



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet



**Jernbaneverket**

Masteroppgave 2016 30 stp  
Institutt for matematikk og teknologi

## **Tidligfasevurdering av ATO som kapasitetsøkende tiltak i Oslo tunnelen**

Early phase evaluation of ATO as capacity  
increasing measure in the Oslo Tunnel.

Adrian Trzeciak  
Industriell økonomi

## FORORD

Det å skrive en masteroppgave har vært en langvarig og spennende prosess for meg som markerer en avslutning på fem års sivilingeniørutdanning ved Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet. Jeg vil benytte anledningen min til å takke alle som har vært involvert i stor eller liten grad.

Jeg vil først takke Morten Schjelderup i Jernbaneverket for muligheten til å skrive om dette temaet. Jeg håper at arbeidet mitt vil bidra til ytterligere digitalisering av dagens jernbane.

Jeg vil takke min veileder i Jernbaneverket - Kjell Holter - for inspirasjon, veiledning, korrekturlesing og for at du har vært en kilde til all nødvendig informasjon. Jeg vil i tillegg takke min veileder ved NMBU – Tor Kristian Stevik – for god veiledning underveis med hensyn på struktur, fremgangsmåte og kritikk. Jeg vil også takke Kjell Kristian Hageland, Malene Nerland, Torben Brandt og Nina Tveiten i Jernbaneverket og Ingemund Jordanger ved NMBU for innspill til oppgaven.

Til slutt vil jeg takke mine foreldre Anna og Zbigniew, min bror Brajan, og min samboer Emelie Kværna Karlsson for all mulig støtte gjennom den tiden.

