

Effektoppfølging av jernbaneinvesteringer

Kristoffer Glestad

Master i produktutvikling og produksjon

Innlevert: juni 2016

Hovedveileder: Nils Olsson, IPK

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk

FORORD

Denne rapporten er et resultat av masteroppgaven ved studieprogrammet master i produktutvikling og produksjon (MTPORD). Rapporten er en del av spesialiseringen innenfor prosjekt- og kvalitetsledelse og er skrevet ved instituttet for produksjons- og kvalitetsteknikk (IPK) vårsemesteret 2016 ved Norges teknisk-naturvitenskaplig universitetet (NTNU). Denne oppgaven er tatt utgangspunkt i grunnleggende kjennskap til jernbane og prosjektstyring, men sentrale begreper og terminologi er forklart slik at flere kan forstå og ha nytte av innholdet i rapporten.

Jeg vil benytte anledningen til å rette en stor takk til min veileder Nils Olsson, professor ved IPK, som har gitt råd og tips som har vært til stor hjelp gjennom hele arbeidet.

Trondheim 23.06.2016

SAMMENDRAG

Denne rapporten omhandler effektoppfølgning av jernbaneinvesteringer. Det er sett nærmere på organisering av jernbanen generelt, parametere som måler kvaliteten på jernbanedriften og en prosjektportefølje av forskjellige jernbanetiltak. Det er hovedsakelig tre indikatorer som er evaluert; reisetid, punktlighet og trafikkvolum, med størst fokus på punktlighet.

Effekten av jernbanetiltakene som er undersøkt er studert i ettertid, ex-post evalueringer, innenfor ett år etter at prosjektet ble ferdig. Sammenligningsgrunnlaget er hentet fra ett år før prosjektet ble ferdig, og effekten av prosjektet er målt som forandringene mellom forholdene før og forholdene etter. For å evaluere prosjektene er Jernbaneverkets punktlighetsrapporter og verktøy fra PRESIS-prosjektet fra SINTEF blitt brukt.

Analysene i denne rapporten viser at effekten av jernbanetiltak ofte er signifikante lokalt, men forsvinner når lengre avstander av toglinjen evalueres. Jernbanetekniske årsaker kan være en dempende årsak til at effekten like etter ferdigstillelse av prosjektet for hele banen ikke kommer tydelig frem. Eksempelvis kan redusert reisetid lokalt først komme hele banen til nytte når ruteplanen legges om. Prosjekter som øker trafikkvolumet lokalt forbedrer også kapasiteten på et større tverrsnitt av toglinjen og økningen i antall togbevegelser registreres for hele togbanen.

Punktligheit innebærer at et tog ankommer en stasjon i henhold til gjeldende rutetabell. I Norge blir punktligheten målt ved endestasjonen og er en av de viktigste kvalitetsindikatorerne til jernbanetrafikken. Togframføringen er komplisert hvor mange faktorer inngår. Dette gjør at punktlighetsproblematikken er kompleks. Flere av de studerte jernbaneprosjektene resulterte i bedre punktlighet. Punktlighetsberegningene tar utgangspunkt i Jernbaneverkets rapporter og gjelder kun for hele togbaner så punktlighetstall for korte strekninger lokalt uteblir. Hvor mye punktlighetsforandringer skyldes det studerte jernbanetiltaket alene er vanskelig å fastsette og vil kreve mer gjennomgående arbeid. Det som kan observeres er at jernbaneinvesteringene ofte forbedrer punktligheten, øker kvaliteten på togavviklingen og legger til rette for arbeid og utvikling i fremtiden. Forslag til videre arbeid anbefaler å evaluere de samme prosjektene på et senere tidspunkt og ytterligere optimalisere analyseringsverktøyene fra PRESIS-prosjektet.

ABSTRACT

The objective of this thesis has been to evaluate railway projects. It has been looked closer into how the railway is organized in general, parameters that measure the performance of the railway and a portfolio of different railway projects. Mainly there have been three parameters that have been evaluated in this thesis: travel time, punctuality and line capacity.

The effects from the railway investments are studied as ex-post evaluations within a year after the project was completed. The reference point before the completion of the project is also one year prior. The performance of the project is measured as the changes between the conditions one year before and one year after completion of the project. To evaluate the projects Jernbanverkets (the Norwegian government's agency for railway service) punctuality reports and tools from PRESIS-project developed by SINTEF have been used.

In this thesis the analysis of the performance of the projects often shows a significant improvement locally, but the effects disappear when longer distances of the track are studied. Technical constraint in the railway system may be a cause for the performances not showing on larger distances. For example may the reduced travel time locally benefit the entire train track when the train schedule is updated. It is observed that projects that increase their line capacity locally also improve their capacity on their entire train track as well.

For a train to be punctual means it has to arrive at a station within the scheduled time. In Norway punctuality is measured at the end station and is one of the most important performance measurements of railway traffic. Train operation is complicated with several influencing factors. This makes the challenges with punctuality complex. Several of the studied railway projects resulted in increased punctuality. To what degree the studied project can be credited the improvements in punctuality is hard to say and would need more thorough studies. However it can be observed that the projects in general increase the punctuality, improve the quality of railway operations and facilitates for work and improvements in the future. Suggestions for further research includes study the same projects at a later stage and further improvement of the tools from the PRESIS-project.

Innholdsfortegnelse

FORORD.....	i
SAMMENDRAG.....	iii
ABSTRACT.....	v
ORDFORKLARINGER.....	1
FIGURLISTE.....	2
TABELLISTE.....	5
1 INTRODUKSJON.....	5
1.1 Bakgrunn.....	6
1.2 Problemstilling.....	6
1.3 Avgrensning og omfang.....	7
1.4 Mål og motivasjon.....	8
1.5 Rapportstruktur.....	9
2 METODE.....	10
3 INTRODUKSJON TIL JERNBANE.....	14
3.1 Grunnleggende begreper.....	14
3.1.1 Infrastruktur.....	14
3.1.2 Samferdsel.....	14
3.1.3 Transport.....	14
3.1.4 Bane/spor/trasé.....	14
3.2 Hva som kreves for fremføring av tog.....	15
3.2.1 Strømforsyningsanlegg.....	15
3.2.2 Signalanlegg.....	16
3.2.3 Underbygg.....	18
3.2.4 Overbygg.....	18
3.2.5 Teleanlegg.....	18
3.3 Aktører i jernbanesektoren.....	19
3.3.1 Stortinget.....	19
3.3.2 Samferdselsdepartementet.....	19
3.3.3 Jernbaneverket.....	20
3.3.4 Statens jernbanetilsyn.....	20
3.3.5 Statens havarikommisjon for transport.....	20
3.3.6 Operatører.....	21

3.3.7 Underleverandører	21
3.4 Jernbanehistorie	21
3.5 Norsk jernbane i dag	23
3.5.1 Jernbanenettet	23
3.5.2 Nasjonal transportplan	24
3.5.3 Transportutvikling og konkurranse	25
4 PROSJEKTERING OG EVALUERING	28
4.1 Definisjon av et prosjekt	28
4.1.1 Smart-prinsippet	29
4.1.2 Interessenter	30
4.1.3 Suksessfaktorer og suksesskriterier	32
4.1.4 Styringsramme og kostnadsramme	34
4.2 Evaluering	36
4.3 Evaluering av jernbaneprosjekter	37
4.3.1 Verdsetting av jernbaneparametere	39
5 PUNKTLIGHET	42
5.1 Sentrale begreper	42
5.2 Variasjon	44
5.3 Slakk og presisjon	44
5.4 Kapasitet	45
5.4.1 Blokkstrekninger og linjeblokk	46
5.4.2 Kryssingsspor og dobbeltspor	47
5.4.3 Heterogen togtrafikk	48
5.5 Ruteplan	48
5.6 Reisetid	51
5.7 Årsaksregistrering av forsinkelser	51
5.8 Håndtere forsinkelser og togforbindelser	52
5.9 Stasjonsopphold	54
5.10 Konsekvenser av forsinkelser	54
5.10.1 Effekten av forsinkelser på enkeltsporede strekninger	54
5.10.2 Kostnader av forsinkelser	56
5.11 Verktøy for analyser over tid og strekning	58
5.11.1 Mitt tog	58

5.11.2 Verktøy fra PRESIS-prosjektet.....	59
6 ANALYSE AV JERNBANEPROSJEKTER.....	62
6.1 Dovrebanen.....	63
6.1.1 Dobbeltspor Langset – Kleverud	63
6.1.2 Vålåsjø kryssingsspor	69
6.2 Nordlandsbanen	76
6.2.1 Gevingåsen tunnel.....	76
6.3 Drammensbanen	82
6.3.1 Høvik stasjon og hensetting	82
7 EFFEKTEN AV JERNBANEPROSJEKTER	88
7.1 Evaluering av resultatene.....	88
7.1.1 Langset – Kleverud	88
7.1.2 Vålåsjø kryssingsspor	88
7.1.3 Gevingåsen tunnel.....	89
7.1.4 Høvik stasjon og hensetting	89
7.2 Evaluering av parameterne	90
7.2.1 Framføringstid.....	90
7.2.2 Punktlighet	92
7.2.3 Trafikkvolum	94
7.3 Sammenstilling	95
7.6 Verktøy	95
7.6.1 Presisometer - verktøyet	96
7.6.2 SPC - verktøyet	96
7.6.3 Alternativ til verktøyene	97
8 KONKLUSJON	98
8.1 Problemstilling 1.....	98
8.2 Problemstilling 2.....	99
8.3 Forslag til videre arbeid.....	101
9 REFERANSER	102
Vedlegg 1: Tognummer studert i casene.....	110

ORDFORKLARINGER

ATC	Automatisk togkontroll
CTC	Centralized Traffic Control
DATC	Delvis automatisk togkontroll
FATC	Full automatisk togkontroll
JBV	Jernbaneverket
NSB	Norges Statsbaner AS
NTP	Nasjonal transportplan
KS2	Kvalitetsstyring av styringsgrunnlag og kostnadsoverslag
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
PMI	Project Management Institute
SHT	Statens havarikommisjon for transport
SJT	Statens jernbanetilsyn
SPC	Statistical Process Control
TIOS	Trafikkinformasjons- og oppfølgingssystem
TXP	Togekspeditør

FIGURLISTE

Figur 1: Teknisk rammeverk	10
Figur 2: Kjørevegens hovedelementer (Jernbaneverket, 2012).....	15
Figur 3: Kommunikasjon mellom CTC-sentral og fører (Jernbaneverket, 2012).....	16
Figur 4: Strekninger med fullt (FATC –) og delvis (DATC –) utbygd ATC (Jernbaneverket, 2014).....	17
Figur 5: Samband (Jernbaneverket, 2012)	19
Figur 6: Jernbanenettet i Norge. – Elektrifisert. – Dieseldrevet (Jernbaneverket, 2012).....	24
Figur 7: Prosjektledelses synsvinkel av et prosjekt med avtale om å gå videre til prosjektets leveranser er levert og prosjektet er avsluttet (Samset, 2010).....	29
Figur 8: Konsekvenser av forskjellige usikkerhetsgrader, betydningen av avgjørelser, ønsket handlingsrom sammenlignet med virkelig handlingsrom i forskjellige faser av prosjektet (Olsson, 2006)	31
Figur 9: Interesse analyse (Eden og Ackermann, 1998)	31
Figur 10: Indikatorer på suksess assosiert med prosjektets leveranser over tid (Samset, 2010).	34
Figur 11: Plassering av KS1 og KS2 for store statlige investeringsprosjekter (Samset og Volden, 2013).....	35
Figur 12: Stokastisk kostnadsestimering. Definisjon av sentrale begreper (Samset og Volden, 2013).....	35
Figur 13: Evaluering ved forskjellige faser av prosjektet (Samset, 2010).	36
Figur 14: Økonomiske fordeler for Sopron–Szombathely–Szentgotthárd toglinjen (Matrai, 2012).....	39
Figur 15: Sporfelt, linjeblokk og blokkstrekning (Jernbaneverket, 2012).	47
Figur 16: Maksimalt tett trafikk over et strekningsavsnitt med idealiserte kryssingsspor og optimaliser ruteplan (Skartsæterhagen, 1993). Her er tid langs x-aksen og avstand langs y-aksen.....	50
Figur 17: Komponenter til stasjonstiden (Goverde, 2005).....	54
Figur 18: Konsekvenser av primærforsinkelser på en enkeltsporet streking med homogen trafikk (Landex, Kaas og Hansen, 2006). Her er (a = 4) og (n = 2).	55
Figur 19: Faktorer som påvirker ikke-punktlighetskostnader (Nystrøm, 2008).	56
Figur 20: Mitt tog: verktøy for publikum som viser tog som er i rute, innstilt og forsinket (Kilde: Jernbaneverket).	59

Figur 21: SPC-verktøyet fra PRESIS-prosjektet, SINTEF.	60
Figur 22: Presisometer-verktøy fra PRESIS-prosjektet, SINTEF.....	61
Figur 23: Skjematisk fremstilling av dobbeltsporet på Dovrebanen (Jernbaneverket, 2015)..	63
Figur 24: Framføringstid mellom Eidsvoll og Tangen før og etter åpning av dobbeltsporet mellom Langset og Kleverud (SPC-verktøy fra PRESIS-prosjektet).	64
Figur 25: Avgangs- og ankomstpunktlighet mellom Eidsvoll og Tangen før og etter åpningen av dobbeltsporet fra Langset til Kleverud (Predisometer-verktøy fra PRESIS-prosjektet).	66
Figur 26: Avgangs- og ankomstpunktlighet fra Oslo til Lillehammer før og etter åpningen av dobbeltsporet mellom Langset og Kleverud (Predisometer-verktøy fra PRESIS-prosjektet)..	66
Figur 27: Avgang- og ankomstpunktlighet fra Tangen til Eidsvoll før og etter åpningen av dobbeltsporet mellom Langset og Kleverud (Predisometer-verktøyet fra PRESIS-prosjektet).	67
Figur 28: Avgang- og ankomstpunktlighet fra Lillehammer til Oslo før og etter åpningen av dobbeltsporet mellom Langset og Kleverud (Predisometer-verktøyet fra PRESIS-prosjektet).	67
Figur 29: Kart over Vålåsjø kryssingsspor mellom Dombås og Hjerkin.	69
Figur 30: Framføringstiden før og etter åpningen av Vålåsjø kryssingsspor. (SPC-verktøy fra PRESIS-prosjektet).	70
Figur 31: Punktlighet før og etter åpningen av Vålåsjø kryssingsspor (Jernbaneverket 2013d og 2014b).....	72
Figur 32: Avgangs- og ankomstpunktlighet mellom Dombås og Hjerkin før og etter åpningen av Vålåsjø kryssingsspor (Predisometer-verktøy fra PRESIS-prosjektet).....	72
Figur 33: Avgangs- og ankomstpunktlighet mellom Lillehammer og Trondheim før og etter åpningen av Vålåsjø kryssingsspor (Predisometer-verktøy fra PRESIS-prosjektet).....	73
Figur 34: Avgangs- og ankomstpunktlighet mellom Hjerkin og Dombås før og etter åpningen av Vålåsjø kryssingsspor (Predisometer-verktøy fra PRESIS-prosjektet).....	73
Figur 35: Avgangs- og ankomstpunktlighet mellom Trondheim og Lillehammer før og etter åpningen av Vålåsjø kryssingsspor (Predisometer-verktøy fra PRESIS-prosjektet).....	74
Figur 36: Kart over Gevingåsen jernbanetunnel mellom stasjonene Hell og Hommelvik.	76
Figur 37: Kjøretid for person- og godstog mellom Hell og Hommelvik, før og etter åpningen av Gevingåsen tunnel (SPC-verktøy fra PRESIS-prosjektet).	77
Figur 38: Avgangs- og ankomstpunktlighet mellom Hommelvik og Hell før og etter åpningen av Gevingåsen tunnel (Predisometer-verktøyet fra PRESIS-prosjektet).....	79

Figur 39: Avgangs- og ankomstpunktlighet mellom Trondheim og Steinkjer før og etter åpningen av Gevingåsen tunnel (Presisometer-verktøyet fra PRESIS-prosjektet).	79
Figur 40: Avgangs- og ankomstpunktlighet mellom Hell og Hommelvik før og etter åpningen av Gevingåsen tunnel (Presisometer-verktøyet fra PRESIS-prosjektet).	80
Figur 41: Avgangs- og ankomstpunktlighet mellom Steinkjer og Trondheim før og etter åpningen av Gevingåsen tunnel (Presisometer-verktøyet fra PRESIS-prosjektet).	80
Figur 42: Svart linje viser Drammensbanen, mens rød linje viser Askerbanen.	82
Figur 43: Avgangs- og ankomstpunktlighet mellom Lysaker og Blommenholm før stengingen av banen (Presisometer-verktøyet fra PRESIS-prosjektet).	85
Figur 44: Avgangs- og ankomstpunktlighet mellom Oslo og Drammen før stengingen av banen (Presisometer-verktøyet fra PRESIS-prosjektet).	85
Figur 45: Avgangs- og ankomstpunktlighet mellom Lysaker og Blommenholm etter åpningen av banen igjen (Presisometer-verktøyet fra PRESIS-prosjektet).	86
Figur 46: Avgangs- og ankomstpunktlighet mellom Oslo og Drammen etter åpningen av banen igjen (Presisometer-verktøyet fra PRESIS-prosjektet).	86
Figur 47: Endring i reisetid for prosjektene.	91
Figur 48: Endring i punktighet for prosjektene.	92
Figur 49: Endring i antall tog for prosjektene.	94
Figur 50: SPC-verktøyet inkluderer lange reisetider etter at 'trim ekstremer' er valgt. (SPC-verktøyet fra PRESIS-prosjektet).	97

TABELLISTE

Tabell 1: Operatører for godstrafikk og persontrafikk	21
Tabell 2: Folketallet i millioner. Registrert 1.1 2014 og framskrevet til 2100 i tre alternativer.	25
Tabell 3: Utvikling reisetid persontog 1965-2005 (Jernbanestatistikk, 2005).	26
Tabell 4: Eksempler på tiltak basert på slakk og presisjon for å unngå forsinkelser og forhindre spredningen av dem (basert på Olsson og Veiseth, 2011).	45
Tabell 5: TIOS har 16 årsakskoder fordelt på infrastruktur (kode1-6), trafikkavvikling (kode 7), togselskapene (kode 81-85) og utenforliggende forhold (kode 91-94).	52
Tabell 6: Enhetsverdier for spart framføringstid og forsinkelser, kroner per tonn time og kroner pr time (Halse og Kili, 2012).	57
Tabell 7: Gjennomsnittlig kjøretid mellom Eidsvoll og Tangen før og etter åpningen av dobbeltsporet mellom Langset og Kleverud (SPC-verktøy fra PRESIS-prosjektet).	65
Tabell 8: Gjennomsnittlig kjøretid mellom Oslo og Lillehammer før og etter åpningen av dobbeltsporet mellom Langset og Kleverud (SPC-verktøy fra PRESIS-prosjektet).	65
Tabell 9: Oppsummering av prosjektet: dobbeltspor Langset – Kleverud.....	68
Tabell 10: Gjennomsnittlig kjøretid mellom Dombås og Hjerkinns før og etter åpningen av kryssingssporet på Vålåsjø (SPC-verktøy fra PRESIS-prosjektet).	70
Tabell 11: Gjennomsnittlig kjøretid mellom Oslo og Trondheim før og etter åpningen av kryssingssporet på Vålåsjø (SPC-verktøy fra PRESIS-prosjektet).	71
Tabell 12: Oppsummering av prosjektet: Vålåsjø kryssingspor.	75
Tabell 13: Gjennomsnittlig kjøretid mellom Hell og Hommelvik før og etter åpningen av Gevingåsen tunnel (SPC-verktøy fra PRESIS-prosjektet).	77
Tabell 14: Gjennomsnittlig kjøretid mellom Trondheim og Steinkjer før og etter åpningen av Gevingåsen tunnel (SPC-verktøy fra PRESIS-prosjektet).	78
Tabell 15: Oppsummering av prosjektet: Gevingåsen jernbanetunnel.	81
Tabell 16: Gjennomsnittlig kjøretid mellom Lysaker og Blommenholm før og etter åpningen av banen (SPC-verktøy fra PRESIS-prosjektet).....	83
Tabell 17: Gjennomsnittlig kjøretid mellom Oslo S og Drammen før og etter åpningen av banestrekningen (SPC-verktøy fra PRESIS-prosjektet).....	84
Tabell 18: Oppsummering av prosjektet: Høvik stasjon og hensetting.....	87
Tabell 19: Sammenstilling av prosjektene.	95

1 INTRODUKSJON

1.1 Bakgrunn

Norsk jernbane opererer i et konkurranseutsatt transportmarked og må prestere med høy kvalitet for å kunne levere konkurransedyktige tilbud. Det stilles tydelige krav fra kundene, Samferdselsdepartementet og offentligheten om prestasjonsoppnåelse. Jernbanen er avhengig av å oppgradere, vedlikeholde og bygge ut dagnes infrastruktur for å holde et akseptabelt nivå. Innenfor handlingsrommet begrenset av infrastrukturen er det også nødvendig for jernbanen å videreutvikle og implementere ny metoder for imøtekomme kravene.

Jernbaneprosjekter blir ofte utløst av et eller flere mål for å forbedre togframføringen. Viktige prestasjonsforbedringer for jernbane er økt kapasitet på sporet, kortere reisetid, bedre punktlighet, flere reisende og økt sikkerhet. Punktlighet er en av de viktigste kvalitetsfaktorene for aktørene innen jernbanen. Flere undersøkelser for jernbaneselskaper viser også at kundene verdsetter høyest at toget er i rute, altså punktlig.

Jernbaneprosjekter er tidkrevende, kostbare og det er begrensede ressurser tilgjengelig. Det er derfor viktig at riktig prosjekt blir prioritert til rett tid. I forkant av prosjektet estimeres ofte effekten av ønskede mål basert på modeller og beregninger eller erfaring fra lignende prosjekter. Flere av estimatene vil kun gi en indikasjon av hvilken effekt som kan forventes og være relativ usikre. Det skjer ofte endringer i prosjektet underveis og i forutsetningene til estimatene. Det er derfor aktuelt å dokumentere reell effekt av gjennomførte prosjekter.

1.2 Problemstilling

Denne rapporten vil basere seg på å analysere og evaluere forskjellige ferdigstilte jernbaneprosjekter spredt over hele landet på Jernbaneverkets toglinjer. Det skal tilstrebes å analysere forskjellige typer prosjekter med hensyn til størrelsesorden og bygge- og jernbaneteknisk. Prosjektporteføljen som undersøkes skal forsøke å inkludere mangfoldet og kompleksiteten til jernbaneprosjekter.

Det skal gjennomføres et litteraturstudium av jernbaneaktuelle emner med hovedfokus på punktlighet. Det skal tilstrebes å beskrive jernbanepunktligheit, faktorer som påvirker punktlighet og belyse hvilke tilnærmingar, metoder og verktøy som eksisterer for å analysere jernbanetrafikken. Sentrale emner i tillegg til punktlighet skal inkludere kapasitet og reisetid. Relevante begreper innen jernbane og hvordan jernbanen er organisert skal også behandles. I tillegg skal prosjektstyring beskrives med tilhørende relevante områder og begreper. Dett skal sammen bygge opp rapporten slik at hovedhensiktene med masteroppgaven kan bli besvart best mulig.

Hovedhensiktene med masteroppgaven er:

- Anvende eksisterende analyseringsverktøy og statistikkrapporter for å analysere parameterne punktlighet, reisetid og trafikkvolum for utvalgte jernbaneinvesteringer. I tillegg skal verktøyene som utnyttes for å analysere jernbanetiltakene vurderes.
- Evaluere effekten av utvalgte jernbaneinvesteringer ved å sammenligne parameterne punktlighet, reisetid og trafikkvolum før og etter fullføring av prosjektet.
- Foreslå vidare arbeid og bedre analyseformer for jernbanetrafikk.

1.3 Avgrensning og omfang

Masteroppgaven ble utlevert 21.02.2016 med innleveringsfrist 17.07.2016. Tidsrammen er dermed på 21 uker pluss en uke ekstra på grunn av påske. Det skulle også leveres en forstudierapport innen tre uker etter oppstartdato. Progresjonsplan ble utarbeidet som en del av forstudierapporten og viser tidsbruk og frister for ferdigstilling av deloppgaver.

Litteraturstudiet er hovedsakelig begrenset til jernbanerelaterte artikler. Publikasjoner innenfor prosjektstyring og artikler fra andre transportnæringer har blitt begrenset av overførbarheten til jernbanenæringen. Relevante begreper innen jernbanene har blitt forklart med utgangspunkt i at leseren ikke har omfattende jernbanekunnskaper fra før. Det er derfor også blitt inkludert en introduksjon til norsk jernbane.

Hovedfokuset innen jernbaneaktuelle emner beskrevet i problemstillingen er punktlighet. Det skal fokuseres på å utdype generelle definisjoner av punktlighet og nærliggende terminologi. Punktlighetens omfattende bredde og kompleksitet gjør det nødvendig å prioritere hvilke områder det skal fokuseres på. Det skal bli tatt utgangspunkt i de emnene som er sentrale i publikasjoner studert i litteraturstudiet. Det er også hensikten å gi en overordnet oversikt over de viktigste faktorene som påvirker punktlighet.

Dataanalysene skal utelukkende basere seg på togtrafikkdata. Det er på forhånd ikke satt noen begrensinger i hvilket togmateriell som skal analyseres eller hvilken retning. Det skal ta utgangspunkt i den dataen som er tilgjengelig og finnes tilstrekkelig informasjon om. Hovedfokuset er punktlighet, men skal også inkludere reisetid og trafikkvolum. Analysene ser på både persontog og godstog. Effekten av jernbaneinvesteringer skal både bli analysert lokalt og på et større tverrsnitt av strekningen.

1.4 Mål og motivasjon

Målet med oppgaven er å løse problemstillingen på en god måte. Dette ved å kartlegge relevant litteratur, tilegne ny kunnskap, analysere data og sette dette sammen slik at den presenteres i henhold til en akademisk rapport. En bonus vil være å produsere en oppgave som kan anvendes som grunnlag for beslutninger innen jernbanefeltet. Oppgaven har i tillegg følgende formål:

- Gi god trening innfor vitenskapelig rapportskrivning.
- Tilegne ferdigheter i å kartlegge og finne relevant litteratur.
- Bedre forståelse av prosjektstyring.
- Bedre kunnskap innenfor punktlighetsanalyse.
- Gi god innsikt og forståelse innenfor norsk jernbane.
- Produsere anvendelige og nyttige resultater.
- Være informerende og oppklarende.
- Komme med forslag for videre forskning.

1.5 Rapportstruktur

Kapittel 1 introduserer og beskriver problemstillingen til oppgaven.

Kapittel 2 presenterer hvilke metoder som er brukt for å hente, analysere og evaluere informasjon.

Kapittel 3 gir et overordnet bilde på jernbanens historie, struktur og dagens utfordringer.

Kapittel 4 ser på prosjektstyring med dens tilhørende faser, interessenter og forskjellige måter å evalueres på.

Kapittel 5 av oppgaven ser på punktlighet. Gjennomgangen benyttes til å belyse definisjoner, påvirkningsfaktorer, konsekvenser og tilgjengelige verktøy for analysering.

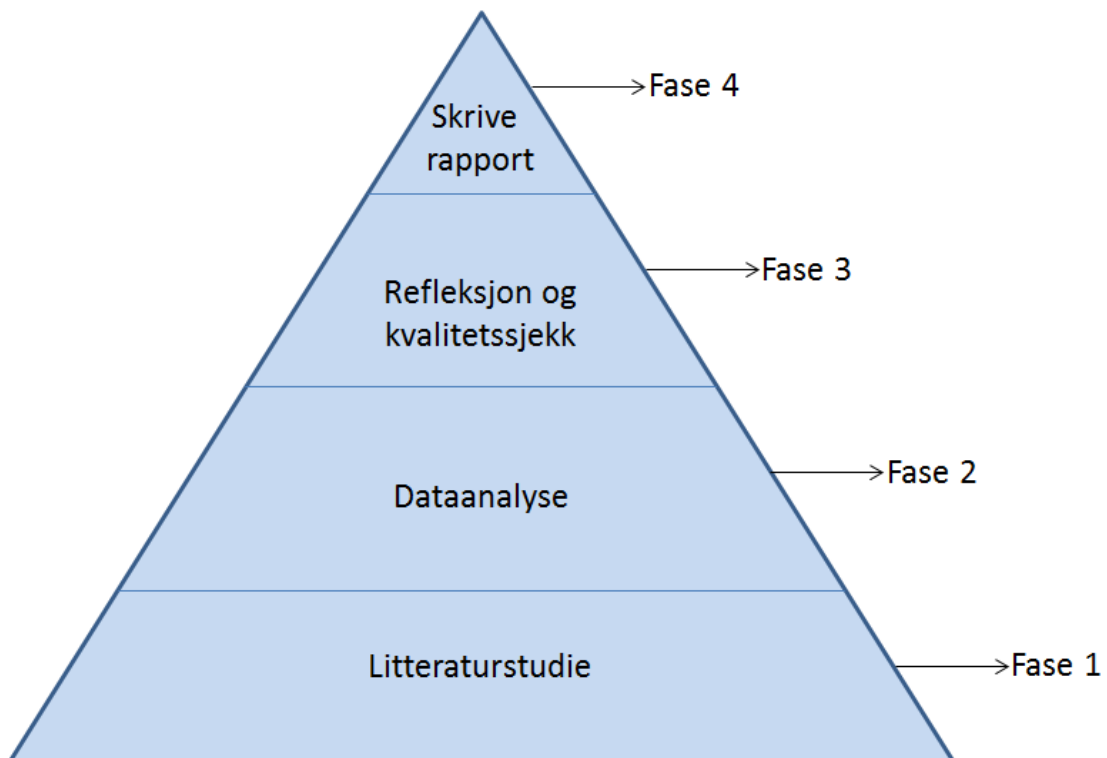
Kapittel 7 analyserer og beskriver forskjellige jernbaneprosjekter.

Kapittel 8 evaluerer effekten av jernbaneinvesteringene som er undersøkt.

Kapittel 9 kommer med en konklusjon og forslag til videre forskning.

2 METODE

Organiseringen av oppgaven er forsøkt delt inn i fire faser med intensjonen om å gjennomføre de i kronologisk rekkefølge. Den første fasen fokuserer på å innhente ny kunnskap og studere publikasjoner innenfor eller beslektede områder av jernbane gjennom et litteraturstudium. Den andre fasen konsentrerer seg om å undersøke fullførte jernbaneprosjekter ved å analysere kvantitativ data fra den aktuelle jernbanestrekningen. Tredje fase fokuserer på å kvalitetskontrollere og reflektere over funnene i både fase 1 og 2. Den siste fasen skal dokumentere og ferdigstille rapporten, bygd opp etter et akademisk rammeverk.



Figur 1: Teknisk rammeverk

Denne oppgaven er blitt utarbeidet av en kombinasjon av kvalitativ og kvantitativ informasjon. Litteraturstudiet var ikke på forhånd innsnevret til å studere konkrete emner, men skulle likevel konsentrere seg rundt visse områder. Generell litteratur og teori om

punktlighet, jernbane og prosjektstyring har stått sentralt. Det teoretiske studiet har blitt gjennomført for å bli kjent med teorier, tilegne nye kunnskaper og få en oversikt over jernbaneindustrien. Litteraturstudiet har gitt forfatteren bedre forståelse av problemstillingen, god kjennskap til jernbaneproblematikk og metoden har vært fleksibel under hele undersøkelsesprosessen.

For litteratursøk etter punktlighet og jernbane har søkemotorer på internett og universitetsbiblioteket vært benyttet. Litteratursøket har inkludert både norske og engelskspråklige publikasjoner. Informasjon om punktlighet i andre land har kun blitt funnet ved hjelp av internett. Det har i tillegg blitt benyttet tidligere masteroppgaver og doktorgradsavhandlinger etter tips fra veileder. Jernbaneverkets egne databaser har også vært en viktig informasjonskilde. Typiske søkeord for å finne litteratur inkluderer: jernbane, punktlighet, prosjektstyring, kvalitetsstyring, evaluering, forsinkelse, enkeltsporet, dobbeltsporet, kapasitet, sikkerhet og reisetid. Søkemotorer og databaser benyttet på internett er:

- Daim
- Google Scholar
- Science Direct
- Emerald
- NTNU BIBSYS

Etter at en antatt relevant rapport har blitt funnet har sammendraget blitt lest først for å bedre forstå den generelle hensikten og innholdet i artikkelen. Litteratur som virket som det har et relevant sammendrag for oppgaven ble undersøkt nærmere ved å lese introduksjonen, deler eller hele hoveddelen og konklusjonen. Gode artikler var ofte verdifulle ved at de kunne inneholde referanser til andre gode informasjonskilder. Litteratur brukt i oppgaven har hovedsakelig vært publikasjoner innenfor jernbanesektoren og prosjektstyring. Annen litteratur fra blant annet andre transportnæringer har også blitt brukt og vært overførbare med små modifikasjoner.

Dataanalysene i oppgaven har basert seg på kvantitativ metode. På den aktuelle jernbanestrekningen har det blitt sett på forandringer og trender av tilgjengelig trafikkdata før og etter fullført prosjekt. De sentrale indikatorene som er analysert er reisetid, punktlighet og

trafikkvolum. Disse tre indikatorene er viktige prestasjonsmål for jernbanen og er derfor valgt å analysere nærmere i denne rapporten. Andre parametere som kunne vært fulgt opp er eksempelvis antall reisende, kundetilfredsstillelse, antall uhell, prosjektkostnader, CO₂ – utslipp og lydstry. Andre indikatorer som beskriver hvor godt jernbanen presterer anses som viktige, men ikke viktigere enn reisetid, punktlighet og trafikkvolum. Det er flere konsekvenser som følge av jernbaneinvesteringer og mange listes opp av Matrai (2012) i kapittel 4. Det er vist fra Matrai (2012) sin figur 14, kapittel 4, at rapportens utvalgte parametere også er de mest betydningsfulle. Videre er det valgt å se nærmere på reisetid, punktlighet og trafikkvolum da det eksisterer gode analyseverktøy og tilgjengelige rapporter for å evaluere disse. Dette viser igjen at rapportens parametere er sentrale for norsk jernbane.

En av hensiktene med å evaluere prosjektene i ettertid er for å vurdere om målsettingene for prosjektene i forkant er blitt oppnådd. Med begrenset tilgang på konkrete målsettinger på indikatorene som er undersøkt i denne rapporten for hvert enkelt prosjekt, er ex post-evalueringer kun blitt vurdert opp mot forholdene før ferdigstilles av prosjektet.

Tabellene som viser sammenstillinger av forholdene før og etter prosjektene har hentet data fra en tidsperiode ett år før og ett år etter. Flere nye prosjekter blir studert og det er derfor valgt å bruke ett år før og etter som sammenligningsgrunnlag. Dette er også valgt for å forsøke å være konsekvent og bruke samme tidsperiode for alle prosjektene. Fordeler og ulemper ved å bruke ett år som referansepunkt før og etter er omtalt i kapittel 4. De prosjektene som ikke har vært ferdig lenge nok til å kunne produsere data for et helt år ennå har brukt dataen som eksisterer frem til i dag.

Flere tabeller presenterer prosentvis endring før og etter, og enkelte parametere vurderes forskjellig som positive eller negativ ved prosentvis økning eller reduksjon. Eksempelvis er en positiv endring (reduksjon) i reisetiden vist som – 4 %, mens en positiv endring (økning) i trafikkvolum vist som + 6 %. Hva som er positivt og negativt for de enkelte parameterne er angitt for hver tabell.

