og Sandvika i årene før 2013.

månedskort varierer sterkt mellom de ulike relasjonene, noe som må tas høyde for i analysene. I vedlegg A beskriver vi dataene mer i detalj.



Figur 3-1 Forsinkelser i rushtida per måned mellom Drammen og Oslo (venstre) og Moss og Oslo (høyre)

Vestfoldbanen

I tillegg til billettstatistikken for et større utvalg tog har vi fått tilgang til passasjertellinger på NSBs tog på Vestfoldbanen for 2008-2013. Passasjerene er telt før passering Larvik, Tønsberg og Drammen for tog i retning Oslo, og etter disse stasjonene for tog fra Oslo.

Disse dataene er tilgjengelige for hver enkelt avgang (tognummer og dag), og er dermed langt mer detaljerte. Denne detaljeringsgraden kan vi imidlertid i liten grad utnytte til å se på effekten på etterspørselen, ettersom togpendlere neppe i stor grad endrer atferd fra en dag til en annen. Det at dataene bare dekker ei linje gir uansett et mye tynnere datagrunnlag som gjør det vanskelig å skille effekten av svingende pålitelighet fra generelle trender i passasjerutviklinga.

I de kvantitative analysene av sammenhengen mellom forsinkelser og etterspørsel, vil vi derfor basere oss på billettdataene. Vi kommer tilbake til tellingsdataene i delkapittel 3.6, der vi diskuterer perioder med store problemer spesielt. En utnyttet mulighet i disse dataene kan være å studere sammenhengen mellom trengsel og forsinkelser, selv om denne problematikken trolig er større mellom Drammen og Oslo enn lenger ute.

Godstog

Fra CargoNet har vi fått tilgang til svært detaljerte data for godsmengder på de ulike strekningene som er betjent med såkalte kombitog, altså tog der gods fra ulike kunder lastes sammen. Disse dekker årene 2008-2013 og strekningene Bergensbanen, Sørlandsbanen, Dovrebanen, Nordlandsbanen, Raumabanen og Oslo-Narvik (ARE-togene).

Godsvolum i TEU er registrert for hvert enkelt tog og for hver relasjon (for eksempel Drammen-Kristiansand). Dermed har vi både punktlighet og volum målt

på dette nivået. Det gir imidlertid ingen mening å analysere dataene på enkelttognivå, ettersom det vi er interessert i er hvordan kundene reagerer på *risikoen* for forsinkelse. Vi har derfor aggregert dataene opp til månedsnivå, noe som burde gi et tilstrekkelig rikt datagrunnlag for å beregne pålitelighet for alle relasjoner. Grunnlaget kan imidlertid bli litt tynt i noen måneder der det har vært mange innstillinger (planlagte eller ikke planlagte).

Noen relasjoner er ikke med på grunn av manglende data. I alt har vi 28 relasjoner fordelt som følger:

- Bergensbanen: 2 relasjoner
- Sørlandsbanen: 5 relasjoner
- Dovre- og Nordlandsbanen: 17 relasjoner
- Raumabanen: 2 relasjoner
- Oslo-Narvik: 2 relasjoner

Dovre- og Nordlandsbanen vil imidlertid ikke slå ut så kraftig på resultatene som dette tilsier, ettersom vi vekter etter godsmengde. Dette og resten av den empiriske framgangsmåten forklarer vi i neste delkapittel.

3.3 Empirisk framgangsmåte

I kapittel 2 analyserte vi effekten av saktekjøringer på tvers av mange delstrekninger over mange tidsperioder, altså som et paneldatasett. Framgangsmåten i analysene i dette kapitlet følger samme prinsipp, både for passasjer- og godstog: Vi analyserer effekten av togenes pålitelighet på kundenes etterspørsel på tvers av mange relasjoner (stasjoner eller terminaler) og over mange tidsperioder (måneder).

Dette gjør det mulig å kontrollere for alle uobserverbare egenskaper ved relasjonene som ikke varierer over tid («fast effekt»-estimering). For eksempel kan togene være lite punktlig ved en stasjon som ligger usentralt til og har få passasjerer, uten at dette betyr at det er noen sammenheng mellom pålitelighet og etterspørsel. Teknisk gjøres dette enten ved at vi trekker fra gjennomsnittlig gods- eller passasjervolum for den aktuelle relasjonen eller legger til en dummyvariabel for hver relasjon.

Vi kan også kontrollere for endringer over tid som påvirker alle relasjoner likt. Dette kan være både en generell vekst eller nedgang i volumet, og sesongsvingninger. Det siste er viktig, siden årstider på grunn av værforhold også kan være korrelert med svingninger i påliteligheten.

Siden mange faktorer uansett vil være kontrollert for, har vi ikke hentet inn informasjon om andre forklaringsvariabler som reisetid, pris og underliggende faktorer som driver etterspørselen (befolkningsvekst, konjunkturer osv.). Prisene på NSBs tog blir som regel justert likt over tid for alle relasjoner, mens vi for godstog har liten informasjon om priser.

For persontog har vi tatt delvis hensyn til rutetilbudet ved å kontrollere for antall tog som betjener relasjonen. For godstog har vi ikke gjort dette, ettersom rutetilbudet i mindre grad ligger fast og derfor kan reduseres som følge av svikt i etterspørselen. Vi kontrollerer imidlertid for antall dager det går tog på strekningen som en indikator for større avbrudd (ras og liknende).

Modellen vi estimerer, er en versjon av følgende:

$$D_{it} = \alpha_i + \theta_t + \beta_1 Ptur_{it} (+\beta_2 Pretur_{it}) + \sum_{s=1}^S [\delta_{1s} Ptur_{i,t-s} (+\delta_{2s} Pretur_{i,t-s})] + \gamma \mathbf{X}_{it} + \varepsilon_{it}$$

der D_{it} er etterspørsel, $Ptur_{it}$ er pålitelighet på reisen i i måned t , $Pretur_{it}$ er pålitelighet på returreisen (kun relevant for passasjerer, ikke gods) og \mathbf{X}_{it} er eventuelle kontrollvariabler. α_i kontrollerer for alle uobserverbare egenskaper ved relasjonen som ikke varierer over tid og θ_t kontrollerer for endringer over tid som påvirker alle relasjoner likt.

I noen modeller tar vi også hensyn til effekten av togenes pålitelighet s måneder tidligere, δ_{1s} og δ_{2s} . Hvis påliteligheten svinger mye fra måned til måned og kundenes tilpasning skjer gradvis, vil det være viktig å ta hensyn til dette, for eksempel ved å inkludere påliteligheten måneden før ($s = 1$). Hvis kundene tilpasser seg raskere eller svingningene i pålitelighet har lengre tidshorisont, vil mye av effekten fanges opp i samme måned (β_1 og β_2). Batley mfl. (2011) finner ingen klare forskjeller mellom den langsiktige elastisiteten beregnet med en dynamisk modell og elastisiteten beregnet med en enkel modell der effekten kun måles innad i hver måned.¹³

Vi måler pålitelighet $Ptur_{it}$ og $Pretur_{it}$ ved gjennomsnittlig forsinkelse, og antar at dette i tilstrekkelig grad fanger opp kundenes opplevelse av hvor pålitelige togene er i tidsperiodene. I vedlegg B drøfter og demonstrerer vi bruk av alternative mål.

I de fleste tilfeller vil vi uttrykke variablene i prosent eller logaritmer, slik at de estimerte sammenhengene kan tolkes direkte som elastisiteter. Vi vektet da hver relasjon etter gjennomsnittlig volum (passasjerer eller godsmengde), ettersom relasjoner med lavt volum ellers vil ha store relative svingninger. Dette gjelder spesielt mange relasjoner i billettdataene, men også noen relasjoner på Nordlandsbanen i godsdataene.

3.4 Analyser, persontrafikk

I dette delkapitlet gjør vi rede for analysene av sammenhengen mellom pålitelighet og antall togpassasjerer med periodebillett (hovedsaklig pendlere). Vi illustrerer først sammenhengene grafisk. Deretter viser vi resultatene av regresjonsmodeller hvor vi inkluderer effekten for tog til og fra jobb samlet og undersøker noen dynamiske effekter. Analysene er basert på data som dekker alle stasjonsrelasjoner.

Grafiske analyser

Vi undersøker først om det er en sammenheng mellom pålitelighet og passasjerer innad i samme måned, for tur- og returreiser hver for seg. Figur 3-2 viser reisene til arbeid (eller studiested) om morgenen. For å illustrere betydningen av å kontrollere for andre faktorer, viser vi øverst til venstre sammenhengen mellom gjennomsnittlig

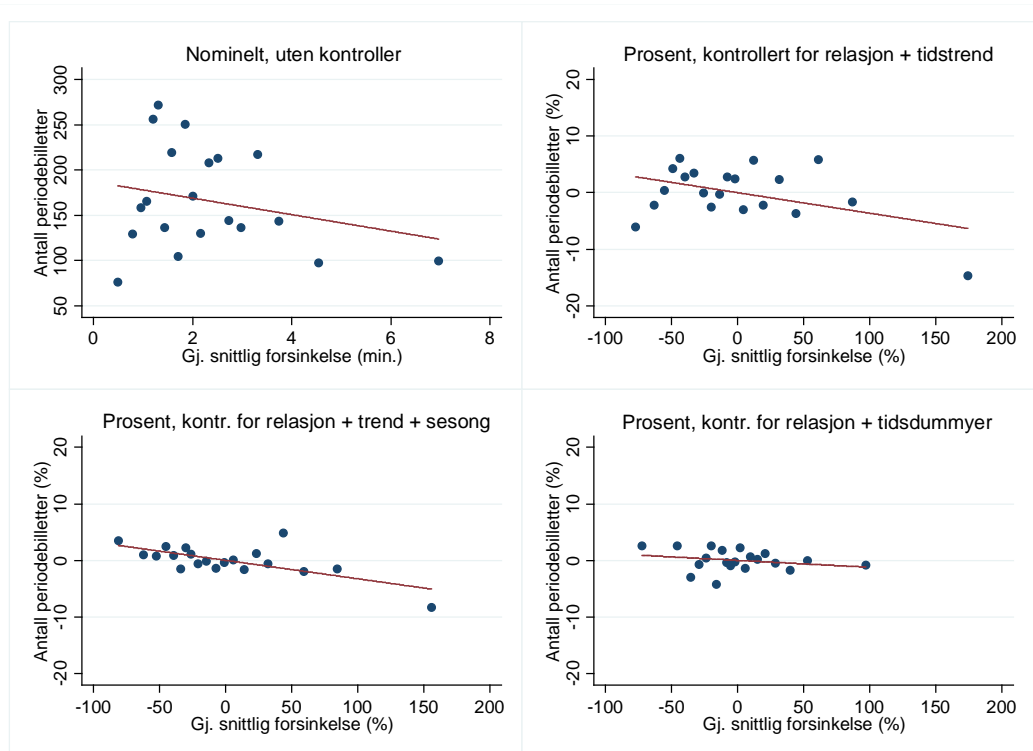
¹³ Den langsiktige modellen til Batley mfl. inneholder bare påliteligheten målt i forrige måned (ett «dag»), og ikke i inneværende måned. (Modeller med flere «lags» ga ifølge forfatterne ikke-signifikante eller urimelige resultater.) Modellen inneholder imidlertid også passasjervolumet i forrige måned og for ett år siden som kontrollvariabler. Den langsiktige elastisiteten er justert for effekten av disse.

forsinkelse og antall billetter i «rådata», altså uten at vi kontrollerer for andre faktorer. Disse indikerer en negativ sammenheng, men presisjonen er svært lav.

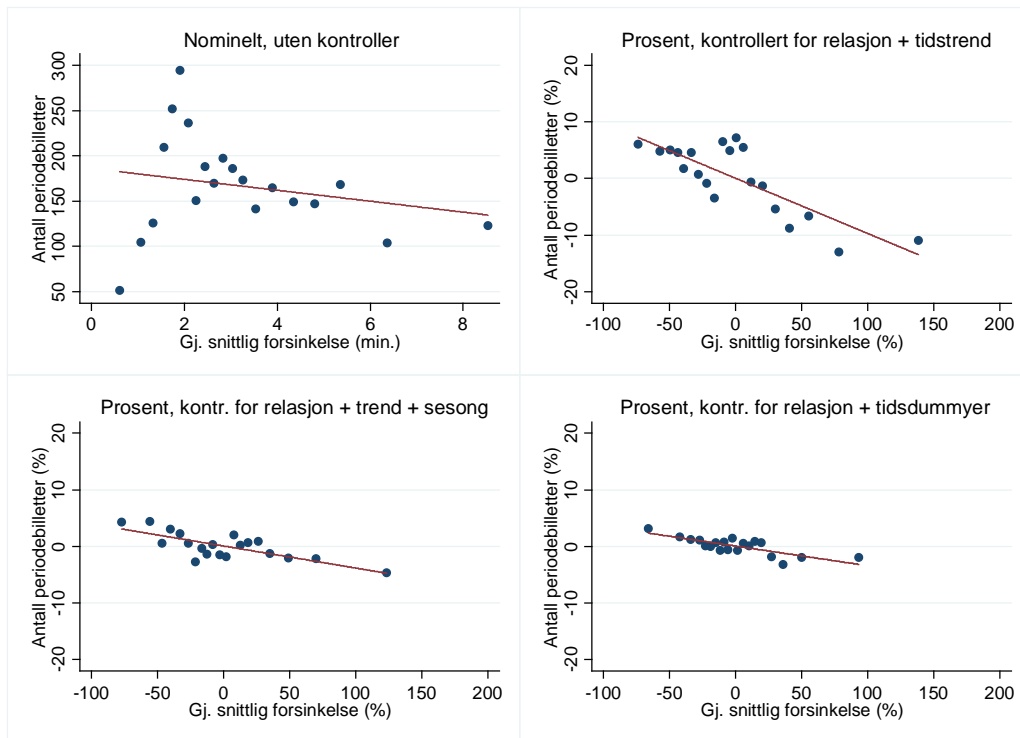
På grafen øverst til høyre har vi trukket fra gjennomsnittet for den aktuelle relasjonen for begge variabler, og deretter delt på gjennomsnittet for å uttrykke endringene i prosent. (Alternativt kunne dette vært gjort ved å uttrykke tallene i logaritmer.) Vi har også kontrollert for en lineær tidstrend i billettsalget. Vi ser at det er ca. 4 prosent færre solgte periodebilletter i måneder der forsinkelsene er 100 prosent høyere, men fortsatt er det mange observasjoner som stemmer dårlig med denne sammenhengen.