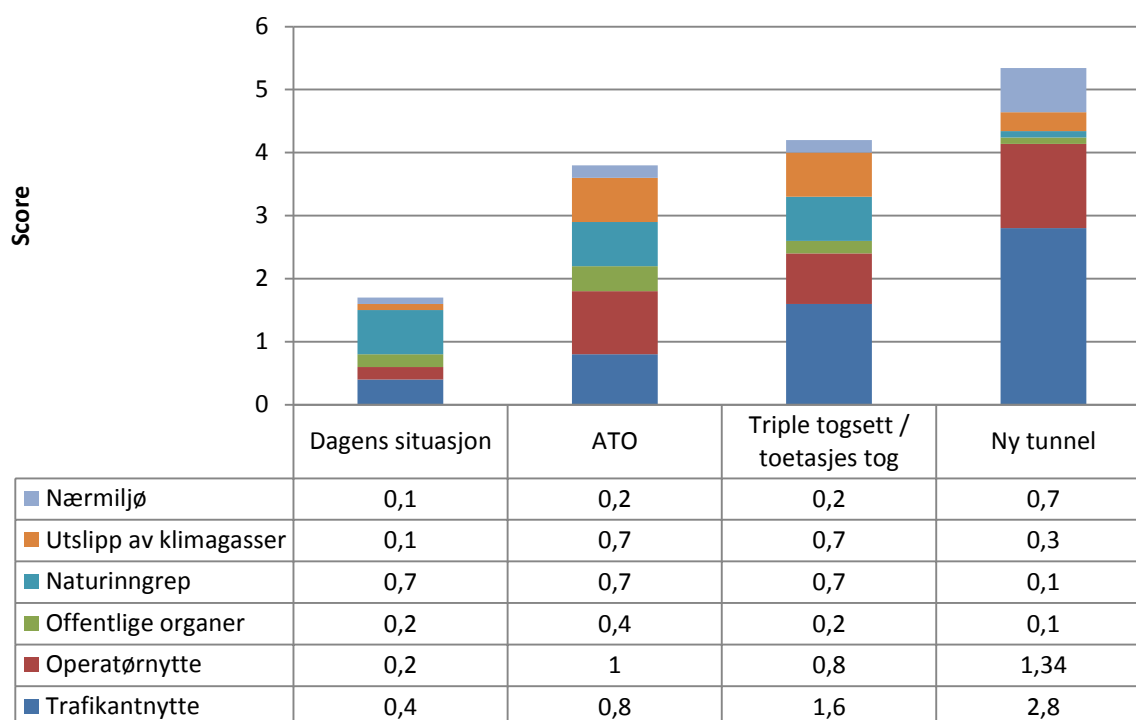
---

Adrian Trzeciak,  
Oslo, 12. mai 2016

## SAMMENDRAG

I november 2012 besluttet regjeringen å innføre ERTMS (European Rail Traffic Management System) som arvtaker for dagens signalsystem. Et nytt digitalt signalsystem åpner dører for en automatisert jernbane i fremtiden. Denne oppgaven omhandler tidligfasevurdering av ATO Grade of Automation 2 i samspill med ERTMS som kapasitetsøkende tiltak i Oslotunnelen. Selve tidligfasevurderingen baserer seg på en KS1-prosess med korresponderende analyser. Det vurderes og identifiseres ulike kapasitetsøkende konsepter for å dekke Stor-Oslos behov mot 2036.

Til slutt sammenliknes ATO kvalitativt mot bygging av ny tunell og investering i triple togsett / toetasjes tog. Det brukes kostnads-virkningsanalyse for å rangere alternativene. Ved å identifisere seks ulike vurderingskriterier, får alternativene en score presentert i figur 1.



Figur 1 - Rangering av alternativene

ATO scorer lavest i analysen, men har også betydelig lavere kostnad enn de to andre tiltakene (945 MNOK mot 3 840 MNOK for triple togsett, 9 600 MNOK for toetasjes tog og 15 900 MNOK for ny tunnel)<sup>1</sup>. Av den grunn vil ATO systemet også ha høyest MNOK per kvalitativ score og lavest MNOK for hver prosent kapasiteten øker med (hvis det bidrar til en økning på to ruteleier). Basert på resultatene, konkluderer studien med en anbefaling om å vurdere ATO som et mulig tiltak for å øke kapasiteten i Oslotunnelen.

På en annen side, knyttes det usikkerhet til den antatte kapasitetsgevinsten i Oslotunnelen med innføring av ATO. For å kunne konkludere om systemet er et verdig bidrag til kapasitetsøkningen, er det grunnleggende å utarbeide en nøyaktig modell av Oslotunnelen utrustet med ERTMS nivå 2. Thameslink-prosjektet bør bli en arena for å kunne samle erfaringer om ATO over ERTMS, noe som vil bidra til å estimere nøyaktige muligheter for kapasitetsøkning for Oslotunnel med ATO.

---

<sup>1</sup> Inkluderer ikke ombygging av plattformer for triple togsett og toetasjes tog. Nye togsett for ny Oslotunnel er heller ikke inkludert.

## ABSTRACT

In November 2012 the Norwegian government decided to implement ERTMS (European Rail Traffic Management System) as the successor of today's signaling system. New, digital signaling system opens the door for digitalized rail in the future. This thesis contains early phase evaluation of ATO Grade of Automation 2 in cooperation with ERTMS as possible capacity increasing measure in Oslo Tunnel. The early phase evaluation is based on KS-process with corresponding analysis. This rapport contains identification and evaluation of different capacity-increasing measures for Oslo Tunnel until 2036.

In the analysis section of this thesis, ATO is compared qualitatively to double decker / triple trainset trains as well as the building of new Oslo Tunnel. In order to rank identified concepts, the cost-effectiveness analysis has been used. By identifying six dissimilar evaluation criteria, the concepts acquire a score presented in figure 2.