For å analysere dataen har verktøy fra Sintef og Jernbaneverket blitt brukt. Verktøyene fra Sintef er utviklet i forbindelse med PRESIS-prosjektet og henter data direkte fra trafikkinformasjons- og oppfølgingssystem (TIOS). Dataen er høyoppløselig fra 2005 frem til i dag. Jernbaneverkets verktøy «Mitt tog» er tilgjengelig for publikum på deres nettsider. Den

illustrer prosentvis tog i rute, forsinket og innstilt i et kakediagram. Mitt tog-verktøyet er ikke brukt i analysene i denne rapporten. Kontrollbruk av verktøyet viste ikke de samme punktlighetstallene for samme togbane over samme tidsperiode som Jernbaneverkets punktlighetsrapporter gjorde. På bakgrunn av dette ble det valgt bort for videre bruk i analyseringen. Andre alternative måter å måle parameterne på kunne eksempelvis vært å telle antall tog i rutetabellen og kontrollere grafiske ruter.

Målingen som har produsert dataene brukt i denne oppgaven er ansett for å være reliabelt. Verktøyene fra Presis-prosjektet henter data fra TIOS (trafikkinformasjons- og oppfølgingssystem), men det antas at ikke alle togbevegelser blir fanget opp av systemet. Nyere data fra TIOS blir ansett for å være mer nøyaktig. Nøyaktigheten i målingene fra verktøyene tar utgangspunkt i å ha høy presisjon, men ikke 100 % nøyaktighet.

Validiteten av analysen(resultatene) er mer komplisert. Endringer i blant annet punktlighet kan bli påvirket av en rekke faktorer behandlet i kapittel 5, Punktlighet. Effekten av selve jernbaneprosjektet som blir undersøkt kan være gjemt bort i støy fra disse. Måleinstrumentene kan ikke filtrere årsaker og det er nødvendig med god oversikt over hendelsesforløpet for å forstå hva som skyldes utfallene. Diskusjonen tar opp dette og reflekteringen over resultatene i oppgaven er basert på litteraturstudiet, dataanalyser og forfatterens egne tolkninger.

3 INTRODUKSJON TIL JERNBANE

3.1 Grunnleggende begreper

3.1.1 Infrastruktur

Store norske leksikon (2005–2007) definerer infrastruktur som: *''Infrastruktur, det nett av faste anlegg som er grunnlaget for en virksomhet. Brukes ofte om systemet av veier, havner, flyplasser, ledningsnett med mer, som betjener næringslivet og husholdningene i et land eller område''*.

Innenfor jernbane inngår skinner, stasjonsbygninger, sikringsanlegg og strømledninger i infrastrukturen (Veiseth, 2002). I Norge er det Jernbaneverket som har ansvaret for jernbanens infrastruktur (Jernbaneverket, 2012).

3.1.2 Samferdsel

Det Store norske leksikon (2005–2007) beskriver samferdsel: *''Samferdsel, betegnelse på de næringer som driver med ervervsmessig transport av personer eller gods. De viktigste deler av samferdselen er landtransport – jernbane og veitransport, sjøtransport – utenriks- og kystfart m.v. og lufttransport. En del av transporten utføres av rutegående selskaper – særlig jernbane, buss, kystruter og innenlandske flyruter''*.

3.1.3 Transport

Store norske leksikon (2005–2007) definerer transport som: *''forflytning av gods eller passasjerer fra et sted til et annet''*. Veiseth (2002) beskriver kollektivtransport som den type transport som i de fleste tilfeller er tilgjengelig for alle reisende og følger faste ruter etter offentliggjorte avgangstider.

3.1.4 Bane/spor/trasé

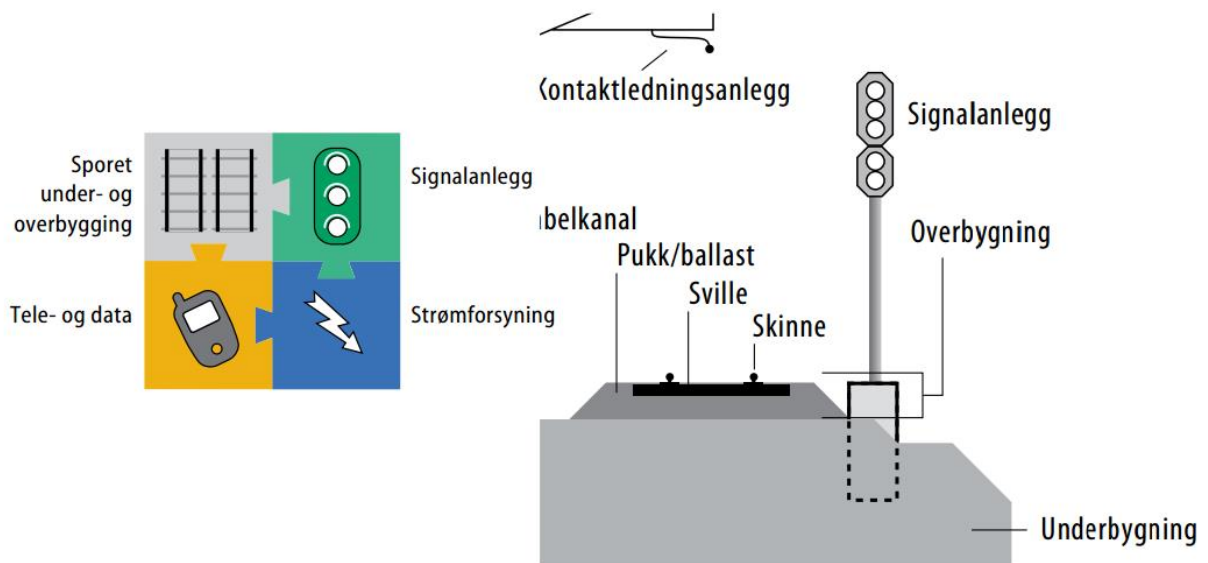
Veiseth (2002) beskriver begrepet *bane* som det faste systemet de sporførte kjøretøyene fremføres langs. Dette omfatter underbyggende fundament, spor, broer, tunneler, broer,

energiforsyninger, trafikkstyring og informasjonssystemer. Bane kan også bli omtalt som infrastruktur.

3.2 Hva som kreves for fremføring av tog

Jernbaneverket (2012) lister opp kjørevegens fem hovedelementer:

- ❖ Strømforsyningsanlegget skal sikre kontinuerlig overføring av elektrisk energi gjennom kontaktledningsanlegget.
- ❖ Signalanlegget sikrer trygg, rask og punktlig togframføring.
- ❖ Underbygget skal sikre at sporet ligger stabilt.
- ❖ Overbygget sikrer at kravene til aksellast, sikkerhet, komfort og hastighet blir oppfylt.
- ❖ Teleanlegget sørger for nødvendig samband for togframføringen.



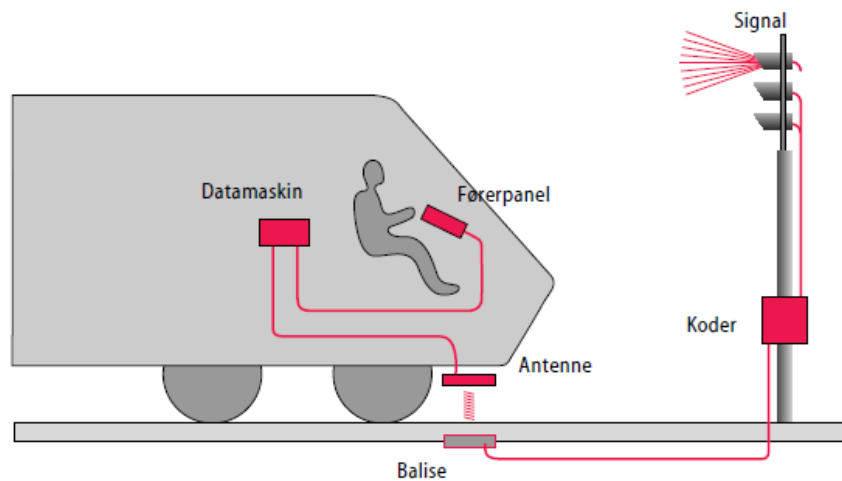
Figur 2: Kjørevegens hovedelementer (Jernbaneverket, 2012)

3.2.1 Strømforsyningsanlegg

På de banestrekningene med elektrisk drift blir lokomotivene tilført kraft ved strømforsyningen. Strømmen forsynes lokomotivet via kontaktledningsanlegget, går gjennom togets strømvaktaker og blir omgjort til trekraft i de elektriske motorene. For at et elektrisk tog skal fungere er det avhengig av kontinuerlig forsyning av energi langs hele banen. Toglinjer som ikke er elektrifisert benyttes dieseldrevet togmateriell (Jernbaneverket, 2012).

3.2.2 Signalanlegg

Signalanlegget sørger for at togframføringen blir gjennomført trafikksikkert og at kapasiteten på linjen utnyttes best mulig. Togtrafikken kontrolleres gjennom fjernstyring av signalanlegget (Jernbaneverket, 2012).



Figur 3: Kommunikasjon mellom CTC-sentral og fører (Jernbaneverket, 2012)

3.2.2.1 Sentralisert trafikkontroll - CTC

Sentralisert trafikkontroll innebærer at systemet overvåkes og styres av en togleder i en fjernstyringssentral som kommuniserer med stasjonenes signalanlegg. Fjernstyring gjør det mulig for togkryssinger på stasjonene uten at den må være betjent av en togekspeditør.

3.2.2.2 Automatisk togkontroll - ATC

Automatisk togkontroll er en betegnelse for automatisk togstopp og hastighetsovervåkning. Systemet beskrives ofte med navnene DATC og FATC. D står for «delvis» utrustet ATC og F for «fullstendig» utrustet ATC (Jernbaneverket, 2013)



Figur 4: Strekninger med fullt (FATC —) og delvis (DATC —) utbygd ATC (Jernbaneverket, 2014)

3.2.2.3 Delvis ATC - DATC

DATC skal stoppe tog dersom togføreren skulle kjøre mot rødt lys. DATC kontrollerer hastigheten mot sporveksler i avvik, men gir ikke informasjon om full linjehastighet (Jernbaneverket, 2012).

3.2.2.4 Full ATC - FATC

FATC overvåker også at tog ikke passerer stoppsignaler (rødt lys) slik som ved DATC. Med FATC installert overvåkes også hastigheten slik at ikke maksimal hastighet overskrides (Jernbaneverket, 2013). Når banene er utrustet med FATC, blir flere punkter overvåket ved at flere baliser som gir hastighetsinformasjon blir installert på sporet.

3.2.3 Underbygg

Underbygningen er fundamentet for jernbanenes spor. Dette gjør at underbygningen består av massen som jernbanespolet, sviller og skinne ligger på. Underbygningen består av flere ulike konstruksjoner, som kulverter, bruer, stikkrenner og tunneler. Flere av de eldre banestrekningene er bygget med for smale fyllinger i forhold til de kravene som moderne togtrafikk stiller. Det stilles strenge krav til dagens underbygning som må imøtekomme tilfredsstillende stabilitet, frostsikring, drenering og visuelle forhold (Jernbaneverket, 2012).

3.2.4 Overbygg

Overbygningen består av ballast, puk, sviller, skinner og sporveksler. Overbygningen legges i en trasé som blir matematisk beregnet bestående av rettlinjler, overgangskurver og kurver. Beregningene tar hensyn til hvilke krefter som tillates på de forskjellige komponentene, gitt hastighet og hva som oppleves som komfortabelt for de reisende. Overbygningen har som oppgave å ivareta samspillet mellom sporet og toget. Faste aksler på toget har hjul med koning som vugger til sidene for å utligne differansen som hjulet i ytterstreng og innerstreng må tilbakelegge. Toget får en behagelig huskende bevegelse over strekninger og kurver ved et korrekt justert spor (jernbaneverket, 2012).

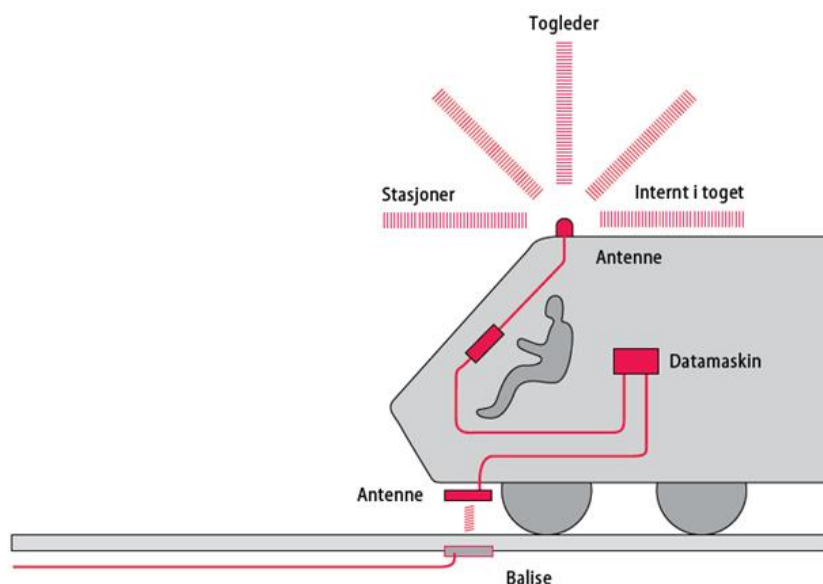
3.2.5 Teleanlegg

Teleanlegget skal sørge for at det tekniske anlegget fungerer som det skal og består av kabler, transmisjon, GSM-R nett, publikumsinformasjonsanlegg og CTC-Fjernstyring.

Jernbaneverkets telenett skal (Jernbaneverket, 2012):

- Sørge for nødvendig samband for togframføringen.
- Sørge for nødvendig samband for kontroll og styring av de tekniske anleggene knyttet til togframføringen.

- Effektivisere driften hos Jernbaneverket og brukerne av jernbanenettet, gjennom best mulig å utnytte moderne kommunikasjonssystemer.
- Sikre at det benyttes moderne informasjonsteknologi som tilfredsstillende kundenes krav.



Figur 5: Samband (Jernbaneverket, 2012)

3.3 Aktører i jernbanesektoren

3.3.1 Stortinget

Stortinget er det øverste bestemmede organ innen jernbane og avgjør de langsiktige utviklingsplanene ved behandling av stortingsmelding om Nasjonal transportplan (NTP). Jernbaneverkets årlige budsjetter blir bevilget av Stortinget, og Samferdselsdepartementet, som opptrer som eier, stiller krav til hvordan ressursene skal bli brukt i etaten (Jernbaneverket, 2012).

3.3.2 Samferdselsdepartementet

Samferdselsdepartementet har det overordnede ansvaret for post, elektronisk kommunikasjon, luftfart, riksveger, jernbane, riksvegerferjer, kystforvaltning og havn- og sjøtransportpolitikk (Samferdselsdepartementet, 2014). Departementets øverste politiske leder er

samferdselsministeren. Underliggende etater er: Post- og teletilsyn, Luftfartstilsynet, Statens vegvesen, Taubanetilsynet, Jernbaneverket og Statens havarikommisjon for transport.

3.3.3 Jernbaneverket

Jernbaneverkets (JBV) oppgave er å drifte og vedlikeholde det statlige jernbanenettet inkludert terminaler og stasjoner slik at de kan tilby togselskapene i Norge et sikkert og effektivt trafikksystem. Jernbaneverket har ansvaret for planleggingen og byggingen av ny infrastruktur for å opprettholde et tilfredsstillende tilbud som kan imøtekomme fremtidens utfordringer. Det er også Jernbaneverkets oppgave å drifte den daglige styringen av togtrafikk og trafikkinformasjon til de reisende i forkant av reisen (Jernbaneverket, 2012).

Fra Regjeringen (2009) 'Instruks for Jernbaneverket':

"Jernbaneverket skal på vegne av staten drifte, vedlikeholde og bygge ut statens jernbaneinfrastruktur med tilhørende anlegg og innretning. Jernbaneverket har ansvar for trafikkstyringen på det nasjonale jernbanenettet. Denne omfatter kapasitetsfordeling, ruteplanlegging og operativ trafikkstyring, herunder togledelse og publikumsinformasjon på stasjoner".

3.3.4 Statens jernbanetilsyn

Statens jernbanetilsyn (SJT) er en selvstendig etat direkte underlagt Samferdselsdepartementet. SJT har en utøvende kontroll og tilsynsmyndighet innen jernbanesektoren inkludert trikk og t-bane for både offentlige og private aktører. Aktivitetene til SJT blir også finansiert av statsbudsjettet (Jernbaneverket, 2012). SJT har tilsyn og kontroll med i alt 33 jernbanevirksomheter, 800 fornøylesinnretninger i tivoli og park og 800 taubaneanlegg. Tilsynet inkluderer også å overvåke markedet på jernbaneområdet for å sikre et effektivt marked med ikke-diskriminerende vilkår og sunn konkurranse (SJT, 2014).

3.3.5 Statens havarikommisjon for transport

Statens havarikommisjon for transport (SHT) er en fast uavhengig undersøkelseskommissjon for transportulykker. Dette omfatter veitrafikk, jernbane, luftfart og sjøfart. SHT skal ikke ta stilling til sivilrettslig eller strafferettslig skyld og ansvar. Undersøkelsene har det formål å kunne forebygge ulykker og forbedre sikkerheten innenfor transport (SHT, 2015).

3.3.6 Operatører

Operatører er togselskaper som kjører person- eller godstog på det statlige jernbanenettet. For å kunne benytte seg av jernbanenettet må selskapet ha gyldig sportilgangsavtale (Jernbaneverket, 2012). For å tilegne gyldig sportilgang må foretaket ha gyldig sikkerhetsattest og lisens fra Statens jernbanetilsyn. Av totalt 12 togselskaper med sportilgangsavtale i Norge driver 8 av disse med godstrafikk vist i tabell 1 (Jernbaneverket, 2013a).

Tabell 1: Operatører for godstrafikk og persontrafikk

Godstrafikk	Persontrafikk
Cargo Net AS	Flytoget AS
Cargolink AS	NSB AS
Green Cargo AS	NSB Gjøvikbanen AS
Grenland Rail AS	SJ AB
Hector Rail AB	
LKAB Malmtrafik AB	
TX Logistikk AB	
Tågakeriet i Bergslagen AB	

3.3.7 Underleverandører

Innen jernbanesektoren er det en rekke spesialiserte firma som er underleverandører til jernbaneaktørene. Dette omfatter blant annet verkstedtjenester, vedlikehold, bygging og prosjektering. Sikkerhet er høyt prioritert og leverandører har tilbud om skoling og seminarer gjennom Jernbaneverket for å tilegne tilfredsstillende kompetanse innen sikkerhet. Leverandører må forholde seg til de samme styrings- og sikkerhetskrav som jernbanelovgivningen stiller til Jernbaneverket (Jernbaneverket, 2013b).

3.4 Jernbanehistorie

Norges første jernbane ble åpnet 1. september 1854. Den første banen, kalt Hovedbanen gikk mellom Kristiania (Oslo) og Eidsvoll og strakk seg 68 kilometer lang. Dette var tidligere en full dagsetappe med hest og karjol, men med tog ble denne reisen kortet ned til 2 timer og 45 minutter. Hovedbanen ble en stor suksess og fraktet allerede det første året 128.000 passasjerer og 83.000 tonn gods (Hajum, 1979). Den store suksessen til Hovedbanen

inspirerte til utbygning av flere nye baner og i 1857 vedtok Stortinget at tre nye baner skulle bygges:

- Trondheim – Støren
- Hamar – Elverum
- Lillestrøm – Kongsvinger – Riksgrensen

De tre nye investeringene kostet til sammen 12 millioner kroner og utgjorde 2/3 av daværende statsbudsjettet, noe som forteller hvilken tro Stortinget hadde på jernbanen (Hajum, 1979). I 1883 ble forvaltningsbedriften Norges statsbaner (NSB) etablert. Frem til 1883 hadde det blitt bygget 11 nye baner med en total utstrekning på 150 mil. Blant de 11 nye banene var Norges første stambane mellom Trondheim og Hamar, kalt Rørosbanen. I 1909 ble Bergensbanen ferdigstilt og hadde til sammenligning kostet et helt statsbudsjett. Dovrebanen åpnet i 1921 og man fikk to togforbindelser mellom Trøndelag og Østlandet. Utover i 1920 årene fikk jernbanen betraktelig konkurranse fra biltrafikken. Veinettet fikk høy prioritet og jernbanen ble dyttet over på defensiven (Jernbaneverket, 2008). Under andre verdenskrig (1940 – 1945) ble Norge fratatt styringen over NSB og den tyske okkupasjonsmakten tok over kontrollen. Tyskerne hadde enorme jernbaneplaner, men klarte selv ikke med krigsfanger som arbeidere å gjennomføre de ambisiøse prosjektene. Under krigen ble det totalt utvidet med 450 kilometer på det eksisterende jernbanenettet og 200 kilometer av disse ble elektrifisert (Jernbaneverket, 2008).

Etter krigen var NSB tappet for ressurser. Tyskerne hadde gått frem på en uansvarlig måte og materiell var nedslitt og ødelagt. Behovet for gjenoppbygging og nye investeringer var stor, men det var først i 1954 at Stortinget kom med en fornyelsesbevilgning. Dette innebar prosjektet med å elektrifisere banenettet, kalt 'Vekk med dampen'. I 1970 ble prosjektet ferdig og de siste damplokomotivene var erstattet med dieseldrevne og elektriske lokomotiver. Fjerne damplokomotivene reduserte reisetiden betraktelig, noe som sammen med energikrisen på 1970-tallet førte til en betraktelig vekst i jernbanetrafikken (Jernbaneverket, 2008).

Jernbaneverket, et statlig forvaltningsorgan, ble opprettet i 1996 og trafikkdelen av NSB ble omdannet til et særlovselskap dette året. Videre utover 90-tallet opparbeidet jernbanen et

positivt omdømme som en rask, behagelig og effektiv reisemåte. Suksessen til Gardermobanen som transporterte reisende til den nye hovedflyplassen var en stor bidragsyter til det positive omdømmet. Starten av 2000- tallet hadde med seg en nedgang i trafikken som følge av omfattende vegutbygginger, den tragiske Åstaulykken og konkurranse fra buss og lavprisselskaper i luftfart. Etter 150-årsjubileumet til jernbanen i Norge 2004 har både gods- og passasjertrafikken, vokst, noe som har resultert i at sentrale deler av jernbanenettet har blitt overbelastet (Jernbaneverket, 2008).

3.5 Norsk jernbane i dag

3.5.1 Jernbanenettet

I dag er det statlige jernbanenettverket 4 129 km, hvor 246 km er dobbeltsporede strekninger. Det er kun 6 av 30 baner som ikke er elektrifisert og blir trafikkert med dieseldrevne tog, illustrert i figur 6 (Jernbaneverket, 2014).



Figur 6: Jernbanenettet i Norge. — Elektrifisert. — Dieseldrevet (Jernbaneverket, 2012)

3.5.2 Nasjonal transportplan

Statsbudsjettene fra 2010 frem til 2015 viser en økning i jernbanebevilgninger fra 10 milliarder kroner i 2010 til 21 milliarder kroner i 2015. Statens økninger i jernbanebevilgninger viser økt satsning og større fokus på norsk jernbane. Det vil bli nødvendig å øke kapasiteten og kvaliteten til det eksisterende transportsystemet for å imøtekomme økt globalisering og en kraftig befolkningsvekst i fremtiden. Samtidig som transportsektoren skal bygges ut og effektiviseres skal sektoren også utvikles i en mer miljøvennlig retning slik at miljøskadelige virkninger og klimagassutslipp begrenses (NTP, 2014 – 2023).

Fra Nasjonal transportplan (2014 – 2023):

"Det transportpolitiske målet for jernbanen er å tilby et effektivt, tilgjengelig, sikkert og miljøvennlig transportsystem som dekker samfunnets behov for transport og fremmer regional utvikling".

Ifølge Tønnesen, Syse og Nordgård (2014) vil det være ca. 6 mill. innbyggere (mellomalternativet, tabell 2) i Norge 2030. Dette vil føre til at transporttilbudet må øke kapasiteten og oppgraderes for å møte denne befolkningsveksten.

Tabell 2: Folketallet i millioner. Registrert 1.1 2014 og framskrevet til 2100 i tre alternativer.

	Middels nasjonal vekst (Alternativ MMMM)	Lav nasjonal vekst (Alternativ LLML)	Høy nasjonal vekst (Alternativ HHMH)
2014	5,1	5,1	5,1
2020	5,5	5,3	5,6
2030	5,9	5,6	6,4
2040	6,3	5,8	7,2
2050	6,6	5,8	8,1
2060	6,9	5,7	9,2
2070	7,1	5,7	10,3
2080	7,3	5,6	11,4
2090	7,5	5,4	12,7
2100	7,7	5,2	14,0

Kilde: Statistisk sentralbyrå.

Nasjonal transportplan (2014-2023) beskriver videre at jernbanen skal ha en sentral rolle med å fange opp en stor andel av den fremtidige transportetterspørselen. Dette er gjenspeilet i statens økte bevilgninger til jernbane. Det forventes også en vekst i godstransporten på 35 – 40 prosent frem til 2040 målt i tonnkm. Denne økte veksten skal håndteres ved å tilrettelegge for at mer gods skal transporteres på jernbane og sjø.

3.5.3 Transportutvikling og konkurranse

Weiseth (2002) viser til at de siste 30 årene før tidlig 2000-tallet har vært preget av kontinuerlige utbygging av flyplasser og vegnett i Norge, mens jernbanen ikke har forbedret sin infrastruktur tilsvarende. Stor etterspørsel og manglende kapasitet på sporet en viktig årsak

til lavere frekvens på togavgangene og langsommere tog. Det blir i tillegg lagt inn større reservertid ved togkryssinger enn det som har vært nødvendig tidligere. Dette er lagt til slik at sårbarheten av forsinkelser ikke blir for stor. Disse faktorene har ført til at jernbanen ikke har klart å oppnå reisetidsreduksjonen som konkurrentene til tog har: ekspressbuss, flytrafikk og personbiler. En oversikt over utviklingen av reisetid for tog mellom større byer i Norge er vist i tabell 3.

Tabell 3: Utvikling reisetid persontog 1965-2005 (Jernbanestatistikk, 2005).

Strekning / Line	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2004	2005
Oslo – Bergen	7.45	6.45	6.45	6.40	6.35	6.35	6.36	6.32	6.24	6.28
Oslo – Kr.sand	5.00	5.00	4.30	4.30	4.42	4.24	4.31	4.37	4.29	4.26
Kr.sand – Stavanger	3.45	3.30	3.10	3.12	3.12	2.45	2.43	2.45	2.47	2.35
Oslo – Skien	3.20	3.12	2.56	2.50	2.55	2.49	2.33	2.42	2.42	2.33
Oslo – Halden	1.58	1.55	1.55	1.54	1.57	1.56	1.46	1.39	1.40	1.40
Oslo – Lillehammer	2.35	2.29	2.19	2.23	2.08	2.09	2.22	2.02	2.01	1.57
Oslo – Tr.heim	7.53	7.45	7.05	6.57	6.35	6.35	6.50	6.15	6.28	6.32
Tr.heim – Bodø	11.50	11.40	11.35	11.35	11.15	10.55	10.00	10.00	9.15	9.35

Togtrafikken er også sårbar for brudd på sporlinjen i et konkurranseutsatt transportmarked. Transport på sjøen, luftveien og veinettet er mer fleksibel ved at det er flere mulige ruter for å komme frem, mens toger er begrenset av jernbanesporet. Ras og utglidninger av underbygget på Dovrebanen under ekstremvær de siste årene har vist dette. Dette gjør at konkurrenten til godstransport på jernbanesporet, lastebiler på veinettet og transportskip på sjøen, kan anses som et sikrere alternativ. Som nevnt i Nasjonal transportplan skal det forsøkes å tilrettelegge for at mer godstransport skal over på jernbane. Godstogselskapet Cargolink AS, opprettet i 2007, måtte derimot meddele i januar 2016 at de avvikler sin virksomhet (E24, 2016). I følge en pressemelding sendt til E24 var det blant annet på grunn av krevende konkurranseforhold at styret valgte å avvikle selskapet.

4 PROSJEKTERING OG EVALUERING

4.1 Definisjon av et prosjekt

PMI (2016) definerer et prosjekt som *''It's a temporary endeavor undertaken to create a unique product, service or result''*.

- *Temporary* betyr at det ikke varer evig.
- *Endeavor* betyr innsats/oppgave.
- *Unique* betyr at det bare finnes én endeavor (oppgave) som denne. Det er et engangstilfelle.

Et prosjekt skiller seg fra vanlige driftsoppgaver ved at et prosjekt er kortvarig. Det har en bestemt oppstart- og sluttdato. Prosjektet avsluttes når resultatene oppnås, mens driftsoppgavene er løpende. Prosjekter blir utløst for å skape en endring eller oppnå en bestemt effekt og prosjekter utvikles kontinuerlig over tid. Driftsoppgaver utføres for å opprettholde effekten av gjennomførte prosjekter.

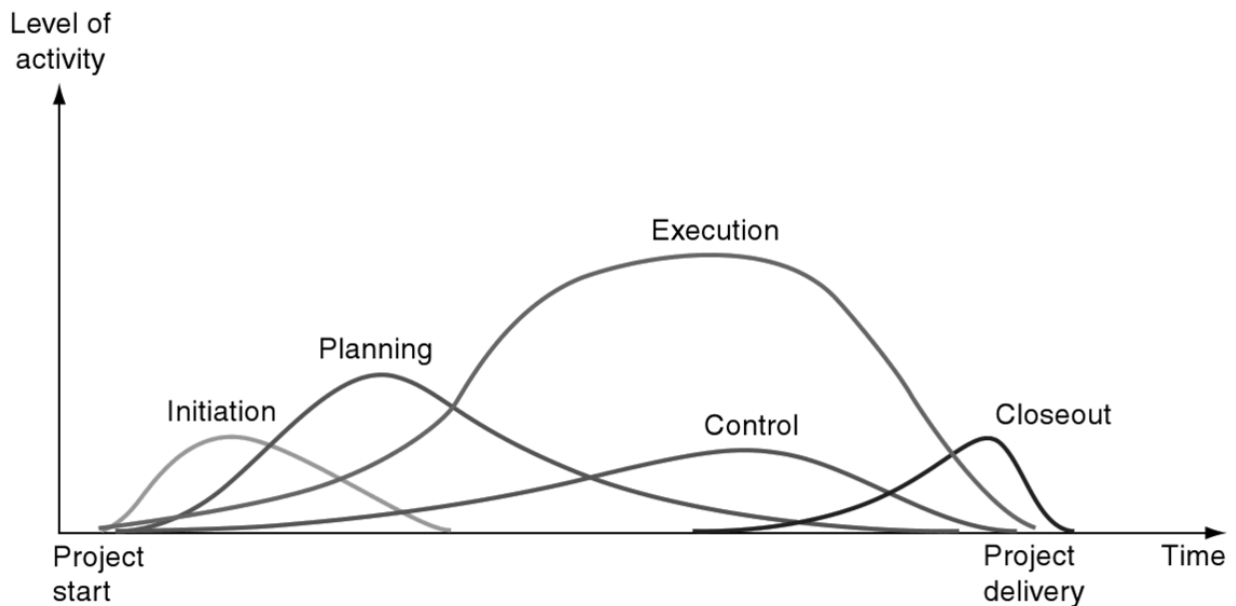
PMBOK (Project Management Body of Knowledge) identifiserer fem ulike faser i et prosjekt (PMI, 2016):

- Initiering - definere formål, mål, prioriteringer, føringer og kjøreregler.
- Planlegging - utvikle prosjektplaner.
- Gjennomføring - produsere leveranser, iverksette planer.
- Styling - håndtere avvik og måle fremdrift.
- Avslutning - overføre prosjektet til eier (oppdragsgiver).

Conchúir (2011) beskriver i sin bok *Overview of the PMBOK® Guide* at prosjektets faser er stadier i prosjektet som vanligvis er utført etter hverandre. Ved fullføring av hver fase er det forventet å få spesifikke leveranser, sjansen til å påvirke retningen og bestemme om prosjektet skal fortsette. Samset (2010) beskriver prosjektets faser som en serie med overlappende prosesser sett ifra prosjektledelsens perspektiv, illustrert i figur 7.

Prosjektet iverksettes når finansieringen er på plass og avgjørelsen for å gå videre med prosjektet blir tatt. Det starter med initieringsprosessen som er opptatt av å få de berørte

partene til å forplikte seg til planleggingen og gjennomførelsen. Det fortsetter med planlegging og detaljprosjektering, samtidig som gjennomføringsstadiet fases inn. Planleggingen fortsetter videre langt inn i gjennomføringsfasen. Prosjektet blir ferdigstilt i en kort og intens fase med avsluttende prosesser som inkluderer godkjenning, regnskap, dokumentering, trening etc. Denne kombinasjonen blir betegnet som prosjektledelse og er beskrevet i flere tekstbøker som for eksempel PMBOK (Samset 2010).



Figur 7: Prosjektledelses synsvinkel av et prosjekt med avtale om å gå videre til prosjektets leveranser er levert og prosjektet er avsluttet (Samset, 2010).

4.1.1 Smart-prinsippet

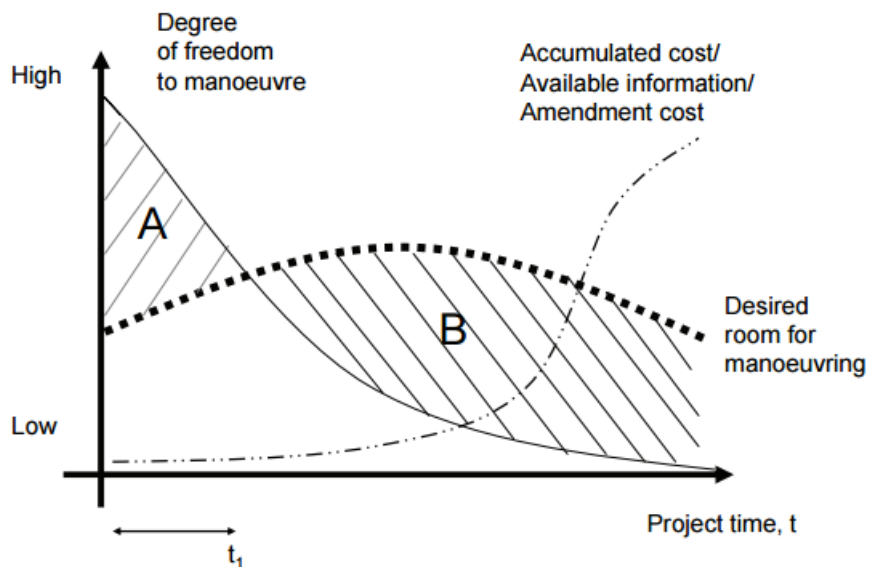
Prosjekter blir ofte utløst av et eller flere mål. Det kan eksempelvis være for å løse eller forebygge et problem. Eller det kan være for å ta vare på en mulighet som ligger der nå, eller som kommer senere. Samset (2010) skriver at formålet/målene til prosjektet må være tilstrekkelig støtte gjennom hele prosjektorganisasjonen for at de skal kunne gjennomføres. Dette innebærer at det må dedikeres tilstrekkelig med ressurser til prosjektet, målene skal ikke være overambisiøse, men realistiske og prosjektet skal støtte organisasjonens langsiktige strategi. Målene bør videre uttrykkes på en måte som tillater vurdering av ytelse og resultat. Dette betyr at målene skal kunne verifiseres og måles. For at målene til prosjektet skal være enklest mulig å realisere bør de tilfredsstillende SMART-prinsippet. Målet skal være (Samset 2010):

- **Spesifikt** Målet skal oppfattes likt av alle involverte i prosjektet.
- **Målbart** Skal kunne verifiseres/måles.
- **ForAnkret** Innebærer at målet er forankret i forretningsmålet til organisasjonen. Viktig at prosjektet ikke går på tvers av forretningsmålet til organisasjonen.
- **Realistisk** Prosjektet skal være tilpasset ressurs- og kostnadsrammer og andre føringer.
- **Tidsavgrenset** Når skal målet være nådd.