Når vi kontrollerer for sesongsvingninger (nederst til venstre) er sammenhengen omtrent like sterk, men mer presis. Når vi derimot kontrollerer for alle felles endringer over tid (nederst til høyre) blir sammenhengen derimot svakere, og er omtrent $-0,01$. Dette kan bety at svingningene i pålitelighet i stor grad er felles for de ulike strekningene, og at vi derfor kontrollerer vekk denne. Det er uansett betryggende at sammenhengen fortsatt er negativ.

Figur 3-3 viser tilsvarende grafer for returreisene. Her er sammenhengen mer lik i de to nederste figurene, og viser en elasticitet på mellom $-0,03$ og $-0,04$. Dette er omtrent halyparten av den impliserte elasticiteten fra talleksempelen i delkapittel 3.1. Når vi ikke kontrollerer for felles utvikling over tid, er effekten sterkere, men mer upresis.



Figur 3-2. Sammenheng mellom antall periodebilletter og gjennomsnittlig forsinkelse på månedsbasis til stasjonen en reiser til om morgenen. (Hvert punkt tilsvarer ca. 1000 observasjoner.) Observasjonene er vektet etter gjennomsnittlig antall periodebilletter mellom de to stasjonene.



Figur 3-3. Sammenheng mellom antall periodebilletter og gjennomsnittlig forsinkelse på månedsbasis til stasjonen en reiser til om ettermiddagen. (Hvert punkt tilsvare ca. 1000 observasjoner.) Observasjonene er vektet etter gjennomsnittlig antall periodebilletter mellom de to stasjonene.

Statistiske analyser

Ved å analysere sammenhengene illustrert over i en regresjonsmodell, kan vi ta høyde for effekten av både tur- og returreiser samlet, og dessuten effekten av pålitelighet i tidligere måneder. Det gjør det også enklere å si noe om hvor presise estimatene er.

Tabell 1 viser effektene av forsinkelser på tur- og returreisene hver for seg, tilsvarende som i Figur 3-2 og Figur 3-3. Vi ser som tidligere at effekten er noe sterkere for returreiser, og at den blir svakere når vi justerer for sesongsvingninger (kolonne 2 og 5). Når vi kontrollerer for et fullt sett med tidsdummyer, noe som innebærer at også trenden kan endre seg over tid, er bare effekten av returforsinkelser statistisk signifikant. Elastisiteten er imidlertid negativ og i en rimelig størrelsesorden.

Tabell 3-1. Effekt av forsinkelser på solgte periodebilletter, tur- og returreiser hver for seg

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|----------------|--------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| | Tur | Tur | Tur | Retur | Retur | Retur |
| Forsinkelse | -0.03*** (0.01) | -0.03*** (0.01) | -0.01 (0.01) | -0.11*** (0.01) | -0.04*** (0.01) | -0.03** (0.01) |
| Tidstrend | 0.01*** (0.00) | 0.01*** (0.00) | | 0.00*** (0.00) | 0.01*** (0.00) | |
| Sesongdummyer | Nei | Ja | - | Nei | Ja | - |
| Tidsdummyer | Nei | Nei | Ja | Nei | Nei | Ja |
| Observasjoner | 19470 | 19470 | 19470 | 19223 | 19223 | 19223 |
| r ² | 0.06 | 0.49 | 0.56 | 0.08 | 0.49 | 0.56 |

* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$. Standardfeil justert for seriekorrelasjon for hver relasjon. Observasjonene er vektet etter gjennomsnittlig antall periodebilletter mellom de to stasjonene.

Tabell 2 viser resultatene når vi kombinerer effekten av forsinkelser på tur- og returreisene i samme modell. Modellen uten tidsdummyer i kolonne 1 indikerer at effektene er nokså like. Når vi kontrollerer for tidsdummyer forsvinner effekten av forsinkelser på tur-reisen, og presisjonen er dårligere enn da vi analyserte effektene hver for seg. Dette kan tyde på at forsinkelse om morgenen og ettermiddagen er høyt korrelert

Når vi i stedet slår sammen forsinkelser på tur- og returreiser til én variabel (kolonne 3 og 4) får vi resultater som likner dem for returreiser i forrige tabell og som er noe mer presise. Vi velger derfor å basere oss på disse, og antar at det ikke er store forskjeller mellom passasjerenes verdsetting av å bli forsinket til og fra jobb.

Hittil har vi behandlet hver relasjon som ei uavhengig rekke observasjoner, men tatt hensyn til at observasjonene innad i relasjonen vil være korrelerte. Kolonne 5 og 6 illustrerer effekten av å justere for seriekorrelasjon på et høyere nivå (klynge) enn relasjonen. For eksempel vil alle som reiser til samme stasjon ha lik pålitelighet til jobb, og alle som reiser fra samme stasjon ha samme pålitelighet fra jobb.

Standardfeilene øker ikke noe særlig når vi bruker destinasjonsstasjonen som klyngeenhet (kolonne 5), noe som indikerer at vi ikke overdriver presisjonen ved å bruke stasjonspar. I praksis kan den likevel være overdrevet, ettersom korrelasjonen kan være høy mellom alle relasjoner på samme togstrekning. Dersom vi skulle brukt pendelrute eller strekning som klynge, ville vi fått svært få klynger. Cameron mfl. (2008) viser at dette gjør at vanlige metoder for å oppnå robuste standardfeil ikke fungerer, og drøfter alternative metoder. Vi vil imidlertid ikke fokusere mer på dette her, ettersom vi først og fremst er interessert i størrelsen på effekten.

Tabell 3-2. Effekt av forsinkelser på solgte periodebilletter, tur- og returreiser sammen

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|------------------------|-------------------|------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| Forsinkelse, tur | -0.02 (0.01) | -0.00 (0.02) | | | | |
| Forsinkelse, retur | -0.03** (0.01) | -0.03* (0.02) | | | | |
| Forsinkelse, tur+retur | | | -0.05*** (0.01) | -0.04** (0.02) | -0.04** (0.02) | -0.04*** (0.01) |
| Tidstrend | 0.01*** (0.00) | | 0.01*** (0.00) | | | |
| Sesongdummyer | Ja | - | Ja | - | Ja | - |
| Tidsdummyer | Nei | Ja | Nei | Ja | Nei | Ja |
| Klynge | Relasjon | Relasjon | Relasjon | Relasjon | Destinasjon | Avreisested |
| Observasjoner | 18000 | 18000 | 18000 | 18000 | 18000 | 18000 |
| r2 | 0.50 | 0.57 | 0.50 | 0.57 | 0.57 | 0.57 |

* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$. Standardfeil justert for seriekorrelasjon for hver klynge. Observasjonene er vektet etter gjennomsnittlig antall periodebilletter mellom de to stasjonene.

I Tabell 3 undersøker vi effektene når vi også tar hensyn til forsinkelser i måneden før ($t-1$) eller måneden før der igjen ($t-2$)¹⁴, fortsatt for tur- og returreiser sammen. Vi ser at når vi bare tar med effekten av forsinkelser i en måned av gangen (kolonne 1 og 2), er den ganske lik uansett hvilken måned det er snakk om. Når vi derimot kombinerer effekten av flere måneder sammen (kolonne 3 og 4), ser den samlede effekten ut til å bli svakere samtidig som presisjonen blir lavere. Dette gjelder også når vi kontrollerer for billettsalget i den tidligere måneden (kolonne 5 og 6). Som i resultatene til Batley mfl. (2011) er det altså lite som tyder på at vi undervurderer effektene ved å bruke en enkel statistisk modell, men det er vanskelig å konkludere sikkert.

Samlet sett tyder resultatene på at elastisiteten til etterspørselen etter periodebilletter med hensyn til gjennomsnittlig forsinkelse er -0,04, eventuelt litt høyere. Dette er noe lavere enn den impliserte elastisiteten en får dersom en bruker tall for verdsetting av forsinkelse i kroner kombinert med en realistisk priselastisitet for billettpris, som vist i delkapittel 3.1.

¹⁴ Siden juli måned ikke er med, forsvinner også observasjonene for august eller september. Resultatene er imidlertid nokså like hvis vi i stedet definerer juni som måneden før august og bruker alle observasjoner.

Tabell 3-3. Effekt av forsinkelser i inneværende og tidligere måneder

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|------------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Forsinkelse, tur+retur | | | -0.02 (0.01) | -0.02 (0.01) | -0.01 (0.01) | -0.01 (0.01) |
| Forsinkelse, t-1 | -0.04** (0.02) | | -0.03* (0.02) | | -0.01 (0.01) | |
| Forsinkelse, t-2 | | -0.04** (0.02) | | -0.03* (0.01) | | -0.01 (0.01) |
| Billetter, t-1 | | | | | 0.55*** (0.03) | |
| Billetter, t-2 | | | | | | 0.46*** (0.03) |
| Tidsdummyer | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja |
| Observasjoner | 15940 | 15530 | 15847 | 15436 | 15847 | 15436 |
| r ² | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.59 | 0.71 | 0.68 |

* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$. Standardfeil justert for seriekorrelasjon for hver relasjon. Observasjonene er vektet etter gjennomsnittlig antall periodebilletter mellom de to stasjonene.

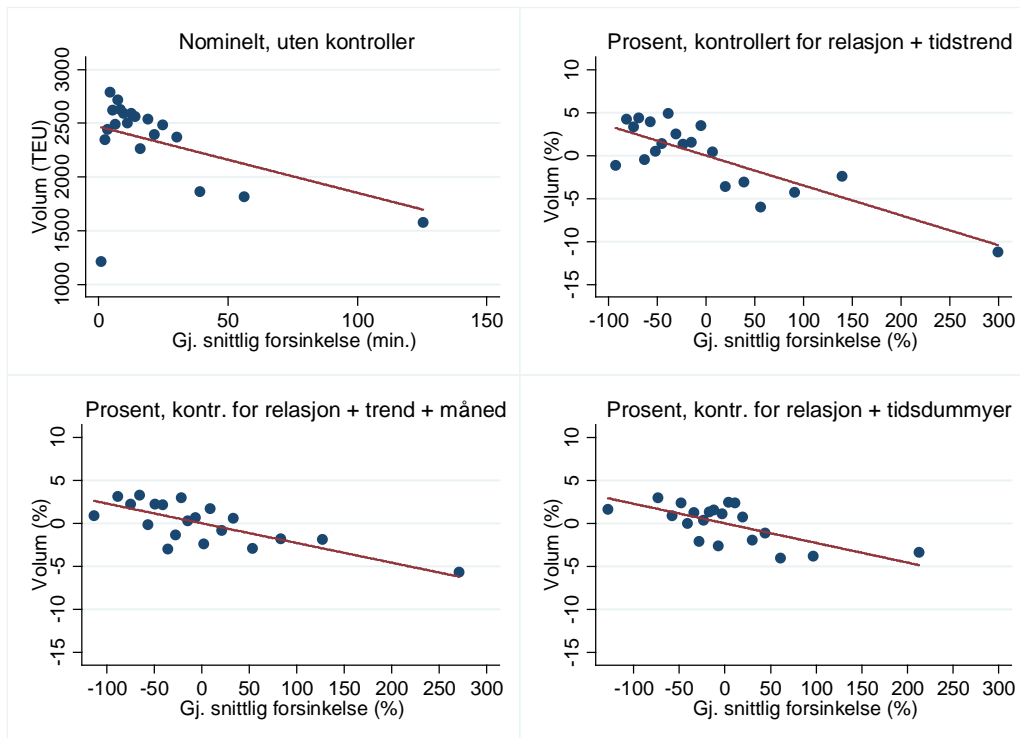
3.5 Analyser, godstog

Analysene her likner de for persontog, med den forskjellen at vi har noen færre relasjoner og ikke tur- og returreiser. Som ovenfor undersøker vi først sammenhengene grafisk og så statistisk.

Grafiske analyser

Figur 3-4 viser sammenhengen mellom gjennomsnittlig forsinkelse og godsvolum i samme måned. Vi ser at sammenhengen er negativ, også når vi ikke kontrollerer for andre egenskaper ved relasjonen (øverst til venstre). Når vi inkluderer faste effekter for relasjon og regner om til prosent, er sammenhengen ganske lik uansett om vi også kontrollerer for felles endringer over tid med et fullt sett av månedsdummyer. Presisjonen er imidlertid bedre når vi kontrollerer for alle slike endringer (nederst til høyre).

Vi ser at noen observasjoner har en gjennomsnittlig forsinkelse som er opp mot 300 prosent (fire ganger) høyere enn i en normalmåned. I disse tilfellene, som forekommer på mange ulike relasjoner, ser også godsvolumet ut til å være lavere.



Figur 3-4. Sammenheng mellom gjennomsnittlig forsinkelse og godsvolum på månedsbasis. Hvert punkt representerer omtrent 92 observasjoner. Observasjonene er vektet etter gjennomsnittlig godsvolum fraktet mellom hvert terminalpar.

Elastisiteten basert på grafen nederst til høyre er omtrent $-0,025$. Dette er noe lavere enn for persontogene. Samtidig varierer også omfanget av forsinkelser noe mer fra måned til måned (målt i prosent), noe som øker betydningen for kundegrunnet av slik «normal variasjon» i pålitelighet.