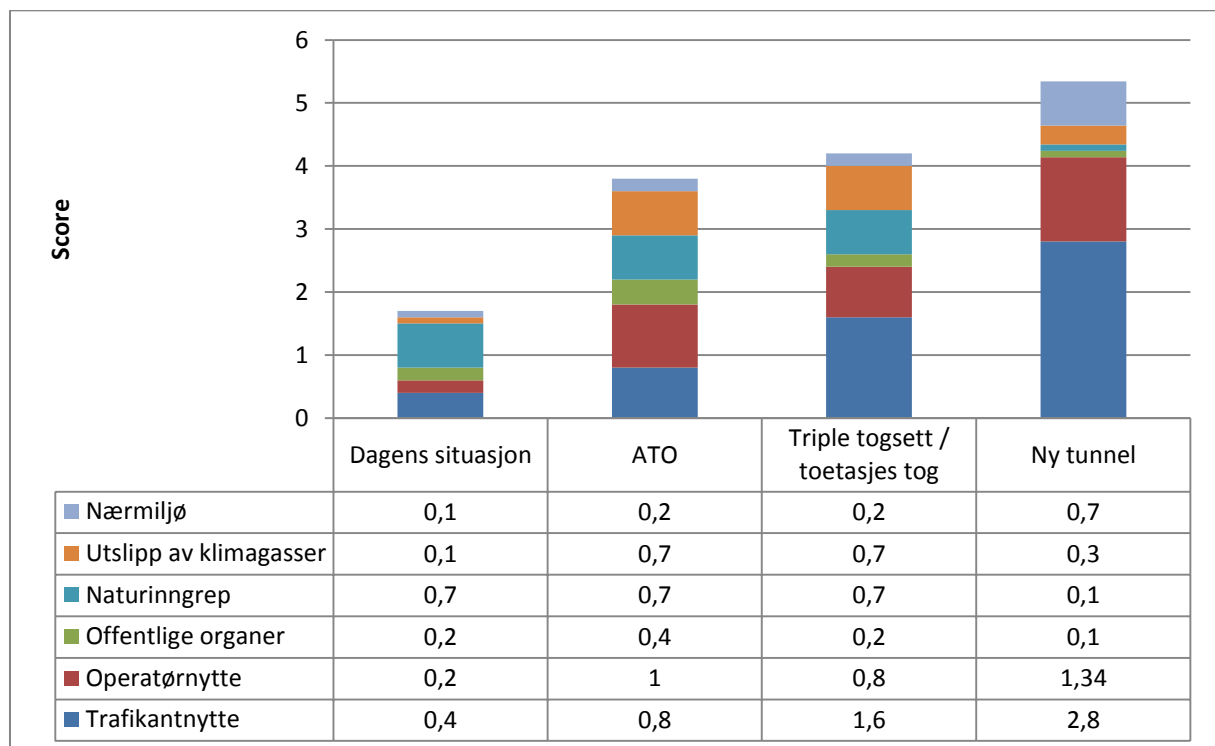


Figure 2 - Ranking of concepts

ATO gets the lowest score in the analysis; however the system also costs considerable less amount of money (945 MNOK for ATO against 3 840 MNOK for triple trainsets, 9 600 MNOK for double decker trainsets and 15 900 MNOK for new tunnel)<sup>2</sup>. It means that ATO costs the least when it comes to MNOK per qualitative score point and the least MNOK for each percent of capacity increase. Based on the results, the study concludes with a recommendation to consider ATO as a possible initiative to increase the capacity in Oslo Tunnel.

On the other hand, there's a lot of uncertainty related to the actual capacity increase in Oslo Tunnel that depends on time- and resource demanding modeling of the infrastructure. Consequently, in order to be completely sure it's fundamental to make a precise model of the infrastructure with ERTMS and gather experience from Thameslink project in the UK with the aim of estimating the capacity increase for Oslo Tunnel.

---

<sup>2</sup> The numbers do not include reconstruction of platforms to suit double decker or triple trainsets. Cost of the new tunnel does not include new trainsets.

# INNHOOLD

1. Innledning.....	12
1.1. Bakgrunn.....	12
1.2. Problemstilling.....	12
1.3. Oppgavens oppbygging.....	13
1.4. Ordliste.....	13
2. Tidligfasevurdering.....	14
2.1. Dagens situasjon.....	16
2.2. Behovsanalyse.....	16
2.2.1. Behovshierarki.....	18
2.3. Overordnet strategi.....	19
2.3.1. Målformulering.....	20
2.4. Krav.....	21
2.5. Mulighetsrommet.....	22
2.6. Alternativanalyse.....	23
2.6.1. Prissatte konsekvenser.....	25
2.6.2. Ikke-prissatte konsekvenser.....	26
2.7. Følsomhetsanalyse.....	28
3. Teknisk grunnlag.....	29
3.1. Strekningsblokker.....	29
3.2. ERTMS nivå 2.....	31
3.3. ERTMS nivå 3.....	32
3.4. Kapasitet dobbeltspor.....	33
3.5. ERTMS, ATO og kapasitet.....	35
4. Metode.....	38
4.1. Valg av problemstilling.....	38
4.2. Kvalitativ og kvantitativ metode.....	39
4.2.1. Valg av metode.....	40
4.3. Litteraturstudie.....	40
4.4. Informanter.....	41
4.5. Datas reliabilitet og validitet.....	42
5. Dagens situasjon.....	43