Samset (2010) beskriver at praksis avviker ofte betraktelig fra denne idéen. En studie av store norske statelige investeringsprosjekter utført av Finansdepartementet i 1999 fant ut at formuleringen av målene var uklare, overambisiøse, urealistiske og lite egnet for overordnet styring. Flere andre studier viste også at prosjektmålene var dårlig beskrevet og forventet effekt av målene var altfor ambisiøse. Ved å studere vanlig praksis i prosjektplanlegging virker det som at det tilsynelatende er en lav terskel for forbedring og mulighetene for markedsforbedringer tilsvarende stor. Dette var konklusjonen i en studie av store internasjonale prosjekter som analyserte årsak-virkningskjeder som omfattet grunnlaget for prosjektledelse, slik det ble uttrykt i styringsdokumentet (Samset, 2006).

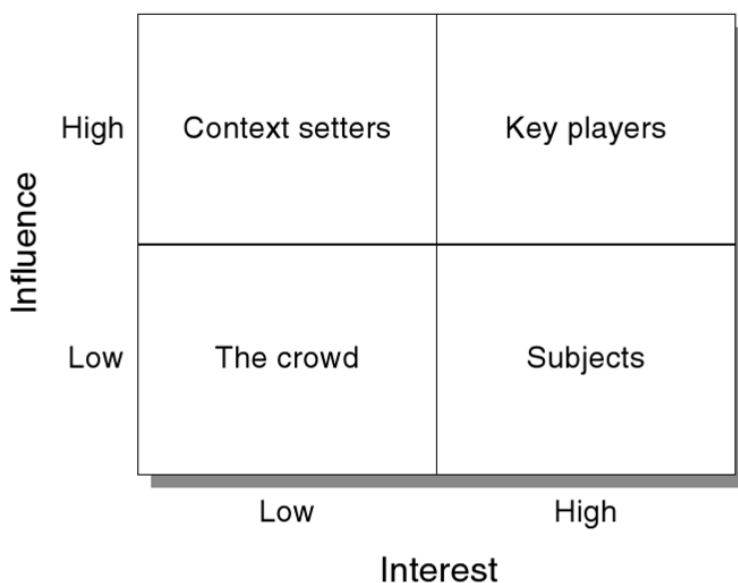
4.1.2 Interessenter

Conchúir (2011) beskriver interessenter (eng: stakeholders) som personer som har en interesse i de positive eller negative effektene av prosjektet. De kan være på innsiden eller utsiden av organisasjonen. Det er viktig for prosjektledere å vite hvem interessentene er. Deres bidrag er en viktig påvirkning for prosjektets suksess. Interessentens påvirkning reduseres etter hvert som prosjektet avanserer siden prosjektet blir mer låst, mindre kan forandres og det er svært kostbart å gjøre store endringer. Olsson (2006) illustrerer i figur 8 hvordan handlingsrommet reduseres utover i prosjektets livssyklus.



Figur 8: Konsekvenser av forskjellige usikkerhetsgrader, betydningen av avgjørelser, ønsket handlingsrom sammenlignet med virkelig handlingsrom i forskjellige faser av prosjektet (Olsson, 2006)

Samset (2010) skriver også at interessentene bør identifiseres så tidlig som mulig. Listen av interessentene skal inkludere alle personer/grupper/organ enten deres tilknytning er sterk eller svak, positiv eller negativ, direkte eller indirekte. Det er vanlig å bruke en *innflytelse versus interesse* matrise vist i figur 9 for å kategorisere interessentene slik at det blir enklere å holde oversikt over deres rolle og hvordan de bør bli behandlet.



Figur 9: Interesse analyse (Eden og Ackermann, 1998)

For å bestemme hvilken makt interessenten har over prosjektet betraktes interessentens evne til å kontrollere avgjørelser, bestemme implementeringer og påvirke prosjektet negativt (Samset, 2010). Fra interessematrisen har Samset (2010) beskrevet de fire kategoriene som:

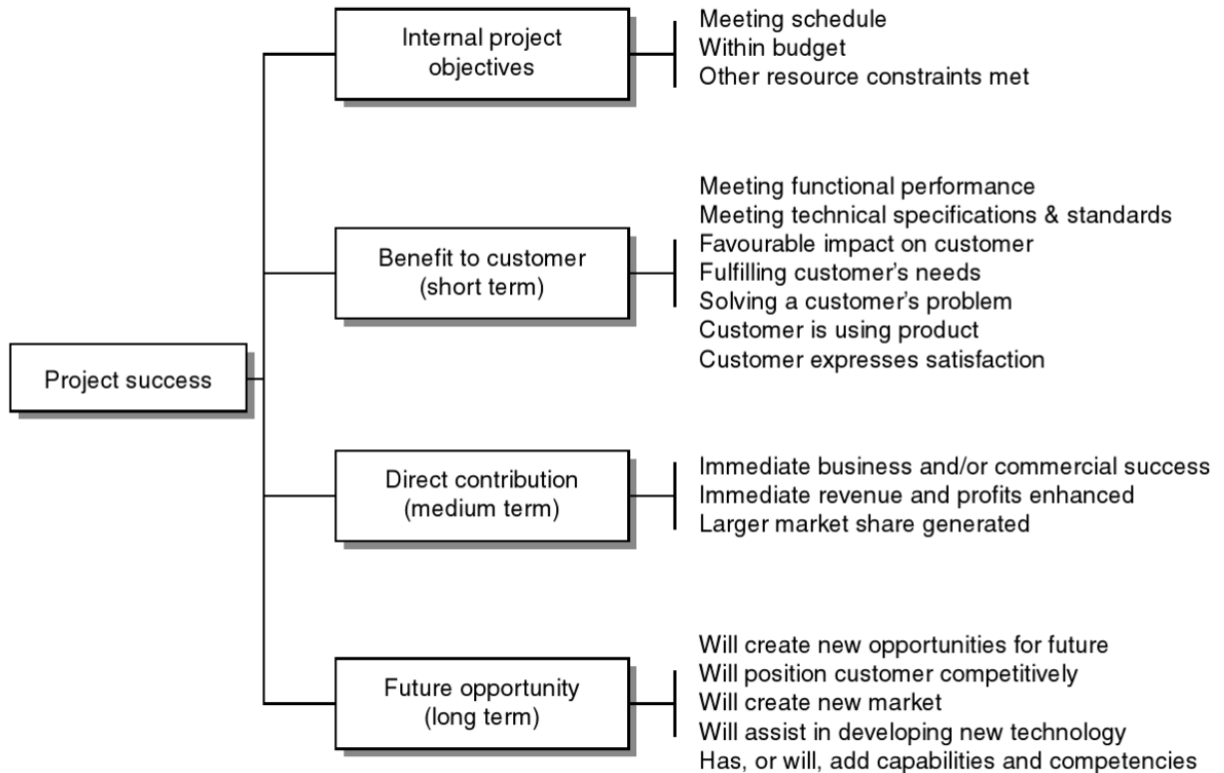
- *Key players* er de som har både stor makt og interesse i prosjektets strategi. Det er nødvendig å engasjere disse i hele prosessen, konsultere dem, holde dem informert og opprettholde gode relasjoner. Eksempler på players er eiere, aksjonærer, toppledelsen etc.
- *Context setters* har mye makt, men begrenset med interesse. De er generelt passive, men kan på kort varsel bli aktuelle og bli players på enkelte saker. Disse interessentene er ofte ikke høyt prioritert og kan utgjøre en stor risiko. Det er derfor essensielt å holde disse tilfredsstillt. Banker er et eksempel på context setters som gir vital finansiering. Uten å konsultere dem i relevante interesseområder eller starte med proaktiv kommunikasjon kan de bli avgjørende for om prosjektet kan gå videre.
- *Subjects* er de med interesse i prosjektet, men med liten makt over det. Typiske subjects er sluttbrukere. Det er viktig å inkludere disse også siden en strategi som ikke inkluderer forbrukerne er nesten garantert å feile. Det er derfor nødvendig å analysere behovene deres og holde dem informert og overvåke tilbakemeldingene.
- *Crowds* er de med liten makt og interesse i prosjektet. De er mest sannsynlig nødvendig med kun minimal innsats for å overvåke disse. En tilstrekkelig strategi vil være å ha dem på en armlengdes avstand og informere med generell kommunikasjon.

4.1.3 Suksessfaktorer og suksesskriterier

Samset (2010) beskriver at personers perspektiv på suksess eller mislykkelse er ofte påvirket av personlige preferanser. Det er derfor vanlig at forskjellige personer evaluerer suksessene til samme prosjekt forskjellig, avhengig av deres verdier og tidligere erfaring. Det er store variasjoner hvordan suksess er definert og tolket. Suksess blir ofte målt forskjellig i forskjellige typer prosjekter, avhengig av prosjektets kortsiktige utfall og langsiktige leveranse. Det er derfor nødvendig med felles evalueringskriterier slik som disse presentert under (Samset, 2010):

- **Efficiency** Til hvilken grad prosjektleveransene har blitt levert som planlagt og i henhold til budsjettet. Om det kunne ha blitt gjort billigere, raskere og med bedre kvalitet. Gjøre ting riktig.
- **Effectiveness** Til hvilken grad prosjektmålene har blitt oppnådd med hensyn til brukere, marked, produksjon, etc. Gjøre de rette tingene.
- **Impact** Alle andre positive eller negative effekter av prosjektet på kort og lang sikt.
- **Relevance** Om målene er i henhold til behov og prioriteringer for brukerne og samfunnet.
- **Sustainability** Om de positive effektene til prosjektet vil opprettholdes etter at prosjektet er ferdig.

Suksesskriterier blir ofte oppfylt ved at suksessfaktorene blir møtt. Suksesskriterier vil være forskjellig for forskjellige interessenter, men er ofte de samme for hver gruppe for de fleste typer prosjekter. Fra prosjektlederens perspektiv vil typiske suksesskriterier være at prosjektet blir fullført i henhold til budsjett og tidsfrist. Sluttbrukernes suksesskriterier kan være at prosjektleveransen tilfredsstiller deres behov og har et funksjonelt design. Flere eksempler på kategoriserte suksesskriterier kan observeres i figur 10 (Samset, 2010).

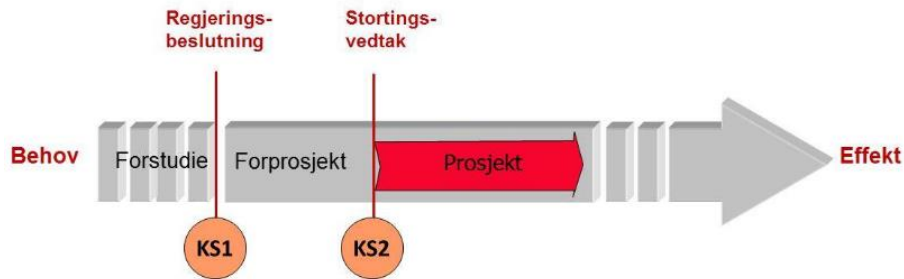


Figur 10: Indikatorer på suksess assosiert med prosjektets leveranser over tid (Samset, 2010).

4.1.4 Styringsramme og kostnadsramme

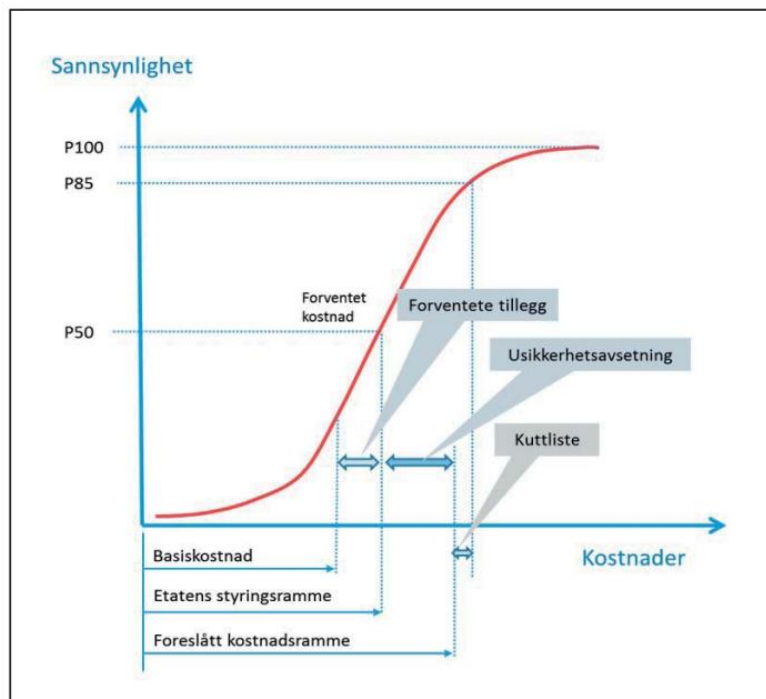
Samset og Volden (2013) beskriver prosjektmodellen for store statlige investeringer som veldig enkel og har kun to overordnede beslutningspunkter. Disse er til gjengjeld forankret på øverste beslutningsnivå (1) konseptvalg i regjeringen og (2) oppstartsbevilgning i Stortinget illustrert i figur 11.

- KS1 Kvalitetssikring av konseptutvalg før beslutning i regjeringen om å starte forprosjekt.
- KS2 Kvalitetssikring av styringsunderlag og kostnadsoverslag før eventuell investeringsbeslutning i Stortinget.



Figur 11: Plassering av KS1 og KS2 for store statlige investeringsprosjekter (Samset og Volden, 2013).

Anbefalingen for kostnadsrammen er en viktig del av KS2 og det faglige grunnlaget er stokastisk kostnadsestimering. Kostnadsrammen settes oftest til P85 som vil si at det er 85 % sannsynlighet for at sluttkostnaden vil havne under. Det legges normalt til fratrukk for mulig forenklinger og reduksjoner, kuttliste, som kan benyttes underveis hvis det skulle stå i fare for å overskride rammen. Styringsrammen ligger normalt på P50. Dette innebærer at det kan forventes at 15 % av prosjektene i en prosjektportefølje overskrider kostnadsrammen og 50 % av prosjektene overskrider styringsrammen, vist i figur 12.

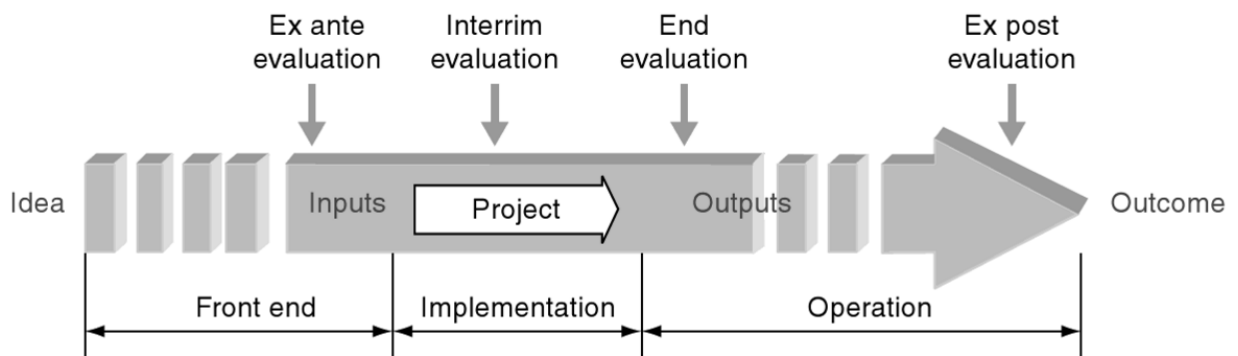


Figur 12: Stokastisk kostnadsestimering. Definisjon av sentrale begreper (Samset og Volden, 2013).

Flyvbjerg, Holm og Buhl (2002) viser til at kostnadsoverskridelser skjer i alle typer prosjekter og 90 % av prosjektene har noen kostnadseskaleringer. Gjennomsnittlige kostnadsoverskridelser er 28 %. For jernbaneprosjekter er forholdene dårligere med gjennomsnittlige kostnadsoverskridelser på 45 %. Finansdepartementets ordning for kvalitetssikring av store statlige investeringer (KS1 og KS2) som startet på tidlig 2000-tallet kan være viktig for å redusere kostnadsoverskridelsene i blant annet jernbaneprosjekter.

4.2 Evaluering

Samset (2010) beskriver at prosjektet kan bli evaluert ved fire forskjellige faser i prosjektsyklusen illustrert i figur 13. I noen tilfeller blir evaluering brukt for å studere forandringer i pågående prosesser. Ved andre tilfeller vil målet være å evaluere prestasjonene og ytelsene i etterkant av prosjektet.



Figur 13: Evaluering ved forskjellige faser av prosjektet (Samset, 2010).

De fire forskjellige evalueringsfasene kan bli listet som følgende (Samset, 2010):

- *Ex ante evaluation* er en tidlig evaluering av prosjektkonseptet. Det sikrer seg inn på å forankre nok støtte for å finansiere prosjektet og gå videre med det. Det burde ha en bred oversikt over prosjektet for å sikre finansiering, at brukerbehovene blir møtt og at det er bærekraftig.
- Evaluering av pågående prosjekter kalles *interim evaluations*, og er typisk utført ved implementeringsperioden eller ved slutten av en distinkt fase. De hjelper vanligvis med å guide ledelsen eller er en respons på press fra interessenter. Interim evaluations fokuserer typisk på driftsaktiviteter, men kan ha et lengre perspektiv og se på langsiktige effekter.

- *End-evaluations* sikter seg inn på å identifisere mulige oppfølgingsaktiviteter etter at prosjektet er avsluttet. Det fokuseres på prosjektets leveranser med hensyn til kvalitet, tid og kostnad i tillegg til hvilken grad prosjektmålene er blitt oppnådd eller sannsynligheten for at de blir oppnådd.
- Ex-post evaluasjoner er gjort etter at prosjektet er avsluttet. Hovedmålet er å vurdere den vedvarende påvirkningen prosjektet kan ha eller sannsynlig vil ha. Dette kan kreve analyser i et bredt samfunnsøkonomisk perspektiv. Motivet kan være å ta lærdom som kan være nyttig i fremtiden.

4.3 Evaluering av jernbaneprosjekter

Som nevnt i kapittel 4.2 kan evalueringer bli gjort før, underveis og etter at prosjektet er ferdig (ex post). Definisjonen av ex post betyr i ettertid, til sammenligning betyr ex ante på forhånd. Når ex post-evalueringer blir gjort for prosjekter betyr det at prosjektet blir evaluert etter at det er avsluttet. Ex ante-evalueringer betyr at analyser og estimeringer er gjort før prosjektet igangsettes (Olsson, Krane, Rolstadås og Veiseth, 2010). I denne konteksten er evaluering definert som en 'systematisk og objektiv vurdering av et pågående eller avsluttet prosjekt, program, politikk, design, implementering og resultat' (OECD, 2002).

Olsson, Krane, Rolstadås og Veiseth (2010) skiller mellom forskjellig tilnæringer til ex post-evalueringer av prosjekter som:

- (1) Samfunnsøkonomiske evalueringer – for ex post-evalueringer kan disse bli ansett som ex post rekalkulasjoner av ex ante nytte-kostnadsanalyse.
- (2) Bedriftsverdi evalueringer av prosjektet for en eller flere av deltakerne. Slike evalueringer vil mest bli basert på prinsippene til finansledelse.
- (3) Helhetlig evaluering basert på forskjellige metoder og indikatorer, typisk en kombinasjon av kvantitative og kvalitative evalueringer.
- (4) Prestasjonsevalueringer med hensyn til noen nøkkelparametere. Målet er å identifisere og bedømme faktorer som er mest essensielle til denne prosessen.

I denne rapporten er det den fjerde evalueringsmetoden som er anvendt, prestasjonsevalueringer. Evalueringskriteriene vil ofte begrense seg til noen få indikatorer for den type analyse som blir utført. Her begrenser det seg til indikatorene reisetid, punktlighet og trafikkvolum. Sammenligne situasjonen før implementeringen av prosjektet med situasjonen etter prosjektet reiser spørsmålet om hvordan definere 'før' og 'etter'. Andersen et al. (2007) beskriver at etter et prosjekt er ferdig går det ofte en viss tid før nytteeffektene kommer frem. Like etter at ny infrastruktur blir tatt i bruk fører ofte oppstartsproblemer til en nedgang i opplevd nytte. Evalueres prosjektet for tidlig, innen ett år etter avslutning, kan det risikeres at prosjektet evalueres før det ennå ikke har realisert nytten. Blir derimot prosjektet evaluert for sent, mer enn 4-5 år etter avslutning, vil det være vanskeligere å påvise hvilke forandringer som er på grunn av prosjektet og hvilke som skyldes andre faktorer. En annen utfordring vil være at prosjektorganisasjonen kan på dette tidspunktet være så spredt at det vil være vanskelig å innhente informasjon og data. Tidspunktet for når ex post-evalueringer skal gjøres vil derfor variere mellom prosjekter, men de anbefaler et standardisert tidspunkt to år etter at prosjektet er fullført. Oppstartsproblemer og garantiperioder er da unnagjort, samtidig som effektene i mindre grad vil være påvirket av annen samfunnsutvikling eller nye prosjekter.

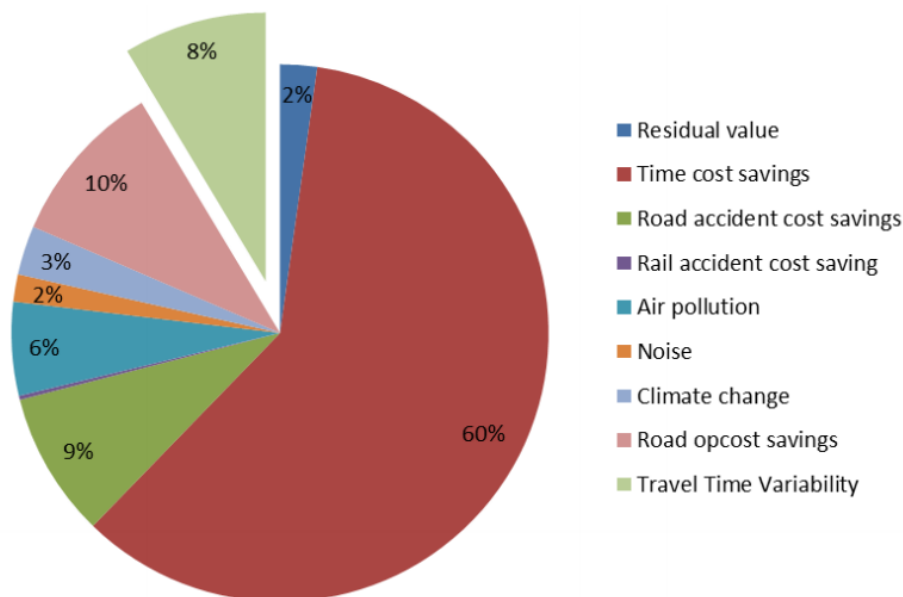
Derimot argumenterer Flyvbjerg (2005) for at evaluering burde bli gjort i løpet av det første påfølgende året etter prosjektet. Han påstår at evalueringen etter det første året av drift burde bli gjort siden data for den estimerte situasjonen etter prosjektet vanligvis kun er tilgjengelig det første året etter. For transport- og infrastrukturprosjekter vil ofte effekten ikke bli oppnådd før flere prosjekter er ferdigstilte og kan utnyttes i kombinasjon (Reitveld og Nijkamp, 2000). Olsson, Krane, Rolstadås og Veiseth (2010) beskriver årsaken til dette skyldes at forbedringer i transporttjenesten, spesielt offentlig transport, avhenger av flere forbedringer i infrastrukturen. Jernbane, spesielt ensporede strekninger, vil typisk avhenge av flere forbedringer i infrastrukturen på grunn av strenge systemer for planlegging, ressurser (mennesker, rullende materiell) og sikkerhetsforskrifter.

Hvordan sammenligningsgrunnlaget blir i en ex post-evaluering avhenger av hvor referansepunktet settes før og etter. Olsson, Krane, Rolstadås og Veiseth (2010) studerte effekten av fire jernbaneprosjekter i en ex post-evaluering med forskjellige referansepunkter før og etter. De observerte at valget av referansepunkt i stor grad påvirket resultatet av evalueringen. De kunne anvende forskjellige referansepunkt, hvor mange år før og etter som tas med i evalueringen, for å manipulere resultatet slik at prosjektet enten var en suksess eller

mislyktes. Av deres 16 indikatorer som ble studert kunne 11 av disse bli presentert som enten å ha hatt en økning eller en reduksjon, avhengig av hvor mange referanseår som ble valgt. Dette viste at interessenter kunne velge referansepunkt som gjorde at utfallet av prosjektet passet deres agenda. For å håndtere dette ble det derfor anbefalt å bruke mer enn én fremgangsmåte i ex post-evalueringer.

4.3.1 Verdsetting av jernbaneparametere

Ex post-evalueringer kan gi verdifull erfaringsdata og kan brukes til å danne grunnlaget for beslutninger til nye prosjekter (Andersen et al. 2007). I prioriteringsprosessen for investeringer er den mest utbredte analysen nyttekostnadsanalysen. Ved jernbanetiltak har dette vanligvis økonomiske konsekvenser for det offentlige, operatører, transportbrukere og samfunnet for øvrig (Olsson et al. 2015). Matrai (2012) gjennomførte flere ex post-evalueringer av jernbaneprosjekter i Ungarn for å vise kostnadsfordelene disse medførte. De relevante konsekvensene av prosjekter er ofte vanskelig å se i ex ante-kostnadsanalyser og viktige elementer kan bli glemt og ikke inkludert i prosessen. Matrai (2012) viser i figur 14 flere indikatorer som gir økonomiske fordeler og som kan gi signifikante utslag i den økonomiske analysen.



Figur 14: Økonomiske fordeler for Sopron–Szombathely–Szentgotthárd toglinjen (Matrai, 2012)

For å verdsette endringene som følge av jernbaneprosjekter er det nødvendig med ex post-evalueringer som helst kan angi endringene i monetære verdier. I følge Olsson et al. (2015) er monetære verdier lettere å kommunisere til publikum og media. Ex post-erfaringer fra jernbaneinvesteringer danner et viktig grunnlag for nye tiltak i senere prioritering- og beslutningsprosesser.

Hagen og Sauren (2014) skriver at hvis transportselskaper ønsker å overleve i fremtiden er det ikke nok å frakte passasjerene fra A til B. I tillegg til å tilby en tilgjengelig og sikker transportmåte må selskapene også være tiltrekkende og appellere til kundene. I følge Hagen og Bron (2014) burde jernbaneoperatører anerkjenne kundene som sine viktigste og mest avgjørende ressurs. Deres casestudie i Nederland prøvde å kartlegge hva som påvirket jernbanekundenes tilfredsstillelse mest. Et av det viktigste funnet viste at om passasjerene fant et sted å sitte eller ikke var essensielt for den totale togopplevelsen. Ved å ha en god og tilrettelagt sitteplass kunne kundene nyte togreisen i fred og ro. Eksterne faktorer som også påvirket den totale opplevelsen var transporten frem til togstasjonen. Reise til fots eller med sykkel ga passasjerene en større følelse av kontroll og frihet enn transport med eksempelvis buss eller bil gjorde. Hagen og Sauren (2014) observerte at forskjellige tog og renslighet ga utslag for hvor tilfreds kundene var med sin reise. Nyere tog og rensligere tog hadde flere fornøyde passasjerer enn de mer slitte og eldre togene.

5 PUNKTLIGHET

Leveranse av en vare eller tjeneste til avtalt tid er en viktig konkurransefaktor for de fleste bedrifter. Punktlighet er en viktig faktor for en suksessfull utvikling enten det dreier seg om service, produksjon eller transport. Jernbanetransport er isolert fra andre transportformer og har en egen infrastruktur. Jernbanenettet er et sammensatt integrert system hvor alle aktørene er avhengig av hverandre. Til sammenligning er toglinjene langt mer sårbare og mindre fleksible enn veinettet, sjøen og luftrommet. Dette gjør punktlighet til en viktig faktor for at togavviklingen på jernbanenettet kan framføres i henhold til annonserte tidstabeller og tilfredsstillende kundenes og jernbaneorganisasjonens krav.

5.1 Sentrale begreper

Det er flere begreper som er nært beslektet med punktlighet og noen brukes om hverandre. Spesielt kan det være forvirring når det gjelder forskjellen mellom regularitet og punktlighet. Derfor er det under forklart noen begreper beslektet til punktlighet.

- ❖ **Forsinkelse** er et sentralt begrep for bedrifter som leverer varer eller tjenester hvor kundene stiller tydelige krav til leveranse. Forsinkelse oppstår etter det tidspunktet noe skulle ha vært levert eller vært ferdig. Veiseth (2002) velger å definere forsinkelse for tog som *"Antall minutter et tog, på et punkt på ruten, er i utakt med den gjeldende tidstabellen"*. Innenfor jernbanen kan forsinkelse også deles inn i primærforsinkelser og sekundærforsinkelser. Primærforsinkelser er forsinkelser som har en direkte årsak. Primærforsinkelser påføres på det toget som forstyrres av primærårsaken. Sekundærforsinkelse, ofte kalt følgeforsinkelse, er forsinkelse på grunn av at et annet tog er forsinket. Sekundærforsinkelsen oppstår som en konsekvens av primærforsinkelsen, men omfanget og spredningen av disse styres hovedsakelig av rutetabellen (Olsson et al. 2015).
- ❖ **Oppetid** er beskrevet av Jernbaneverket (2016b) som hvor stor andel av togtimene som er fastsatt i togtabellen som blir overholdt. Oppetiden blir beregnet:

$$\text{Oppetid} = \frac{\text{taotale togtimer} - (\text{forsinkelsestimer JBV} + \text{ytre forhold})}{\text{totale togtimer}}$$

JBV i ligningen over angir Jernbaneverket. Kalkuleringen av oppetiden er basert på forsinkelser som skyldes infrastrukturen. Dersom det er flere forsinkelser på grunn av infrastrukturen blir oppetiden lav og tilsvarende høy for motsatt.

- ❖ **Regularitet** og punktlighet er to begreper som ofte brukes om hverandre. Olsson et al. (2015) beskriver at begge parameterne forteller noe om togenes avvik fra ruteplanen, men med en vesentlig forskjell mellom dem. Punktlighet forteller om hvor stor andel tog som avviker fra ruteplanen. Regularitet forteller om hvor stor andel av togene som ikke er innstilt og faktisk går. Et tog er innstilt dersom toget ikke ankommer et punkt på jernbanenettet som på forhånd er planlagt. Punktligheten sier noe om presisjonen i toggangen, mens regularitet sier noe om togene går i det hele tatt. Jernbaneverket (2016b) beskriver regularitet som det antall tog som blir kjørt som planlagt i rutetabellene. Tog som lang tid i forveien er planlagt innstilt som følge av sporarbeider tas ikke med. Hva som er 'god' tid i forveien oppgis ikke av Jernbaneverket. Det antas derfor at praksisen av dette varierer siden god tid tolkes forskjellig.

- ❖ **Punktlighet** refererer til en mulig tidsforskjell mellom planlagt leveringstid og faktisk leveringstid. Olsson et al. (2015) viser til at objektiv punktlighet kan defineres etter formelen $P = A - T$, der P er punktlighet, A er faktisk leveringstid og T er avtalt leveringstid. Subjektiv punktlighet kan defineres etter formelen $P = A - T - R$, der R er avviket som tolereres i forhold til avtalt leveringstid. Er P større enn 0 er 'produktet', eksempelvis et tog, ikke punktlig og forsinket. Veiseth (2002) definerer jernbanepunktlighet som: *"punktlighet er når et på forhånd definert tog ankommer, forlater eller passerer et på forhånd definert punkt innen en på forhånd definert tidsperiode"*. Jernbaneverket (2016b) beskriver at et tog er i rute (punktlig) hvis det ankommer endestasjonen innenfor en margin på tre minutter og 59 sekunder for lokaltog og mellomdistansetog. Denne marginen er fem minutter og 59 sekunder for langdistansetog. Målsettingen for persontog er at 90 % av togene skal være i rute ved endestasjonen, mens målet for Flytoget er 95 %. I følge Olsson og Haugland (2004) måler Norge togpunktlighet oftest kun ved endestasjonen. Punktlighet blir kalkulert

ved å dele antall punktligte tog på total antall tog og presenter som prosentandel punktligte tog. Dette er også hvordan de offisielle punktlighetsmålingene blir utført.

5.2 Variasjon

Variasjon er uønsket i de fleste prosesser, og det legges mye arbeid innfor kvalitet og produksjonsstyring i å kutte variasjon. Punktlighetsarbeid handler mye om å redusere variasjon. En tommelfingerregel er at konsekvensene av variasjon øker sammen med variasjonens størrelse. Variasjon finnes i nesten alle systemer og prosesser og kan være forårsaket av at prosessen ikke kan kontrolleres helt nøyaktig, eller fordi målesystemene ikke er helt nøyaktige (Olsson et al. 2015).

På et så tett system som på jernbanenettet er variasjon spesielt uheldig der alle aktørene er avhengig av hverandre. Forflytning på skinnegangen skjer innenfor en frihetsgrad. Bevegelser på veinettet har i større grad to dimensjoner, samme som skip på sjøen. Fly kan derimot bevege seg i tre dimensjoner, selv om de er begrenset til flykorridorer. Flexibiliteten til togframføringen er derved mye mer begrenset enn andre transportnæringer. All forflytning på toglinjene må derfor planlegges og bevegelsene må koordineres og overvåkes kontinuerlig. Det tette integrerte systemet til jernbanen fører til at variasjon i forflytningene for et tog ofte påvirker andre tog. For å fremføre trafikken som planlagt må variasjon dels reduseres og variasjon som erfaringsvis oppstår må dels kunne forutses og håndteres (Olsson et al. 2015).

5.3 Slakk og presisjon

Punktlighestiltak kan sies å følge to ulike strategier gitt dagens situasjon: slakk og presisjon. Slakkstrategien innebærer at det bygges inn en reserve og buffer i systemet slik at sårbarheten for avvik reduseres (forsinkelser forhindres i å spre seg). Typiske eksempler på reserver og buffere er ekstra personell, materiell, kjøretidspåslag og lange snutider. Slakkstrategien legger beslag på ekstra kapasitet i jernbanesystemet og reduserer effektiviteten ved å tilføre ekstra ressurser. Presisjonsstrategien legger derimot fokuset på å minimere behovet for slakk ved å redusere buffere og reserver og derigjennom øke forutsigbarheten i jernbanesystemet. Tanken er at fokuset på presisjon vil øke når tidsmarginene reduseres, og dette vil da lede videre til at forsinkelsene reduseres (Olsson et al. 2015).