Statistiske analyser

Tabell 4 viser den statistiske sammenhengen mellom forsinkelse og godsvolum i samme måned. I modellene i kolonnene 4-6 kontrollerer vi for dager der det går tog på hovedstrekningen (for eksempel Sørlandsbanen) og hvor mange forskjellige tognumre som betjener relasjonen. Dette vil delvis fange opp effekten av hendelser som medfører avbrudd og av endringer i rutetilbudet. Som diskutert i delkapittel 3.3 kan endringer i rutetilbudet (midlertidige og permanente) være en reaksjon på svikt i etterspørselen som følge av lav pålitelighet, og i så fall ønsker vi ikke nødvendigvis å kontrollere for dette. Det er likevel interessant å se i hvilken grad dette påvirker resultatene.¹⁵

Vi ser at sammenhengen mellom gjennomsnittlig forsinkelse og volum er negativ, men noe svakere enn for persontog. Når vi kontrollerer for dager med tog på strekningen og antall ulike tognumre på relasjonen blir effekten enda litt lavere, og

¹⁵ Dersom vi hadde kontrollert for det totale antallet togavganger på relasjonen, ville vi i enda større grad tatt ut effekten av midlertidige endringer i rutetilbudet. Antall forskjellige tognummer bør i hovedsak fange opp permanente endringer.

bare så vidt statistisk signifikant når tidsdummyer er inkludert (kolonne 6). (Metoden for beregning av standardfeil og signifikans er noe mer sårbar her enn for persontogene, ettersom det er færre relasjoner.) Dette kan bety at forsinkelser og stengte baner er korrelert, og at vi derfor overdriver effekten når vi ikke kontrollerer for dette.

Tabell 3-4. Effekt på godsvolum av forsinkelser i samme måned

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| Forsinkelse | -0.04*** (0.01) | -0.02*** (0.01) | -0.03*** (0.01) | -0.02*** (0.01) | -0.01 (0.01) | -0.01* (0.01) |
| Dager med tog | | | | 0.76*** (0.10) | 0.78*** (0.11) | 0.70*** (0.13) |
| Ulike tognumre | | | | 0.13* (0.07) | 0.13* (0.07) | 0.13* (0.07) |
| Tidstrend | -0.01*** (0.00) | -0.01*** (0.00) | | -0.00*** (0.00) | -0.00*** (0.00) | |
| Sesongdummyer | Nei | Ja | - | Nei | Ja | - |
| Tidsdummyer | Nei | Nei | Ja | Nei | Nei | Ja |
| Observasjoner | 1826 | 1826 | 1826 | 1826 | 1826 | 1826 |
| r ² | 0.30 | 0.37 | 0.47 | 0.45 | 0.50 | 0.55 |

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01. Standardfeil justert for seriekorrelasjon for hver relasjon. Alle variabler unntatt tidstrend er i logaritmer. Observasjonene er vektet etter gjennomsnittlig godsvolum fraktet mellom hvert terminalpar.

Siden effekten er såpass upresist målt, har vi også forsøkt med andelen forsinkelser på minst en time som mål på pålitelighet. Som vist i vedlegg B, viser det seg at dette gir mer presise estimater. Dette kan enten tyde på at forsinkelsesregistreringen i seg selv er upresis eller at lengden på forsinkelsen har lite å si når toget uansett er kraftig forsinket. Regnet om til elastisiteter er imidlertid den beregnete effekten i samme størrelsesorden med begge metoder.

Tabell 5 viser tilsvarende resultater som tidligere med effekt av forsinkelse i måneden før ($t-1$) og måneden før der igjen ($t-2$). Her er det svært lite som tyder på at vi bedre fanger opp effektene ved å inkludere slike dynamiske sammenhenger. Modellene der vi også inkluderer tidligere godsvolum (kolonne 5-6) gir urimelige resultater med en positiv effekt av forsinkelser tidligere. Vi vil derfor hovedsakelig fokusere på resultatene fra den statiske modellen over.

Alt i alt tyder resultatene på at elastisiteten til etterspørselen med hensyn til gjennomsnittlig forsinkelse er mellom -0,01 og -0,03. Også dette er lavere enn den impliserte elastisiteten vi fikk i talleksemplet i delkapittel 3.1. Den relative forskjellen mellom elastisitetene beregnet ved de to metodene er imidlertid ganske lik for

person- og godstransport. Det bør ellers nevnes at datagrunnlaget er tynnere for gods, ettersom det er bare 28 terminalrelasjoner. Dette gjenspeiles også i noe dårligere presisjon enn i analysene av togpassasjerer.

Tabell 3-5. Effekt på godsvolum av forsinkelser i inneværende og tidligere måneder

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Forsinkelse | | | -0.01* | -0.01* | -0.00 | -0.01** |
| | | | (0.01) | (0.01) | (0.00) | (0.00) |
| Forsinkelse, t-1 | -0.01 | | -0.00 | | 0.01** | |
| | (0.01) | | (0.01) | | (0.00) | |
| Forsinkelse, t-2 | | 0.00 | | 0.00 | | 0.01* |
| | | (0.01) | | (0.01) | | (0.01) |
| Dager med tog | 0.73*** | 0.69*** | 0.72*** | 0.68*** | 0.54*** | 0.52*** |
| | (0.13) | (0.14) | (0.13) | (0.15) | (0.09) | (0.12) |
| Ulike tognumre | 0.13* | 0.13 | 0.13* | 0.12 | 0.05* | 0.06 |
| | (0.07) | (0.08) | (0.07) | (0.08) | (0.03) | (0.04) |
| Godsvolum, t-1 | | | | | 0.67*** | |
| | | | | | (0.05) | |
| Godsvolum, t-2 | | | | | | 0.56*** |
| | | | | | | (0.05) |
| Tidsdummyer | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja |
| Observasjoner | 1774 | 1740 | 1774 | 1740 | 1774 | 1740 |
| r ² | 0.55 | 0.53 | 0.55 | 0.54 | 0.76 | 0.69 |

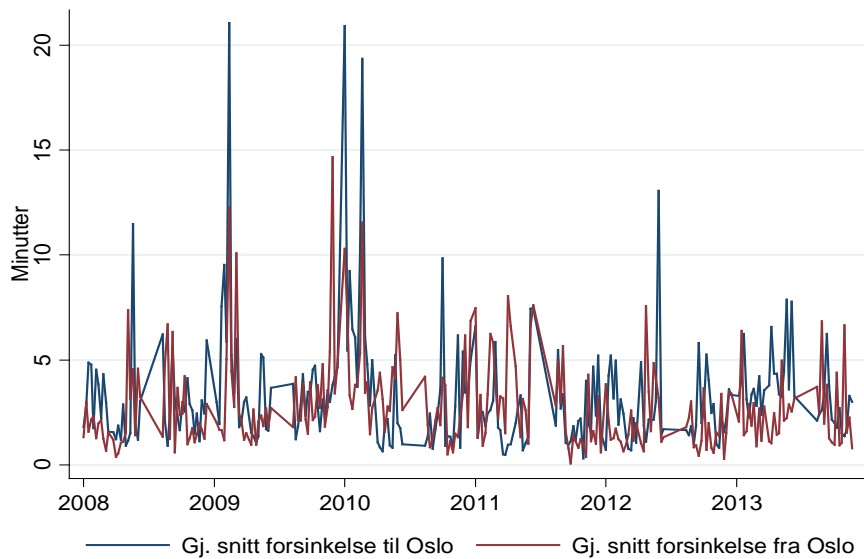
* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01. Standardfeil justert for seriekorrelasjon for hver relasjon. Observasjonene er vektet etter gjennomsnittlig godsvolum fraktet mellom hvert terminalpar.

3.6 Effekter av større hendelser

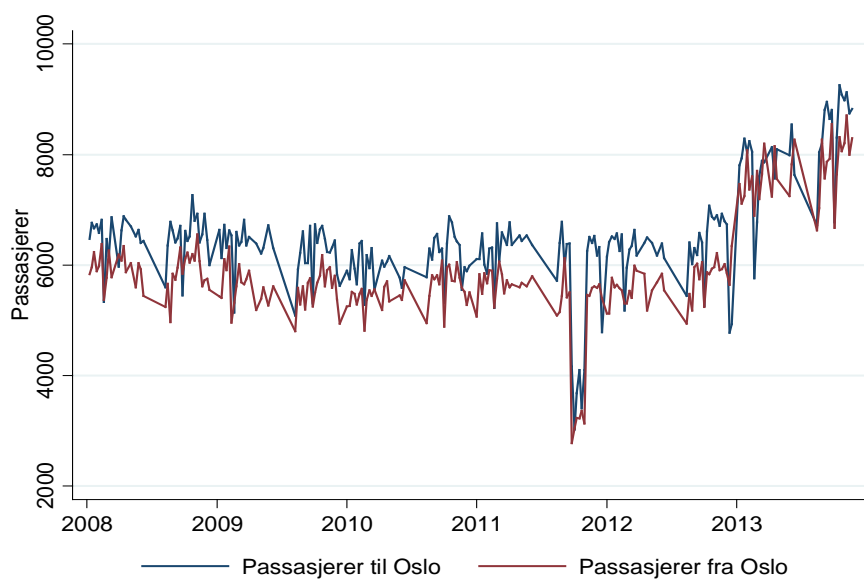
I delkapitlene over har vi sett på effekten av pålitelighet på etterspørsel for alle typer forsinkelser under ett, og uavhengig av årsaken. En annen innfallsvinkel er å studere større enkelthendelser nærmere. Dette kan brukes både som en kvalitetssikring av analysene over, og for å se om det er ytterligere virkninger knyttet til slike store avvik. Vi kan også studere avvik som ikke slår ut direkte på punktlighetsstatistikken, slik som innstillinger og erstatningstransport.

For eksempel varierer det mye fra år til år hvor store konsekvenser vinterværet får for togtrafikken. Søk på «forsinkelser tog Østlandet» eller «forsinkelser tog Oslo» gir henholdsvis 480 og 2 070 treff i mediedatabasen Retriever mellom 1. desember 2009 og 1. mars 2010. Tallene for tilsvarende periode vinteren etter er bare 142 og 498. Dette reflekterer ganske tydelig at vinteren 2009/2010 var en periode med større utfordringer enn normalt.

Figur 3-5 viser dette grafisk, i form av gjennomsnittlig forsinkelse per uke for Vestfoldbanen til og fra Oslo. Siden vi for Vestfoldbanen har data for passasjertellinger, kan vi sammenlikne dette med utviklingen tilbake til 2008, og for hver enkelt uke. Dette er vist Figur 3-6. Ferier er tatt ut, i tellingsdataene er også arbeidsuker med fridager tatt ut.



Figur 3-5. Forsinkelser i rushtida per uke på Vestfoldbanen ved Oslo S (til Oslo) og Tønsberg (fra Oslo)



Figur 3-6. Passasjerer i rushtida per uke på Vestfoldbanen, telt sør for Drammen. Kun hele arbeidsuker.

Vi ser at vinteren vinteren 2009/2010 skiller seg ut med flere uker der togene i gjennomsnitt er 15-20 minutter forsinket. Også vinteren før har noen slike uker. Vi ser imidlertid ingen klare tegn til at det er dramatisk færre passasjerer i disse periodene, eller i periodene på våren etterpå. Det kan muligens se ut volumet gikk noe opp våren/sommeren 2011 etter en mindre krevende vinter. Utviklingen etter det er vanskelig å sammenlikne, ettersom den er preget av omfattende byggearbeider høsten 2011 og nyt ruteplan fra vinteren 2012/2013.

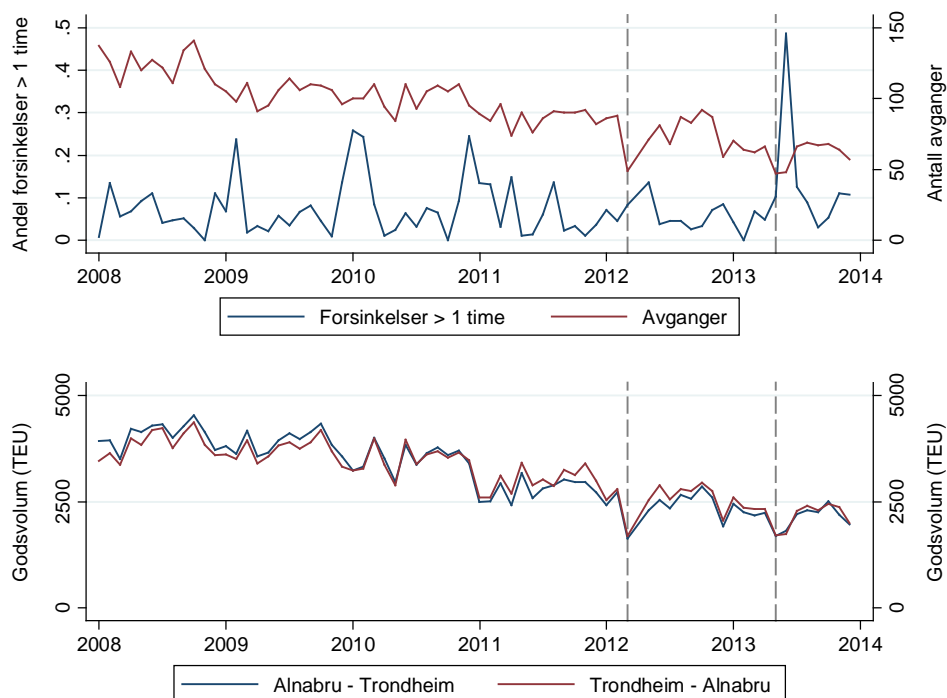
Hvis vi tar ut januar og februar 2010 fra dataene analysert i delkapittel 3.4, blir effekten på etterspørsel noe svakere og mer upresis. Dette tyder altså på at dårlige vintre til en viss grad driver resultatene, men at de ikke har helt andre konsekvenser enn det varierende pålitelighet for øvrig har. Resultatene i vedlegg B tyder heller ikke på at det kun er lange forsinkelser som har betydning.