5.1.	Folkemengde .....	43
5.2.	Utvikling i kollektivtrafikken.....	44
5.3.	Kapasitetssituasjonen i Oslotunnelen.....	44
6.	Behovsanalyse.....	46
6.1.	Offentlige målsettinger .....	46
6.2.	Økonomisk etterspørselsanalyse.....	47
6.2.1.	Befolkningsvekst .....	47
6.2.2.	Projisert etterspørsel etter ruteleier .....	48
6.3.	Godstog .....	49
6.4.	Interessentanalyse .....	50
6.5.	SWOT-analyse av dagens situasjon.....	52
6.6.	Behovshierarki.....	52
7.	Overordnet strategi.....	53
7.1.	Samfunns mål .....	53
7.2.	Effekt mål .....	53
7.3.	Resultat mål.....	54
8.	Krav .....	55
8.1.	Absolutte krav .....	55
8.2.	Viktige krav .....	56
9.	Mulighetsrommet .....	57
9.1.	Mulige alternativer for økt kapasitet.....	57
9.2.	Konseptdefinisjoner.....	59
10.	Alternativanalyse.....	61
10.1.	Siling mot absolutte krav.....	61
10.1.1.	Konsepter som er vurdert og avvist .....	62
10.2.	Oppfyllelse av viktige krav .....	63
10.3.	Konsepter som skal være med videre .....	64
10.4.	SWOT-analyse .....	65
10.4.1.	Konsept D – ERTMS L2 med ATO .....	65
10.4.2.	Konsept F – Ny tunnel .....	66
10.4.3.	Konsept G/H – toetasjes tog / triple togsett.....	66
10.5.	Kostnad-virkningsanalyse.....	67
10.5.1.	Estimerte kostnader .....	71



10.5.2.	Resultater av analysen.....	72
10.5.3.	Samlet vurdering.....	74
11.	Diskusjon.....	75
11.1.	Behovsanalyse .....	75
11.2.	Samfunnsøkonomisk analyse.....	77
11.3.	ATO.....	78
11.4.	Toetasjes tog og triple togsett.....	82
11.5.	Ny tunnel.....	84
12.	Oppsummering .....	85
13.	Videre arbeid .....	86
14.	Referanser .....	87
15.	Vedlegg.....	93

Figur 2-1 - Kostnader i ulike faser i prosjektet. Laveste kostnader finnes ved endringer i tidligfasen som vokser desto lenger i prosjektet. (Sunnevåg, 2007, s. 10).....	14
Figur 2-2 – Rekkefølgen i prosessen. Fra behov til alternativanalysen. ....	15
Figur 2-3 - Overestimering av etterspørselen i jernbaneprosjekter basert på studie fra Flyvbjerg, Holm og Buhl.....	17
Figur 2-4 - Prosjektutløsende og avledede behov .....	18
Figur 2-5 - Sammenheng mellom de ulike målene (Universitetet i Oslo, 2011).....	19
Figur 2-6 - Mulighetsrommet som avgrenses av definerte krav (Samset, Andersen, & Austeng, 2013, s. 20) .....	22
Figur 2-7 - Prosessen bak alternativanalysen .....	23
Figur 2-8 – Konsekvensvifte (Statens vegvesen, 2006).....	26
Figur 2-9 - Følsomhetsanalyse for kvalitative vurderinger (Jordanger, 2011).....	28
Figur 3-1 - Virkemåten til faste blokkstrekninger. (Naeem, 2015) .....	29
Figur 3-2 - Virkemåten til virtuelle blokkstrekninger. (Naeem, 2015) .....	30
Figur 3-3 – Virkemåten til ERTMS nivå 2 (Jernbaneverket & Svingheim, 2014) .....	31
Figur 3-4 - ERTMS nivå 3.....	32
Figur 3-5 – Eksempel på utnyttelse av strekningskapasitet i løpet av en time, sammensatt av teknisk minste togfølgetid, framføringstoleranse og tilbakestillingsevne. ....	34
Figur 3-6 - Toggraf for ATO mot lokfører.....	35
Figur 3-7 - Optimal hastighet sammenliknet med lokførerens kjørestil (Bienfait & Zoetardt, 2012) .....	36
Figur 3-8 - Blokkstrekninger i metro-stil (Morton & Litterst, 2013).....	37
Figur 4-1 - Prosessen bak definisjonen til problemstillingen. ....	39
Figur 5-1 - Folkemengde i Oslo og Akershus 1990-2015 (Statistisk Sentralbyrå, 2016)	43
Figur 5-2 - Antall passasjerreiser 1998-2014 .....	44
Figur 5-3 - Togtrafikk i Oslo-navet i 2014 (Jernbaneverket, 2015).....	45
Figur 6-1 - Ønsket utvikling i lokale byer og tettsteder rundt Oslo (Akershus Fylkeskommune & Oslo Kommune, 2015).....	46
Figur 6-2 – Befolkningsvekst i Oslo og Akershus fram mot 2040 (SSB, 2014) .....	47
Figur 9-1- Kapasitetsøkende tiltak i jernbanen.....	57
Figur 10-1 - Resultat av analysen presentert i form av et søylediagram.....	70