For å implementere presisjonsstrategien forutsetter det at forholdene ligger til rette for god driftssikkerhet på infrastruktur og togmateriell, samt fokus på punktlighet. Økt presisjon kan sannsynligvis gi lavere driftskostnader, men krever investeringer og kontinuerlig vedlikehold. Presset kapasitet i norsk jernbanedrift gjør slakkstrategien heller ikke er billig på grunn av lavere utnyttelse av banekapasiteten og personell. Innenfor logistikk kan det observeres at utviklingen gå entydig i retning av presisjon. Dette medfører tilhørende forpliktelser innen arbeid for å sikre kvalitet på materiell og infrastruktur. I praksis vil det være en balanse mellom slakk og presisjon for de fleste jernbanesystemene (Olsson et al. 2015).

I tabell 4 er det gitt eksempler på forskjellig tiltak for å innføre slakk i jernbanesystemet og eksempler som gir økt presisjon. I tillegg skilles det på tiltakene som gir primær- og følgeforsinkelser.

Tabell 4: Eksempler på tiltak basert på slakk og presisjon for å unngå forsinkelser og forhindre spredningen av dem (basert på Olsson og Veiseth, 2011).

	Slakk	Presisjon
Unngå at forsinkelser oppstår (primærforsinkelser)	Romslige ruter Lange stasjonsopphold Reserver for kjørende personale og rullende materiell	God driftssikkerhet på infrastruktur og rullende materiell Godt vedlikehold Ikke saktekjøringer Ruter tilpasset faktisk kjøretid Avgang på sekundet Styre plassering av de reisende
Unngå spredning (sekundær-, eller følgeforsinkelser)	Romslige snutider Lav kapasitetsutnyttelse (få tog) Bemanning med TXP på mange kryssingsspor (der det ikke er fjernstyring) Pragmatisk håndheving av prioriteringsregler	Fjernstyring Kunne omdirigere TXP der det ikke er fjernstyring Streng prioritering av tog-i-rute Kanselleringer og snu tog før endestasjon

5.4 Kapasitet

Kapasiteten er avgjørende for om trafikken på jernbanenettet avvikles på en tilfredsstillende måte og angir hvor godt jernbanenettet er rustet for å imøtekomme økt trafikk i fremtiden. Sentrale faktorer som påvirker kapasiteten er linjeblokk, blokkstrekninger, kryssingsspor,

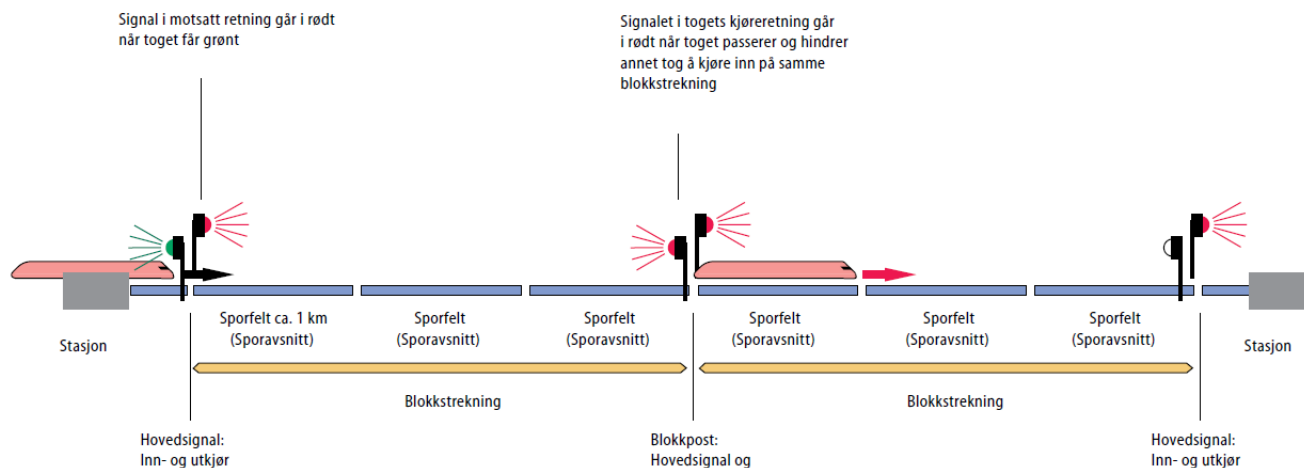
enkeltsporede strekninger og dobbeltsporede strekninger. I tillegg er også toghastighet, sammensetningen av togprodukter og ruteplanen viktige faktorer. Jernbaneverket er pålagt så langt det er mulig å møte togselskapenes kapasitetsforespørsler. Er det tilfelle at Jernbaneverket ikke kan imøtekomme alle søknader om sportilgang blir strekningen erklært overbelastet. Manglende kapasitet flere steder langs det statlige jernbanenettet har gjort at kapasiteten utnyttes utover det som er anbefalt (Jernbaneverket, 2012). Skartsæterhagen (1993) definerer den praktiske nyttbare jernbanekapasiteten som: "*Kapasiteten av en strekning er evnen til å fremføre tog med en akseptabel punktlighet*".

Olsson, Økland, Veiseth og Stokland (2010) skriver det er en utbredt oppfatning av at punktlighet påvirkes negativt av høy kapasitetsutnyttelse. Gibson, Cooper, og Ball (2002) studerte sammenhenger mellom kapasitetsutnyttelse og forsinkelser i Storbritannia. De fant at høy kapasitetsutnyttelse i seg selv ikke fører til forsinkelser, men først og fremst bidrar til følgeforsinkelser.

5.4.1 Blokkstrekninger og linjeblokk

Jernbanesporet mellom stasjonene er satt sammen til en eller flere blokkstrekninger. Systemet som skal ivareta sikkerheten på en slik strekning kalles linjeblokk. Systemets hovedsignal lyser rødt for andre innkjøringer til blokkstrekningen når et togsett allerede er på strekningen slik at kun ett tog befinner seg sporavsnittet til enhver tid, illustrert i figur 15. Kjører toget ut på en enkeltsporet strekning, blir utkjøringen for tog i motsatt kjøreretning automatisk sperret (Jernbaneverket, 2012).

I følge Skartsæterhagen (1993) reduserer blokkstrekninger togfølgetidene ved at flere tog kan kjøre i samme retning, ved behov, før det kommer et motgående tog. Ved innføring av en blokkpost på det dimensjonerende strekningsavsnittet kan togfølgetiden bli tilnærmet halvert for to tog i samme retning og kapasiteten øke med økende puljekjøring for strekningsavsnittet.



Figur 15: Sporfelt, linjeblokk og blokkstrekning (Jernbaneverket, 2012).

5.4.2 Kryssingsspor og dobbeltspor

Kapasiteten til en strekning avgjøres av en rekke faktorer som inkluderer antall spor, kryssingsspor, sammensettingen av togprodukter, togtilbudet og signalsystemet. For at tog skal kunne møte og passere hverandre utenfor stasjonene er de avhengig av kryssingsspor. I følge Jernbaneverket (2012) består jernbanen i Norge av flest enkeltsporede baner og kan ha en kapasitet på to til sju tog i timen i begge retninger. Dette avhenger blant annet av antall kryssingsspor, lenden til kryssingsporene og avstanden mellom dem. I følge Jernbaneverket (2010) skal det bygges flere kryssingsspor og mange av de gamle skal forlenges. Flere og lengre kryssingsspor vil øke strekningskapasiteten og gjøre trafikkavviklingen mer robust og pålitelig. Dette fører til at lengre godstog og persontog kan krysse hverandre. I følge Olsson og Haugland (2004) blir også punktligheten på enkeltsporede strekninger i stor grad påvirket av avviklingen av kryssinger.

Dobbeltsporede strekninger kan ha en teoretisk kapasitet på 40 tog i timen gitt at togene holder samme hastighet. Reelt ligger praktisk kapasitet for dobbeltspor på rundt 20-24 tog i timen (Jernbaneverket, 2012). Ved idealiserte tilfeller på enkeltsporede strekninger hvor kryssingssporene er så lange at togene kunne ha krysset ved full hastighet ville hatt høy kapasitetsutnyttelse ved optimalisering av ruteplanen. Slike kryssingsspor ville ha blitt betraktet som dobbeltsporede seksjoner på en ellers enkeltsporet strekning. Ved slike situasjoner ville framføringstiden på strekningen vært den viktigste faktoren (Skartsæterhagen, 1993).

5.4.3 Heterogen togtrafikk

I følge Mussone og Calvo (2013) blir kapasitet til en toglinje ofte definert som maksimalt antall tog som kan trafikkere hele jernbanesystemet i en gitt tidsperiode. Flere faktorer avgjør kapasiteten til et jernbanesystem som nevnt tidligere. Heterogen jernbanetrafikk er blant disse og togprodukter med forskjellige hastighetsbegrensninger avgjør hvor mange tog som kan trafikkere toglinjen samtidig. Dingler, Lai og Barkan beskriver også hvordan sammensetningen av mange forskjellige typer godstog på enkeltsporede strekninger i USA reduserer kapasiteten. Flere godstog har signifikante forskjeller i operasjonelle egenskaper som trekraft, maksimal hastighet og utsendelsesprioriteringer. Dette gjør optimaliseringen av togsammensetningen svært komplisert.

Yaghini, Nikoo og Ahadi (2014) fant i deres studie at kapasiteten økte ved å øke den gjennomsnittlige kjørehastigheten til togene, men ventetiden økte også. De viste også at ved å øke andelen tog med lavere hastighet ble linjekapasiteten tilsvarende redusert.

Togsammensetningen er veldig viktig når kapasiteten skal beregnes og modelleringer er nødvendig for å optimalisere dette. Jensen (2015) skriver at på jernbanesystemer med heterogen togtrafikk så avhenger kapasiteten av sekvensen (rekkefølgen) togene kjører i. Dette er sentral å inkludere i modellene når kapasiteten estimeres i planleggingsfasen.

5.5 Ruteplan

Når det gjelder faktorer som påvirker punktlighet så står ruteplanen i en særstilling. Typisk er det snakk om hvor mye slakk eller buffer som burde legges inn, og hvor i ruten dette bør plasseres. Ved oppbyggingen av rutene blir det lagt til tid utover den teoretiske kjøretiden for å kompensere for lokomotivenes ytelse, kjørestil, værforhold, og for å forhindre at små forsinkelser blir til følgeforsinkelser. Isolert sett er det ikke ønskelig at det legges inn slakk i rutene som fører til lengre kjøretid. Det kan være en «trade-off» mellom realisert punktlighet og hastighet, og under planleggingen av rutene må det tilstrebes å finne et optimum mellom disse to variablene (Olsson et al. 2015).

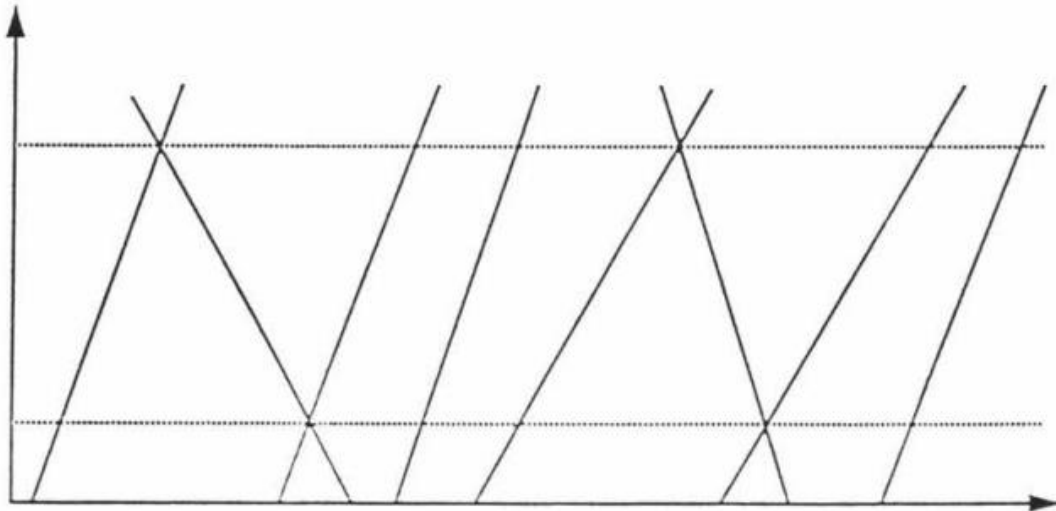
Når en ruteplan skal konstrueres starter det i følge Marinov et al. (2013) ofte med et tog som må forlate eller ankomme en stasjon til en bestemt tid. Eksempelvis må et pendlertog ankomme en stasjon klokken 08:00. Dette toget vil danne den første låste togtruten og de neste påfølgende rutene må tilrettelegges rundt denne. Etterspørselen og togfølgetiden bestemmer

hvordan saktegående og raske tog blir plassert i systemet etter denne første ruten slik at kapasiteten blir utnyttet best mulig. Marinov et al. (2013) lister flere modelleringsprosesser og datasett som må innlemmes og sammenflettes for å konstruere ruteplanen:

- Kalkulere etterspørselen
- Reisetidskalkuleringer
- Infrastrukturmodellering
- Rutetabellsimuleringer
- Optimaliseringsmodellering
- Rullende materiell datasett
- Rullende materiell og personal planlegging.

Jobben med å utarbeide togruter og fordele kapasitet er en så omfattende og tidkrevende prosess at planleggingen, testingen og simuleringen av ruteskifter starter ett år i forveien. Ruteskifter er fastsatt av internasjonale avtaler slik at ruteskiftene av nasjonale og internasjonale togruter skjer samtidig. Det er Jernbaneverkets oppgave å plassere og tilrettelegge for bestillinger av kapasitet i infrastrukturen. For nye ruteplaner utarbeides det også en grafisk ruteplan som viser hvordan kapasiteten (rutene) blir fordelt (Jernbaneverket, 2012).

I figur 16 er det vist en forenklet grafisk ruteplan med maksimal utnyttelse av teoretisk kapasitet på et enkeltsporet strekningsavsnitt, uten blokksignaler, med to togtyper med ulike kjørehastigheter, med idealiserte kryssingsspor og en optimalisert ruteplan.



Figur 16: Maksimalt tett trafikk over et strekningsavsnitt med idealiserte kryssingsspor og optimaliser ruteplan (Skartsæterhagen, 1993). Her er tid langs x-aksen og avstand langs y-aksen.

Ved vurdering av jernbaneinvesteringer viser Eliasson og Börjesson (2014) til at samfunnsnyttene ikke kan bli definert fullstendig uten å spesifisere hvordan rutetabellen blir med og uten jernbaneinvesteringen. De beskriver videre at ruteplanen kan konstrueres på flere forskjellige måter og interessenter kan bruke dette i en prioriteringsprosess av prosjekter. Økt kapasitet i ruteplanen kan blant annet prioriteres i forbedret reisetid, pålitelighet eller frekvens. I noen tilfeller kan optimaliserte samfunnsøkonomisk rutetabeller være den beste tilnærmingen for å imøtekomme politikk, reguleringer, subsidieringer, prising og kapasitetsfordelinger. Ved andre tilfeller kan en profittmaksimering av rutetabellen være en fornuftig tilnærming.

Eliasson og Börjesson (2014) skriver at jernbaneinvesteringer ofte utgjør en stor offentlig kostnad, og beslutningstakerne trenger derfor et beslutningsgrunnlag som ikke er formet av interessentenes egeninteresser. På den måten vil jernbaneinvesteringer bedre kunne vurderes opp mot hverandre i en nyttekostnadsanalyse.

5.6 Reisetid

Reisetiden er tiden det tar for et tog å reise fra en stasjon til neste. Rutetabellen er med på å bestemme reisetiden sammen med blant annet kapasiteten på linjen, oppholdstid, togprodukt og forsinkelser. Noland og Polak (2002) har utarbeidet følgende ligning for reisetid:

$$E(U) = \alpha E(T) + \beta E(SDE) + \gamma E(SDL) + \theta P_L$$

Her er forventet nytte $E(U)$ avhengig av forventet reisetid $E(T)$, forventet ruteplanlagt forsinkelse –tidlig $E(SDE)$, forventet ruteplanlagt forsinkelse –sent $E(SDL)$, og sannsynligheten for sen ankomst, P_L . Koeffisientene α , β og γ kalkulert fra empiriske studier. I Norge anvendes et generelt tillegg på 4 % av framføringstiden i ruteplanleggingen. På steder og tidspunkt det er behov for større tidsbufferer utover dette blir det brukt ettidstillegg, eksempelvis ved større anleggsarbeider. Derfor er faktisk kjøretidspåslag i størrelsesorden 10 %, som er likt med det som brukes internasjonalt (Olsson et al. 2015).

5.7 Årsaksregistrering av forsinkelser

I Jernbaneverket registrerer i dag punktlighetsdata på to forskjellige måter. Banestrekninger som har utbygd fjernstyring fanges dataen fra togtrafikken opp automatisk. På andre strekninger som ennå ikke har fått utbygd fjernstyring registreres punktlighet manuelt. Alle tidsmålinger av togbevegelsene blir sammenlignet med ruteplanen og avgjør om toget er punktlig. Hvis tidsmålingene av punktlighet overstiger 4 minutter mellom to målepunkt skal forsinkelsen registreres på en årsakskode. Registreringen blir gjort av togleder eller togekspeditør (TXP). Koden skal registreres i trafikkinformasjons- og oppfølgingssystemet (TIOS) og gjerne med en forklarende kommentar (Olsson et al. 2015). I tabell 5 kan det observeres at det er 16 årsakskoder i TIOS, fordelt på infrastruktur, trafikkavvikling, togselskaper og utenforliggende forhold.

Tabell 5: TIOS har 16 årsakskoder fordelt på infrastruktur (kode1-6), trafikkavvikling (kode 7), togselskapene (kode 81-85) og utenforliggende forhold (kode 91-94).

Infrastruktur	Trafikkavvikling	Togselskaper	Utenforliggende forhold
1. Bane 2. Sikringsanlegg, signalanlegg og fjernstyring 3. Elkraft/kontaktledningsanlegg 4. Tele 5. Planlagt vedlikeholdsarbeid 6. Materiell med feil sperrer spor	7. Trafikkavvikling	81. Feil på materiell 82. Materiell sent satt opp i togspor 83. Manglende personell 84. Stasjonsopphold 85. Planforutsetninger ikke oppfylt	91. Forsinkelse fra utlandet 92. Ytre forhold (eks. vær) 93. Uhell, påkjørsel 94. Uønsket hendelse

Fra tabell 5 kan mangfoldet av faktorer som kan påvirker punktligheten observeres. Eksempelvis påvirkes punktlighet av værforhold, spesielt høsten (med løv på togsinnene) og vinteren (med snø på togsinnene) (Landex, Kaas og Hansen, 2006). I Norge satses det stor innen jernbane som vises i NTP (2014 – 2023) og det er igangsatt flere store prosjekter og vedlikeholdsarbeid langs flere toglinjer. Olsson, Økland, Veiseth og Stokland (2010) registrerte at utviklingen av forsinkelser skyldes blant annet omfattende arbeid nær jernbanesporene som følge av nyinvesteringer og vedlikehold. I følge Jernbaneverket (2015c) var 2015 det første året Jernbaneverket kunne begynne å ta innpå det store etterslepet av vedlikeholdsarbeid på jernbanenettet og vedlikeholdsetterslepet ble anslått til drøye 17 milliarder kroner.

5.8 Håndtere forsinkelser og togforbindelser

Offentlig transport, som for eksempel jernbane, er avhengig av å levere et tilfredsstillende transporttilbud for deres passasjerer siden de er togselskapenes hovedinntektskilde. Kundene blir positivt påvirket av punktlig tog og overganger, men påvirkes negativt av forsinkelser og å miste togforbindelser. Mange typer forsinkelser vil være umulig å forutse på forhånd og det er derfor nødvendig å kunne håndtere kortsiktige forandringer i ruteplanen. Tog er utsatt for en rekke interne og eksterne faktorer, som vist i tabell 5, og når en forsinkelse oppstår må togleder reagere og avgjøre hvilke forandringer i ruteplanen som skal gjøres. Dette kan være å omplassere resurser (rullende materiell og mannskap) og å holde igjen togforbindelser (Suhl et al. 2001).

Suhl et al. (2001) beskriver at siden det ikke følges faste regler for hvordan håndtere avviksforsinkelser vil toglederens atferd løse situasjoner forskjellig. For å håndtere forsinkelser må togleder vurdere en rekke parametere samtidig. Forespørsler fra passasjerer gjennom konduktør, linjekapasiteten og antall togforbindelser i påfølgende stasjon er blant noen av forholdene som må tas hensyn til og viser kompleksiteten rundt avvik. For å forenkle dette problemet hvorvidt et tog skal vente på en sen togforbindelse eller ikke er vanlig ventetid og minimum overgangstid introdusert.

Planlagt ventetid må blant annet ta hensyn til en eller flere togforbindelser, overgangstider og konflikter og restriksjoner i infrastrukturen. Goverde (2005) beskriver at nederlandsk og tysk jernbane har noen tommelfingerregler for overgangstider basert på plasseringen av plattformene. Overgangstid på to minutter for å krysse plattform til togforbindelsen, tre minutter for overgang mellom to tog på samme plattform, men på forskjellige andrer av plattformen, fire minutter når togforbindelsene er en plattform fra hverandre, og 5 minutter hvis togene er to eller flere plattformer fra hverandre.

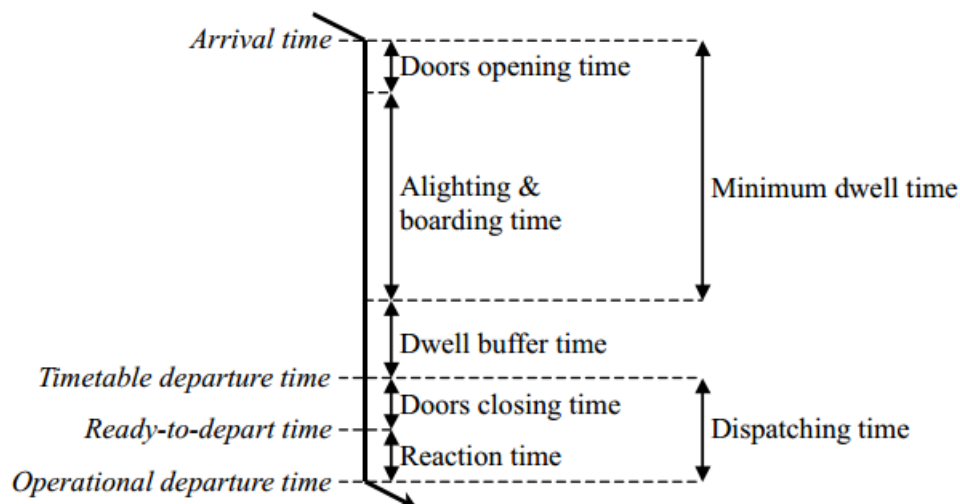
Fire forskjellige måter å løse et avviksscenario på listes av Suhl et al. (2001) som:

- A) Et tog vil ikke vente på innkommende togforbindelser i det hele tatt.
- B) Et forbindende tog vil vente til alle dets vanlige togforbindelser ankommer.
- C) Et forbindende tog vil vente til alle dets vanlige togforbindelser ankommer, men bare innenfor vanlig ventetid er nådd.
- D) Et forbindende tog vil vente på alle dets vanlige togforbindelser innenfor vanlig ventetid og ved mindre avvik.

Dette er også overførbart til norsk jernbane og er spesielt en relevant problemstilling for togavviklingen ved knutepunktet Oslo S med mange togforbindelser. Konsekvensene av forsinkelser varierer og det er utfordrende og finne den optimale løsningen i hver enkelt situasjon. Suhl et al. (2001) foreslår derfor videre å utvikle en optimaliseringsmodell som kan prosessere kompleksiteten til parameterne raskere og hjelpe togleder i beslutningsprosessen ved avvikssituasjoner.

5.9 Stasjonsopphold

På- og avstigningstid (på engelsk: dwell time) er tiden passasjerene trenger for å stille seg opp, slippe andre passasjerer av og gå om bord toget. Oppholdstiden på stasjonen avhenger av togproduktet og utformingen av stasjonen (størrelsen og antall dører på toget, plattformbredden, avstanden mellom toget og plattformkanten) og antall passasjerer. Oppholdstiden på stasjonen er bestemt av ruteplanen, og fordelingen av stasjonstidens komponenter er illustrert i figur 17. For streng av- og påstigningstid er en kilde til forsinkelser, mens en for romslig oppholdstid på stasjonen fører til lengre framføringstid og redusert kapasitetsutnyttelse (Goverde, 2005). Olsson og Haugland (2004) mente at en viktig faktor til god punktlighet for lokaltog og mellomdistansetog var akkurat håndteringen av på- og avstigninger.



Figur 17: Komponenter til stasjonstiden (Goverde, 2005).

5.10 Konsekvenser av forsinkelser

5.10.1 Effekten av forsinkelser på enkeltsporede strekninger

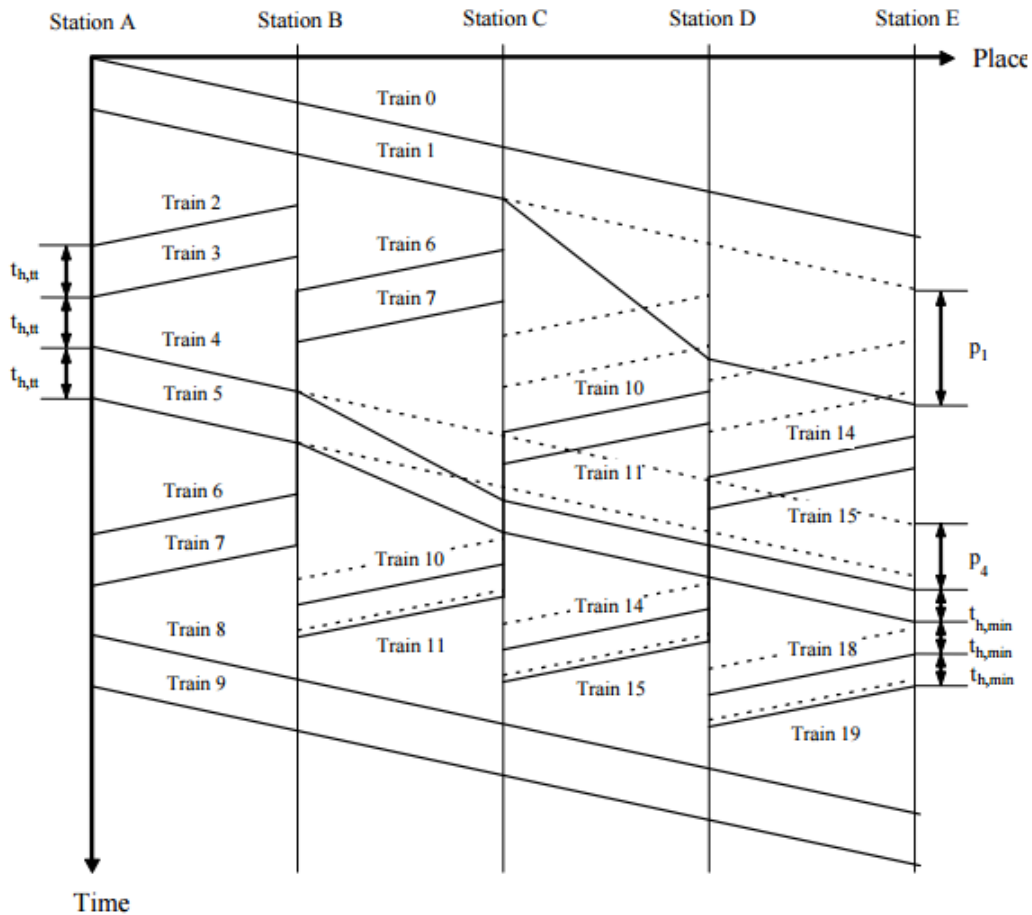
På enkeltsporede strekninger er det vanskelig å beskrive forplantningen av forsinkelser generelt siden primærforsinkelsen mest sannsynlig påvirker trafikken i begge retninger, vist i figur 18. Det er derfor komplisert å foreta en generell vurdering av konsekvensene av primærforsinkelser (Landex, Kaas og Hansen, 2006). Derimot har Potthoff (1962) konstruert ligningen under som beskriver den totale forsinkelsen $\sum p$ forårsaket av en primærforsinkelse

p_1 på en enkeltsporet strekning med like togseksjoner som trafikkeres av tog med lik hastighet.

$$\Sigma p = 1/2 \cdot p_1 \left(\frac{p_1}{t_b} + 1 \right) + 1/2 \cdot (a - 1) \cdot n \cdot (p_1 - n \cdot t_b)$$

Hvor: n er antall tog som kjører i samme retning etter hverandre, t_b er buffertiden og a er antall togseksjoner (her er en togseksjon definert som linjen mellom to kryssingsstasjoner).

En forutsetning for å bruke ligningen over er at tog som går i retningen som påvirkes av primærforsinkelsen ikke må vente på kryssende tog fra den andre retningen. Som nevnt tidligere så er jernbanetransporten veldig sårbar for avvik med et så tett integrert system. I figur 18 er det vist hvordan en primærforsinkelse p_1 påvirker andre tog og forplanter seg videre i systemet.

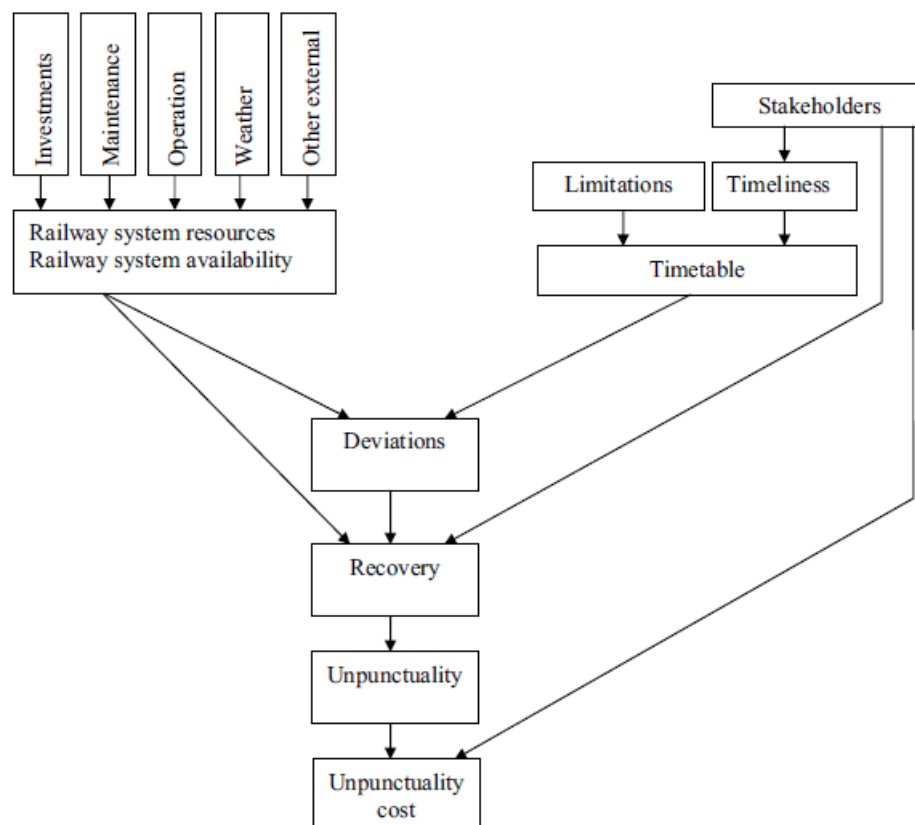


Figur 18: Konsekvenser av primærforsinkelser på en enkeltsporet strekning med homogen trafikk (Landex, Kaas og Hansen, 2006). Her er ($a = 4$) og ($n = 2$).

Fra figur 18 så er $T_{h,tt}$ – togfølgetiden (eng: headway time) i følge rutetabellen. (togfølgetiden er tiden som trengs mellom to kjøretøy på et transportsystem uten av hastigheten på kjøretøyene reduseres). $T_{h,min}$ - minste tillatte togfølgetid. For å bruke ligningen må det ligge til rette noen forutsetninger og begrensninger. Dette gjør at den generelle ligningen kun kan brukes ved idealiserte forhold. Hvis tid og sted er kjent for hvor primærforsinkelsen inntraff kan det være mulig å konstruere en grafisk ruteplan og kartlegge individuelle forsinkelser som i figur 18 (Landex, Kaas og Hansen, 2006).

5.10.2 Kostnader av forsinkelser

I figur 19 har Nystrøm (2008) vist faktorer som påvirker punktligheten i jernbane og medførende kostnader knyttet til forsinkelser og dårlig punktlighet.



Figur 19: Faktorer som påvirker ikke-punktligheitskostnader (Nystrøm, 2008).

Nystrøm (2008) tar opp viktigheten av ressursene og ruteplanen inne jernbanen for å håndtere forsinkelser. Ved avvikssituasjoner kan det være nødvendig med ekstra lokomotiver, utnytte ekstra kapasitet på banene, eksempelvis periodevis dobbeltsporede strekninger/kryssingsspor

eller løse det ved å hente inn ekstra personell. Som nevnt tidligere kan også ekstra framføringstid (buffertid) i ruteplanen gjøre togavviklingen mindre sårbar for forsinkelser. Dette kan sammen påvirke størrelsen av avvikssituasjonen, forhindre at forsinkelser forplanter seg videre i systemet og føre til at jernbanetrafikken kan gjenopprette normal drift raskere.

De situasjonene hvor jernbanesystemet ikke klarer å fange opp avvikene og det oppstår forsinkelser, medfører det kostnader for flere interessenter. Nystrøm (2008) har delt ikke-punktligetskostnader inn i henholdsvis interne og eksterne kostnader. Eksterne ikke-punktligetskostnader rammer interessenter utenfor jernbanesektoren, typisk jernbanepassasjerer og godskunder. Pendlere kan komme for sent til jobb, industri kan måtte stoppe produksjon for å vente på råmateriale og ferskvarer kan gå over holdbarhetsdatoen. Interne ikke-punktligetskostnader rammer innenfor jernbanesektoren. Dette inkluderer togselskapene som kan måtte kompensere for kundenes tap. For Jernbaneverket kan eksempelvis forsinkelser stjele av tiden for planlagt vedlikeholdsarbeid som igjen kan medføre kostnader for overtid av personell.

Verdsettingen av forsinkede godstog har blitt studert av Halse og Kili (2012), og kom blant annet frem til at når transportkostnaden allerede er høy er bedrifter mer villig til å betale for å spare tid og unngå forsinkelser. Deres studier viste også at betydningen av framføringstiden ble mindre viktig med transportdistansen. Godskundene var relativt sett mer interessert i å betale for å unngå korte forsinkelser enn lange. Videre var det også variasjoner i verdsettinger ut fra hvilke varer som ble transportert og hvor tidskritisk det var å få de levert. Derimot kom de frem til en generell betalingsvillighet for å unngå forsinkelser og spart framføringstid etter en casestudie, illustrert i tabell 6.

Tabell 6: Enhetsverdier for spart framføringstid og forsinkelser, kroner per tonn time og kroner pr time (Halse og Kili, 2012).