For godstogene har to dramatiske hendelser vært rasene på Dovrebanen i 2012 og 2013.¹⁶ I 2012 var strekningen stengt mellom Berkåk og Støren fra 13. mars til 9. mai, noe som ifølge Jernbaneverket var det lengste Dovrebanen hadde vært stengt på en delstrekning noensinne.¹⁷ I 2013 var strekningen mellom Lillehammer og Dombås mer eller mindre sammenhengende stengt fra midten av mai til 19. juni etter flommen i Gudbrandsdalen, og med flere påfølgende avbrudd som følge av anleggsarbeider og nye problemer. Rørosbanen ble brukt som alternativ da linjen var helt stengt.

Figur 3-7 viser utviklingen på Dovrebanen, med tidspunktet for de to hendelsene merket av med loddrette linjer.

¹⁶ Askildsen (2004) studerer effekten av klimaendringer og ekstremvær på godstransport på vei, og argumenterer for at veitransport i større grad kan tilpasse seg slike problemer enn andre transportformer kan.

¹⁷ <http://www.jernbaneverket.no/Nyheter/Nyhetsarkiv/2012/Dovrebanen-apnet-for-trafikk-Berkak--Storen/>



Figur 3-7. Forsinkelser, avganger og godsvolum på Dovrebanen. Flom og ras 2012 og 2013 avmerket.

Vi ser at antallet avganger faller i de to periodene det er snakk om. I 2013 øker også omfanget av forsinkelser dramatisk i den første måneden etter raset, mens dette er mindre tydelig i 2012.

Godsvolumet sank også i de utsatte periodene, noe som ser ut til å være sterkt knyttet til reduksjonen i antall avganger. Det er derimot ingen klar langtidseffekt, i hvert fall ikke i form av et trendbrudd. CargoNets tog på Dovrebanen har imidlertid hatt en negativ trend i nesten hele perioden, og denne fortsatte gjennom 2012 og 2013. (Vi har ikke data for konkurrerende operatører.)

Samtidig ser vi at Dovrebanen også har gjentatte problemer med forsinkelser om vinteren, men at dette faktisk bedret seg noe de to siste vintrene. Det kan ikke utelukkes at trenden hadde vært mer positiv uten de store problemene knyttet til flom og ras. Vi så også i delkapittel 3.5 at effekten av forsinkelser på etterspørselen ble svakere når vi kontrollerer for dager uten togavganger.

Alt i alt er det vanskelig å slå fast at større hendelser som dårlige vintre og ras påvirker kundegrunnlaget dramatisk. Dette bør imidlertid undersøkes mer grundig. Mer detaljert kopling av forsinkelses- og mediedata kan være en vei å gå, for eksempel for å undersøke om lav pålitelighet påvirker markedet mer hvis oppmerksomheten er større. Kopling mot værdata vil bidra til å forklare både forsinkelser og innstillinger på vinterstid, og dermed i større grad skille mellom ytre faktorer og tilpasninger hos operatøren, for eksempel i rutetilbudet.

3.7 Diskusjon

I dette delkapitlet har vi dokumentert at mer pålitelig jernbanetransport gir flere kunder. Effektene er moderate, men ikke ubetydelige. En elasticitet med hensyn til gjennomsnittlig forsinkelse på $-0,04$ for periodebilletter på Østlandet innebærer at en kan oppnå én prosent økt salg dersom omfanget av forsinkelser blir redusert med 25 prosent. Dette er neppe en urealistisk forbedring.

Både for passasjer- og godstog finner vi at den beregnede elasticiteten er lavere enn den «impliserte elasticiteten» fra regneeksempler basert på betalingsvilje. Det er flere mulige forklaringer på dette. En er at folk i mindre grad endrer atferd i virkeligheten enn når de blir stilt overfor et hypotetisk valgekspériment med klare alternativer. En annen er at de faktisk tilpasser seg ved å velge de avgangene som har lavest risiko for forsinkelser, noe vi ikke kan observere siden vi bare har data for samlet billettsalg.

For godstransport mangler vi informasjon om priser. Dette kan gjøre at vi undervurderer effekten av forsinkelser dersom operatøren endrer prisene nettopp for å unngå å miste kunder når påliteligheten er lav. I så fall har operatøren hatt et større økonomisk tap som følge av lav pålitelighet enn det den beregnede elasticiteten tilsier. Vi kan imidlertid ikke si om dette er tilfelle.

Et spørsmål vi ikke har behandlet er i hvilken grad økt etterspørsel kan gi trengsel som igjen gir flere forsinkelser for persontogene, altså en motsatt årsakssammenheng. En slik positiv korrelasjon ville gjort at den sammenhengen vi beregner ville bli trukket nærmere null (mindre negativ). Vi tror imidlertid ikke dette påvirker resultatene i særlig grad, siden dataene hovedsakelig dekker reiser fra eller til utenfor Oslo og Akershus der trengselen er moderat. Det er imidlertid et godt tema for videre analyser av lokaltogstrekninger, gjerne basert på data for passasjertellinger på hver enkelt avgang.

For strekninger der det er betydelig trengsel, vil det at én person slutter å ta toget gjøre at en begynner i stedet, siden det da blir bedre plass om bord. På samme måte som når vi ikke kontrollerer for pris, vil dette innebære at den effekten vi beregner av forsinkelser på etterspørsel er svakere enn den reelle effekten dersom alle andre faktorer holdes konstant. Dette bør også studeres videre.

4 Oppsummering

Mer pålitelig transport utgjør en nyttegevinst for samfunnet, og denne kan gis en klar forankring i det teoretiske rammeverket som dagens samfunnsøkonomiske analyser bygger på. Gjennom flere tidligere studier har en også kommet et godt stykke på vei med å tallfeste brukernes verdsetting av en gitt forbedring i påliteligheten. Når det gjelder å forutse hva et tiltak vil ha å si for påliteligheten, gjenstår fortsatt mye arbeid.

I denne rapporten har vi argumentert for at bruk av erfaringsdata bør få en større plass i transportøkonomiforskningen, spesielt når det gjelder forskning på pålitelighet i jernbanen. I forskningen på årsaker til varierende pålitelighet vil slike studier utgjøre et supplement til studier basert på simulering. I forskningen på konsekvenser vil de utfylle den kunnskapen vi har fra hypotetiske spørreundersøkelser blant brukerne, ofte kalt verdsettingsstudier. Det har vært stor vilje i samferdselssektoren til å bruke ressurser på denne typen studier, og vi håper at dette framover også vil gjelde studier basert på erfaringsdata.

Arbeidet med analysene gjengitt i denne rapporten har imidlertid også vist at det å identifisere årsakssammenhengene i transportsystemet er tidkrevende arbeid, og svaret en får utgjør bare én del av det store bildet. Det er viktig å være bevisst på hva slags analyser en bør bruke til forskjellige formål. I PRESIS-prosjektet har vi også demonstrert hvordan analyseverktøy kan automatiseres og brukes i fortløpende punktlighetsoppfølging i jernbanen (Olsson, Halse mfl. 2015). Slike analyser kan bidra til å avdekke forhold som en ikke var klar over og rette opp problemene basert på en skjønnsmessig vurdering av årsakene. De kan også utgjøre et grunnlag for mer langsiktige strategier. Konkrete tall som er visualisert på en god måte gir ofte gjennomslag i beslutningene, selv om en ikke vet nøyaktig hva som ligger bak tallene.

Hvis en derimot vil identifisere årsakssammenhenger som skal kunne tas ut av konteksten og inngå i andre modeller og verktøy, er disse nødt til å være klart definerte og robuste. Dette krever nitidig arbeid med bearbeiding av data og utforming av analysedesign. Arbeidet vil imidlertid bli mindre krevende dersom flere kvalitetssikrede datasett frigis for forskning, og når det etter hvert finnes flere eksisterende studier å støtte seg på.

Resultatene i denne rapporten kan kort oppsummeres som følger:

- Korte saktekjøringer på Dovrebanen påfører godstog et umiddelbart tidstap på 44-50 sekunder per saktekjøring.
- Noe av tidstapet blir i gjennomsnitt kjørt inn på andre deler av strekningen.
- Saktekjøringer har likevel en effekt også på kjøretida til endestasjon for godstog. Denne er opp mot 30 sekunder i gjennomsnitt per tog for hver saktekjøring på Dovrebanen og Sørlandsbanen. På Bergensbanen og Raumabanen er effekten omtrent 15 sekunder.
- Lengde og hastighetsreduksjon har lite å si for hvor stor effekten blir dersom saktekjøringen uansett er kort.
- Antallet togpassasjerer med månedskort på NSBs tog på Østlandet er 1 prosent lavere i perioder med 25 prosent mer forsinkelser. Dette tilsvarer en etterspørselstetthet med hensyn til forsinkelser på -0,04.

- Effekten av forsinkelser på godsvolumet på CargoNets kombitog er noe mer upresis og trolig litt svakere enn effekten for persontog. Resultatene våre tyder på en elastisitet på -0,01 til -0,02.
- Elastisiteten er omtrent dobbelt så stor i regneeksempler hvor vi beregner denne indirekte basert på verdsetting av å unngå forsinkelser, både for person- og godstransport. Dette er i tråd med studier internasjonalt.

Disse resultatene bør anvendes, men bruken av dem bør også vurderes kritisk. I tillegg bør det gjennomføres flere analyser både basert på tilsvarende data og supplert med andre datakilder. Forhåpentligvis kan de sammen med andre resultater bidra til et bedre beslutningsgrunnlag for satsing på økt pålitelighet i norsk jernbane.

Referanser

- Askildsen, T. C. (2004). Ekstremværsituasjoner og transporteffekter: Næringslivets transporttilpasninger til klimaendringer. CICERO Report **2004:10**. CICERO Senter for klimaforskning
- Batley, R., J. Dargay, et al. (2011). "The impact of lateness and reliability on passenger rail demand." Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review **47**(1): 61-72.
- Börjesson, M. and J. Eliasson (2011). "On the use of "average delay" as a measure of train reliability." Transportation Research Part A: Policy and Practice **45**(3): 171-184.
- Cameron, A. C., J. B. Gelbach, et al. (2008). "Bootstrap-based improvements for inference with clustered errors." The Review of Economics and Statistics **90**(3): 414-427.
- Eliasson, J. and M. Börjesson (2014). "On timetable assumptions in railway investment appraisal." Transport policy **36**: 118-126.
- Fearnley, N., J. Aarhaug, et al. (2012). Tilbuds- og etterspørselssammenhenger i jernbanesektoren. TØI-rapport, Transportøkonomisk institutt. **1244/2012**.
- Fearnley, N., J. Aarhaug, et al. (2015). Etterspørselseffekter av kvalitetshevinger i kollektivtransporten. TØI-rapport, Transportøkonomisk institutt. **1408/2015**
- Fosgerau, M. and A. Karlström (2010). "The value of reliability." Transportation Research Part B: Methodological **44**(1): 38-49.
- Gibson, S., G. Cooper, et al. (2002). "The evolution of capacity charges on the UK rail network." Journal of Transport Economics and Policy: 341-354.
- Gorman, M. F. (2009). "Statistical estimation of railroad congestion delay." Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review **45**(3): 446-456.
- Halse, A. H. and M. Killi (2012). Verdsetting av tid og pålitelighet for godstransport på jernbane. TØI rapport, Transportøkonomisk institutt. **1189/2012**.
- Halse, A. H. and M. Killi (2013). Hva koster et forsinket godstog? Anvendelse av nyere forskningsresultater. TØI rapport, Transportøkonomisk institutt. **1250/2013**.
- Halse, A. H., H. Samstad, et al. (2010). Verdsetting av framføringstid og pålitelighet i godstransport. TØI rapport, Transportøkonomisk institutt. **1083/2010**.
- Halse, A. H., V. Østli, et al. (2014). Estimating demand effects of rail reliability using market data. 1st Nordic Meeting in Transport Economics. Oslo.
- Krüger, N., I. Vierth, et al. (2013). Value of Freight Time Variability Reductions. Results from a pilot study for the Swedish Transport Administration. VTI notat. **39A-2013**.

- Minken, H. and H. Samstad (2006). Virkningsberegning av tiltak for raskere og mer pålitelig godstransport - en ny metode. TØI rapport, Transportøkonomisk institutt. **825/2006**.
- Olsson, N., A. H. Halse, et al. (2015). Punktlighet i jernbanen. Oslo, SINTEF Forlag.
- Olsson, N. O. and H. Haugland (2004). "Influencing factors on train punctuality—results from some Norwegian studies." Transport policy **11**(4): 387-397.
- Peer, S., C. C. Koopmans, et al. (2012). "Prediction of travel time variability for cost-benefit analysis." Transportation Research Part A: Policy and Practice **46**(1): 79-90.
- Ramjerdi, F., S. Flügel, et al. (2010). Den norske verdsettingsstudien - Tid. TØI-rapport, Transportøkonomisk institutt. **1053b/2010**.
- Van Loon, R., P. Rietveld, et al. (2011). "Travel-time reliability impacts on railway passenger demand: a revealed preference analysis." Journal of Transport Geography **19**(4): 917-925.
- Veiseth, M., N. Olsson, et al. (2008). Metodehåndbok PIMS (Punctuality Improvement Method System), SINTEF Teknologi og Samfunn.
- Wardman, M. and R. Batley (2014). "Travel time reliability: a review of late time valuations, elasticities and demand impacts in the passenger rail market in Great Britain." Transportation **41**(5): 1041-1069.