Tabell 2-1 - Prissatte konsekvenser i definert i metodehåndboka for samfunnsøkonomiske analyser i Jernbaneverket .....	25
Tabell 2-2 - Score for kvalitative vurderingskriterier og dens betydning .....	27
Tabell 3-1 - Foreslått kapasitetsutnyttelse av UIC. Det aksepteres større kapasitetsutnyttelse i rush i dedikert forstadstrafikk. ....	34
Tabell 5-1 - Tog i Oslostunnelen fordelt på togtype den 04.03.2016 (Vedlegg F) .....	45
Tabell 6-1 - Forventet transportvekst i 2030 og 2036 basert på ulike scenarioer.....	48
Tabell 6-2 - Forventet etterspørsel etter ruteleier i Oslostunnelen i 2030 og 2036.....	49
Tabell 6-3 - Interessentanalyse. P står for primære, mens S for sekundære interesser. .....	50
Tabell 6-4 - SWOT-analyse av dagens situasjon.....	52
Tabell 8-1 - Oversikt over absolutte krav .....	55
Tabell 8-2 - Oversikt over viktige krav.....	56
Tabell 10-1 - Oversikt over de ulike konseptene og grad av kravoppfyllelse.....	61
Tabell 10-2 - Grad av oppnåelse av viktige krav .....	63
Tabell 10-3 - SWOT-analyse for konsept D .....	65
Tabell 10-4 - SWOT-analyse for konsept F .....	66
Tabell 10-5 - SWOT-analyse for konsept G/H .....	66
Tabell 10-6 - Kriterier og vektning for videre kvalitativ analyse .....	68
Tabell 10-7 - Omfang av gitte tiltak.....	68
Tabell 10-8 - Samlet konsekvens for gitte tiltak.....	69
Tabell 10-9 - Resultat av analysen.....	69
Tabell 10-10 - Kostnadsestimater for tiltakene.....	71
Tabell 10-11 - Kostnadsestimater ekskl. ombygging av plattformer (MNOK).....	71
Tabell 10-12 - Pris per prosent av kapasitetsøkningen .....	72
Tabell 10-13 - Sammenlagt resultat fra analysen .....	74

# 1. INNLEDNING

## 1.1. BAKGRUNN

I november 2012 besluttet regjeringen å innføre ERTMS (European Rail Traffic Management System) som arvtaker for dagens signalsystem. Et nytt digitalt signalsystem åpner dører for en automatisert jernbane i fremtiden.

Den sterke befolkningsveksten i sentrale områder skaper et stort behov for kapasitetsøkning på bane. Bygging av ny infrastruktur for å øke kapasitet er både krevende og dyr. Det norske jernbanenettets struktur hvor nesten all trafikk går gjennom Osloområdet medfører en del utfordringer med hensyn til at relativt små avvik i dette området vil føre til forsinkelser for andre tog, også utenfor det området. Det overnevnte gir bakgrunnen for et ønske om å effektivisere dagens jernbane med ERTMS som fundament.

Flere og flere metrolinjer rundt omkring i verden bygges ut eller bygges om til å kjøre førerløst, blant annet for å øke kapasiteten. Operatørene rapporterer om sparte kostnader på sikt, bedre punktlighet i tillegg til kapasitetsøkningen. Allerede i 2002 åpnet vår skandinaviske nabo en helautomatisert Metrolinje i København. Det samme anlegget vant prisen for verdens beste Metro i 2008 (Nielsen, 2008). Førerløse Metrosystemer er en økende trend og finnes allerede flere steder i Europa, Nord- og Sør-Amerika, og Asia.