Enhetsverdi	Stykk gods	Partigods	Totalt
Tidsverdi per sending, kr/t	404	113	192
Tidsverdi per ton, kr/tonntime	47	7	13
Forsinkelsesverdi per sending, kr/t	2545	764	1245
Forsinkelsesverdi per ton, kr/tonntime	278	35	72

I følge Li, Hensher og Rose (2010) oppstår variasjoner i reisetiden for alle transportsystemer og har en signifikant påvirkning på reisendes valg av transportmetode. De studerte verdien av pålitelighet i timeplanen for offentlig transport i Australia. Casestudien deres kom frem til at pendlere gjennomsnittlig verdsatte reisetidsbesparelser til \$30.4 per time, tidlig informerte forsinkelser i timeplanen til \$24.1 per time og sent informerte forsinkelser til \$38.86 per time. Disse resultatene stemt i følge Li, Hensher og Rose (2010) også relativt godt overens med studier i UK, Spania og USA. Dette viser sammen med kostnadsbesparelser fra godskunder at det er mulig å sette monetære verdier på effekter av jernbaneprosjekter og bidra i prioritering- og beslutningsfaser.

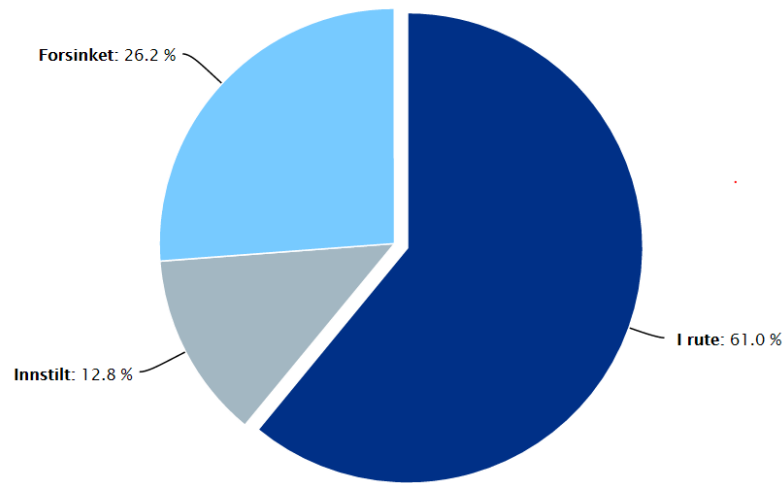
Effekten av forsinkelser i jernbanen er også omtalt av Olsson et al. (2015) som deler opp i direkte og indirekte effekter. De direkte målbare effektene av dårlig punktlighet medfører konsekvenser for togselskapene, kundene og Jernbaneverket. Avvikskostnader kan bestå av etablering av alternativ transport til de reisende med passasjertog, overtidsbetaling til ansatte i jernbanen, og eventuell alternativ transport for godstrafikk. Indirekte effekter av manglende punktlighet vil ha konsekvenser for brukere og samfunnet. Dette omfatter ekstra kostnader for togpassasjerer, godstransportkjøpere, dårlige ringvirkninger for næringslivet, redusert omdømme for jernbanesektoren og i ytterste konsekvens redusert statlig satsing på jernbane.

5.11 Verktøy for analyser over tid og strekning

5.11.1 Mitt tog

Verktøyet «Mitt tog» ligger tilgjengelig på Jernbaneverkets nettsider og publikum kan fritt finne trafikkinformasjon for utvalgte strekninger og tidsperioder. Verktøyet viser prosentmessig tog i rute, kansellert og forsinket, illustrert i figur 20. Mitt tog viser kun samlede gjennomsnittsverdier av parameterne på strekningen for den angitte tidsperioden. Variasjonen av parameterne over tid kommer ikke frem i denne oversikten og det er derfor vanskelig å lese trender fra dette verktøyet. Det er eksempelvis ikke mulig å kartlegge den dårligste eller beste måneden for strekningen uten å måtte analysere hver enkelt måned hver for seg.

Oslo S - Lillehammer



Figur 20: Mitt tog: verktøy for publikum som viser tog som er i rute, innstilt og forsinket (Kilde: Jernbaneverket).

5.11.2 Verktøy fra PRESIS-prosjektet

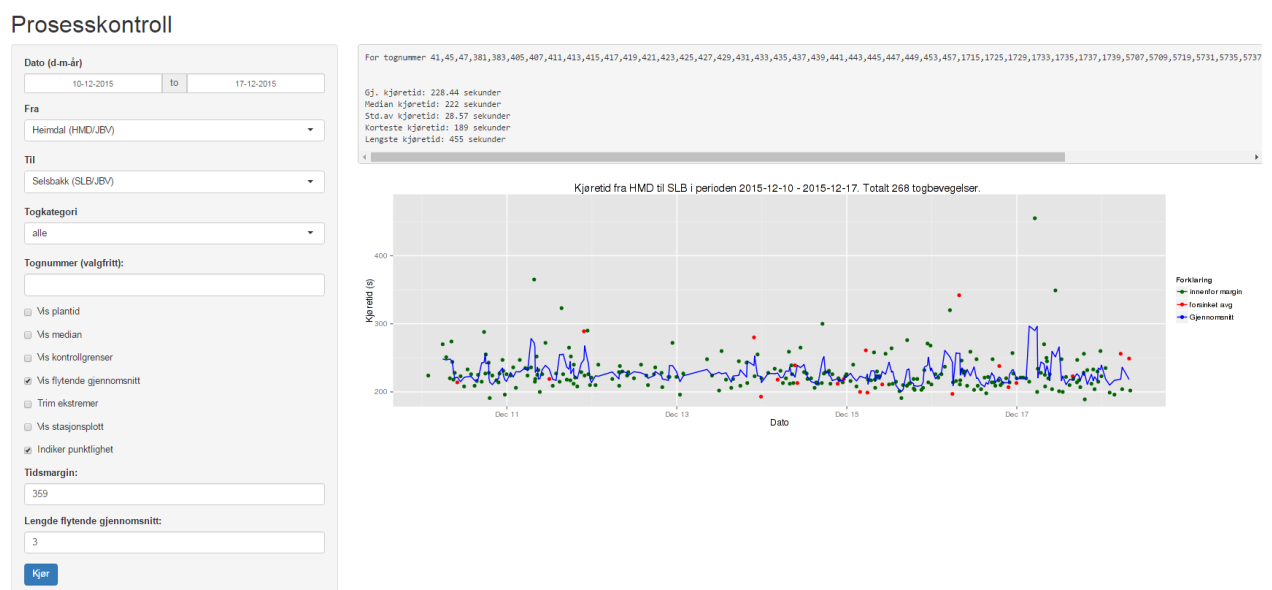
Forskningsprosjektet PRESIS utviklet en verktøykasse som kan gjennomføre flere forskjellige analyser av togtrafikdata. Analysene er basert på Jernbaneverkets punktlighetsdata. Under PRESIS-prosjektet ble det konstruert flere verktøy for å plote analysegrafer basert på data hentet direkte fra TIOS. Sammenstilte verktøy fra PRESIS-prosjektet er følgende (Olsson et al. 2015):

- SPC-verktøyet viser «prosesskontrolldiagram» for kjøretid.
- Heatmap produserer et varmekart som viser punktligheten over tid/strekning/tid-på-døgnet.
- CorRail viser et korrelasjonsplott mellom endestasjonspunktligheit og underveispunktligheit.
- Volum oppgir antall tog over strekning sammenholdt med drivmaskinfeil.
- Kryssingsplott viser korrelasjonen mellom to tog som krysser, viser hvor presise kryssingene er.
- Variasjonsplott gir variasjonen i togtrafikken dag for dag, overlatt med et kontrolldiagram.
- Presisometeret viser punktlighet over tid og strekning for flere punktlighetsgrenser .

- Videreutviklet TogGraf
- KryssForsink viser kryssinger, filtrert på forsinkelsesmargin (følgeforsinkelser).
- Rutefinner viser stasjoner for et gitt tognummer/dag.

5.11.2.1 SPC-verktøyet

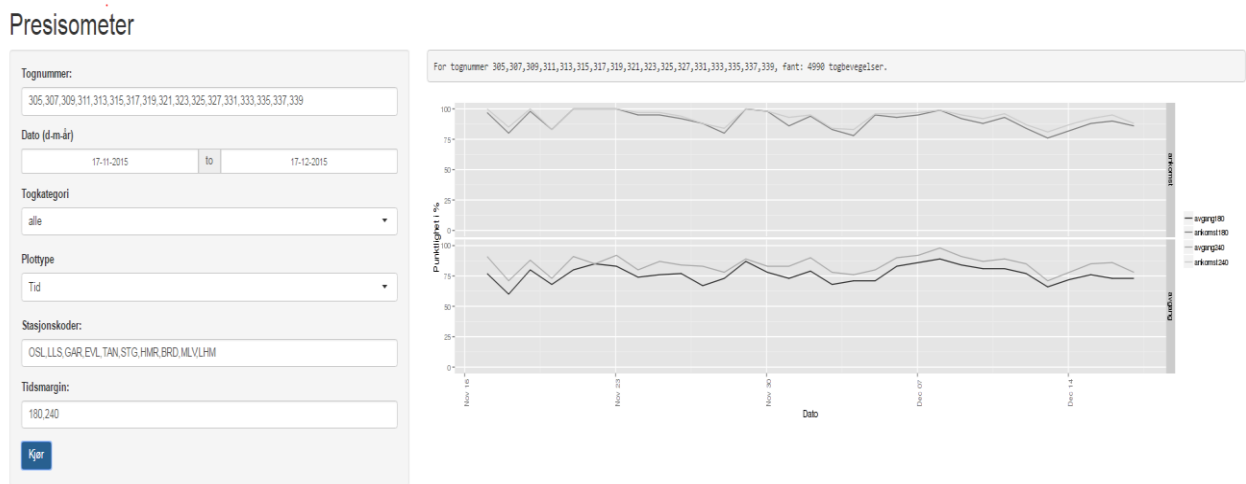
Prikkene/punktene på grafen i figur 21, representerer antall tog som trafikkerer gjennom de angitte stasjonene. Når «indiker punktlighet» er haket av i verktøymenyen så representerer de grønne punktene tog innen for marginen (i rute), mens de røde representerer forsinkede tog. Tidsmarginen skrives inn manuelt og er naturlig å sette til 239 sekunder (tre minutter og 59 sekunder) for lokaltog og mellomdistansetog og 359 sekunder (fem minutter og 59 sekunder) for langdistansetog. Det oppgis også hvilke tog som trafikkerer denne strekningen og er presentert med respektive tognummer. I tillegg til tognummer blir også antall togbevegelser registrert og oppgitt. Videre oppgis gjennomsnittlig framføringstid, lengste reisetid, korteste reisetid og standardavviket til kjøretiden.



Figur 21: SPC-verktøyet fra PRESIS-prosjektet, SINTEF.

5.11.2.2 Presisometer

Presisometeret plottes punktligheten over tid/strekning for forskjellige punktligheitsgrenser. I figur 22 er grensene satt til 180 og 240 sekunder. Grafen viser både avgangspunktlighet og ankomstpunktlighet for begge grensene. Grafen kan enten analysere et togprodukt om gangen eller plote flere avhengig av hvor mange tognummer som legges inn. Stasjonskodene og tidsperioden må også legges inn manuelt. Videre er det valgbart å plote grafen over tid eller plote grafen over strekning. Også i dette verktøyet legges tidsmarginen inn manuelt og det blir naturlig å inkludere punktligheitsgrensen på 239 sekunder eller 359 sekunder som for SPC-verktøyet.



Figur 22: Presisometer-verktøy fra PRESIS-prosjektet, SINTEF.

6 ANALYSE AV JERNBANEPROSJEKTER

I det følgende analyseres en rekke jernbaneprosjekter. Et begrenset antall indikatorer sammenstilles over en tidsperiode. I denne undersøkelsen er data for reisetid, punktlighet og togfrekvens analysert. Prosjektporteføljen studert i dette kapitlet er valgt ut for å forsøke å dekke mangfoldet og kompleksiteten til forskjellige jernbaneprosjekter. Prosjektene som er undersøkt er utbygging av krysningsspor, dobbeltspor, jernbanetunnel og ny stasjon og hensetting.

Analysene av punktlighet er basert på Presisometer-verktøyet fra PRESIS-prosjektet og Jernbaneverkets årlige punktlighetsrapporter. Kostnadstall er basert på opplysninger i statsbudsjett og Jernbaneverkets årsrapporter. Reisetid er hentet fra SPC-verktøyet fra PRESIS-prosjektet. Trafikkvolumet er basert på antall registrerte togavganger også hentet fra SPC-verktøyet.

Tidsperioden som er undersøkt før og etter ferdigstilling av prosjektet er valgt til å gjelde ett år før og ett år etter. Dette kunne også ha vært aktuelt å se på en lengre tidsperiode, men siden flere nye prosjekter blir studert har de ikke vært ferdig lenge nok til at det eksisterer data for et helt år eller lenger. For å ha en relativ konsistent undersøkelse av tidsperiode for alle prosjektene har det derfor blitt valgt å begrense det til ett år før og ett år etter. Der det ikke eksisterer data for et helt år etter fullført prosjekt har tilgjengelig data frem til nåtid blitt brukt.

6.1 Dovrebanen

6.1.1 Dobbeltspor Langset – Kleverud

Strekningen mellom Eidsvoll og Hamar er Norges mest trafikkerte enkeltsporede strekning (Jernbaneverket, 2015). Fra Nasjonal transportplan (2014-23) er det forutsatt at sammenhengende dobbeltspor til Hamar skal være ferdig i 2024 og det skal planlegges for dobbeltspor til Lillehammer innen 2030.

Strekningen Eidsvoll – Hamar inngår i InterCity-nettet på Østlandsområdet (Jernbaneverket, 2015). Strekningen fra Langset ved Minnesund til Kleverud ved Espa er første trinn i utbyggingen av InterCity med dobbeltspor mellom Eidsvoll og Hamar. Dobbeltsporet mellom Langset – Kleverud ble tatt i bruk 1. desember 2015 (Jernbaneverket, 2016).

I følge Jernbaneverket (2016) er det ikke mulig å kjøre flere tog når etterspørselen er størst, uten at det vil gå ut over togenes hastighet og punktlighet. Utbyggingen skal gi plass til både godstog og persontog, og gjennom en trinnvis utbygging skal økt kapasitet kunne tas i bruk etter hvert som nye etapper blir ferdigstilt.

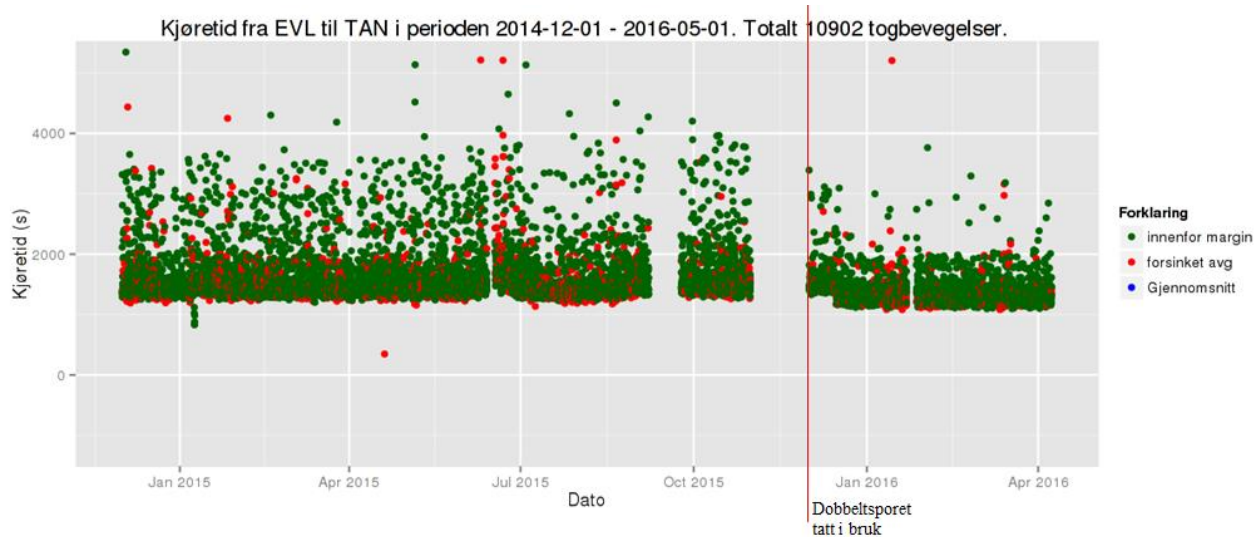


Figur 23: Skjematisk fremstilling av dobbeltsporet på Dovrebanen (Jernbaneverket, 2015).

Ved ferdig utbygd dobbeltspor på hele strekningen mellom Eidsvoll og Hamar skal antall togavganger kunne dobles, det skal bli færre forsinkelser og framføringstiden for persontog mellom Oslo og Hamar skal reduseres til under én time. Nytt dobbelt jernbanespor og firefelts motorveg er bygd i felles trasé langs Mjøsa på denne parsellen. Statens vegvesen og Jernbaneverket har hatt et tett samarbeid om prosjektering og planlegging, og de opprettet felles bygg- og prosjektledelse for arbeiderne. Fellesprosjektets kostnadsramme er til sammen på 11 964 mill. kr, fordelt på 5 328 mill. på Jernbaneverket og 6 636 mill. på Statens Vegvesen. Dobbeltspor-strekningen er 16,75 km lang, og motorvegen er 21,6 km lang (Jernbaneverket, 2016).

6.1.1.1 Framføringstid

I figur 24 fremkommer endringen i framføringstiden før og etter åpningen av dobbeltsporet mellom Langset og Kleverud 1. desember 2015. Data er hentet fra et år før åpningen av dobbeltsporet og frem til 1. mai 2016.



Figur 24: Framføringstid mellom Eidsvoll og Tangen før og etter åpning av dobbeltsporet mellom Langset og Kleverud (SPC-verktøy fra PRESIS-prosjektet).

Fra SPC-verktøyet fra PRESIS-prosjektet beregnes gjennomsnittlig framføringstid, vist i tabell 7, mellom stasjonene Eidsvoll og Tangen ett år før åpningen av dobbeltsporet til 27 minutter og 4 sekunder og etter åpningen av dobbeltsporet til 23 minutter og 28 sekunder.

Tabell 7: Gjennomsnittlig kjøretid mellom Eidsvoll og Tangen før og etter åpningen av dobbeltsporet mellom Langset og Kleverud (SPC-verktøy fra PRESIS-prosjektet).

	Før [sekunder]	Etter [sekunder]
Gj. kjøretid	1624.4	1408.8
Median kjøretid	1453	1367
Std.av kjøretid	497.7	248.6
Korteste kjøretid	347	1082
Lengste kjøretid	18460	5207

Fra SPC-verktøyet beregnes også gjennomsnittlig reisetiden for hele strekningen mellom Oslo og Lillehammer, vist i tabell 8, ett år før åpningen av dobbeltsporet til 2 timer, 13 minutter og 10 sekunder og til 2 timer, 12 minutter og 33 sekunder etter åpningen.

Tabell 8: Gjennomsnittlig kjøretid mellom Oslo og Lillehammer før og etter åpningen av dobbeltsporet mellom Langset og Kleverud (SPC-verktøy fra PRESIS-prosjektet).

	Før [sekunder]	Etter [sekunder]
Gj. kjøretid	7989.8	7953.2
Median kjøretid	7847	7872.5
Std.av kjøretid	573.3	588
Korteste kjøretid	6058	5659
Lengste kjøretid	15000	15858

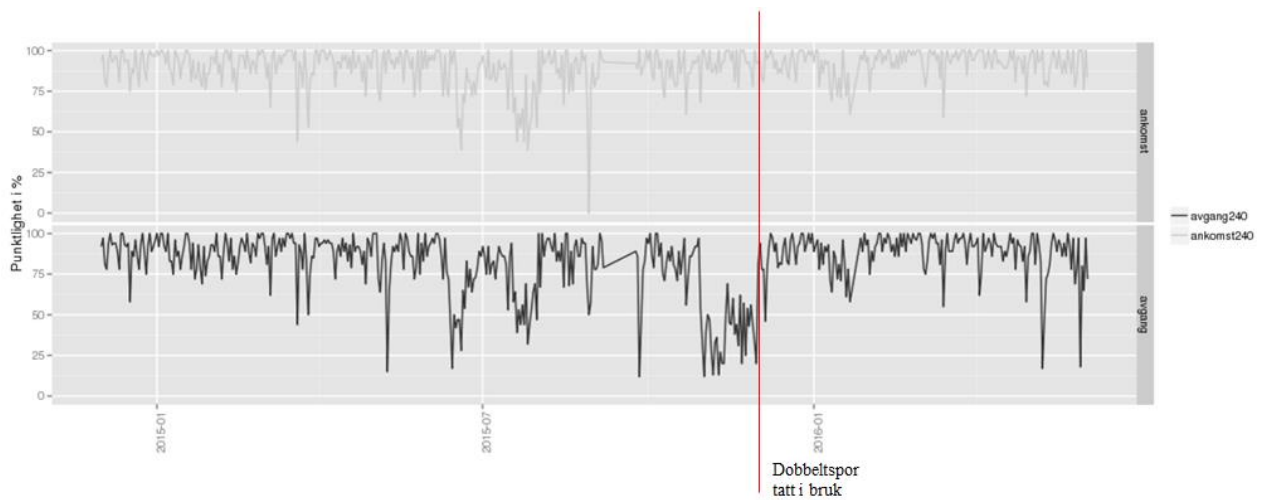
6.1.1.2 Punktlighet

Et mellomdistansetog er definert som i rute hvis det ankommer stasjonen innenfor en tidsmargin på 3 minutter og 59 sekunder av annonsert ankomsttid. Det er derfor blitt brukt 240 sekunder som margin for om et tog er i rute eller ikke i undersøkelsene. Det er skilt på persontog og godstog i punktlighetsplottene fra persisometer-verktøyet fra PRESIS-prosjektet.

Kun punktlighet for persontog er plottet. Punktlighetsendringen er studert lokalt og på et større tverrsnitt i begge retninger på den aktuelle strekningen. Statistikkrapportene fra Jernbaneverket inkluderer kun ankomstpunktlighetstall for persontog for strekningen mellom Oslo og Lillehammer.

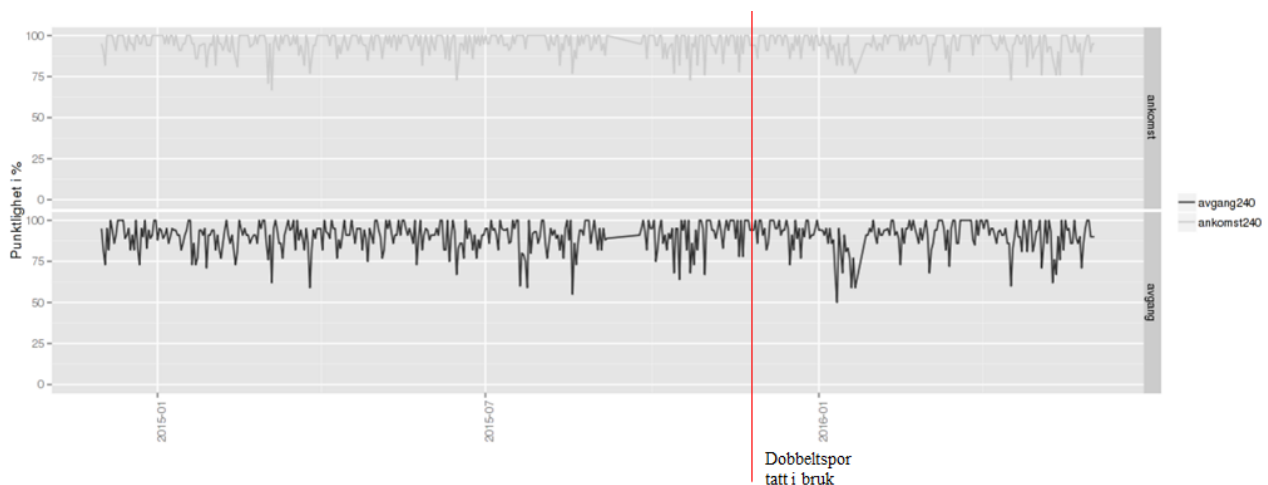
Nordgående togtrafikk:

I figur 25 framkommer punktlighetsendringene mellom stasjonene Eidsvoll og Tangen før og etter åpningen av dobbeltsporet mellom Langset og Kleverud.



Figur 25: Avgangs- og ankomstpunktlighet mellom Eidsvoll og Tangen før og etter åpningen av dobbeltsporet fra Langset til Kleverud (Presisometer-verktøy fra PRESIS-prosjektet).

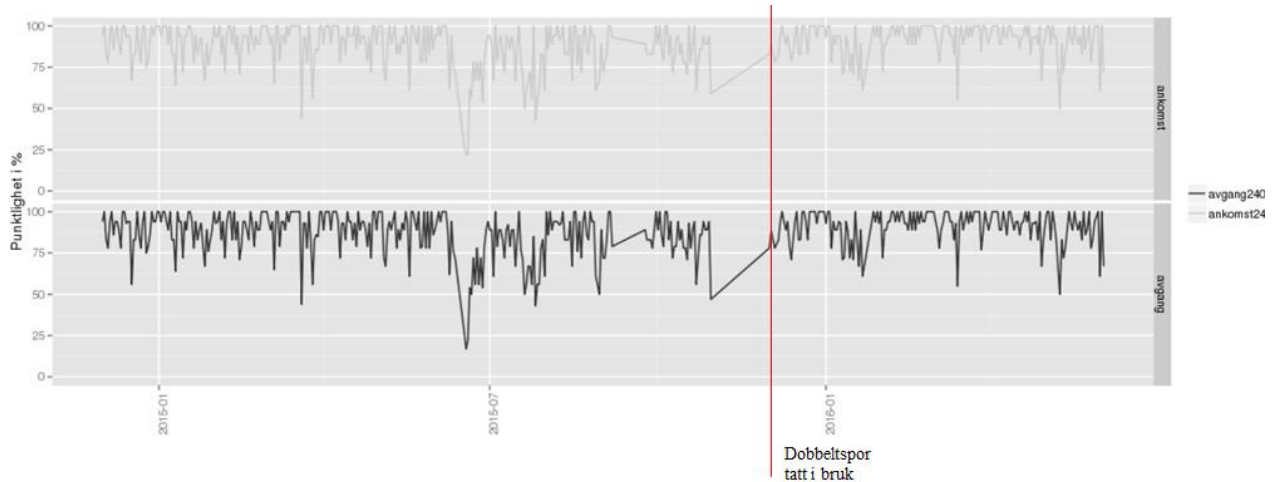
Avgang- og ankomstpunktlighet mellom Oslo og Lillehammer er vist i figur 26 før og etter åpningen av dobbeltsporet mellom Langset og Kleverud.



Figur 26: Avgangs- og ankomstpunktlighet fra Oslo til Lillehammer før og etter åpningen av dobbeltsporet mellom Langset og Kleverud (Presisometer-verktøy fra PRESIS-prosjektet).

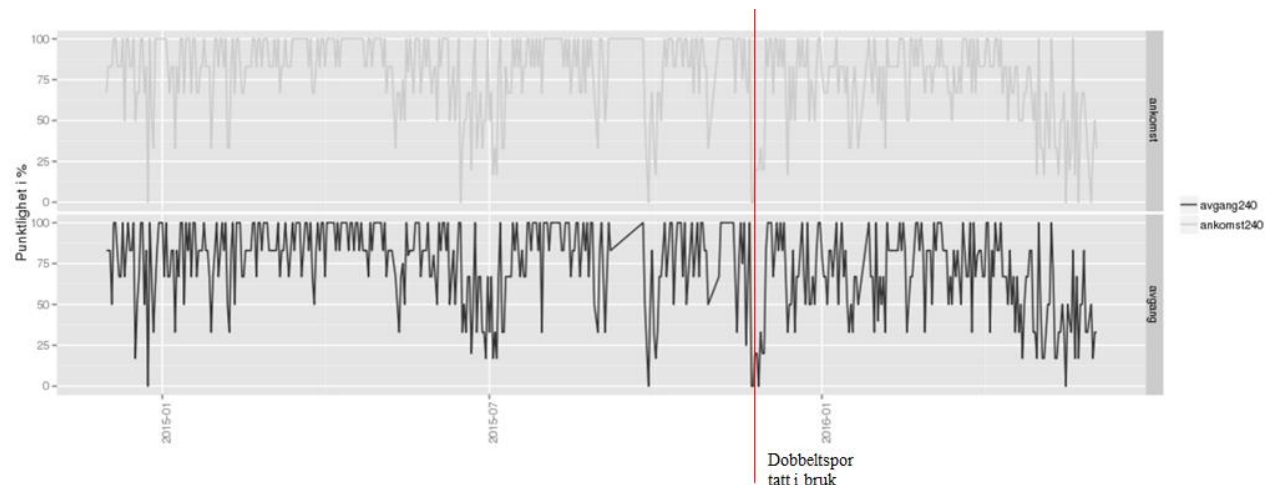
Sørgående togtrafikk:

I figur 27 fremkommer punktlighetsendringene mellom Tangen og Eidsvoll før og etter åpningen av dobbeltsporet mellom Langset og Kleverud.



Figur 27: Avgang- og ankomstpunktlighet fra Tangen til Eidsvoll før og etter åpningen av dobbeltsporet mellom Langset og Kleverud (Presisometer-verktøyet fra PRESIS-prosjektet).

Avgang- og ankomstpunktlighet mellom Lillehammer og Oslo er vist i figur 28 før og etter åpningen av dobbeltsporet mellom Langset og Kleverud.



Figur 28: Avgang- og ankomstpunktlighet fra Lillehammer til Oslo før og etter åpningen av dobbeltsporet mellom Langset og Kleverud (Presisometer-verktøyet fra PRESIS-prosjektet).

Jernbaneverkets statistikkrapporter fra 2015 og 2016 viser at gjennomsnittlig punktlighet for persontog mellom Oslo og Lillehammer før åpningen av dobbeltsporet mellom Langset og

Kleaverud i 2015 er 88,9 % og gjennomsnittlig punktlighet etter frem til 1. mai 2016 også er 88,9 % (Jernbaneverket, 2015a og Jernbaneverket, 2016a).

6.1.1.3 Trafikkvolum

Fra SPC-verktøyet fra PRESIS-prosjektet kan antall registrerte togbevegelser bli vist. Mellom stasjonene Eidsvoll og Tangen før åpningen av dobbeltsporet mellom Langset og Kleaverud var det gjennomsnittlig registrert 2039 togbevegelser per måned og etter åpningen 2410 togbevegelser per måned.

6.1.1.4 Oppsummering

Tabell 9 viser en oversikt over alle prestasjonsmålene undersøkt for prosjektet: dobbeltspor mellom Langset og Kleaverud. Parameterne i tabell 9 er hentet fra tidligere i dette delkapittelet 6.1.1 som viser hvordan de er beregnet.

Tabell 9: Oppsummering av prosjektet: dobbeltspor Langset – Kleaverud.

	Før utbygging (01.12.2014)	Faktisk våren 2016	Endring	Endring prosent
Reisetid over ny del av banen (Eidsvoll – Tangen)	27 min 4 sek	23 min 28 sek	- 3min 36 sek	- 13,3 %
Reisetid hele strekningen (Oslo – Lillehammer)	2 t 13 min 10 sek	2 t 12 min 33 sek	- 37 sek	0,4 %
Punktliget	88,9 %	88,9 %	0	0
Antall tog pr. mnd (begge retninger)	2039	2410	+ 371	+ 18,2 %
Lengde nye spor		16,75 km	16,75 km (dobbeltspor)	
Kostnad	4 437 mill (P50)	3 770 mill	- 667 (P50)	

6.1.2 Vålåsjø kryssingsspor

Kryssingssporet ved Vålåsjø på Dovre-plataet er et tiltak som skal øke kapasiteten på strekningen. På en togstrekning med mye godstrafikk vil dette nye kryssingssporet ha stor betydning for en smidigere og mer fleksibel togframføring (Jernbaneverket, 2009).

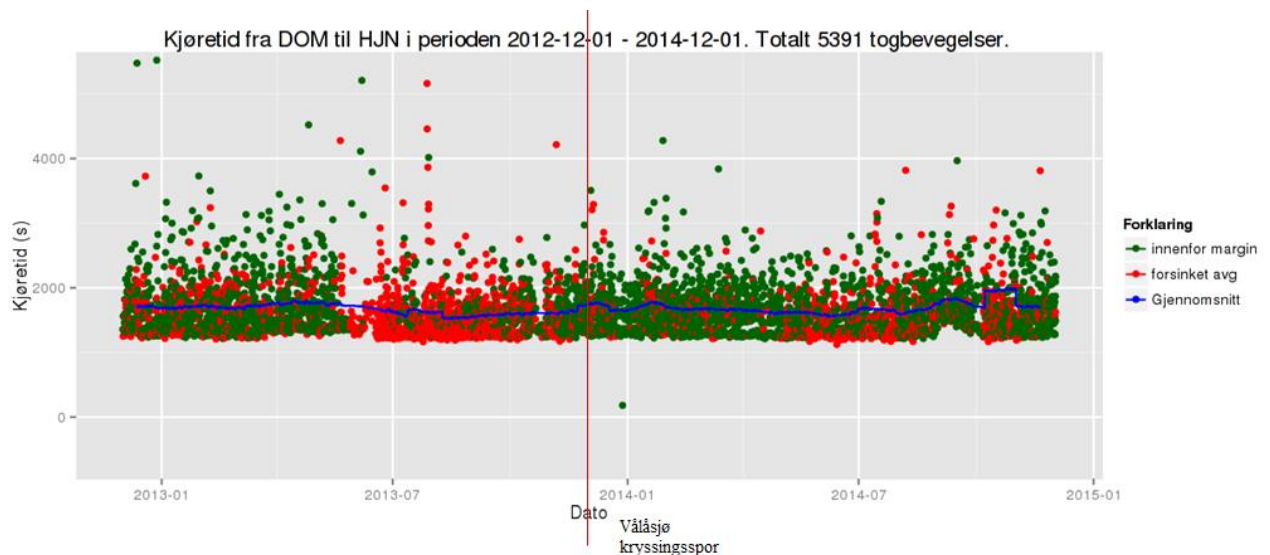


Figur 29: Kart over Vålåsjø kryssingsspor mellom Dombås og Hjerkind.

Vålåsjø kryssingssporet ble fullført i juni 2013 og sporet ble lagt inn i ruteplanen i desember. Det nye kryssingssporet er 700 meter langt og kan derfor håndtere de lengste godstogene på Dovrebanen. Persontog-trafikken vil også dra stor nytte av fleksibiliteten et slikt spor gir. Jernbaneverket kan bruke sporet til å redusere forsinkelser ved å forflytte kryssinger og ruteopplegget vil kunne bli mer robust (Jernbaneverket, 2013c). Fra Prop. 127 S (2009-2010) hadde prosjektet Vålåsjø kryssingsspor en styringsramme (P50) på 100 millioner kroner. I følge Jernbaneverkets årsrapport fra 2014 ble prosjektet avsluttet til en kostnad på en million kroner lavere enn styringsrammen.

6.1.2.1 Framføringstid

I figur 30 fremkommer endringen i framføringstiden før og etter at Vålåsjø kryssingsspor ble tatt med i ruteplanen i desember 2013. Data er hentet fra et år før og et år etter åpningen av kryssingssporet.



Figur 30: Framføringstiden før og etter åpningen av Vålåsjø kryssingsspor. (SPC-verktøy fra PRESIS-prosjektet).

Fra SPC-verktøyet fra PRESIS-prosjektet beregnes gjennomsnittlig framføringstid, vist i tabell 10, mellom Dombås og Hjerkin ett år før åpningen av kryssingssporet til 27 minutter og 44 sekunder. Ett år etter at kryssingssporet ble tatt i bruk er gjennomsnittlig framføringstid 28 minutter og 20 sekunder.