Vedlegg A: Datagrunnlag persontog

Som forklart i kapittel 4 har vi identifisert relevante tognumre for relasjonene med periodebilletter basert på dagens rutetilbud. Tog som ikke lenger betjener relasjonen er også inkludert, dersom tognummeret starter på de samme sifrene som de tognumrene som fortsatt er aktuelle. Vi har inkludert følgende pendelruter:

- Rute R10 Oslo S-Lillehammer (tognumre 302-370)
- Rute R11 Oslo S-Skien (tognumre 801-876)
- Rute R20 Oslo S-Halden (tognumre 101-144)
- Rute L12 Kongsberg-Eidsvoll (tognumre 80, 81 og 502-553)
- Rute L13 Drammen-Dal (tognumre 1604-1679)
- Rute L14 Kongsvinger-Asker (tognumre 1002-1076)
- Rute L21 Moss-Skøyen (tognumre 1102-1163)
- Rute L22 Rakkestad-Skøyen (tognumre 152-189 og 1901-1954)

Tog som betjener en relasjon som ligger på begge pendlene R10 og R11 (for eksempel Drammen-Hamar) blir ikke inkludert, ettersom toget i disse tilfellene bytter tognummer. Det betyr i praksis at heller ikke disse relasjonene inngår i datagrunnlaget, med mindre de blir betjent av rute L12 eller L13.

I de fleste tilfellene har togene som kjører i én retning partallsnummer og de som kjører i en annen retning oddetallsnummer, men det finnes unntak. Vi har tatt høyde for de tilfellene vi kjenner til.

Vi tillater ikke at et tognummer betjener ei rute i begge retninger. Hvilken retning som er den riktige er identifisert ved hjelp av tidspunkt og hva som er den vanligste retningen for hvert tognummer og hvert stasjonspar. I praksis ser dette ut til å ha gitt riktig identifikasjon.

Tabellen under viser hvilke 444 stasjonspar som inngår i analysene og hvilket datagrunnlag som inngår for hvert stasjonspar. Retning «Fra øst/nord» betyr fra Halden, Rakkestad, Kongsvinger eller Lillehammer mot Oslo, eller videre vestover mot Skien eller Kongsberg. Retning «Fra vest» betyr motsatt vei. (Det er ingen togpendler som går mellom Østfold og Hedmark/Oppland.)

Tabell A1. Stasjonspar og datagrunnlag, persontog på Østlandet. Sortert etter pendelrute.

| Fra stasjon | Til stasjon | Retning | Antall tognumre | Rute | Måneder med data |
|-------------|-------------|--------------|-----------------|------|------------------|
| ASKER | GULSKOGEN | Fra øst/nord | 6 | L12 | 44 |
| ASKER | HOKKSUND | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| ASKER | KONGSBERG | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| ASKER | MJØNDALEN | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| ASKER | VESTFOSSEN | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| DRAMMEN | DARBU | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| DRAMMEN | HOKKSUND | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| DRAMMEN | KONGSBERG | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| DRAMMEN | MJØNDALEN | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| DRAMMEN | VESTFOSSEN | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| GULSKOGEN | HOKKSUND | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| GULSKOGEN | KONGSBERG | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |

| | | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------|---|-----|----|
| HOKKSUND | KONGSBERG | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| HOKKSUND | VESTFOSEN | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| LILLESTRØM | GULSKOGEN | Fra øst/nord | 6 | L12 | 44 |
| LILLESTRØM | MJØNDALEN | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| LYSAKER | GULSKOGEN | Fra øst/nord | 6 | L12 | 44 |
| LYSAKER | HOKKSUND | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| LYSAKER | KONGSBERG | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| LYSAKER | MJØNDALEN | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| LYSAKER | VESTFOSEN | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| MJØNDALEN | HOKKSUND | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| MJØNDALEN | KONGSBERG | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| NATIONAL-THEATERET | GULSKOGEN | Fra øst/nord | 6 | L12 | 44 |
| NATIONAL-THEATERET | HOKKSUND | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| NATIONAL-THEATERET | KONGSBERG | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| NATIONAL-THEATERET | MJØNDALEN | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| NATIONAL-THEATERET | VESTFOSEN | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| OSLO S | DARBU | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| OSLO S | GULSKOGEN | Fra øst/nord | 6 | L12 | 44 |
| OSLO S | HOKKSUND | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| OSLO S | KONGSBERG | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| OSLO S | MJØNDALEN | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| OSLO S | VESTFOSEN | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| SANDVIKA | GULSKOGEN | Fra øst/nord | 6 | L12 | 44 |
| SANDVIKA | HOKKSUND | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| SANDVIKA | KONGSBERG | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| SANDVIKA | MJØNDALEN | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| SKØYEN | GULSKOGEN | Fra øst/nord | 6 | L12 | 44 |
| SKØYEN | HOKKSUND | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| SKØYEN | KONGSBERG | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| SKØYEN | MJØNDALEN | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| VESTFOSEN | KONGSBERG | Fra øst/nord | 5 | L12 | 44 |
| DARBU | DRAMMEN | Fra vest | 9 | L12 | 44 |
| DARBU | LYSAKER | Fra vest | 8 | L12 | 44 |
| DARBU | OSLO S | Fra vest | 8 | L12 | 44 |
| DARBU | SANDVIKA | Fra vest | 9 | L12 | 44 |
| GULSKOGEN | ASKER | Fra vest | 9 | L12 | 44 |
| GULSKOGEN | LILLESTRØM | Fra vest | 6 | L12 | 44 |
| GULSKOGEN | LYSAKER | Fra vest | 8 | L12 | 44 |
| GULSKOGEN | NATIONAL-THEATERET | Fra vest | 8 | L12 | 44 |
| GULSKOGEN | OSLO S | Fra vest | 8 | L12 | 44 |
| GULSKOGEN | SANDVIKA | Fra vest | 9 | L12 | 44 |
| GULSKOGEN | SKØYEN | Fra vest | 8 | L12 | 44 |
| HOKKSUND | ASKER | Fra vest | 9 | L12 | 44 |
| HOKKSUND | DRAMMEN | Fra vest | 9 | L12 | 44 |
| HOKKSUND | GULSKOGEN | Fra vest | 9 | L12 | 44 |
| HOKKSUND | LILLESTRØM | Fra vest | 6 | L12 | 44 |
| HOKKSUND | LYSAKER | Fra vest | 8 | L12 | 44 |
| HOKKSUND | NATIONAL-THEATERET | Fra vest | 8 | L12 | 44 |
| HOKKSUND | OSLO S | Fra vest | 8 | L12 | 44 |
| HOKKSUND | SANDVIKA | Fra vest | 9 | L12 | 44 |
| HOKKSUND | SKØYEN | Fra vest | 8 | L12 | 44 |
| KONGSBERG | ASKER | Fra vest | 9 | L12 | 44 |
| KONGSBERG | DRAMMEN | Fra vest | 9 | L12 | 44 |
| KONGSBERG | GULSKOGEN | Fra vest | 9 | L12 | 44 |
| KONGSBERG | HOKKSUND | Fra vest | 9 | L12 | 44 |
| KONGSBERG | LYSAKER | Fra vest | 8 | L12 | 44 |
| KONGSBERG | MJØNDALEN | Fra vest | 9 | L12 | 44 |
| KONGSBERG | NATIONAL-THEATERET | Fra vest | 8 | L12 | 44 |
| KONGSBERG | OSLO S | Fra vest | 8 | L12 | 44 |
| KONGSBERG | SANDVIKA | Fra vest | 9 | L12 | 44 |
| KONGSBERG | SKØYEN | Fra vest | 8 | L12 | 44 |
| MJØNDALEN | ASKER | Fra vest | 9 | L12 | 44 |
| MJØNDALEN | DRAMMEN | Fra vest | 9 | L12 | 44 |
| MJØNDALEN | GULSKOGEN | Fra vest | 9 | L12 | 44 |
| MJØNDALEN | LILLESTRØM | Fra vest | 6 | L12 | 44 |
| MJØNDALEN | LYSAKER | Fra vest | 8 | L12 | 44 |

| | | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------|----|-------------|----|
| MJØNDALEN | NATIONAL-THEATERET | Fra vest | 8 | L12 | 44 |
| MJØNDALEN | OSLO S | Fra vest | 8 | L12 | 44 |
| MJØNDALEN | SANDVIKA | Fra vest | 9 | L12 | 44 |
| MJØNDALEN | SKØYEN | Fra vest | 8 | L12 | 44 |
| VESTFOSSEN | ASKER | Fra vest | 9 | L12 | 44 |
| VESTFOSSEN | DRAMMEN | Fra vest | 9 | L12 | 44 |
| VESTFOSSEN | HOKKSUND | Fra vest | 9 | L12 | 44 |
| VESTFOSSEN | LYSAKER | Fra vest | 8 | L12 | 44 |
| VESTFOSSEN | MJØNDALEN | Fra vest | 9 | L12 | 44 |
| VESTFOSSEN | NATIONAL-THEATERET | Fra vest | 8 | L12 | 44 |
| VESTFOSSEN | OSLO S | Fra vest | 8 | L12 | 44 |
| VESTFOSSEN | SANDVIKA | Fra vest | 9 | L12 | 44 |
| VESTFOSSEN | SKØYEN | Fra vest | 8 | L12 | 44 |
| LILLESTRØM | DRAMMEN | Fra øst/nord | 19 | L12,L13 | 44 |
| DRAMMEN | LILLESTRØM | Fra vest | 21 | L12,L13 | 44 |
| ASKER | DRAMMEN | Fra øst/nord | 25 | L12,L13,R11 | 44 |
| LYSAKER | DRAMMEN | Fra øst/nord | 25 | L12,L13,R11 | 44 |
| NATIONAL-THEATERET | DRAMMEN | Fra øst/nord | 25 | L12,L13,R11 | 44 |
| OSLO S | DRAMMEN | Fra øst/nord | 25 | L12,L13,R11 | 44 |
| SANDVIKA | DRAMMEN | Fra øst/nord | 24 | L12,L13,R11 | 44 |
| SKØYEN | DRAMMEN | Fra øst/nord | 24 | L12,L13,R11 | 44 |
| DRAMMEN | ASKER | Fra vest | 34 | L12,L13,R11 | 44 |
| DRAMMEN | LYSAKER | Fra vest | 36 | L12,L13,R11 | 44 |
| DRAMMEN | NATIONAL-THEATERET | Fra vest | 35 | L12,L13,R11 | 44 |
| DRAMMEN | OSLO S | Fra vest | 36 | L12,L13,R11 | 44 |
| DRAMMEN | SANDVIKA | Fra vest | 35 | L12,L13,R11 | 44 |
| DRAMMEN | SKØYEN | Fra vest | 31 | L12,L13,R11 | 44 |
| ASKER | BRAKERØYA | Fra øst/nord | 13 | L13 | 44 |
| ASKER | LIER | Fra øst/nord | 13 | L13 | 44 |
| FROGNER | DRAMMEN | Fra øst/nord | 13 | L13 | 44 |
| LIER | DRAMMEN | Fra øst/nord | 13 | L13 | 44 |
| LILLESTRØM | BRAKERØYA | Fra øst/nord | 13 | L13 | 44 |
| LILLESTRØM | LIER | Fra øst/nord | 13 | L13 | 44 |
| LYSAKER | BRAKERØYA | Fra øst/nord | 13 | L13 | 44 |
| LYSAKER | LIER | Fra øst/nord | 13 | L13 | 44 |
| NATIONAL-THEATERET | BRAKERØYA | Fra øst/nord | 13 | L13 | 44 |
| NATIONAL-THEATERET | LIER | Fra øst/nord | 13 | L13 | 44 |
| OSLO S | BRAKERØYA | Fra øst/nord | 13 | L13 | 44 |
| OSLO S | LIER | Fra øst/nord | 13 | L13 | 44 |
| SANDVIKA | BRAKERØYA | Fra øst/nord | 13 | L13 | 44 |
| SANDVIKA | LIER | Fra øst/nord | 13 | L13 | 44 |
| SKØYEN | BRAKERØYA | Fra øst/nord | 13 | L13 | 44 |
| SKØYEN | LIER | Fra øst/nord | 13 | L13 | 44 |
| BRAKERØYA | ASKER | Fra vest | 16 | L13 | 44 |
| BRAKERØYA | LILLESTRØM | Fra vest | 15 | L13 | 44 |
| BRAKERØYA | LYSAKER | Fra vest | 16 | L13 | 44 |
| BRAKERØYA | NATIONAL-THEATERET | Fra vest | 15 | L13 | 44 |
| BRAKERØYA | OSLO S | Fra vest | 16 | L13 | 44 |
| BRAKERØYA | SANDVIKA | Fra vest | 16 | L13 | 44 |
| BRAKERØYA | SKØYEN | Fra vest | 15 | L13 | 44 |
| DRAMMEN | BRAKERØYA | Fra vest | 16 | L13 | 44 |
| DRAMMEN | KLØFTA | Fra vest | 14 | L13 | 44 |
| DRAMMEN | LIER | Fra vest | 16 | L13 | 44 |
| LIER | ASKER | Fra vest | 16 | L13 | 44 |
| LIER | LILLESTRØM | Fra vest | 15 | L13 | 44 |
| LIER | LYSAKER | Fra vest | 16 | L13 | 44 |
| LIER | NATIONAL-THEATERET | Fra vest | 15 | L13 | 44 |
| LIER | OSLO S | Fra vest | 16 | L13 | 44 |
| LIER | SANDVIKA | Fra vest | 16 | L13 | 44 |
| LIER | SKØYEN | Fra vest | 15 | L13 | 44 |
| KONGSVINGER | LILLESTRØM | Fra øst/nord | 11 | L14 | 44 |
| KONGSVINGER | NATIONAL-THEATERET | Fra øst/nord | 6 | L14 | 44 |
| KONGSVINGER | OSLO S | Fra øst/nord | 11 | L14 | 44 |
| KONGSVINGER | SKØYEN | Fra øst/nord | 5 | L14 | 44 |
| KONGSVINGER | SØRUMSAND | Fra øst/nord | 11 | L14 | 44 |

| | | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------|----|---------|----|
| KONGSVINGER | ÅRNES | Fra øst/nord | 11 | L14 | 44 |
| SKARNES | LILLESTRØM | Fra øst/nord | 11 | L14 | 44 |
| SKARNES | NATIONAL-THEATERET | Fra øst/nord | 6 | L14 | 44 |
| SKARNES | OSLO S | Fra øst/nord | 11 | L14 | 44 |
| SKARNES | SKØYEN | Fra øst/nord | 5 | L14 | 44 |
| SKARNES | SØRUMSAND | Fra øst/nord | 11 | L14 | 44 |
| SKARNES | ÅRNES | Fra øst/nord | 11 | L14 | 44 |
| LILLESTRØM | KONGSVINGER | Fra vest | 6 | L14 | 44 |
| LILLESTRØM | SKARNES | Fra vest | 6 | L14 | 44 |
| OSLO S | KONGSVINGER | Fra vest | 6 | L14 | 44 |
| OSLO S | SKARNES | Fra vest | 6 | L14 | 44 |
| ÅRNES | KONGSVINGER | Fra vest | 6 | L14 | 44 |
| ÅRNES | SKARNES | Fra vest | 6 | L14 | 44 |
| KAMBO | NATIONAL-THEATERET | Fra øst/nord | 11 | L21 | 44 |
| KAMBO | OSLO S | Fra øst/nord | 12 | L21 | 44 |
| KAMBO | SKI | Fra øst/nord | 13 | L21 | 44 |
| KAMBO | SKØYEN | Fra øst/nord | 11 | L21 | 44 |
| KAMBO | VESTBY | Fra øst/nord | 13 | L21 | 44 |
| KAMBO | ÅS | Fra øst/nord | 13 | L21 | 44 |
| MOSS | NATIONAL-THEATERET | Fra øst/nord | 11 | L21 | 44 |
| MOSS | SKØYEN | Fra øst/nord | 11 | L21 | 44 |
| MOSS | SONSVEIEN | Fra øst/nord | 13 | L21 | 44 |
| MOSS | VESTBY | Fra øst/nord | 13 | L21 | 44 |
| MOSS | ÅS | Fra øst/nord | 13 | L21 | 44 |
| NATIONAL-THEATERET | KAMBO | Fra vest | 5 | L21 | 44 |
| NATIONAL-THEATERET | MOSS | Fra vest | 5 | L21 | 44 |
| OSLO S | KAMBO | Fra vest | 6 | L21 | 44 |
| SKI | KAMBO | Fra vest | 6 | L21 | 44 |
| SKØYEN | KAMBO | Fra vest | 5 | L21 | 44 |
| SKØYEN | MOSS | Fra vest | 5 | L21 | 44 |
| SONSVEIEN | MOSS | Fra vest | 6 | L21 | 44 |
| VESTBY | KAMBO | Fra vest | 6 | L21 | 44 |
| VESTBY | MOSS | Fra vest | 6 | L21 | 44 |
| ÅS | KAMBO | Fra vest | 6 | L21 | 44 |
| ÅS | MOSS | Fra vest | 6 | L21 | 44 |
| MOSS | OSLO S | Fra øst/nord | 20 | L21,R20 | 44 |
| MOSS | SKI | Fra øst/nord | 21 | L21,R20 | 44 |
| OSLO S | MOSS | Fra vest | 11 | L21,R20 | 44 |
| SKI | MOSS | Fra vest | 12 | L21,R20 | 44 |
| ASKIM | NATIONAL-THEATERET | Fra øst/nord | 13 | L22 | 44 |
| ASKIM | OSLO S | Fra øst/nord | 14 | L22 | 44 |
| ASKIM | SKI | Fra øst/nord | 15 | L22 | 44 |
| ASKIM | SKØYEN | Fra øst/nord | 13 | L22 | 44 |
| ASKIM | SPYDEBERG | Fra øst/nord | 16 | L22 | 44 |
| ASKIM | TOMTER | Fra øst/nord | 16 | L22 | 44 |
| EIDSBERG | NATIONAL-THEATERET | Fra øst/nord | 4 | L22 | 44 |
| EIDSBERG | OSLO S | Fra øst/nord | 4 | L22 | 44 |
| KNAPSTAD | NATIONAL-THEATERET | Fra øst/nord | 13 | L22 | 44 |
| KNAPSTAD | OSLO S | Fra øst/nord | 14 | L22 | 44 |
| KNAPSTAD | SKI | Fra øst/nord | 15 | L22 | 44 |
| KNAPSTAD | SKØYEN | Fra øst/nord | 13 | L22 | 44 |
| MYSEN | ASKIM | Fra øst/nord | 16 | L22 | 44 |
| MYSEN | NATIONAL-THEATERET | Fra øst/nord | 13 | L22 | 44 |
| MYSEN | OSLO S | Fra øst/nord | 14 | L22 | 44 |
| MYSEN | SKI | Fra øst/nord | 15 | L22 | 44 |
| MYSEN | SKØYEN | Fra øst/nord | 13 | L22 | 44 |
| MYSEN | SPYDEBERG | Fra øst/nord | 16 | L22 | 44 |
| MYSEN | TOMTER | Fra øst/nord | 16 | L22 | 44 |
| RAKKESTAD | NATIONAL-THEATERET | Fra øst/nord | 4 | L22 | 44 |
| RAKKESTAD | OSLO S | Fra øst/nord | 4 | L22 | 44 |
| RAKKESTAD | SKØYEN | Fra øst/nord | 4 | L22 | 44 |
| SLITU | NATIONAL-THEATERET | Fra øst/nord | 13 | L22 | 44 |
| SLITU | OSLO S | Fra øst/nord | 14 | L22 | 44 |

| | | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------|----|-----|----|
| SPYDEBERG | NATIONAL-THEATERET | Fra øst/nord | 13 | L22 | 44 |
| SPYDEBERG | OSLO S | Fra øst/nord | 14 | L22 | 44 |
| SPYDEBERG | SKI | Fra øst/nord | 15 | L22 | 44 |
| SPYDEBERG | SKØYEN | Fra øst/nord | 13 | L22 | 44 |
| SPYDEBERG | TOMTER | Fra øst/nord | 16 | L22 | 44 |
| TOMTER | NATIONAL-THEATERET | Fra øst/nord | 13 | L22 | 44 |
| TOMTER | OSLO S | Fra øst/nord | 14 | L22 | 44 |
| TOMTER | SKI | Fra øst/nord | 15 | L22 | 44 |
| TOMTER | SKØYEN | Fra øst/nord | 13 | L22 | 44 |
| ASKIM | MYSEN | Fra vest | 9 | L22 | 44 |
| KNAPSTAD | ASKIM | Fra vest | 10 | L22 | 44 |
| NATIONAL-THEATERET | ASKIM | Fra vest | 8 | L22 | 44 |
| NATIONAL-THEATERET | MYSEN | Fra vest | 7 | L22 | 44 |
| NATIONAL-THEATERET | SPYDEBERG | Fra vest | 8 | L22 | 44 |
| NATIONAL-THEATERET | TOMTER | Fra vest | 8 | L22 | 44 |
| OSLO S | ASKIM | Fra vest | 8 | L22 | 44 |
| OSLO S | MYSEN | Fra vest | 7 | L22 | 44 |
| OSLO S | SPYDEBERG | Fra vest | 8 | L22 | 44 |
| OSLO S | TOMTER | Fra vest | 8 | L22 | 44 |
| SKI | ASKIM | Fra vest | 10 | L22 | 44 |
| SKI | MYSEN | Fra vest | 9 | L22 | 44 |
| SKI | SPYDEBERG | Fra vest | 10 | L22 | 44 |
| SKI | TOMTER | Fra vest | 10 | L22 | 44 |
| SKØYEN | ASKIM | Fra vest | 8 | L22 | 44 |
| SKØYEN | MYSEN | Fra vest | 7 | L22 | 44 |
| SKØYEN | SPYDEBERG | Fra vest | 8 | L22 | 44 |
| SKØYEN | TOMTER | Fra vest | 8 | L22 | 44 |
| SPYDEBERG | ASKIM | Fra vest | 10 | L22 | 44 |
| TOMTER | ASKIM | Fra vest | 10 | L22 | 44 |
| BRUMUNDDAL | EIDSVOLL | Fra øst/nord | 6 | R10 | 44 |
| BRUMUNDDAL | HAMAR | Fra øst/nord | 7 | R10 | 44 |
| BRUMUNDDAL | LILLESTRØM | Fra øst/nord | 5 | R10 | 44 |
| BRUMUNDDAL | OSLO S | Fra øst/nord | 5 | R10 | 44 |
| BRUMUNDDAL | STANGE | Fra øst/nord | 6 | R10 | 44 |
| HAMAR | EIDSVOLL | Fra øst/nord | 7 | R10 | 44 |
| HAMAR | LILLESTRØM | Fra øst/nord | 5 | R10 | 44 |
| HAMAR | OSLO S | Fra øst/nord | 6 | R10 | 44 |
| HAMAR | STANGE | Fra øst/nord | 7 | R10 | 44 |
| HAMAR | TANGEN | Fra øst/nord | 7 | R10 | 44 |
| LILLEHAMMER | BRUMUNDDAL | Fra øst/nord | 8 | R10 | 44 |
| LILLEHAMMER | HAMAR | Fra øst/nord | 7 | R10 | 44 |
| LILLEHAMMER | MOELV | Fra øst/nord | 9 | R10 | 44 |
| LILLEHAMMER | OSLO S | Fra øst/nord | 5 | R10 | 44 |
| MOELV | BRUMUNDDAL | Fra øst/nord | 8 | R10 | 44 |
| MOELV | EIDSVOLL | Fra øst/nord | 6 | R10 | 44 |
| MOELV | HAMAR | Fra øst/nord | 7 | R10 | 44 |
| MOELV | OSLO S | Fra øst/nord | 5 | R10 | 44 |
| MOELV | STANGE | Fra øst/nord | 6 | R10 | 44 |
| STANGE | EIDSVOLL | Fra øst/nord | 7 | R10 | 44 |
| STANGE | LILLESTRØM | Fra øst/nord | 5 | R10 | 44 |
| STANGE | OSLO S | Fra øst/nord | 6 | R10 | 44 |
| TANGEN | EIDSVOLL | Fra øst/nord | 7 | R10 | 44 |
| TANGEN | OSLO S | Fra øst/nord | 6 | R10 | 44 |
| BRUMUNDDAL | LILLEHAMMER | Fra vest | 4 | R10 | 44 |
| EIDSVOLL | HAMAR | Fra vest | 4 | R10 | 44 |
| EIDSVOLL | STANGE | Fra vest | 4 | R10 | 44 |
| HAMAR | BRUMUNDDAL | Fra vest | 4 | R10 | 44 |
| HAMAR | LILLEHAMMER | Fra vest | 4 | R10 | 44 |
| HAMAR | MOELV | Fra vest | 4 | R10 | 44 |
| LILLESTRØM | HAMAR | Fra vest | 4 | R10 | 44 |
| LILLESTRØM | STANGE | Fra vest | 4 | R10 | 44 |
| LILLESTRØM | TANGEN | Fra vest | 4 | R10 | 44 |
| MOELV | LILLEHAMMER | Fra vest | 4 | R10 | 44 |
| OSLO S | BRUMUNDDAL | Fra vest | 3 | R10 | 44 |
| OSLO S | HAMAR | Fra vest | 4 | R10 | 44 |
| OSLO S | LILLEHAMMER | Fra vest | 3 | R10 | 44 |
| OSLO S | MOELV | Fra vest | 3 | R10 | 44 |

| | | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------|----|-----|----|
| OSLO S | STANGE | Fra vest | 4 | R10 | 44 |
| OSLO S | TANGEN | Fra vest | 4 | R10 | 44 |
| STANGE | BRUMUNDDAL | Fra vest | 3 | R10 | 44 |
| STANGE | HAMAR | Fra vest | 4 | R10 | 44 |
| STANGE | LILLEHAMMER | Fra vest | 3 | R10 | 44 |
| TANGEN | HAMAR | Fra vest | 4 | R10 | 44 |
| ASKER | HOLMESTRAND | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| ASKER | SANDE | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| ASKER | SANDEFJORD | Fra øst/nord | 5 | R11 | 44 |
| ASKER | SKOPPUM | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| ASKER | TØNSBERG | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| DRAMMEN | HOLMESTRAND | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| DRAMMEN | LARVIK | Fra øst/nord | 5 | R11 | 44 |
| DRAMMEN | SANDE | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| DRAMMEN | SANDEFJORD | Fra øst/nord | 5 | R11 | 44 |
| DRAMMEN | SKOPPUM | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| DRAMMEN | TØNSBERG | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| HOLMESTRAND | LARVIK | Fra øst/nord | 5 | R11 | 44 |
| HOLMESTRAND | SANDEFJORD | Fra øst/nord | 5 | R11 | 44 |
| HOLMESTRAND | TØNSBERG | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| LARVIK | PORSGRUNN | Fra øst/nord | 6 | R11 | 42 |
| LARVIK | SKIEN | Fra øst/nord | 6 | R11 | 42 |
| LYSAKER | HOLMESTRAND | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| LYSAKER | LARVIK | Fra øst/nord | 5 | R11 | 44 |
| LYSAKER | SANDE | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| LYSAKER | SANDEFJORD | Fra øst/nord | 5 | R11 | 44 |
| LYSAKER | SKOPPUM | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| LYSAKER | TØNSBERG | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| NATIONAL-THEATERET | HOLMESTRAND | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| NATIONAL-THEATERET | LARVIK | Fra øst/nord | 5 | R11 | 44 |
| NATIONAL-THEATERET | SANDE | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| NATIONAL-THEATERET | SANDEFJORD | Fra øst/nord | 5 | R11 | 44 |
| NATIONAL-THEATERET | SKOPPUM | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| NATIONAL-THEATERET | STOKKE | Fra øst/nord | 5 | R11 | 44 |
| NATIONAL-THEATERET | TØNSBERG | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| OSLO S | HOLMESTRAND | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| OSLO S | LARVIK | Fra øst/nord | 5 | R11 | 44 |
| OSLO S | SANDE | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| OSLO S | SANDEFJORD | Fra øst/nord | 5 | R11 | 44 |
| OSLO S | SKOPPUM | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| OSLO S | STOKKE | Fra øst/nord | 5 | R11 | 44 |
| OSLO S | TØNSBERG | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| PORSGRUNN | SKIEN | Fra øst/nord | 6 | R11 | 42 |
| SANDE | HOLMESTRAND | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| SANDE | TØNSBERG | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| SANDEFJORD | LARVIK | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| SANDEFJORD | PORSGRUNN | Fra øst/nord | 5 | R11 | 42 |
| SANDVIKA | HOLMESTRAND | Fra øst/nord | 5 | R11 | 44 |
| SANDVIKA | SKOPPUM | Fra øst/nord | 5 | R11 | 44 |
| SANDVIKA | TØNSBERG | Fra øst/nord | 5 | R11 | 44 |
| SKOPPUM | SANDEFJORD | Fra øst/nord | 5 | R11 | 44 |
| SKOPPUM | TØNSBERG | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| SKØYEN | HOLMESTRAND | Fra øst/nord | 5 | R11 | 44 |
| SKØYEN | SKOPPUM | Fra øst/nord | 5 | R11 | 44 |
| SKØYEN | TØNSBERG | Fra øst/nord | 5 | R11 | 44 |
| STOKKE | LARVIK | Fra øst/nord | 5 | R11 | 44 |
| STOKKE | SANDEFJORD | Fra øst/nord | 5 | R11 | 44 |
| TØNSBERG | LARVIK | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| TØNSBERG | PORSGRUNN | Fra øst/nord | 5 | R11 | 42 |
| TØNSBERG | SANDEFJORD | Fra øst/nord | 6 | R11 | 44 |
| TØNSBERG | SKIEN | Fra øst/nord | 5 | R11 | 42 |
| TØNSBERG | STOKKE | Fra øst/nord | 5 | R11 | 44 |
| HOLMESTRAND | ASKER | Fra vest | 9 | R11 | 44 |
| HOLMESTRAND | DRAMMEN | Fra vest | 13 | R11 | 44 |
| HOLMESTRAND | LYSAKER | Fra vest | 12 | R11 | 44 |
| HOLMESTRAND | NATIONAL-THEATERET | Fra vest | 12 | R11 | 44 |

Å måle det upresise: Årsaker til og konsekvenser av togforsinkelser

| | | | | | |
|-------------|--------------------|--------------|----|-----|----|
| HOLMESTRAND | OSLO S | Fra vest | 12 | R11 | 44 |
| HOLMESTRAND | SANDE | Fra vest | 13 | R11 | 44 |
| HOLMESTRAND | SKØYEN | Fra vest | 8 | R11 | 44 |
| LARVIK | ASKER | Fra vest | 9 | R11 | 44 |
| LARVIK | DRAMMEN | Fra vest | 13 | R11 | 44 |
| LARVIK | LYSAKER | Fra vest | 12 | R11 | 44 |
| LARVIK | NATIONAL-THEATERET | Fra vest | 12 | R11 | 44 |
| LARVIK | OSLO S | Fra vest | 12 | R11 | 44 |
| LARVIK | SANDEFJORD | Fra vest | 14 | R11 | 44 |
| LARVIK | SKOPPUM | Fra vest | 13 | R11 | 44 |
| LARVIK | SKØYEN | Fra vest | 8 | R11 | 44 |
| LARVIK | STOKKE | Fra vest | 14 | R11 | 44 |
| LARVIK | TØNSBERG | Fra vest | 14 | R11 | 44 |
| PORSGRUNN | LARVIK | Fra vest | 13 | R11 | 44 |
| PORSGRUNN | LYSAKER | Fra vest | 11 | R11 | 44 |
| PORSGRUNN | OSLO S | Fra vest | 11 | R11 | 44 |
| PORSGRUNN | SANDEFJORD | Fra vest | 13 | R11 | 44 |
| PORSGRUNN | TØNSBERG | Fra vest | 13 | R11 | 44 |
| SANDE | ASKER | Fra vest | 9 | R11 | 44 |
| SANDE | DRAMMEN | Fra vest | 13 | R11 | 44 |
| SANDE | LYSAKER | Fra vest | 12 | R11 | 44 |
| SANDE | NATIONAL-THEATERET | Fra vest | 12 | R11 | 44 |
| SANDE | OSLO S | Fra vest | 12 | R11 | 44 |
| SANDE | SANDEFJORD | Fra vest | 6 | R11 | 44 |
| SANDE | SKØYEN | Fra vest | 8 | R11 | 44 |
| SANDEFJORD | ASKER | Fra vest | 9 | R11 | 44 |
| SANDEFJORD | DRAMMEN | Fra vest | 13 | R11 | 44 |
| SANDEFJORD | HOLMESTRAND | Fra vest | 13 | R11 | 44 |
| SANDEFJORD | LYSAKER | Fra vest | 12 | R11 | 44 |
| SANDEFJORD | NATIONAL-THEATERET | Fra vest | 12 | R11 | 44 |
| SANDEFJORD | OSLO S | Fra vest | 12 | R11 | 44 |
| SANDEFJORD | SKOPPUM | Fra vest | 13 | R11 | 44 |
| SANDEFJORD | SKØYEN | Fra vest | 8 | R11 | 44 |
| SANDEFJORD | STOKKE | Fra vest | 14 | R11 | 44 |
| SANDEFJORD | TØNSBERG | Fra vest | 14 | R11 | 44 |
| SKIEN | LARVIK | Fra vest | 13 | R11 | 44 |
| SKIEN | PORSGRUNN | Fra vest | 14 | R11 | 44 |
| SKIEN | TØNSBERG | Fra vest | 13 | R11 | 44 |
| SKOPPUM | ASKER | Fra vest | 9 | R11 | 44 |
| SKOPPUM | DRAMMEN | Fra vest | 13 | R11 | 44 |
| SKOPPUM | LYSAKER | Fra vest | 12 | R11 | 44 |
| SKOPPUM | NATIONAL-THEATERET | Fra vest | 12 | R11 | 44 |
| SKOPPUM | OSLO S | Fra vest | 12 | R11 | 44 |
| SKOPPUM | SANDE | Fra vest | 13 | R11 | 44 |
| SKOPPUM | SKØYEN | Fra vest | 8 | R11 | 44 |
| STOKKE | ASKER | Fra vest | 9 | R11 | 44 |
| STOKKE | DRAMMEN | Fra vest | 13 | R11 | 44 |
| STOKKE | LYSAKER | Fra vest | 12 | R11 | 44 |
| STOKKE | NATIONAL-THEATERET | Fra vest | 12 | R11 | 44 |
| STOKKE | OSLO S | Fra vest | 12 | R11 | 44 |
| STOKKE | SKØYEN | Fra vest | 8 | R11 | 44 |
| STOKKE | TØNSBERG | Fra vest | 14 | R11 | 44 |
| TORP | ASKER | Fra vest | 9 | R11 | 44 |
| TORP | LYSAKER | Fra vest | 12 | R11 | 44 |
| TORP | OSLO S | Fra vest | 12 | R11 | 44 |
| TORP | SKØYEN | Fra vest | 8 | R11 | 44 |
| TORP | TØNSBERG | Fra vest | 14 | R11 | 44 |
| TØNSBERG | ASKER | Fra vest | 9 | R11 | 44 |
| TØNSBERG | DRAMMEN | Fra vest | 13 | R11 | 44 |
| TØNSBERG | HOLMESTRAND | Fra vest | 13 | R11 | 44 |
| TØNSBERG | LYSAKER | Fra vest | 12 | R11 | 44 |
| TØNSBERG | NATIONAL-THEATERET | Fra vest | 12 | R11 | 44 |
| TØNSBERG | OSLO S | Fra vest | 12 | R11 | 44 |
| TØNSBERG | SANDE | Fra vest | 13 | R11 | 44 |
| TØNSBERG | SKOPPUM | Fra vest | 13 | R11 | 44 |
| TØNSBERG | SKØYEN | Fra vest | 8 | R11 | 44 |
| FREDRIKSTAD | MOSS | Fra øst/nord | 8 | R20 | 44 |

| | | | | | |
|-------------|-------------|--------------|---|-----|----|
| FREDRIKSTAD | OSLO S | Fra øst/nord | 8 | R20 | 44 |
| FREDRIKSTAD | RYGGE | Fra øst/nord | 9 | R20 | 44 |
| FREDRIKSTAD | RÅDE | Fra øst/nord | 9 | R20 | 44 |
| FREDRIKSTAD | SKI | Fra øst/nord | 8 | R20 | 44 |
| HALDEN | FREDRIKSTAD | Fra øst/nord | 8 | R20 | 44 |
| HALDEN | MOSS | Fra øst/nord | 7 | R20 | 44 |
| HALDEN | OSLO S | Fra øst/nord | 7 | R20 | 44 |
| HALDEN | RYGGE | Fra øst/nord | 8 | R20 | 44 |
| HALDEN | SARPSBORG | Fra øst/nord | 8 | R20 | 44 |
| HALDEN | SKI | Fra øst/nord | 7 | R20 | 44 |
| RYGGE | MOSS | Fra øst/nord | 8 | R20 | 44 |
| RYGGE | OSLO S | Fra øst/nord | 8 | R20 | 44 |
| RYGGE | SKI | Fra øst/nord | 8 | R20 | 44 |
| RÅDE | OSLO S | Fra øst/nord | 8 | R20 | 44 |
| RÅDE | SKI | Fra øst/nord | 8 | R20 | 44 |
| SARPSBORG | FREDRIKSTAD | Fra øst/nord | 9 | R20 | 44 |
| SARPSBORG | MOSS | Fra øst/nord | 8 | R20 | 44 |
| SARPSBORG | OSLO S | Fra øst/nord | 8 | R20 | 44 |
| SARPSBORG | SKI | Fra øst/nord | 8 | R20 | 44 |
| FREDRIKSTAD | HALDEN | Fra vest | 4 | R20 | 44 |
| FREDRIKSTAD | SARPSBORG | Fra vest | 4 | R20 | 44 |
| MOSS | FREDRIKSTAD | Fra vest | 4 | R20 | 44 |
| MOSS | HALDEN | Fra vest | 4 | R20 | 44 |
| MOSS | RYGGE | Fra vest | 6 | R20 | 44 |
| MOSS | SARPSBORG | Fra vest | 4 | R20 | 44 |
| OSLO S | FREDRIKSTAD | Fra vest | 4 | R20 | 44 |
| OSLO S | HALDEN | Fra vest | 4 | R20 | 44 |
| OSLO S | RYGGE | Fra vest | 5 | R20 | 44 |
| OSLO S | RÅDE | Fra vest | 5 | R20 | 44 |
| OSLO S | SARPSBORG | Fra vest | 4 | R20 | 44 |
| RYGGE | FREDRIKSTAD | Fra vest | 4 | R20 | 44 |
| RÅDE | FREDRIKSTAD | Fra vest | 4 | R20 | 44 |
| SARPSBORG | HALDEN | Fra vest | 4 | R20 | 44 |
| SKI | FREDRIKSTAD | Fra vest | 4 | R20 | 44 |
| SKI | HALDEN | Fra vest | 4 | R20 | 44 |
| SKI | RYGGE | Fra vest | 6 | R20 | 44 |
| SKI | RÅDE | Fra vest | 5 | R20 | 44 |
| SKI | SARPSBORG | Fra vest | 4 | R20 | 44 |

Vedlegg B: Tilleggsanalyser, etterspørsel

Alternativt mål på pålitelighet

Tabell 6 under viser effekten av andelen lange forsinkelser (minst 10 minutter) på antall solgte periodebilletter på NSBs tog. Sammenhengen er negativ og sterkt statistisk signifikant i noen modeller, men svært følsom for modellspesifikasjonen. Sammenhengen mellom forsinkelser til jobb og etterspørsel forsvinner når vi kontrollerer for et fullt sett med tidsdummyer som kontrollerer for overordnede trender og svingninger over tid (kolonne 3). Effekten av forsinkelser på returreisen blir også mye svakere når vi bare kontrollerer for sesongsvingninger (kolonne 5). I de tilfellene der vi finner en effekt, er det heller ikke noe som tyder på at den er sterkere enn den vi finner ved å bruke gjennomsnittlig forsinkelse som mål. (Se regneeksempel for gods under.)

Tabell B-1. Effekten av lange forsinkelser på solgte periodebilletter i samme måned

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|---------------------------|--------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| | Tur | Tur | Tur | Retur | Retur | Retur |
| Forsink. > 10 min., tur | -0.56*** (0.10) | -0.51*** (0.10) | -0.08 (0.12) | | | |
| Forsink. > 10 min., retur | | | | -0.65*** (0.10) | -0.15* (0.08) | -0.01 (0.10) |
| Tidstrend | 0.01*** (0.00) | 0.01*** (0.00) | | 0.01*** (0.00) | 0.01*** (0.00) | |
| Sesongdummyer | Nei | Ja | - | Nei | Ja | - |
| Tidsdummyer | Nei | Nei | Ja | Nei | Nei | Ja |
| Observasjoner | 19470 | 19470 | 19470 | 18043 | 18043 | 18043 |
| r ² | 0.06 | 0.49 | 0.56 | 0.07 | 0.49 | 0.57 |

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01. Standardfeil justert for seriekorrelasjon for hver relasjon. Observasjonene er vektet etter gjennomsnittlig antall periodebilletter mellom de to stasjonene.