## 1.2. PROBLEMSTILLING

Problemstillingen for denne masteroppgaven handler om å vurdere Automatic Train Operations som kapasitetsøkende tiltak i Oslotunnelen. Det nye signalsystemet er planlagt ferdig utbygd i Oslotunnelen i 2026. Storbritannia og Thameslink-prosjektet viser at automatisert jernbane er gjennomførbart allerede med ERTMS nivå 2 hvor leverandører utnytter prinsippene i teknologien som benyttes for metrolinjer.

Masteroppgaven svarer på følgende spørsmål:

- ✓ Hvilke kapasitetsutfordringer står Oslotunnelen ovenfor i dag og mot 2036?
- ✓ Hvordan kan ATO bidra til en kapasitetsøkning i tunnelen?
- ✓ Vil det være samfunnsøkonomisk lønnsomt å innføre ATO i Oslotunnelen?

### 1.3. OPPGAVENS OPPBYGGING

I kapittel 2 introduseres prosessen bak konseptvalgutredningen. Det redegjøres hva som skal foreligge i de ulike trinnene i utredningen. Kapittel 3 introduserer leseren til ERTMS systemet som fundament for automatisert togframføring. I tillegg beskrives virkemåten til blokkstrekninger og deres innvirkning på kapasitet. I samme kapittelet vises det til beregningsmåter som omhandler kapasitet.

Fjerde kapittel omhandler metoder som ble brukt i forskningen. Det blir redegjort for de vitenskapelige prosessene bak datainnsamling, bearbeiding og tolkning.

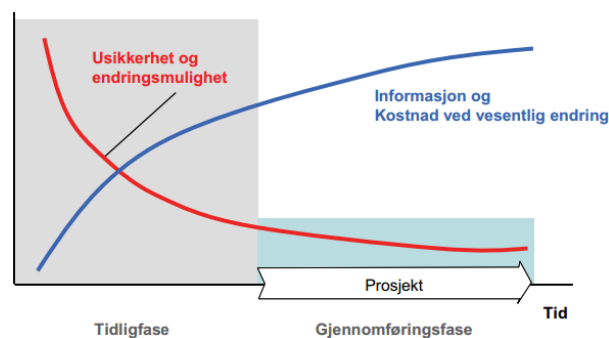
Kapittel 5-10 inneholder trinnene i tidligfasevurdering for den gitte problemstillingen. I kapittel 11 diskuteres det rundt resultatene. Det trekkes konklusjon i kapittel 12. Deretter foreslås områder for videre arbeid.

### 1.4. ORDLISTE

Ord	Betydning
AoE	ATO over ERTMS
ERTMS	European Rail Traffic Management System
GSM-R	GSM mobiltelefoni for Rail(tog)
KVU	Konseptvalgutredning
RBC	Radio Block Center
SSB	Statistisk Sentralbyrå
TIOS	Trafikkinformasjons- og oppfølgingsystem
TMS	Traffic Management System
TSR	Temporary Speed Restriction

## 2. TIDLIGFASEVURDERING

Knut Samset (2008, s. 19) definerer tidligfase som «stadiet da prosjektet bare eksisterer konseptuelt, før det planlegges og gjennomføres». Et konsept defineres av Finansdepartementet (2008) som prinsipløsning som ivaretar et sett av definerte behov og overordnede prioriteringer. Gjennomføring av en tidligfasevurdering skyldes at jo tidligere i prosjektfasen endringer implementeres, desto lavere kostnader, se figur 2-1. Av den grunn viser det seg å være lønnsomt med grundig tidligfasevurdering.