Tabell 10: Gjennomsnittlig kjøretid mellom Dombås og Hjerkin før og etter åpningen av kryssingssporet på Vålåsjø (SPC-verktøy fra PRESIS-prosjektet).

	Før [sekunder]	Etter [sekunder]
Gj. kjøretid	1664.3	1700.1
Median kjøretid	156	1613
Std.av kjøretid	440.1	1149.1
Korteste kjøretid	1164	181
Lengste kjøretid	7884	56814

Fra SPC-verktøyet beregnes også gjennomsnittlig reisetiden for strekningen mellom Oslo og Trondheim, vist i tabell 11, til 7 timer, 5 minutter og 34 sekunder ett år før åpningen av dobbeltsporet og 7 timer, 2 minutter og 52 sekunder ett år etter.

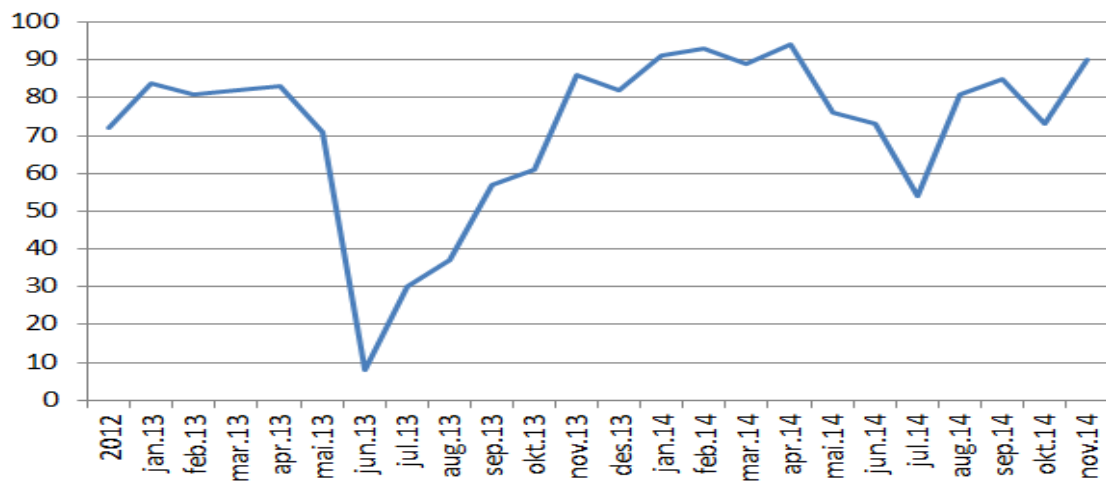
Tabell 11: Gjennomsnittlig kjøretid mellom Oslo og Trondheim før og etter åpningen av kryssingsspor på Vålåsjø (SPC-verktøy fra PRESIS-prosjektet).

	Før [sekunder]	Etter [sekunder]
Gj. kjøretid	25534.4	25372.4
Median kjøretid	24338.5	24246
Std.av kjøretid	2259.2	2227.3
Korteste kjøretid	22200	22720
Lengste kjøretid	58920	41470

6.1.2.2 Punktlighet

Vålåsjø kryssingsspor ligger på Dovrebanen som trafikkeres av langdistansetog. Et tog er derfor definert som i rute hvis det ankommer stasjonen innenfor en tidsmargin på 5 minutter og 59 sekunder av annonsert ankomsttid. Det har derfor blitt brukt 359 sekunder som margin for om et tog er i rute eller ikke i undersøkelsene. Det er ikke skilt på persontog eller godstog så punktligheten for begge to er plottet sammen i punktlighetsplottene fra persisometer-verktøyet fra PRESIS-prosjektet. Punktlighetsendringen er studert lokalt og på et større tverrsnitt i begge retninger på den aktuelle strekningen. Statistikkrapportene fra Jernbaneverket inkluderer kun ankomstpunktlighetstall for persontog for hele Dovrebanen mellom Oslo og Trondheim.

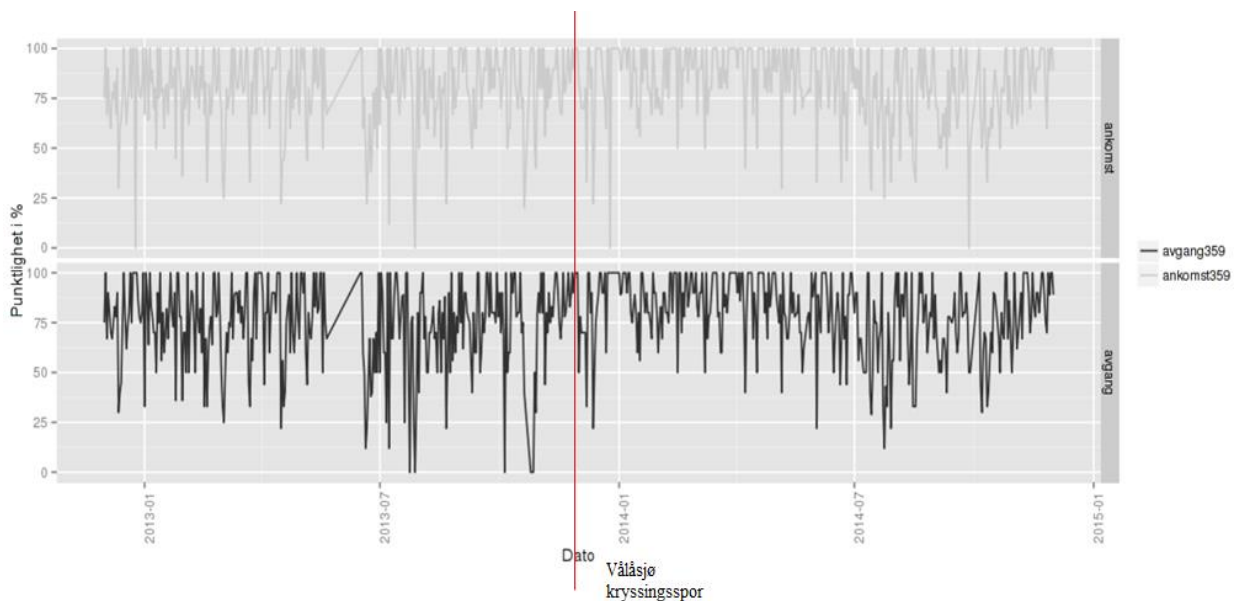
Jernbaneverkets statistikkrapporter fra 2013 og 2014 viser at gjennomsnittlig punktlighet for persontog på Dovrebanen mellom Oslo og Trondheim et år før åpningen av Vålåsjø kryssingsspor er 62,7 %, illustrert i figur 35, og gjennomsnittlig punktlighet et år etter er 81,8 % (Jernbaneverket, 2013d og Jernbaneverket, 2014b).



Figur 31: Punktligthet før og etter åpningen av Vålåsjø kryssingsspor (Jernbaneverket 2013d og 2014b).

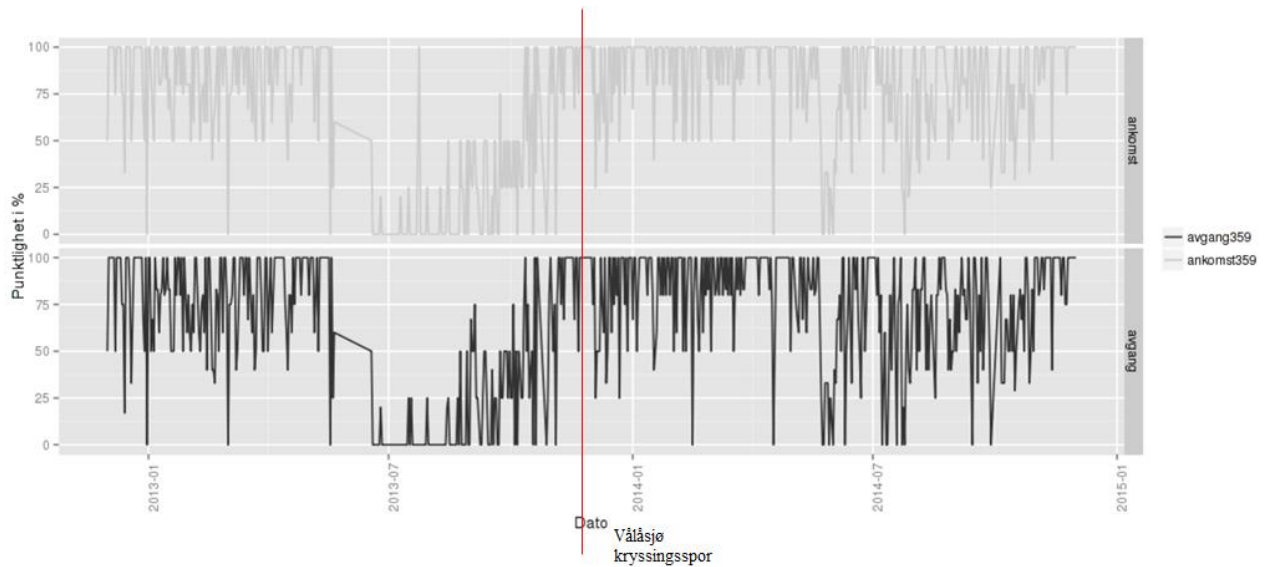
Nordgående togtrafikk:

I figur 31 fremkommer punktligthetsendringene mellom Dombås og Hjerkinns før og etter åpningen av Vålåsjø kryssingsspor.



Figur 32: Avgangs- og ankomstpunktligthet mellom Dombås og Hjerkinns før og etter åpningen av Vålåsjø kryssingsspor (Presisometer-verktøy fra PRESIS-prosjektet).

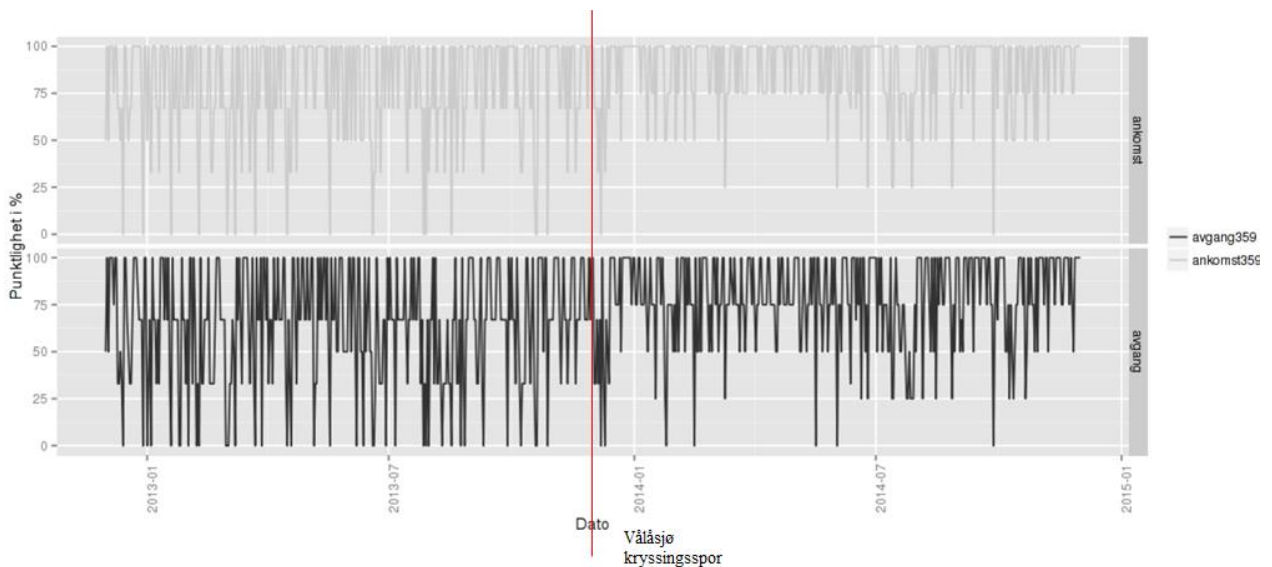
Avgangs- og ankomstpunktighet mellom Lillehammer og Trondheim er vist i figur 32 før og etter åpningen av Vålåsjø kryssingsspor.



Figur 33: Avgangs- og ankomstpunktighet mellom Lillehammer og Trondheim før og etter åpningen av Vålåsjø kryssingsspor (Presisometer-verktøy fra PRESIS-prosjektet).

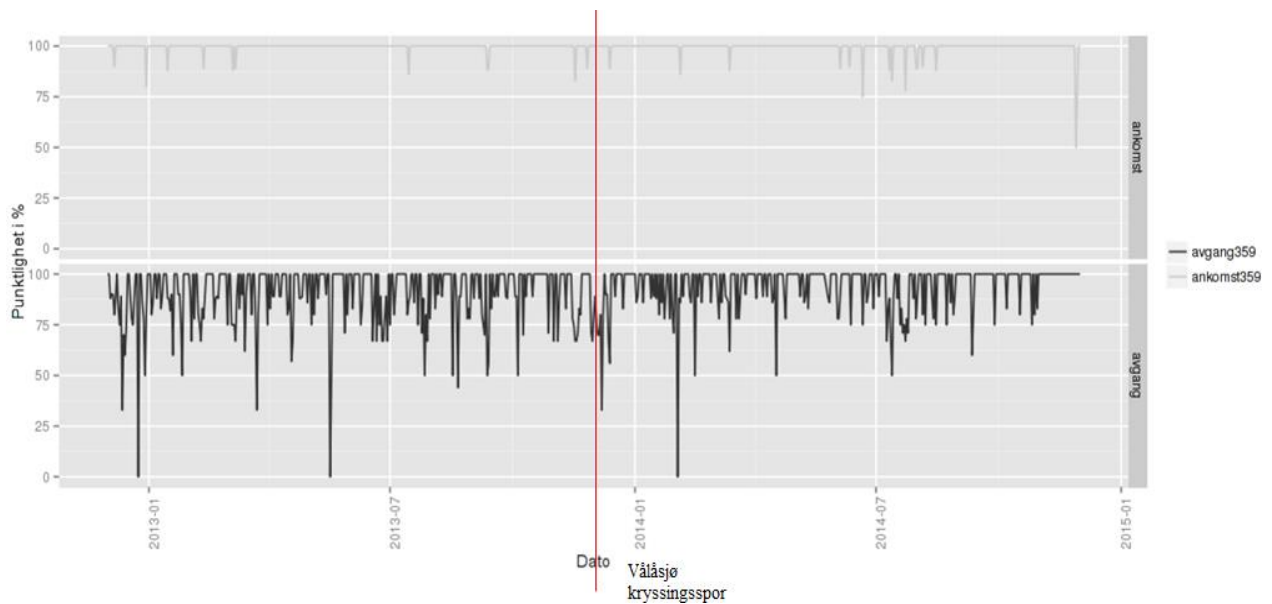
Sørgående togtrafikk:

I figur 33 fremkommer punktighetsendringene mellom Hjerkin og Dombås før og etter åpningen av Vålåsjø kryssingsspor.



Figur 34: Avgangs- og ankomstpunktighet mellom Hjerkin og Dombås før og etter åpningen av Vålåsjø kryssingsspor (Presisometer-verktøy fra PRESIS-prosjektet).

Avgangs- og ankomstpunktlighet mellom Trondheim og Lillehammer er vist i figur 34 før og etter åpningen av Vålåsjø kryssingsspor.



Figur 35: Avgangs- og ankomstpunktlighet mellom Trondheim og Lillehammer før og etter åpningen av Vålåsjø kryssingsspor (Presisometer-verktøy fra PRESIS-prosjektet).

6.1.2.3 Trafikkvolum

Fra SPC-verktøyet fra PRESIS-prosjektet kan antall registrerte togbevegelser bli vist. Mellom stasjonene Dombås og Hjerkinns før åpningen av Vålåsjø kryssingsspor ble det gjennomsnittlig registrert 442 togbevegelser per måned og etter åpningen 454 togbevegelser per måned.

6.1.2.4 Oppsummering

Tabell 12 viser en oversikt over alle prestasjonsmålene undersøkt for prosjektet: Vålåsjø kryssingsspor. Parameterne i tabell 12 er hentet fra tidligere i dette delkapittelet 6.1.2 som viser hvordan de er beregnet.

Tabell 12: Oppsummering av prosjektet: Vålåsjø kryssingsspor.

	Før utbygging (01.12.2012)	Faktisk (01.12.2013)	Endring	Endring prosent
Reisetid over del av banen (Dombås - Hjerking)	27 min 34 sek	28 min 20 sek	+ 36 sek	+ 2,2 %
Reisetid hele strekningen (Oslo – Trondheim)	7 t 5 min 34 sek	7 t 2 min 52 sek	- 2 min 42 sek	- 0,6 %
Punktlighet	62,7 %	81,8 %	+ 19,1 %-poeng	+ 19,1 %-poeng
Antall tog pr. mnd (begge retninger)	442	454	+ 12	+ 2,7 %
Lengde nye spor		700 m	700 m (Kryssingsspor)	
Kostnad	100 mill (P50)	99 mill	- 1 mill (P50)	

6.2 Nordlandsbanen

6.2.1 Gevingåsen tunnel

Gevingåsen jernbanetunnel ble åpnet 23. august 2011 av daværende samferdselsminister Magnhild Meltveit Kleppa. Denne tunnelen er et tiltak for å bedre jernbanetrafikken på Nordlandsbanen ved å redusere framføringstiden og tilrettelegge for en sikrere trasé. Tunnelen erstatter en rasutsatt strekning og skal øke kapasiteten på banen (Jernbaneverket, 2011).

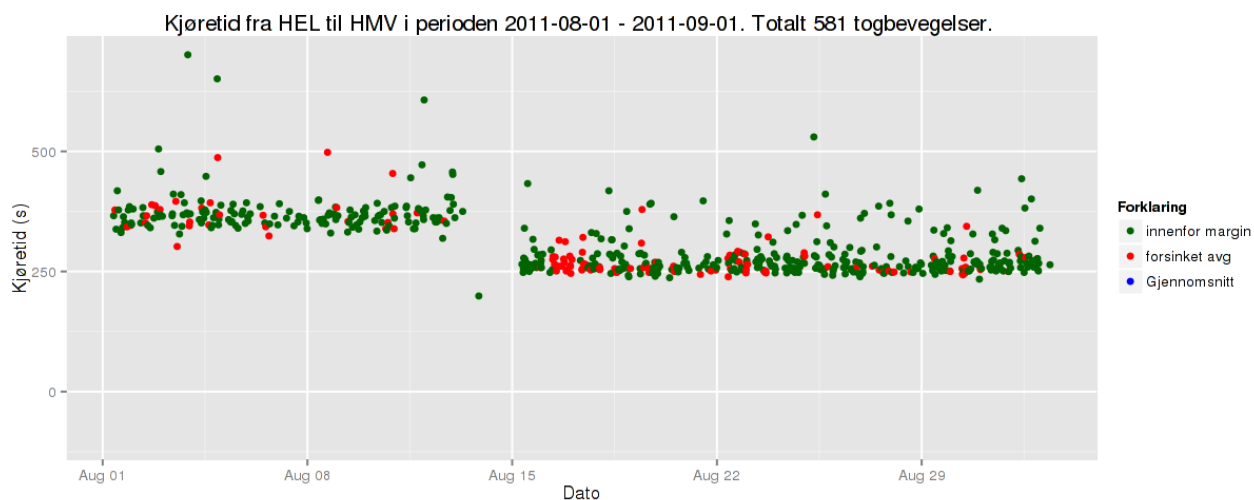


Figur 36: Kart over Gevingåsen jernbanetunnel mellom stasjonene Hell og Hommelvik.

Den nye banestrekningen er på totalt 5,7 km hvor 4,4 km av disse er i tunnel. Denne nye strekningen mellom Hell og Hommelvik stasjon er vel to kilometer kortere enn den gamle strekningen. Dette jernbanetiltaket skal på sikt gi 4-5 minutter tidsbesparelse, men kan først utnyttes når rutetabellen legges om på hele Nordlandsbanen (Jernbaneverket, 2011). I følge Jernbaneverkets årsrapport 2010 var prognostisert sluttkostnad på 645 millioner kroner, som var i henhold til godkjent styringsramme. Årsrapporten fra 2012 viser at den totale sluttkostnaden ble 731 millioner kroner, som var innenfor kostnadsrammen.

6.2.1.1 Framføringstid

Kort tid etter slike jernbaneinvesteringer ønsker man å se effekten av tiltaket. I figur 37 framkommer endringen i framføringstiden på strekningen mellom Hell og Hommelvik før og etter ferdigstilling av tunnelen.



Figur 37: Kjøretid for person- og godstog mellom Hell og Hommelvik, før og etter åpningen av Gevingåsen tunnel (SPC-verktøy fra PRESIS-prosjektet).

Fra SPC-verktøyet fra PRESIS-prosjektet beregnes gjennomsnittlig framføringstid, vist i tabell 13, mellom Hell og Hommelvik ett år før åpningen av tunnelen til 6 minutter og 37 sekunder og til 4 minutter og 3 sekunder ett år etter åpningen av tunnelen.

Tabell 13: Gjennomsnittlig kjøretid mellom Hell og Hommelvik før og etter åpningen av Gevingåsen tunnel (SPC-verktøy fra PRESIS-prosjektet).

	Før [sekunder]	Etter [sekunder]
Gj. kjøretid	397.3	243
Median kjøretid	373	223
Std.av kjøretid	368.4	211
Korteste kjøretid	-20	-5540
Lengste kjøretid	18132	13334

Fra SPC-verktøyet beregnes også gjennomsnittlig reisetiden på Trønderbanen for strekningen mellom Trondheim og Steinkjer, vist i tabell 14, til 2 timer, 5 minutter og 4 sekunder ett år før åpningen av tunnelen og til 2 timer, 3 minutter og 54 sekunder ett år etter.

Tabell 14: Gjennomsnittlig kjøretid mellom Trondheim og Steinkjer før og etter åpningen av Gevingåsen tunnel (SPC-verktøy fra PRESIS-prosjektet).

	Før [sekunder]	Etter [sekunder]
Gj. kjøretid	7504.9	7434.5
Median kjøretid	7504	7485
Std.av kjøretid	548.9	541
Korteste kjøretid	-5536	-2266
Lengste kjøretid	32742	18440

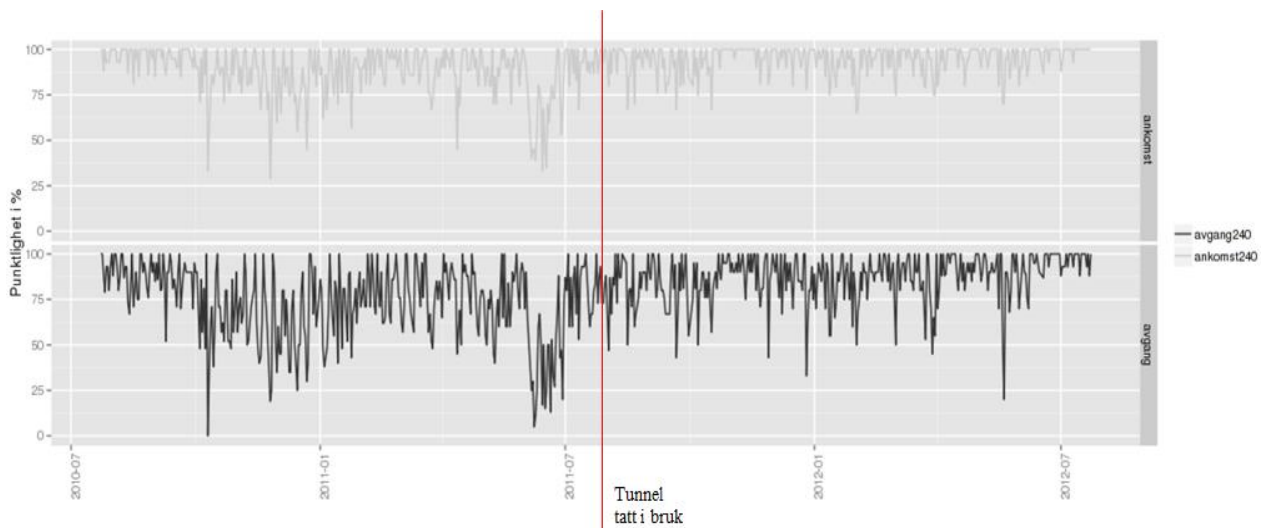
6.2.1.2 Punktlighet

Et lokaltog er definert som i rute hvis det ankommer stasjonen innenfor en tidsmargin på 3 minutter og 59 sekunder av annonsert ankomsttid. Det er derfor blitt brukt 240 sekunder som margin for om et tog er i rute eller ikke i undersøkelsene. Det er skilt på persontog og godstog i punktlighetsplottene fra persisometer-verktøyet fra PRESIS-prosjektet. Kun punktlighet for persontog er plottet. Punktlighetsendringen er studert lokalt og på et større tverrsnitt i begge retninger på den aktuelle strekningen. Statistikkrapportene fra Jernbaneverket inkluderer kun ankomstpunktlighetstall for persontog på Trønderbanen.

Jernbaneverkets statistikkrapporter fra 2010, 2011 og 2012 viser at gjennomsnittlig punktlighet for persontog på Trønderbanen ett år før åpningen av Gevingåsen jernbanetunnel frem til august 2011 er 85 %. Gjennomsnittlig punktlighet ett år etter åpningen av tunnelen fra august 2011 er 91 % (Jernbaneverket, 2010b, Jernbaneverket, 2011a og Jernbaneverket, 2012a).

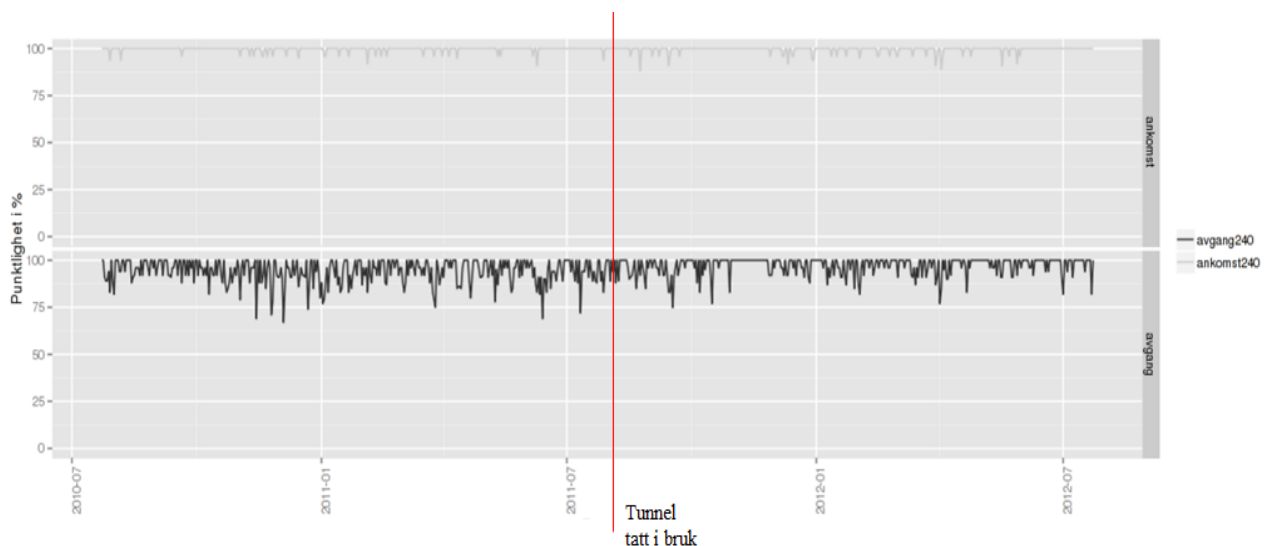
Nordgående tog:

Avgangs- og ankomstpunktligthet for persontog mellom stasjonene Hommelvik og Hell er vist i figur 38.



Figur 38: Avgangs- og ankomstpunktligthet mellom Hommelvik og Hell før og etter åpningen av Gevingåsen tunnel (Presisometer-verktøyet fra PRESIS-prosjektet).

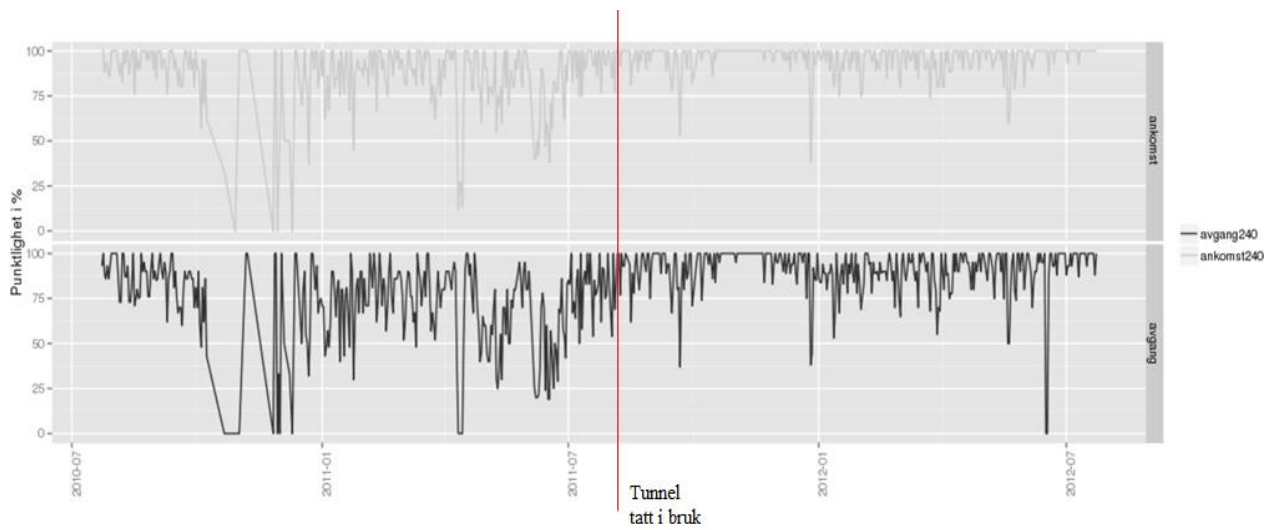
Avgangs- og ankomstpunktligthet for persontog mellom Trondheim og Steinkjer er vist i figur 39.



Figur 39: Avgangs- og ankomstpunktligthet mellom Trondheim og Steinkjer før og etter åpningen av Gevingåsen tunnel (Presisometer-verktøyet fra PRESIS-prosjektet).

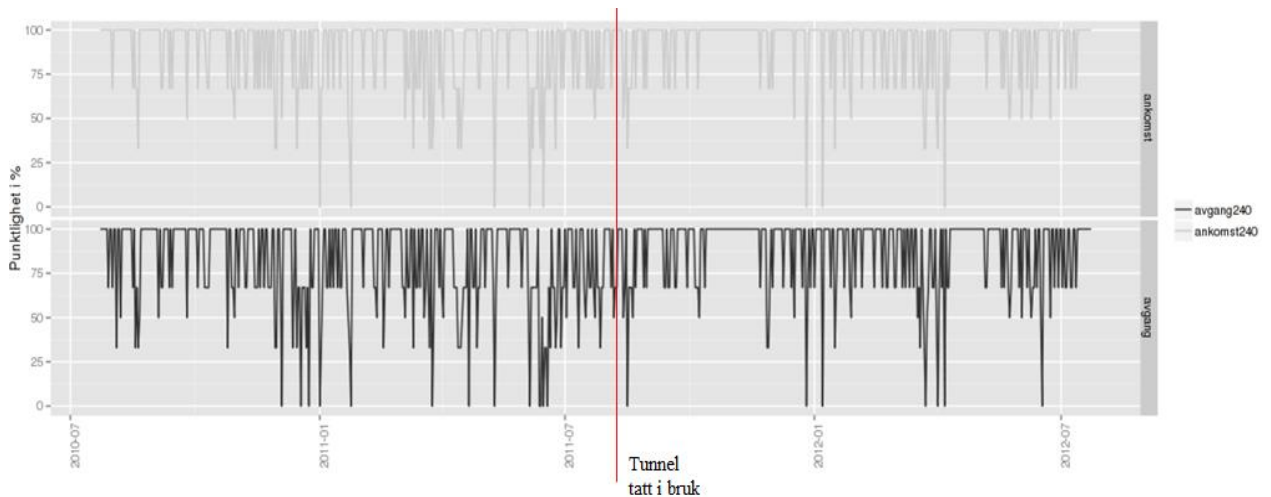
Sørgående tog:

Avgangs- og ankomstpunktighet for sørgående tog, persontog, mellom Hell og Hommelvik er vist i figur 40.



Figur 40: Avgangs- og ankomstpunktighet mellom Hell og Hommelvik før og etter åpningen av Gevingåsen tunnel (Presisometer-verktøyet fra PRESIS-prosjektet).

Avgangs- og ankomstpunktighet for sørgående tog, persontog, mellom Steinkjer og Trondheim er vist i figur 41.



Figur 41: Avgangs- og ankomstpunktighet mellom Steinkjer og Trondheim før og etter åpningen av Gevingåsen tunnel (Presisometer-verktøyet fra PRESIS-prosjektet).

6.2.1.3 Trafikkvolum

Fra SPC-verktøyet fra PRESIS-prosjektet er gjennomsnittet av antall registrerte togbevegelser mellom Hell og Hommelvik før åpningen av Gevingåsen tunnel 1017 togbevegelser per måned og etter åpningen 1114 togbevegelser per måned. Målingene har hentet data fra ett år før åpningen av tunnelen og ett år etter.

6.2.1.4 Oppsummering

Tabell 15 viser en oversikt over alle prestasjonsmålene undersøkt for prosjektet: Gevingåsen tunnel. Parameterne i tabell 15 er hentet fra tidligere i dette delkapittelet 6.2 som viser hvordan de er beregnet.

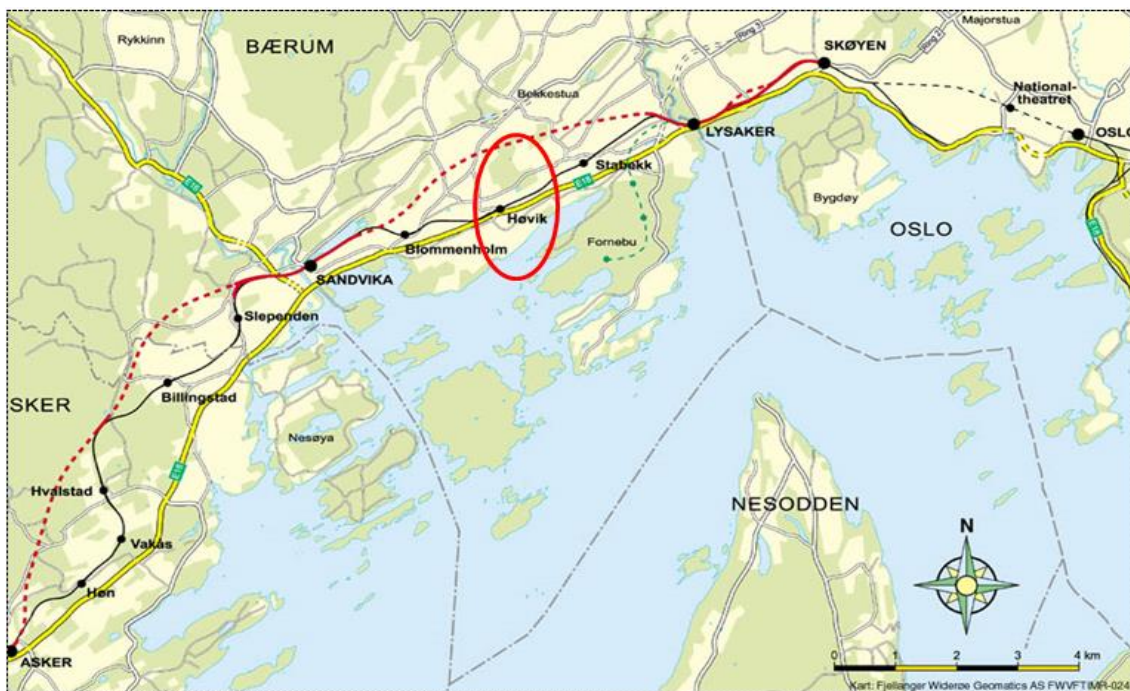
Tabell 15: Oppsummering av prosjektet: Gevingåsen jernbanetunnel.