Tabell 7 under viser effekten av andelen lange forsinkelser (minst én time) på godsvolumet på CargoNets tog. Sammenhengen er negativ og noe mer presis enn

den for gjennomsnittlig forsinkelse i kapittel 3.5. Dette tyder på at det er de lange forsinkelsene som driver effekten av gjennomsnittlig forsinkelse.

Ettersom forklaringsvariabelen ikke er i logaritmer, må vi regne ut elastisiteten indirekte: I snitt er 7,7 prosent av togene forsinket minst én time ved ankomst. Én prosent endring blir altså 0,077 prosentpoeng. Ganget med effekten på cirka -0,3 gir det en elastisitet på -0,02, altså i samme størrelsesorden som for gjennomsnittlig forsinkelse.

Andre mål på pålitelighet kan også brukes, men vil i praksis være høyt korrelert med disse. Vi har forsøkt med standardavviket til forsinkelsen, som til en viss grad fanger opp både om det er mye forsinkelser og hvor usikre de er. Dette ga imidlertid mindre stabile og meningsfulle resultater. Det samme gjelder hvis vi inkluderer både gjennomsnittlig forsinkelse og standardavviket som forklaringsvariabler, ettersom disse er svært høyt korrelerte.

Tabell B-2.. Effekten av andel lange forsinkelser på godsvolum i samme måned.

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Forsinkelse > 1 time | -0.49*** (0.10) | -0.36*** (0.10) | -0.37*** (0.11) | -0.33*** (0.08) | -0.20*** (0.07) | -0.24*** (0.09) |
| Dager med tog | | | | 0.74*** (0.11) | 0.76*** (0.11) | 0.68*** (0.13) |
| Ulike tognumre | | | | 0.13* (0.07) | 0.13* (0.07) | 0.13* (0.07) |
| Tidstrend | -0.01*** (0.00) | -0.01*** (0.00) | | -0.00*** (0.00) | -0.00*** (0.00) | |
| Sesongdummyer | Nei | Ja | - | Nei | Ja | - |
| Tidsdummyer | Nei | Nei | Ja | Nei | Nei | Ja |
| Observasjoner | 1826 | 1826 | 1826 | 1826 | 1826 | 1826 |
| r ² | 0.31 | 0.38 | 0.47 | 0.45 | 0.51 | 0.56 |

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01. Standardfeil justert for seriekorrelasjon for hver relasjon. Observasjonene er vektet etter gjennomsnittlig godsvolum fraktet mellom hvert terminalpar.

Kontroll for forskjellige trender

Tabell 8 viser resultatene for periodebilletter når vi også kontrollerer for lineære tidstrender som er spesifikke for hver togpendel (rute). Vi ser at effekten av samlet forsinkelse på etterspørsel faktisk blir litt sterkere og mer presis, men ganske lik som beregnet tidligere. Det er usikkert om trendene i virkeligheten er lineære, men dette tyder på at de effektene som vi finner i delkapittel 3.4 neppe er overdrevne på grunn av manglende kontrollvariabler knyttet til hver enkelt rute.

For gods (Tabell 9) blir effektene derimot svakere når vi kontrollerer for rutespesifikke trender, men også her er forskjellen liten. Dette forsterker altså funnet om at effekten er av forsinkelser på etterspørsel er svakere for godstransport enn for persontransport. (Dette gjelder også hvis vi bruker modellen i vedlegg A.)

Tabell B-3. Effekt av gjennomsnittlig forsinkelse på solgte periodebilletter, kontrollert for rutespesifikke trender

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Forsinkelse, tur | -0.01 (0.01) | -0.00 (0.01) | | | | |
| Forsinkelse, retur | -0.05*** (0.01) | -0.04*** (0.01) | | | | |
| Forsinkelse, tur+retur | | | -0.06*** (0.01) | -0.04*** (0.01) | -0.04*** (0.01) | -0.04*** (0.01) |
| Sesongdummyer | Ja | - | Ja | - | Ja | - |
| Tidsdummyer | Nei | Ja | Nei | Ja | Nei | Ja |
| Rutespesifikke trender | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja |
| Klynge | Relasjon | Relasjon | Relasjon | Relasjon | Destinasjon | Avreisested |
| Observasjoner | 18000 | 18000 | 18000 | 18000 | 18000 | 18000 |
| r ² | 0.50 | 0.58 | 0.50 | 0.58 | 0.58 | 0.58 |

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01. Standardfeil justert for seriekorrelasjon for hver klynge.

Observasjonene er vektet etter gjennomsnittlig antall periodebilletter mellom de to stasjonene.

Tabell B-4. Effekt av gjennomsnittlig forsinkelse på godsvolum, kontrollert for rutespesifikke trender

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| Forsinkelse | -0.04*** (0.01) | -0.02*** (0.01) | -0.02** (0.01) | -0.02*** (0.01) | -0.01 (0.01) | -0.01 (0.01) |
| Dager med tog | | | | 0.76*** (0.09) | 0.78*** (0.09) | 0.70*** (0.10) |
| Ulike tognumre | | | | 0.08 (0.06) | 0.08 (0.06) | 0.08 (0.06) |
| Sesongdummyer | Nei | Ja | - | Nei | Ja | - |
| Tidsdummyer | Nei | Nei | Ja | Nei | Nei | Ja |
| Rutespesifikke trender | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja | Ja |
| Observasjoner | 1826 | 1826 | 1826 | 1826 | 1826 | 1826 |
| r ² | 0.37 | 0.45 | 0.54 | 0.50 | 0.56 | 0.61 |

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01. Standardfeil justert for seriekorrelasjon for hver relasjon. Observasjonene er vektet etter gjennomsnittlig godsvolum fraktet mellom hvert terminalpar.

Vedlegg C: Tilleggsanalyser, saktekjøringer

Tabell C-1 viser modellberegningene for effekten på kjøretid på delstrekning for nordgående og sørgående godstog kombinert, for modellspesifikasjon (1) til (3).

Tabell C-1. Modellresultater for nordgående og sørgående godstog på Dovrebanen i 2012. Estimert påslag i kjøretid på delstrekningsnivå som følge av saktekjøring målt i antall sekunder. Parentes angir estimatets standardfeil.

| | (1) | (2) | (3) |
|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Påslag i kjøretid | 48.09*** (6.54) | 48.23*** (6.70) | 48.17*** (6.68) |
| Forsinket ved delstrekning | 0.97 (0.75) | 0.28 (0.74) | 0.53 (0.70) |
| Sesongdummyer | Nei | Ja | Ja |
| Ukedagdummyer | Nei | Ja | Ja |
| Tognummerdummyer | Nei | Nei | Ja |
| Saktekjøringer | Alle | Alle | Alle |
| Observasjoner | 91426 | 91426 | 91426 |
| r ² | | | |

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01.

Fra tabellen ser vi at det estimerte tidstapet beregnes å være 48 sekunder per saktekjøring på delstrekningsnivå, og at estimatet holder seg tilnærmet uendret ved innføring av flere kontrollvariabler.

Tabell C-2 viser resultatene for effekt til endestasjon for modell (1) til (3) i analysene der vi kombinerer datasettet for begge retninger for Dovrebanen.

Tabell C-2. Modellresultater for godstog på Dovrebanen til endestasjon for begge retninger samlet. Estimater i antall sekunder. Parentes angir estimatets standardfeil.

| | (1) | (2) | (3) |
|-------------------|----------|----------|----------|
| Påslag i kjøretid | 22.80*** | 27.97*** | 28.20*** |
| | (1.80) | (2.08) | (1.99) |
| Sesongdummyer | Nei | Ja | Ja |
| Ukedagdummyer | Nei | Ja | Ja |
| Årdummyer | Ja | Ja | Ja |
| Tognummerdummyer | Nei | Nei | Ja |
| Avgangstiddummyer | Ja | Ja | Ja |
| Saktekjøringer | Alle | Alle | Alle |
| Observasjoner | 11986 | 11986 | 11986 |
| r ² | 0.18 | 0.20 | 0.27 |

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01.

Fra tabellen ser vi at de beregnede punktestimaterne ligger et sted midt imellom beregningene for tog *til* og *fra* Alnabru, men med noe lavere standardfeil. Dette innebærer dermed et noe lavere konfidensintervall for punktestimaterne. I modell (3) med et fullt sett av kontrollvariabler beregner vi punktlighetseffekten til endestasjon av en saktekjøring å være 28 sekunder.

Tabell C-3 viser resultatene for modell (1) til (3) i analysene der vi kombinerer datasettet for begge retninger for Bergensbanen.

Tabell C-3. Modellresultater for godstog på Bergensbanen til endestasjon for begge retninger samlet. Estimater i antall sekunder. Parentes angir estimatets standardfeil.

| | (1) | (2) | (3) |
|-------------------|--------|----------|----------|
| Påslag i kjøretid | 6.35** | 12.09*** | 13.50*** |
| | (2.76) | (3.37) | (3.29) |
| Sesongdummyer | Nei | Ja | Ja |
| Ukedagdummyer | Nei | Ja | Ja |
| Årdummyer | Ja | Ja | Ja |
| Tognummerdummyer | Nei | Nei | Ja |
| Avgangstiddummyer | Ja | Ja | Ja |
| Saktekjøringer | Alle | Alle | Alle |
| Observasjoner | 12326 | 12326 | 12326 |
| r ² | 0.10 | 0.10 | 0.14 |

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01.

Modellresultatene er signifikante på 5 % nivå for modell (1), og på 1 %-nivå for modell (2) og (3). Estimaterne er noe høyere enn for modellene *til* Alnabru, og noe

lavere enn for modellene fra Alnabru. Standardfeilen i estimatene reduseres noe, og vi finner en effekt på cirka 14 sekunder i modell (3) med fullt sett av kontrollvariabler.

Tabell C-4 viser resultatene for modell (1) til (3) i analysene der vi kombinerer datasettet for begge retninger for Sørlandsbanen.

Tabell C-4. Modellresultater for godstog på Sørlandsbanen til endestasjon for begge retninger samlet. Estimater i antall sekunder. Parentes angir estimatets standardfeil.

| | (1) | (2) | (3) |
|-------------------|----------|----------|----------|
| Påslag i kjøretid | 21.22*** | 29.94*** | 29.57*** |
| | (3.87) | (4.28) | (4.12) |
| Sesongdummyer | Nei | Ja | Ja |
| Ukedagdummyer | Nei | Ja | Ja |
| Årdummyer | Ja | Ja | Ja |
| Tognummerdummyer | Nei | Nei | Ja |
| Avgangstiddummyer | Ja | Ja | Ja |
| Saktekjøringer | Alle | Alle | Alle |
| Observasjoner | 11062 | 11062 | 11062 |
| r ² | 0.12 | 0.13 | 0.20 |

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01.

Vi beregner signifikante punkttestimatet for punktlighetseffekten til endestasjon for samtlige tre modeller. Effekten beregnes til å være rundt 21 sekunder i modell (1) med et begrenset antall kontrollvariabler, mens effekten øker til omtrent 30 sekunder når vi kontrollerer for sesong, ukedag og tognummer. Estimatenes standardfeil går noe ned, og estimatenes konfidensintervall blir dermed noe snevrere.

Tabell C-5. viser resultatene for modell (1) til (3) i analysene der vi kombinerer datasettet for begge retninger for Raumabanen.

Tabell C-5. Modellresultater for godstog på Raumabanen til endestasjon for begge retninger samlet. Estimater i antall sekunder. Parentes angir estimatets standardfeil.

| | (1) | (2) | (3) |
|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Påslag i kjøretid | 15.83*** (3.20) | 17.44*** (3.66) | 14.18*** (3.50) |
| Sesongdummyer | Nei | Ja | Ja |
| Ukedagdummyer | Nei | Ja | Ja |
| Årdummyer | Ja | Ja | Ja |
| Tognummerdummyer | Nei | Nei | Ja |
| Avgangstiddummyer | Ja | Ja | Ja |
| Saktekjøringer | Alle | Alle | Alle |
| Observasjoner | 2816 | 2816 | 2816 |
| r ² | 0.25 | 0.26 | 0.33 |

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01.

For begge retningene kombinert finner vi en effekt på mellom 14 og 17 sekunder, avhengig av hvilken modellberegning man legger til grunn. Alle beregnede punktestimater er signifikant forskjellig fra null på 1%-nivå.

Transportøkonomisk institutt (TØI) Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

TØI er et anvendt forskningsinstitutt, som mottar basisbevilgning fra Norges forskningsråd og gjennomfører forsknings- og utredningsoppdrag for næringsliv og offentlige etater. TØI ble opprettet i 1964 og er organisert som uavhengig stiftelse.

TØI utvikler og formidler kunnskap om samferdsel med vitenskapelig kvalitet og praktisk anvendelse. Instituttet har et tverrfaglig miljø med rundt 70 høyt spesialiserte forskere.

Instituttet utgir tidsskriftet Samferdsel med 10 nummer i året og driver også forskningsformidling gjennom TØI-rapporter, artikler i vitenskapelige tidsskrifter, samt innlegg og intervjuer i media. TØI-rapportene er gratis tilgjengelige på instituttets hjemmeside www.toi.no.

TØI er partner i CIENS Forskningscenter for miljø og samfunn, lokalisert i Forskningsparken nær Universitetet i Oslo (se www.ciens.no). Instituttet deltar aktivt i internasjonalt forsknings-samarbeid, med særlig vekt på EUs rammeprogrammer.

TØI dekker alle transportmidler og temaområder innen samferdsel, inkludert trafiksikkerhet, kollektivtransport, klima og miljø, reiseliv, reisevaner og reiseetterspørsel, arealplanlegging, offentlige beslutningsprosesser, næringslivets transport og generell transportøkonomi.

Transportøkonomisk institutt krever opphavsrett til egne arbeider og legger vekt på å opptre uavhengig av oppdragsgiverne i alle faglige analyser og vurderinger.

Besøks- og postadresse:

Transportøkonomisk institutt
Gautstadalléen 21
NO-0349 Oslo

22 57 38 00
toi@toi.no
www.toi.no