	Før utbygging (2010)	Faktisk (2012)	Endring	Endring prosent
Reisetid over ny del av banen (Hell - Hommelvik)	6 min 34 sek	4 min 3 sek	- 2 min 34 sek	- 39 %
Reisetid hele strekningen (Trondheim - Steinkjer)	2 t 5 min 4 sek	2 t 3 min 54 sek	- 1 min 10 sek	- 0,9 %
Punktlighet	85 %	91 %	+ 6 %-poeng	+ 6 %-poeng
Antall tog pr. mnd (begge retninger)	1017	1114	+ 97	+ 9,5 %
Lengde nye spor		5,7 km	5,7 km (4,4 km i tunnel)	
Kostnad	645 mill (P50)	731 mill	+ 86 mill (P50)	

6.3 Drammensbanen

6.3.1 Høvik stasjon og hensetting

Den 13. desember 2015 ble togtrafikken igjen åpnet for å trafikkere stasjonene Stabekk, Høvik og Blommenholm på Drammensbanen mellom Lysaker og Sandvika. Etter å ha stengt banen i to og et halvt år siden april 2013 har det blitt gjort arbeid for ca. én milliard kroner (Jernbaneverket, 2015b).



Figur 42: Svart linje viser Drammensbanen, mens rød linje viser Askerbanen.

Ved gjenåpningen er togtilbudet for disse tre stasjonene kraftig forbedret. På Høvik stasjon er stasjonsområdet fullstendig ombygd, hvor stasjonen har fått to nye 220 meter lange sideplattformer på hver side. På stasjonen er det nå fem spor. De tre sporene i midten er ikke tilgjengelig for publikum og er et anlegg for vending av tog. Lysaker stasjon er en av landets største målt i antall av- og påstigninger, og disse snusporene ved Høvik stasjon er viktig for blant annet å styrke togtilbudet ved Lysaker. I tillegg er Høvik stasjon sammen med Stabekk de første stasjonene på Østlandet som bruker jordvarme for å holde plattformene frie for snø og is (Jernbaneverket, 2015b).

6.3.1.1 Framføringstid

Fra SPC verktøyet fra PRESIS-prosjektet er det valgt å se på gjennomsnittlig reisetid lokalt innenfor et kortere intervall enn hva som har tilgjengelig data for perioden før stengingen i april 2013. Det er registrert flere lange kjøretider, blant annet den 1. juli 2012 på 86659 sekunder (litt over 24 timer) som ‘trim ekstreme’ i verktøykassen til SPC ikke klarer å ignorere. Disse avvikene påvirker i stor grad gjennomsnittlig framføringstid som er forventet å ligge rundt 5 minutter. Det er derfor valgt å se bort fra dette og studere perioden etter, fra 2. juli 2012. Det er også skilt på tog som trafikkerer Drammensbanen og Askerbanen som går parallelt med hverandre. Det er her interessant å studere Drammensbanen som Høvik stasjon ligger på og undersøkelsen lokalt er valgt å se på reisetid mellom stasjonene Lysaker og Blommenholm.

Fra SPC-verktøyet beregnes gjennomsnittlig framføringstid, vist i tabell 16, mellom Lysaker og Blommenholm før banen ble stengt for arbeid fra 2. juli 2012 til april 2013 til 5 minutter og 9 sekunder. Etter åpningen av stasjonen fra 13. desember 2015, er gjennomsnittlig framføringstid på denne strekningen 5 minutter og 37 sekunder.

Tabell 16: Gjennomsnittlig kjøretid mellom Lysaker og Blommenholm før og etter åpningen av banen (SPC-verktøy fra PRESIS-prosjektet).

	Før [sekunder]	Etter [sekunder]
Gj. kjøretid	309.1	337.5
Median kjøretid	307	335
Std.av kjøretid	33	48.5
Korteste kjøretid	85	156
Lengste kjøretid	957	1153

Fra SPC-verktøyet beregnes også gjennomsnittlig reisetiden på Drammensbanen for strekningen mellom Oslo og Drammen, vist i tabell 17, til 33 minutter og 51 sekunder før stengingen av delstrekningen mellom Sandvika og Lysaker og til 32 minutter og 51 sekunder etter åpningen av Strekningen igjen.

Tabell 17: Gjennomsnittlig kjøretid mellom Oslo S og Drammen før og etter åpningen av banestrekningen (SPC-verktøy fra PRESIS-prosjektet).

	Før [sekunder]	Etter [sekunder]
Gj. kjøretid	2031	1971.8
Median kjøretid	2002	1934
Std.av kjøretid	952.6	1066.9
Korteste kjøretid	-50	-83382
Lengste kjøretid	83925	126256

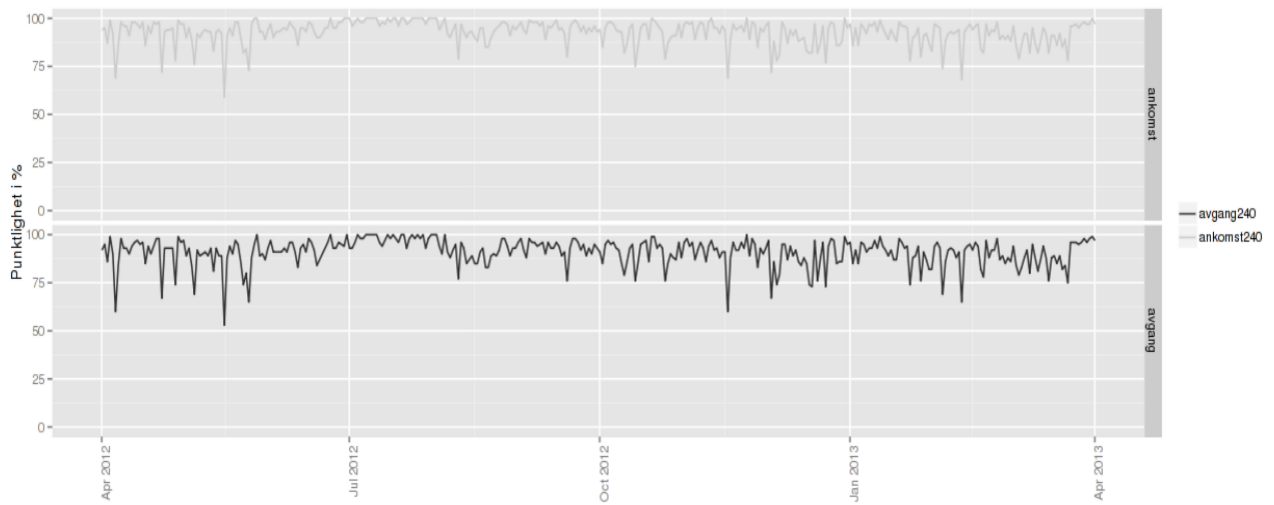
6.3.1.2 Punktlighet

Et lokaltog er definert som i rute hvis det ankommer stasjonen innenfor en tidsmargin på 3 minutter og 59 sekunder av annonsert ankomsttid. Det er derfor blitt brukt 240 sekunder som margin for om et tog er i rute eller ikke i undersøkelsene. Det er skilt på persontog og godstog i plottene og kun punktlighet for persontog er studert fra persisometer-verktøyet fra PRESIS-prosjektet. Punktlighetsendringen er studert lokalt og på et større tverrsnitt i kun en retning, sørgående retning, på Drammensbanen. Statistikkrapportene fra Jernbaneverket inkluderer kun ankomstpunktlighetstall for persontog på hele Drammensbanen.

Jernbaneverkets statistikkrapporter fra 2012, 2013, 2015 og 2016 viser at gjennomsnittlig punktlighet for persontog på Drammensbanen ett år før stengningen av delstrekningen i april 2013 var på 90 %. Etter åpningen igjen 13. desember 2015 er gjennomsnittlig punktlighet 93 % (Jernbaneverket, 2012a, Jernbaneverket, 2013d, Jernbaneverket, 2015a og Jernbaneverket, 2016a).

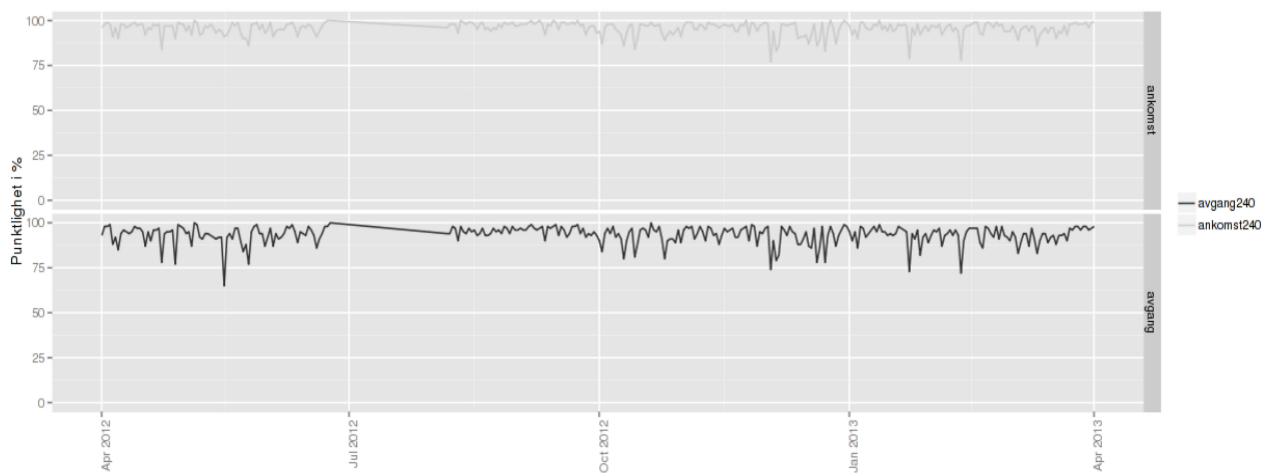
Før stengingen av banen:

Avgangs- og ankomstpunktligheit for persontog mellom Lysaker og Blommenholm er vist i figur 43.



Figur 43: Avgangs- og ankomstpunktligheit mellom Lysaker og Blommenholm før stengingen av banen (Predisometer-verktøyet fra PRESIS-prosjektet).

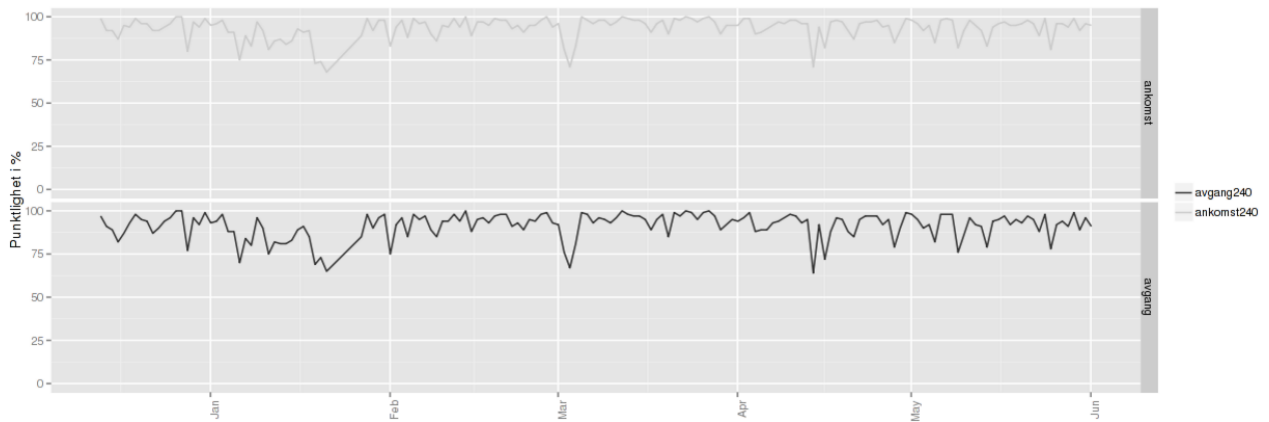
Avgangs- og ankomstpunktligheit, persontog, mellom Oslo og Drammen er vist i figur 44.



Figur 44: Avgangs- og ankomstpunktligheit mellom Oslo og Drammen før stengingen av banen (Predisometer-verktøyet fra PRESIS-prosjektet).

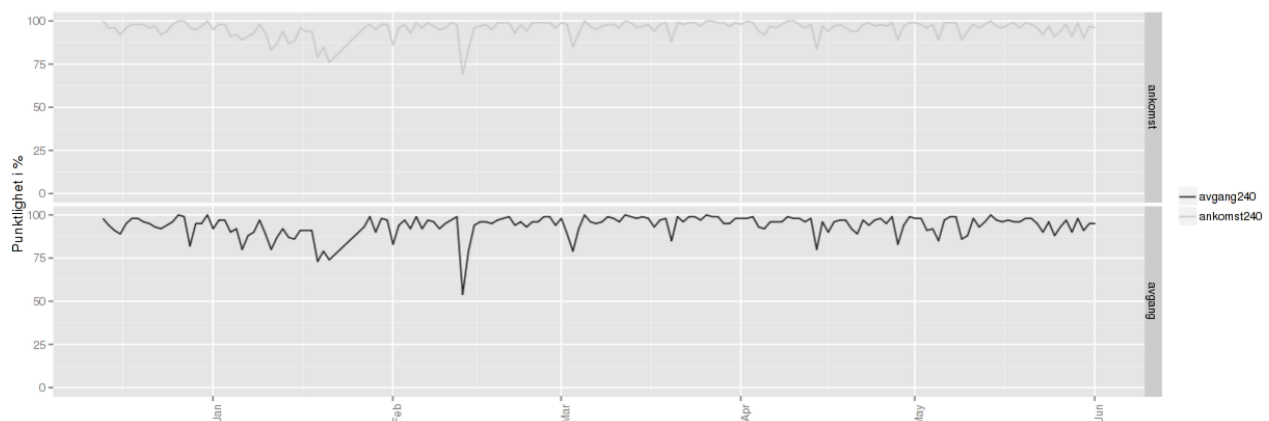
Etter åpningen av banen:

Avgangs- og ankomstpunktligthet for persontog mellom Lysaker og Blommenholm er vist i figur 45.



Figur 45: Avgangs- og ankomstpunktligthet mellom Lysaker og Blommenholm etter åpningen av banen igjen (Presisometer-verktøyet fra PRESIS-prosjektet).

Avgangs- og ankomstpunktligthet, persontog, mellom Oslo og Drammen er vist i figur 46.



Figur 46: Avgangs- og ankomstpunktligthet mellom Oslo og Drammen etter åpningen av banen igjen (Presisometer-verktøyet fra PRESIS-prosjektet).

6.3.1.3 Trafikkvolum

Fra SPC-verktøyet fra PRESIS-prosjektet er gjennomsnittet av antall registrerte togbevegelser mellom Oslo og Drammen før stengingen av delstrekningen 4099 togbevegelser per måned og etter åpningen igjen 4655 togbevegelser per måned. Målingene har hentet data fra ett år før stengingen av banen og frem til mai 2016 etter åpningen igjen.

6.3.1.4 Oppsummering

Tabell 18 viser en oversikt over alle prestasjonsmålene undersøkt for prosjektet: Høvik stasjon og hensetting. Parameterne i tabell 18 er hentet fra tidligere i dette delkapittelet 6.3 som viser hvordan de er beregnet.

Tabell 18: Oppsummering av prosjektet: Høvik stasjon og hensetting.

	Før utbygging (02.07.2012- 01.04.2013)	Faktisk (2016)	Endring	Endring prosent
Reisetid over del av banen (Lysaker - Blommenholm)	5 min 9 sek	5 min 37 sek	+ 28 sek	+ 0,9 %
Reisetid hele strekningen (Oslo - Drammen)	33 min 51 sek	32 min 51 sek	- 1 min	- 3 %
Punktlighet	90 %	93 %	+ 3 %-poeng	+ 3 %-poeng
Antall tog pr. mnd (begge retninger)	4099	4655	+ 556	+ 14 %
Kostnad	652 mill (P85)	694 mill	+ 42 mill (P85)	

7 EFFEKTEN AV JERNBANEPROSJEKTER

7.1 Evaluering av resultatene

For å måle effekten av prosjektene i ettertid er hovedsakelig tre indikatorer blitt undersøkt i denne rapporten. Forandring i reisetid, punktlighet og trafikkvolum er indikatorene som er analysert. Negative verdier på reisetiden viser til at framføringstiden har blitt kortere. Positive verdier for punktlighet innebærer at punktligheten er forbedret (flere tog i rute). Positive verdier for antall tog betyr at trafikkvolumet på toglinjen har økt.

7.1.1 Langset – Kleverud

Fra forrige kapittel er de kvantitative resultatene fra indikatorene reisetid, punktlighet og trafikkvolum funnet for prosjektet Langset – Kleverud. Suksessen til prosjektet med hensyn til disse indikatorene er fremstilt i tabell 9. Med hensyn til de indikatorene som er analysert kan det observeres fra tabell 9 at prosjektet har hatt en positiv innvirkning. Reisetiden er blitt kortere, merkbart kortere lokalt og marginalt på hele strekningen. Togtrafikken på toglinjen har økt betraktelig som også er forventet med utbyggingen av dobbeltsporet. Punktligheten er derimot uforandret og er lik som før prosjektet ble ferdig på 89 % fra kapittel 6.

7.1.2 Vålåsjø kryssningsspor

I kapittel 6 ble resultatene fra de studerte indikatorene reisetid, punktlighet og trafikkvolum funnet for prosjektet Vålåsjø kryssningsspor. Suksessen til prosjektet med hensyn til disse indikatorene er fremstilt i tabell 12. Fra tabell 12 kan det observeres at de fleste av indikatorene har blitt forbedret unntatt reisetid lokalt. Reisetiden mellom Dombås og Hjerkind etter at det nye kryssningssporet ble ferdig tok 2,2 % lenger tid enn tidligere. Kryssningsspor er først og fremst et tiltak for å forbedre kapasiteten på banen. Beskrevet i kapittel 6 ble Vålåsjø kryssningsspor bygget for å øke kapasiteten og gjøre banen mer robust slik at den bedre kunne håndtere forsinkelser. Antall togbevegelser på banen har økt med 2,7 % og gjennomsnittlig reisetid på hele strekningen er redusert med 0,6 %. Punktligheten er hatt en enorm forbedring på 19,1 %-poeng. Hvor mye punktlighetsforbedringene skyldes Vålåsjø kryssningsspor er derimot usikkert, men kryssningssporet er en viktig bidragsyter for å håndtere følgeforsinkelser og tilrettelegge for en mer robust togavvikling.

7.1.3 Gevingåsen tunnel

Fra kapittel 6 er de kvantitative resultatene fra de studerte indikatorene reisetid, punktlighet og trafikkvolum funnet for prosjektet Gevingåsen tunnel. Suksessen til prosjektet med hensyn til disse indikatorene er fremstilt i tabell 15. Med hensyn til de parameterne som er studert kan de observeres fra tabell 15 at prosjektet har hatt en positiv innvirkning. Størst forbedring er framføringstiden lokalt, noe som også er forventet siden den nye banen er vel to kilometer kortere enn den gamle. Fra tabell 15 i kapittel 6 illustreres det at punktligheten på Trønderbanen gikk fra å være under ønsket nivå (90 %) på 85 % før prosjektet, til å oppnå en punktlighet på 91 % etter ferdigstillelse. Trafikkvolumet har også hatt en positiv økning etter at prosjektet ble ferdig og er forbedret med 9,5 %.

7.1.4 Høvik stasjon og hensetting

I kapittel 6 ble resultatene fra de studerte indikatorene reisetid, punktlighet og trafikkvolum funnet for prosjektet Høvik stasjon og hensetting. Suksessen til prosjektet med hensyn til disse indikatorene er fremstilt i tabell 18. Fra tabell 18 kan det observeres at de fleste av parameterne har blitt forbedret unntatt reisetiden lokalt. Den ekstra reisetiden lokalt er ikke signifikant og har kun økt med 0,9 %. Banen ble åpnet igjen i desember i 2015 og det eksisterer derfor ikke data for et helt år etter at prosjektet ble ferdig. Nytt og forbedringen kan fortsatt komme etter en tilpasning og oppstartsfase. Snusporene på Høvik stasjon er bygd for å forsterke togtilbudet på Lysaker stasjon, som er en av Norges største i antall på- og avstigninger omtalt i kapittel 6. Antall tog har økt med hele 14 % som viser at togtrafikken til og fra Oslo på Drammensbanen er økt betraktelig etter at prosjektet ble ferdig. Med hensyn til å øke kapasiteten og forbedre togtilbudet er økningen av antall tog en viktig faktor for at prosjektet skal bli en suksess. Punktligheten er også forbedret med 3 %-poeng opp fra 90 % til 93 %.

7.2 Evaluering av parameterne

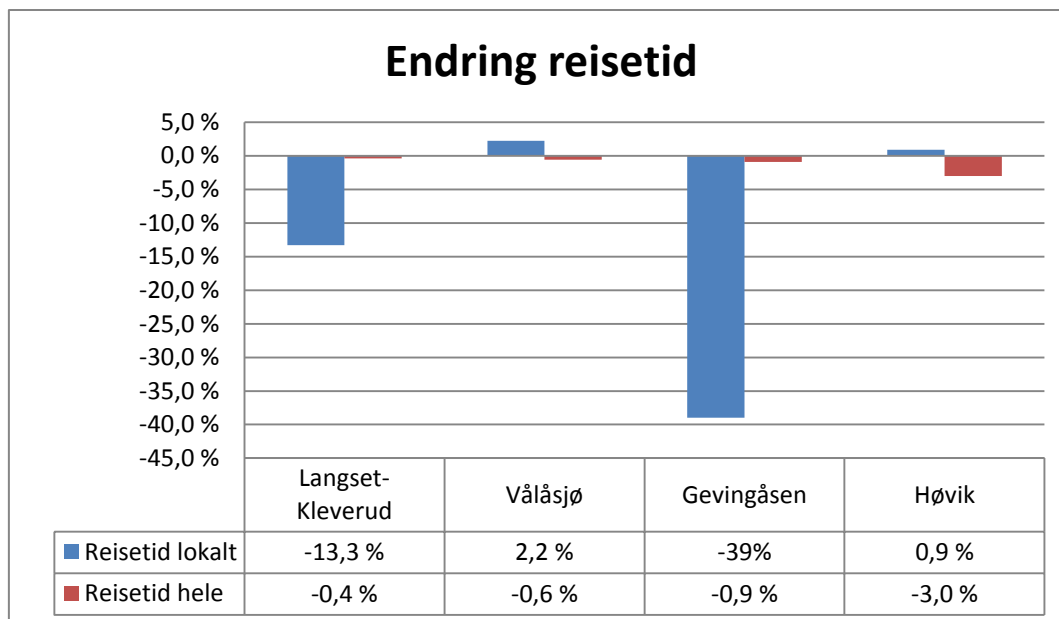
Parameterne studert i denne rapporten er reisetid, punktlighet og trafikkvolum. Disse er viktige prestasjonsindikatorer for jernbaneprosjekts suksess. I dette delkapittelet er parameterne fra de studerte prosjektene sammenstilt i egne kategorier og observert nærmere.

7.2.1 Framføringstid

Forandringen i reisetiden for prosjektene som er studert er analysert i kapittel 6. Det er observert noen store forandringer i reisetiden lokalt, mens forandringen er betraktelig mindre på lengre avstander. Forandringen i reisetiden for de forskjellige prosjektene er vist grafisk i figur 47. Negative verdier for reisetiden viser til at framføringstiden har blitt kortere.

Etter ferdigstilles av Vålåsjø krysningsspor, et relativt lite jernbaneprosjekt, kan de observeres i figur 47 at reisetiden lokalt har økt med 2,2 %. Reisetiden for hele Dovrebanen er redusert med 0,6 %. Krysningssporet er ikke først og fremst et tiltak for å redusere reisetiden, men et tiltak som øker kapasiteten og gjør jernbanesporet mer robust. Høvik stasjon og hensetting har også hatt en marginal økning i reisetiden lokalt på 0,9 %. Data fra dette prosjektet eksisterer kun for få måneder etter at det ble ferdig i desember 2015. Omtalt i kapittel 4 risikerer man at nytten ennå ikke er realisert hvis prosjektet evalueres for tidlig (Andersen, Bråthen, Fagerhaug, Nafstad, Næss og Olsson, 2007).

Det kan observeres fra figur 47 at reisetiden for Langset-Kleverud og Gevingåsen er betraktelig redusert på den nye delstrekningen for begge prosjektene. Dette er som forventet da Langset-Kleverud har fått et nytt dobbeltspor og Gevingåsen har forkortet avstanden mellom stasjonen Hell og Hommelvik med vel to kilometer. Dette er tiltak som er ment for å redusere framføringstiden og kommer tydelig frem lokalt. Reduksjonen i reisetid for et større tverrsnitt av strekningen til begge prosjektene kommer derimot ikke frem.



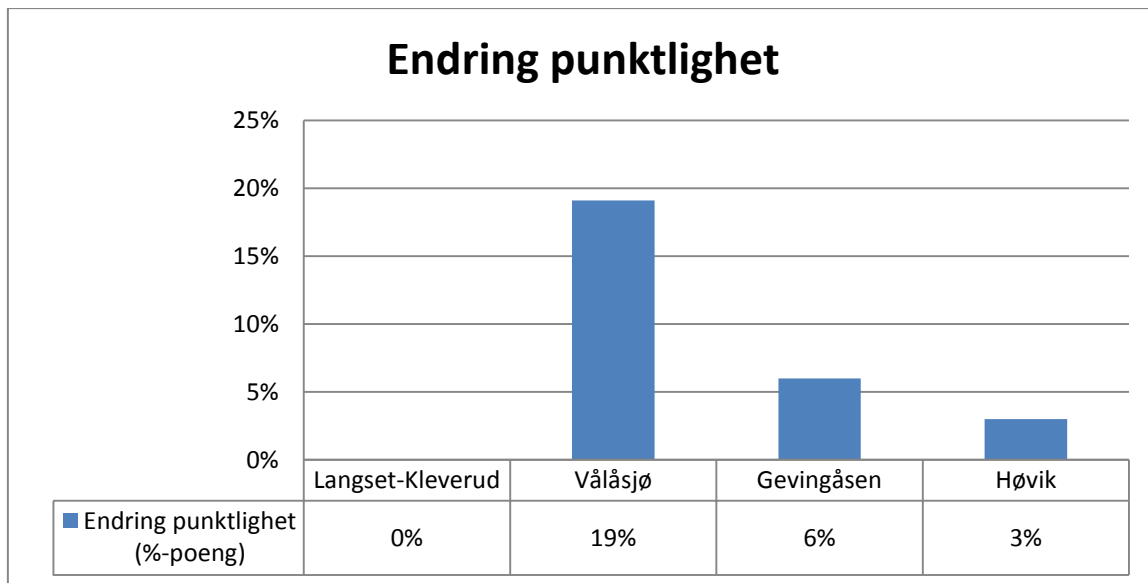
Figur 47: Endring i reisetid for prosjektene.

Reduksjonen i reisetid på 2 minutter og 34 sekunder mellom Hell og Hommelvik er blitt borte ved endestasjonen på Trønderbanen og tidsbesparelsen er nede i 1 minutt og 10 sekunder. Samme gjelder for reisetidsreduksjon på 3 minutter og 36 sekunder mellom Langset og Kleverud som er nede i en tidsbesparelse på 37 sekunder mellom Oslo og Lillehammer. På Trønderbanen forsvinner 1 minutt og 24 sekunder og på Dovrebanen drøye 3 minutter. Effekten av tiltakene er signifikante lokalt, men forsvinner når lengre avstander analyseres. At toget ankommer stasjonen noen minutter for tidlig fører ikke til at det kan dra tilsvarende før, toget må fortsatt forholde seg til avgangstidene til hver enkelt stasjon. For at tidsbesparelsen skal kunne komme hele banen til nytte må ruteplanen legges om og kvaliteten på togframføringen på resten av toglinjen må holde en standard som ikke stjeler tidsbesparelsen.

Fra kapittel 5 er det beskrevet av Halse og Kili (2012) at reduksjon i reisetid for godskunder har en verdi og det samme er vist for passasjer kunder, spesielt pendlere, av Li, Hensher og Rose (2010). Jernbaneprosjekter som reduserer reisetiden kan i prioriteringsprosessen av prosjekter kalkulere den monetære nytten for god- og passasjer kunder. De studerte prosjektene med reisetidsreduksjoner vil hjelpe verdisettede effektene av lignende prosjekter senere og bidra til et bedre grunnlag i beslutningsfasen.

7.2.2 Punktlighet

Forandringen i punktlighet for prosjektene som er studert er beregnet i kapittel 6. Det kan observeres betydelige punktlighetsforbedringer for noen av prosjektene, mens andre har ingen eller små forandringer. Forandringen i punktlighet er vist grafisk i figur 48. Endringen er oppgitt i %-poeng og positive verdier for punktligheten viser til at punktligheten er forbedret (flere tog i rute).



Figur 48: Endring i punktlighet for prosjektene.

Prosjektet Langset – Kleverud har ingen punktlighetsforbedringer etter ferdigstilles. Dette er et nytt prosjekt som ble ferdig i desember 2015 og det er begrenset med data etter at tiltaket ble ferdig. Omtalt i kapittel 4 risikerer man at nytten ennå ikke er realisert hvis prosjektet evalueres for tidlig (Andersen, Bråthen, Fagerhaug, Nafstad, Næss og Olsson, 2007). Strekningen Langset – Kleverud er bare en del av prosjektet med å bygge ut dobbeltspor mellom Eidsvoll og Hamar. Det er fortsatt mye arbeid langs linjen og omtalt i kapittel 5 er det mye som påvirker punktlighetstallene deriblant arbeid langs linjen. Effekten av dobbeltsporet kan kanskje komme tydeligere frem når hele strekningen mellom Eidsvoll og Hamar er ferdigstilt og nytten realisere fullstendig. Omtalt av Reitveld og Nijkamp (2002) vil effekten for transport- og infrastrukturprosjekter ofte ikke bli oppnådd før flere prosjekter er ferdigstilte og kan utnyttes i kombinasjon. En av de andre faktorene beskrevet i kapittel 5 som påvirker punktligheten er økning i antall tog som ofte gir lavere punktlighet (Olsson og Haugland, 2004). Etter ferdigstilles har trafikkvolumet på strekningen økt betydelig med 18,2 % som kan være årsaken til at punktlighetsforbedringer uteblir.

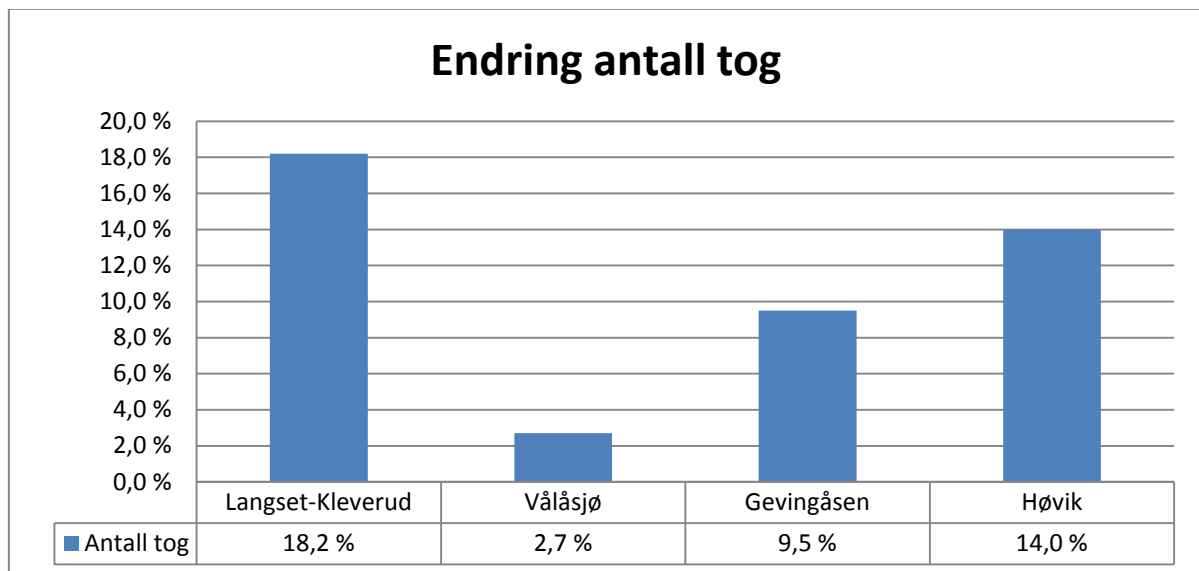
Hele Dovrebanen har hatt en enorm punktlighetsforbedring på 19 %-poeng etter at Vålåsjø krysningsspor ble ferdig. Hvor mye dette resultatet er påvirket av selve Vålåsjø krysningsspor er vanskelig å fastsette, men det er ikke alene årsaken til de positive punktlighetstallene. Krysningssporet er heller ikke uviktig da avviklingen av krysninger påvirker punktligheten mest til enkeltsporede strekninger (Olsson og Haugland, 2004). Vålåsjø krysningsspor har en viktig rolle for å tilrettelegge for bedre punktlighet og gi en mer fleksibel og robust togavvikling.

Etter at prosjektet Gevingåsen tunnel ble ferdig er punktligheten på Trønderbanen forbedret med 6 %-poeng. Strekningen er blitt vel to kilometer kortere og mye av linjen er lagt i tunnel. Dette skal kunne gi 4 – 5 minutter tidsbesparelse når rutetabellen legges om i følge Jernbaneverket (2011). Fra kapittel 6 er det beregnet en foreløpig tidsbesparelse på to minutter og 34 sekunder. Denne tidsbesparelsen kan fungere som en buffer i henhold til slakkstrategien inntil ruteplanen legges om. Tidsbesparelsen kan gi forsinkede tog muligheten til å ta igjen tapt tid og ankomme endestasjonen i rute (innenfor punktlighetsmarginen). Denne bufferen kan falle bort når rutetabellen legges om hvis hele tidsbesparelsen skal utnyttes til å redusere framføringstiden på hele banen. Hvis et enda større tverrsnitt av strekningen betraktes enn Trønderbanen og punktligheten på Nordlandsbanen observeres, så er det ikke like gode punktlighetsforbedringer på denne strekningen (Jernbaneverket, 2011a og Jernbaneverket, 2012a). Det observeres at lengre toglinjer mister effekten av tiltakene studert i denne rapporten. Noe som kan forklares med at flere faktorer blir gjeldende og påvirker punktligheten omtalt i kapittel 5.

Det har vært en punktlighetsforbedring på 3 %-poeng på Drammensbanen etter at prosjektet Høvik stasjon og hensetting ble ferdig. Høvik stasjon er en av tre stasjoner som er oppgradert mellom Lysaker og Sandvika. Studier av Olsson og Haugland (2004) viser at punktligheten på lokaltog og mellomdistansetog i større grad påvirkes av håndteringen av på- og avstigningen. Omtalt i kapittel 6 er Lysaker stasjon en av landets største målt i antall av- og påstigninger, og disse snuspoene ved Høvik stasjon er viktig for blant annet å styrke togtilbudet ved Lysaker. På denne måten kan tiltaket Høvik stasjon og hensetting være med på å forbedre punktlighetsstatistikken på Drammensbanen ved å legge til rette for å håndtere på- og avstigningsutfordringene på Lysaker stasjon bedre.

7.2.3 Trafikkvolum

Forandringen i antall togbevegelser på sporet for prosjektene som er studert er beregnet i kapittel 6. Det kan observeres at alle prosjektene har hatt en økning i trafikkvolumet, noen større enn andre. Forandringen i antall tog er vist grafisk i figur 49. Positive verdier for antall tog viser til at togtrafikken på toglinjen har økt.



Figur 49: Endring i antall tog for prosjektene.

Prosjektene Langset – Kleverud og Høvik stasjon og hensetting er store prosjekter som er bygd for å øke kapasiteten. Dobbeltspor er et stort kapasitetsøkende tiltak. Dette kan også observeres fra kapittel 6 i en økning av antall tog etter ferdigstillelse av Langset – Kleverud med 18,2 % vist i figur 49. Tiltaket Høvik stasjon og hensetting har bygd tre nye spor for vending av tog for å forsterke togtilbudet og øke kapasiteten ved Lysaker stasjon. Dette kommer også tydelig frem i økningen på 14 % av trafikkvolumet på strekningen.

Vålåsøy krysningsspor er et mindre kapasitetsøkende prosjekt som er bygd på Dovrebanen. Det er et tiltak slik at lange gods- og persontog skal kunne krysse hverandre på en lengre strekning hvor dette tidligere ikke har vært mulig. Flere krysningsspor på en enkeltsporet strekning gjør at flere tog kan trafikkere den samtidig og kapasiteten på sporet økes. Dette kommer også frem fra figur 49 da antall tog etter ferdigstillelse av prosjektet har økt med 2,7 %. Gevingåsen er et prosjekt som er gjennomført for å lage en sikrere trase, redusere reisetiden og øke kapasiteten. Det var på forhånd estimert at kapasiteten kunne øke fra 5,4 opp til 8 tog i timen. Økningen i antall tog på 9,5 % er en positiv forbedring og et godt stykke på

vei for å løse problemet med strekning som tidligere har vært en flaskehals på Nordlandsbanen.

7.3 Sammenstilling

For å vise effekten av prosjektene som er studert i denne rapporten er det laget en sammenstilling av forholdet mellom situasjonen før og etter tiltakene. Tabell 19 viser forskjellen mellom forholdene ett år før ferdigstilles av prosjektene og ett år etter så langt det har vært mulig. Negativ verdi på reisetiden viser at framføringstiden har blitt kortere. Positive verdier for punktlighet innebærer at punktligheten er forbedret (flere tog i rute). Positive verdier for antall tog viser til en trafikkøkning på sporet.

Tabell 19: Sammenstilling av prosjektene.

Prosjekt	Reisetid, del/ny strekning	Reisetid, hele strekningen	Punktlighet	Antall tog
Langset - Kleverud	- 13,3 %	- 0,4 %	0 %-poeng	+ 18,2 %
Vålåsjø	+ 2,2 %	- 0,6 %	+ 19,1 %-poeng	+ 2,7 %
Gevingåsen	- 39 %	- 0,9 %	+ 6 %-poeng	+ 9,5 %
Høvik	+ 0,9 %	- 3 %	+ 3 %-poeng	+ 14 %

7.6 Verktøy

I denne rapporten har hovedsakelig verktøy fra PRESIS-prosjektet blitt brukt for å analysere parameterne reisetid, punktlighet og trafikkvolum. Jernbaneverkets egne punktlighetsrapporter har også blitt brukt for å tallfeste forandringen av punktligheten før og etter jernbaneprosjekter.

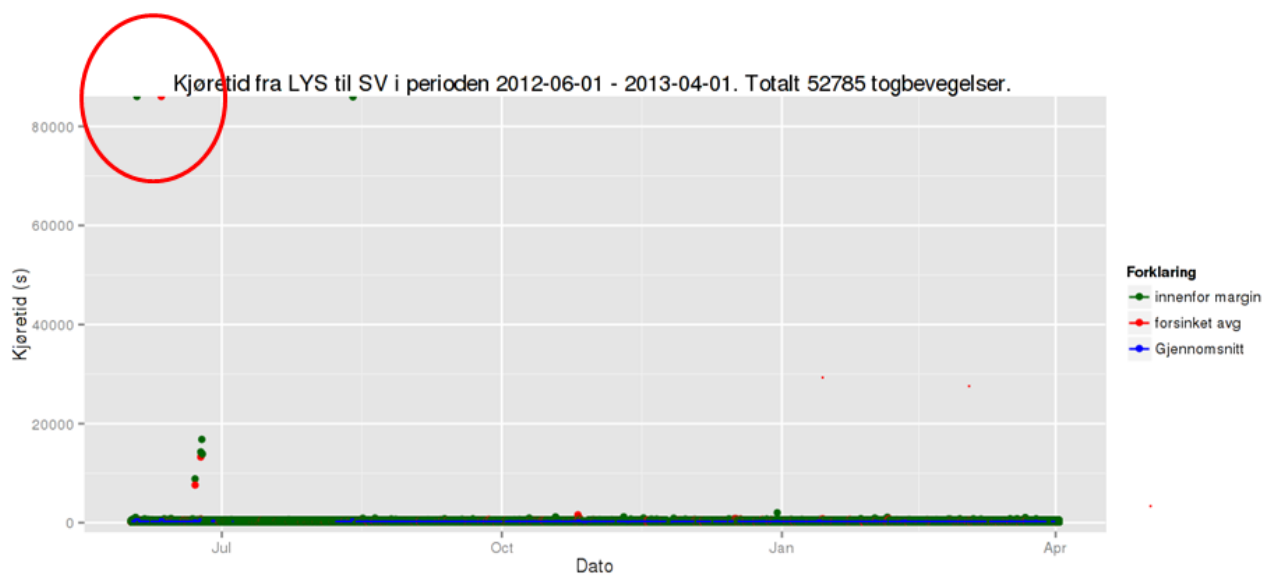
7.6.1 Presisometer - verktøyet

Presisometer – verktøyet er gjennomgående blitt brukt for å analysere punktlighetsforandringen for alle prosjektene i denne rapporten. Punktlighetsdataen illustreres grafisk og gir et godt overblikk over forandringene over tid. Grafen gir god oversikt, men det er derimot vanskelig å tallfeste punktligheten for perioden som analyseres. Analyseres få tog er det lettere å se effekten målt opp mot hverandre, mens lengre tidsperiode og flere tog gjør dette mer komplisert.

7.6.2 SPC - verktøyet

SPC- verktøyet har blitt brukt for å beregne gjennomsnittlig kjøretid før og etter ferdigstillelse for alle prosjektene undersøkt i denne rapporten. Dette er et godt håndterlig verktøy som viser forandringen i reisetid over tid grafisk og oppgir gjennomsnittlig kjøretid i antall sekunder for perioden som studeres. Dette gir en god oversikt grafisk samtidig som forholden før og etter kan enkelt kvantifiseres med de oppgitte reisetidene. Standardavviket til reisetiden oppgis også av SPC-verktøyet og gir informasjon om spredningen av reisetidene. I tillegg viser verktøyet antall registrerte togbevegelser innenfor tidsperioden som undersøkes. Dette har blitt brukt for å finne forandringen i trafikkvolumet før og etter.

I verktøykassen til SPC-verktøyet finnes underverktøyet 'Trim ekstreme'. Dette skulle ideelt fjerne ekstreme reisetider som ligger langt fra gjennomsnittet. Dette er derimot ikke tilfelle da forholdene rundt Høvik stasjon hensetting ble analysert. I figur 50 har 'trim ekstreme' blitt haket av, men klarer ikke å ignorere et stort avvik av reisetiden på hele 86659 sekunder. Videre så er det også registrert negative kjøretider fra SPC-verktøyet. Disse urealistiske negative reisetidene påvirker igjen den gjennomsnittlige reisetiden som oppgis.



Figur 50: SPC-verktøyet inkluderer lange reisetider etter at 'trim ekstremer' er valgt. (SPC-verktøyet fra PRESIS-prosjektet).

7.6.3 Alternativ til verktøyene

Denne rapporten har brukt verktøyene fra PRESIS-prosjektet og punktlighetsrapporter fra Jernbaneverket for å utarbeide resultatene i blant annet tabellene 9, 12, 15 og 18. Det finnes også andre alternativer å måle parameterne på, blant annet kunne antall togbevegelser blitt telt ut fra rutetabellen. I en stikkprøve mellom Dombås og Oppdal ble det fra SPC-verktøyet registrert 115 togbevegelser for en uke mellom 01.02.2016 og 07.02.2016. Fra Jernbaneverket (2015d) viser det grafiske rutebladet ved en normaluke (uten helligdager) for samme strekning at det kan være 124 togbevegelser. Dette inkluderer derimot ikke ekstratog, arbeidstog eller andre tog som kjører utenfor forhåndsplanlagte ruter.

De tildelte rutene brukes aldri 100 %. Det kan være flere årsaker til at et tog ikke kjører den tildelte ruten. Godstog kan vente til neste påfølgende rute på grunn av få varer, og persontog blir innstilt av flere grunner som tekniske svik, arbeid langs linjen osv. Det kunne vært aktuelt å se på registrerte togbevegelser fra SPC-verktøyet, grafiske rutetabeller og logg fra togledelsen for hvilke tog som faktisk kjørte, slik at det ut fra denne informasjonen kunne vært mulig å kalibrere resultatene så de ble enda mer nøyaktig.

8 KONKLUSJON

Det finnes en god del generell litteratur om punktlighet og det meste er fra 10-15 år tilbake. Økt fokus på punktlighet kan observeres i flere publikasjoner om temaet fra tidlig 2000-tallet. Punktlighet er et viktig kvalitetsmål for jernbanetrafikken og punktligheten for persontogselskapet NSB kan betegnes som ikke god nok i forhold til selskapets målsetninger.

Litteraturen tar opp problematikken og kompleksiteten rundt punktlighet innen jernbane. Det beskrives flere årsaker til god eller dårlig punktlighet, og de viktigste faktorene er forsøkt kartlagt. Faktorene som påvirker punktligheten deles av norsk litteratur inn i direkte og indirekte faktorer som igjen deles inn i underkategorier. Direkte forklaringsfaktorer kan fordeles mellom infrastruktur, togmateriell, ytre forhold, menneske og metode. De indirekte faktorene kan fordeles mellom ledelse, økonomi, presisjonsstrategi, forbedringsprosesser, kompetanse og planprosesser. Det er viktig å fokusere på samtlige faktorer i disse kategoriene for å forbedre punktligheten.

8.1 Problemstilling 1

- Anvende eksisterende analyseringsverktøy og statistikkrapporter for å analysere parameterne punktlighet, reisetid og trafikkvolum for utvalgte jernbaneinvesteringer. I tillegg skal verktøyene som utnyttes for å analysere jernbanetiltakene vurderes.

Verktøyene som er brukt for å analysere trafikkdataen er hentet fra PRESIS-prosjektet fra SINTEF og inkluderer Prosesskontroll-verktøyet (SPC) og Presisometer-verktøyet. Punktligheten har sammen med Presisometer-verktøyet også blitt studert sammen med Jernbaneverkets egne punktlighetsrapporter. Alle parameterne er analysert og sammenstilt i kapittel 6. Jernbaneverket sitt verktøy for å analysere punktligheten «Mitt tog» er ikke brukt i denne rapporten for å analysere punktlighet. Dette er på grunn av at utfallet fra dette verktøyet ikke stemmer overens med Jernbaneverkets egne punktlighetsrapporter for samme togprodukt på samme toglinje over samme tidsperiode.

Det finnes store mengder trafikkdata fra Jernbaneverket, men alt er ikke like lett tilgjengelig og oversiktligheten kan variere. Analyseverktøyene fra PRESIS-prosjektet gjør at jernbaneprosjekter kan studeres effektivt og store mengder informasjon kan hentes på kort tid. De hull eller mangler i Jernbaneverkets rapporter kan erstattes av verktøyene og gi et bedre og mer fullstendig bilde av togtrafikken. utfordringene med analyseverktøyene fra PRESIS-prosjektet er at de er mer komplisert å bruke enn å lese av statistikkrapporter. Fordelen er at når det beherskes å bruke og navigere disse verktøyene, eksisterer det en enorm database for å hente ut informasjon til å analysere jernbanetrafikken.

8.2 Problemstilling 2

- Evaluere effekten av utvalgte jernbaneinvesteringer ved å sammenligne parameterne punktlighet, reisetid og trafikkvolum før og etter fullføring av prosjektet.

Prosjektene som er undersøkt i denne rapporten er evaluert ett år før og ett år etter ferdigstilling. Fra prosjektene registreres det at effekten av tiltakene ofte er signifikante lokalt, men forsvinner over lengre avstander. Eksempelvis har prosjektet Gevingåsen tunnel gitt en tidsbesparelse på to minutter og 34 sekunder. At et tog ankommer påfølgende stasjon noen minutter for tidlig fører ikke til at det kan dra tilsvarende før, toget må fortsatt forholde seg til avgangstidene til hver enkelt stasjon. For at tidsbesparelsen skal kunne komme hele banen til nytte må ruteplanen legges om. Tidsbesparende prosjekter kan inntil eventuelt ruteplanen legges om fungerer som punktlighetstiltak. Reduksjonen i reisetiden kan være en reserve i systemet slik at sårbarheten for avvik reduseres i tråd med slakk-strategien. Dette kan observeres ved bedre punktlighet på Trønderbanen etter ferdigstilling av prosjektet Gevingåsen tunnel. Blir derimot hele Nordlandsbanen betraktet kan ikke tilsvarende punktlighetsforbedringer registreres. Dette kan forklare med at enda flere faktorer blir aktuelle på en lengre strekning og påvirker punktligheten omtalt i kapittel 5. Disse forholdene gjelder også for prosjektet dobbeltspor mellom Langset-Kleverud. Effekten lokalt forsvinner også her når lengre avstander av Dovrebanen observeres.

Prosjektet Langset-Kleverud

Etter ferdigstillelse av prosjektet Langset-Kleverud (Dovrebanen) har det vært en reduksjon i reisetiden lokalt på 13,3 % mellom Langset og Kleverud og en marginal reduksjon i reisetiden mellom Oslo og Lillehammer på 0,4 %. Punktligheten er uforandret på Dovrebanen mellom Oslo og Lillehammer og er lik som før prosjektet ble ferdig på 88,9 %. Forandringen i antall togbevegelser etter prosjektet er betydelig og har økt med 18,2 %.

Prosjektet Vålåsjø kryssningsspor

Punktligheten på hele Dovrebanen mellom Oslo og Trondheim etter at Vålåsjø kryssningsspor ble ferdig har økt med 19,1 %-poeng. Reisetiden lokalt mellom Dombås og Hjerkin har økt med 2,2 % og framføringstiden mellom Oslo og Trondheim er redusert med 0,6 %.

Trafikkvolumet har etter ferdigstillelse av prosjektet økt med 2,7 %.

Prosjektet Gevingåsen tunnel

Etter ferdigstillelse av prosjektet Gevingåsen tunnel (Nordlandsbanen) har reisetiden blitt redusert med 39 % mellom stasjonene Hommelvik og Hell. På Trønderbanen har det vært en reduksjon i framføringstiden på 0,9 %. Punktligheten er forbedret med 6 %-poeng på Trønderbanen mellom Trondheim og Steinkjer. Forandringen i antall togbevegelser etter prosjektet har økt med 9,2 %.

Prosjektet Høvik stasjon og hensetting

Punktligheten på hele Drammensbanen mellom Oslo og Drammen er forbedret med 3 %-poeng etter at Høvik stasjon og hensetting ble ferdig. Reisetiden lokalt mellom Blommenholm og Lysaker har økt marginalt med 0,9 %. Framføringstiden mellom Oslo og Drammen er redusert med 3 %. Forandringen i trafikkvolumet etter prosjektet er betydelig og har økt med 14 %.

8.3 Forslag til videre arbeid

- Foreslå videre arbeid og bedre analyseformer for jernbanetrafikk.

I det videre arbeid med å følge opp jernbaneprosjekter kan det være aktuelt å evaluere effekten av prosjektene i denne rapporten på nytt igjen om få år. Flere av prosjektene som er studert er relativt nye og har akkurat blitt tatt i bruk. Den reelle nytten kan kanskje ennå ikke være realisert og kan komme tydeligere frem etter noen år. Det kan være interessant å måle effekten av disse tiltakene igjen 2-3 år etter at de ble ferdige for å kartlegge effekten av investeringene over tid.

Videre kan verktøyene fra PRESIS-prosjektet, SINTEF, forbedres ytterligere. De er allerede gode verktøy som produserer informasjon effektivt, men kan ha flere alternativer til hvordan informasjonen presenteres. Presisometer-verktøyet kunne presentert en oversikt over gjennomsnittlig punktlighet for perioden, togproduktet og strekningen som evalueres i tillegg til å plote utviklingen grafisk. Eksempelvis kunne Presisometer-verktøyet kopiert SPC-verktøyet fremstilling av reisetid. SPC-verktøyet kan justere 'trim ekstremer' alternativet i verktøykassen til å være strengere og filtrere ut kjøretidene som ligger for langt over eller under gjennomsnittlig kjøretid. Et alternativ kunne være å spesifisere en øvre og nedre grense manuelt slik at for store avvik blir ekskludert. I tillegg kan SPC-verktøyet filtrere ut urealistiske negative kjøretider som i stor grad påvirker resultatet av gjennomsnittlig kjøretid.

9 REFERANSER

Andersen, B., Bråthen, S., Fagerhaug, T., Nafstad, O., Næss, P. og Olsson, N. (2007).

‘Effektvurdering av store statlige investeringsprosjekter’. Concept rapport nr. 19

Conchúir, D. Ó. (2011). Overview of the PMBOK® Guide. Second edition.

Dingler, M., Lai, Y. og Barkan, C. (2014). Effect of train-type heterogeneity on single-track heavy haul railway line capacity. Rail Transportation and Engineering Center, Department of Civil and Environmental Engineering.

Eden, C. and Ackermann, F. (1998). Making Strategy: The Journey of Strategic Management, Sage publications, London.

E24 (2016). ‘Cargolink avvikles – 70 ansatt mister jobben’.

<<http://e24.no/naeringsliv/cargolink-avvikles-70-ansatte-mister-jobben/23615113>>

Flyvbjerg, B. (2005). ‘Measuring inaccuracy in travel demand forecasting: methodological considerations regarding ramp up and sampling’. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 39 (6) (2005).

Flyvbjerg, B., Holm, M. and Buhl, S. (2002). ‘Underestimating Costs in Public Works Projects: Error or Lie?’. Journal of the American Planning Association.

Eliasson, J. og Börjesson, M. (2014). On timetable assumptions in railway investment appraisal. Transport Policy.

Gibson, S., Cooper, G. og Ball, B. (2002) ‘*The evolution of capacity charges on the UK rail network*’. Journal of Transport Economics and Policy.

Goverde, R. (2005). ‘Punctuality of Railway Operations and Timetable Stability Analysis’. Seamless Multimodal Mobility, Netherlands TRAIL Research School for Transport, Infrastructure and Logistics, Delft University of Technology.

- Hagen, M. og Sauren, J. (2014). Influencing the train experience: using a successful measurement instrument. *Transportation Research Procedia*
- Hagen, M. og Bron, P. (2014). Enhancing the Experience of the Train Journey: Changing the Focus from Satisfaction to Emotional Experience of Customers. *Transportation Research Procedia*
- Hajum, E. (1979). '*Jernbanen i samfunnets tjeneste: jernbanenes utvikling og betydning frem til 1914*'.
- Halse, A. og Killi, M. (2012). Verdsetting av tid og pålitelighet for godstransport på jernbane. TØI rapport 1189/2012. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Jensen, L. (2015). An optimisation framework for determination of capacity in railway networks. Department of Transport, Technical University of Denmark.
- Jernbaneverket 2005. *Jernbanestatistikk 2005*.
- Jernbaneverket (2008). '*Historisk oversikt*'.
<<http://www.jernbaneverket.no/no/Jernbanen/Historie1/Historisk-oversikt-jernbanen-i-Norge/>>
- Jernbaneverket (2009). '*Vålåsjø kryssingsspor: et kapasitetsøkende tiltak*'.
<<http://www.jernbaneverket.no/Nyheter/Nyhetsarkiv/2009/Valasjo-kryssingsspor-Kapasitetsokende-tiltak/>>
- Jernbaneverket (2010). '*Kryssingsspor øker kapasiteten*'.
<<http://www.jernbaneverket.no/Prosjekter/prosjekter/Ovrige-prosjekter/Liste/Kryssingsspor-oket-kapasiteten/>>.
- Jernbaneverket (2010a). Årsrapport 2010

Jernbaneverket (2010b). Punktlighet persontog 2010.

<<http://www.jernbaneverket.no/contentassets/3e757cdf36044aa5803fd9867ede0d7b/punktligheit-persontog-pr-mnd-innevarende-ar.htm>>

Jernbaneverket (2011). *'Offisiell åpning av Gjevingåsen'*.

<<http://www.jernbaneverket.no/Prosjekter/prosjekter/Ferdige-prosjekter/Prosjektartikler/Offisiell-apning-av-Gjevingasen/>>

Jernbaneverket (2011a). Punktlighet persontog 2011.

<<http://www.jernbaneverket.no/contentassets/1c5b84cd85c04d5cbe3272b2eebef557/punktligheit-persontog-pr-mnd-innevarende-ar.htm>>

Jernbaneverket (2012). *'Slik fungerer jernbanen'*.

Jernbaneverket (2012a). Punktlighet persontog 2012.

<<http://www.jernbaneverket.no/contentassets/08687853bb41458bb27f349e278b4b8b/punktligheit-per-maned-i-2012.pdf>>

Jernbaneverket (2012b). Årsrapport 2012

Jernbaneverket (2013). *'ATC – Automatisk togkontroll'*.

<<http://www.jernbaneverket.no/no/Jernbanen/Jernbanedrift---eit-komplisert-samspel/ATC--Automatisk-togkontroll/>>.

Jernbaneverket (2013a). *'Jernbaneforetak med sportilgangsavtale'*.

<<http://www.jernbaneverket.no/no/Marked/Informasjon-for-togselskapa/Jernbaneforetak-med-sportilgangsavtale/>>

Jernbaneverket (2013b). *'Leverandørinfo'*.

<<http://www.jernbaneverket.no/no/Marked/Leverandorinfo/>>

Jernbaneverket (2013c). *'Kryssingssporene på Jensrud og Vålåsjø er tatt i bruk'*.

<<http://www.jernbaneverket.no/Prosjekter/prosjekter/Ferdige-prosjekter/Prosjektartikler/Kryssingssporene-pa-Jenserud-og-Valasjo-er-tatt-i-bruk/>>

Jernbaneverket (2013d). Punktlighet persontog 2013.

Jernbaneverket (2014). Jernbanestatistikk 2014.

Jernbaneverket (2014a). Årsrapport – 2014.

Jernbaneverket (2014b). Punktlighet persontog 2014.

Jernbaneverket (2015). *'Dette er Eidsvoll-Hamar'*.

<<http://www.jernbaneverket.no/Prosjekter/prosjekter/Eidsvoll---Hamar1/Dette-er-Eidsvoll-Hamar>>

Jernbaneverket (2015a). Punktlighet persontog 2015.

<<http://www.jernbaneverket.no/contentassets/c63c2f99e7cb46e98cc81962b2c5e7ab/punktlighe-persontog-pr-maned-2015-1.pdf>>

Jernbaneverket (2015b). *'Nå går togene fra Stabekk, Høvik og Blommenholm'*.

<<http://www.jernbaneverket.no/Prosjekter/prosjekter/Hovik-stasjon/Prosjektartikler/na-gar-togene-fra-hovik-stabekk-og-blommenholm/>>

Jernbaneverket (2015c). *'Det første store vedlikeholdsåret'*.

<<http://www.jernbaneverket.no/Nyheter/Nyhetsarkiv/2015/Det-forste-store-vedlikeholdsaret/>>

Jernbaneverket (2015d). Grafisk ruteblad. Blad nr. 11. Trondheim-Dombås.

Jernbaneverket (2016). *'Om prosjektet'*.

<<http://www.jernbaneverket.no/Prosjekter/prosjekter/langset-kleverud/les-mer-om-prosjektet/>>

Jernbaneverket (2016a). Punktlighet persontog til og med mars.

<<http://www.jernbaneverket.no/contentassets/91106fc68f53486f9ddcfcb6aad9f66e/punktlighe-persontog-til-og-med-mars.pdf>>

Jernbaneverket (2016b). Se punktlighetstall og tiltak.

< <http://www.jernbaneverket.no/Nyheter/Togenes-punktlighet-og-regularitet/> >

Landex, A., Kaas, A. og Hansen, S. (2006). 'Railway Operation'. Center for Traffic and Control, Technical University of Denmark.

Li, Z., Hensher, D. og Rose, J. (2010). Willingness to pay for travel time reliability in passenger transport: a review and some new empirical evidence. *Transportation Research*.

Marinov, M., Sahin, I., Ricci, S. og Vasic-Franklin, G. (2013). Railway operations, timetabling and control. *Research in Transportation Economics*.

Matrai, T. (2012). 'Cost benefit analysis and ex-post evaluation for railway upgrade projects'. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*.

Mussone, L. og Calvo, R. (2013). An analytical approach to calculate the capacity of a railway system. *European Journal of Operational Research*.

Nasjonal transportplan (2014 – 2023).

Noland, R. B. and J. W. Polak (2002). "Travel time variability: a review of theoretical and empirical issues." *Transport Reviews* 22

Nyström, B. (2008). '*Aspects of improving punctuality - from data to decision in railway maintenance*'. Doctorial theses, Department of Civil, Mining and Environmental Engineering, Luleå University of Technology

Olsson, N. (2006). 'Project Flexibility in Large Engineering Projects'. Norwegian University of Science and Technology. Doctoral theses at NTNU 2006

Olsson, N. og Haugland, H. (2004). '*Influencing factors on train punctuality—results from some Norwegian studies*'. Sintef Industrial Management

Olsson, N., Krane, H., Rolstadås, A. og Veiseth, M. (2010). 'Influence of reference points in ex post evaluations of rail infrastructure projects'. NTNU. SINTEF.

Olsson, N., Økland, A., Veiseth, M. og Stokland, Ø. (2010) '*Punktlighets- og regularitetsutvikling, gransking av årsaker*'. Sintef Rapport

Olsson, N. og Veiseth, M. (2011). Jernbanetrafikk. Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.

Olsson, N., Halse, A., Hegglund, P., Killi, M., Kooij, R., Seim, A., Sørensen, A., Økland, A. og Østli, V. (2015). 'Punktlighet i jernbanen – hvert sekund teller'. SINTEF viten.

OECD. (2002). No. 6: Glossary of Key Terms in Evaluation and Results Based Management, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris (2002)

PMI (2016). '*What is Project Management?*'.

< <http://www.pmi.org/About-Us/About-Us-What-is-Project-Management.aspx>>

Potthoff, G. (1962). 'Traffic flow Theory 1 – The headway at line sections and stations'.

Prop. 127 S (2009-2010). Ein del saker på Samferdselsdepartementet sitt område.

Regjeringen (2009). '*Instruks for jernbaneverket*'.

<<https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/sd/vedlegg/instruksforjrbv.pdf>>

Rietveld, P. and Nijkamp, P. (2000). 'Transport infrastructure and regional development'. J.B. Polak, A. Heertje (Eds.), Analytical Transport Economics: An International Perspective, Edward Elgar, Cheltenham (2000).

Riksrevisionsverket (1986). '*Tågtrafikens punktighet*', Revisionsrapport, Dnr. 1986:1091. Riksrevisionsverket, Stockholm, Sweden.

Samferdselsdepartementet (2014). '*Ansvarsområder*'.

< <https://www.regjeringen.no/nb/dep/sd/ansvarsomraader/id796/>>

- Samset, K. (2006), 'Design of High-Uncertainty Projects in International Aid', paper presentert på konferansen 'PROMAC 2006', Sydney.
- Samset, K. (2010). *Early Project Appraisal : Making the Initial Choices*. Basingstoke, Hampshire, GBR: Palgrave Macmillan, 2010.
- Samset, K. og Volden, G.H. (2013). *Statens prosjektmodell. Bedre kostnadsstyring. Erfaringer med de første investeringstiltakene som har vært gjennom ekstern kvalitetssikring*. Concept rapport nr. 35. NTNU.
- Skartsæterhagen, S. (1993). '*Kapasitet på jernbanestrekninger*'. Utarbeidet for NSB Banedivisjonen
- SHT (2015). '*Mandat*'.
<<http://www.aibn.no/Om-oss/Mandat>>
- Suhl, L., Mellouli, T., Biederbick, C. and Goecke, J. (2001). 'Managing and preventing delays in railway traffic by simulation and optimization'. Decision Support & OR Laboratory, Department of Business Computing, University of Paderbom, Warburger Str. 100, 33098 Paderbom, Germany
- SJT (2015). '*Instruks*'.
<<http://www.sjt.no/no/Om-oss/Instrukser/Instruks/>>
- Store norske leksikon (2005–2007).
- Tønnesen, M., Syse, A. og Nordgård K. (2014). '*Befolkningsframvisninger 2014 – 2100: Hovedresultater*'. SSB
- Veiseth, M., (2002). '*Punktlighet i jernbanedrift*'. Masteroppgave, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
- Veiseth, M., Indbryn, M., Olsson, N. og Sætermo, I. A. F. (2003). '*Punktlighet og antall reisende*'. Sintef rapport

Yaghini, M., Nikoo, N. og Ahadi, H. (2014). An integer programming model for analysing impacts of different train types on railway line capacity, Transport

Vedlegg 1: Tognummer studert i casene

1) Langset – Kleverud

Tognummer brukt for SPC-verktøyet:

Tognummer: 41, 44, 45, 47, 305, 307, 309, 311, 313, 315, 317, 319, 321, 323, 325, 327, 329, 331, 333, 335, 337, 339, 405, 1301, 2900, 5241, 5243, 5261, 5263, 5705, 5707, 5709, 5715, 5719, 5731, 5735, 5737, 5901, 5903, 5911, 5913, 5921, 5923, 5925, 5931, 5935, 5937, 5941, 5947, 41633, 41637, 41681, 5901, 5903, 5911, 5913, 5921, 5923, 5925, 5931, 5935, 5937, 41683, 41689

Tognummer brukt for Presisometer-verktøyet:

For tognummer 41, 44, 45, 47, 305, 307, 309, 311, 313, 315, 317, 319, 321, 323, 325, 327, 329, 331, 333, 335, 337, 339, 405

2) Vålåsjø kryssingsspor

Tognummer brukt for både SPC- og Presisometer-verktøyet:

For tognummer 41, 45, 47, 405, 1321, 5701, 5707, 5709, 5719, 5731, 5733, 5735, 5737, 5911, 5913, 5921, 5923, 5931, 5933, 5935, 5937, 5939, 8001, 8005, 11205

3) Gjevingåsen tunnel

Tognummer brukt for SPC-verktøyet:

0. 381, 381, 383, 421, 423, 425, 427, 429, 431, 433, 435, 437, 439, 441, 443, 445, 447, 449, 453, 457, 471, 475, 477, 1761, 1763, 2411, 2415, 2417, 5733, 5791, 5793, 5795, 5797, 5981, 5983, 5992, 5999, 8001, 8003, 8112, 8201, 8703, 8705, 8709, 8713, 8715, 8717, 8719, 8761, 8763, 8765, 8767, 8768, 8789, 8791, 8793, 11701, 12405, 12409, 12423, 12425, 12427, 12435, 12437, 12444, 12449, 12457, 12459, 12461, 12485, 12499, 20471, 23456, 23475, 28700, 28705, 28707, 28709, 28713, 28715, 28716, 28721, 28723, 28727, 28731, 28751, 28753, 28755, 28767, 49005, 54650, 57101, 57102, 57103, 57105, 57107, 57109, 57111, 57112, 57118, 57201, 57301, 57302, 57303, 57304, 57305, 57307, 57309, 57310, 57311, 57313, 57318, 57319, 57321, 57323, 57327, 57329, 57390, 66757, 79005, 95981, 98715

Tognummer brukt for Presisometer-verktøyet:

For tognummer 311, 381, 383, 421, 423, 425, 427, 429, 431, 433, 435, 437, 439, 441, 443, 445, 447, 449, 453, 457, 471, 475, 477, 1761, 1763

4) Høvik stasjon og hensetting

Tognummer brukt for SPC-verktøyet:

For tognummer 61,63,302,304,306,308,310,311,312,314,316,318,320,322,324,326,328,330,332,334,336,503,505,507,509,511,513,515,517,519,521,523,525,527,529,531,533,535,537,539,601,605,606,709,715,719,723,729,733,737,745,803,805,807,809,811,813,815,817,819,821,823,825,827,829,831,833,835,837,839,851,853,855,1200,1401,1604,1606,1607,1608,1610,1612,1614,1616,1618,1620,1622,1624,1626,1627,1628,1630,1632,1634,1636,1638,1640,1642,1644,1646,1648,1649,1650,1651,1652,1654,1656,1658,1660,1662,1664,1666,1668,1670,1672,1674,1676,1678,2281,2901,3702,3704,3705,3706,3708,3710,3712,3714,3716,3718,3720,3722,3724,3726,3728,3730,3731,3732,3734,3736,3738,3740,3742,3744,3746,3748,3750,3752,3754,3756,3758,3760,3762,3764,3766,3768,3770,3772,3774,3776,3778,3780,3782,3784,3786,3788,3790,3792,3794,3796,3798,3800,3802,3804,3806,3808,3810,3812,3814,3816,3850,3924,4621,4625,4641,4647,4904,5303,5311,5341,5361,5371,5373,5381,5501,5527,5545,5563,5565,5803,5805,5806,5809,5811,5821,5843,5845,5863,5865,7281,7607,7609,45961

Tognummer brukt for Presisometer-verktøyet:

For tognummer 77,505,507,509,513,515,517,519,521,523,527,533,535,537,539,541,551,553,601,605,705,723,815,817,819,823,825,827,833,835,837,1006,1012,1020,1102,1110,1118,1126,1130,1134,1138,1140,1142,1311,1610,1614,1622,1626,1630,1636,1638,1662,1666,1670,1674,1678,1682,1684,1686,2103,2105,2107,2109,2111,2113,2115,2117,2119,2121,2123,2125,2127,2129,2131,2133,2135,2137,2139,2141,2143,2145,2147,2149,2151,2153,2155,2157,2159,2161,2163,2165,2167,2169,2171,2173,2175,2177,2179,2181,2207,2209,2211,2213,2215,2217,2219,2221,2223,2225,2227,2229,2231,3702,3704,3706,3708,3710,3712,3714,3716,3718,3720,3722,3732,3734,3736,3740,3742,3748,3752,3754,3756,3758,3760,3786,3792,3794,3796,3798,3800,3802,3804,3806,3808,3810,3812,3814,3816,3850,7552,7554,7556,7558,7560,7562,7564,7566,7568,7570,7572,7574,7576,7578,7580,7582,7584,7586,7588,70509,70511,70513,70515,70517,70519,70521,70525,70527,72181,82179