Figur 2-1 - Kostnader i ulike faser i prosjektet. Laveste kostnader finnes ved endringer i tidligfasen som vokser desto lenger i prosjektet. (Sunnevåg, 2007, s. 10)

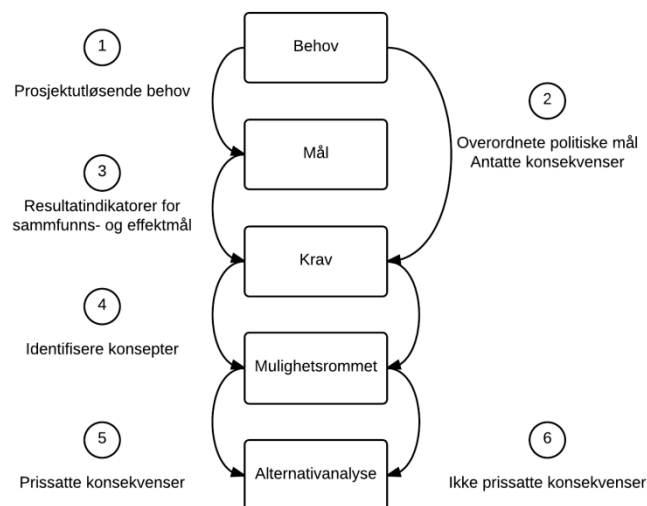
Utfordringen med tidligfasevurderinger ligger i begrenset informasjon til rådighet etter hvert som man forsøker å se inn i fremtiden. I masteroppgaven er det begrenset hvor mye tid studenten kan bruke på å samle inn informasjon. I tillegg, selv om vi hadde hatt adgang til all tilgjengelig informasjon, kan man kun forutsi fremtiden i en begrenset grad (Samset, 2008, s. 21).

Fremgangsmåten for denne tidligfasevurderingen baserer seg på prosesser bak en konseptvalgutredning (KVU). Tidligfasevurdering skal gi en anbefaling om hvilket konsept eller alternativ som bør velges og utredes videre. Det som er sentralt i denne prosessen er å kartlegge hvilke framtidige behov samfunnet vil ha og hvilke prosjekialternativer som kan tilfredsstillere dette behovet på best måte (Regjeringen.no, 2014).

KVU brukes i den offentlige sektoren som en fremgangsmåte som innebærer:

1. Behovsanalyse
2. Strategikapittel
3. Overordnede krav
4. Mulighetsstudie
5. Alternativanalyse

Samset, Andersen og Austeng (2013, s. 19) definerer en KVU analyse som et dokument som skal se på hele prosessen: fra hvilket problem man står overfor, hvilke behov problemet utløser, hvilke mål man må sette for at behovet skal tilfredsstilles, hvilke krav man må sette til virkemidlene for at disse skal være mest hensiktsmessige, hvilket mulighetsrom man da kan operere innenfor, hvilke alternative virkemidler som kan tenkes for å oppnå målet, og tilslutt hvilke av disse som vil være det mest hensiktsmessige valget. Det stilles krav om at vurderingen skal identifisere og vurdere minst tre ulike løsninger for å dekke det gitte behovet. Utredningen presenterer grundig de ulike alternativene og gir grunnlag for eventuell finansiering. Det er ønskelig at vurderingen gjøres på et så tidlig tidspunkt at det finnes en reell mulighet til å velge mellom alternativer (Samset, Andersen, & Austeng, 2013).



Figur 2-2 – Rekkefølgen i prosessen. Fra behov til alternativanalysen.

Disse analysene skal gjennomføres i rekkefølgen som er satt i figur 2-2, hvor de respektive delene av rapporten bygger på hverandre (Finansdepartementet, 2010, s. 3).

## 2.1. DAGENS SITUASJON

For å kunne avdekke eventuelle behov, er man nødt til å analysere situasjonen i dag. Det skal ses på utviklingen de siste årene for å forstå hva som må forbedres. For jernbanen kan en slik analyse innebære utvikling i folkemengden for relevante geografiske områder, utvikling i passasjerreiser og/eller kapasitetsutnyttelse på relevante strekninger.

## 2.2. BEHOVSANALYSE

Det andre steget i vurderingen omhandler å avdekke et behov basert på analysen av dagens situasjon. McKillip (1987) definerer et behov som «den verdibaserte vurderingen at en eller annen gruppe av befolkningen har et problem som kan løses.» Behovsanalysen innebærer en kartlegging av interessenter/aktører og vurdering av hvorvidt det tiltaket som det påtenkte prosjektet representerer er relevant i forhold til samfunnsmessige behov (Finansdepartementet, 2010, s. 3). Behovsanalysens formål handler ikke bare om å identifisere behov, men handler også om å prioritere disse med hensyn på viktighet (Næss, 2005, s. 41).

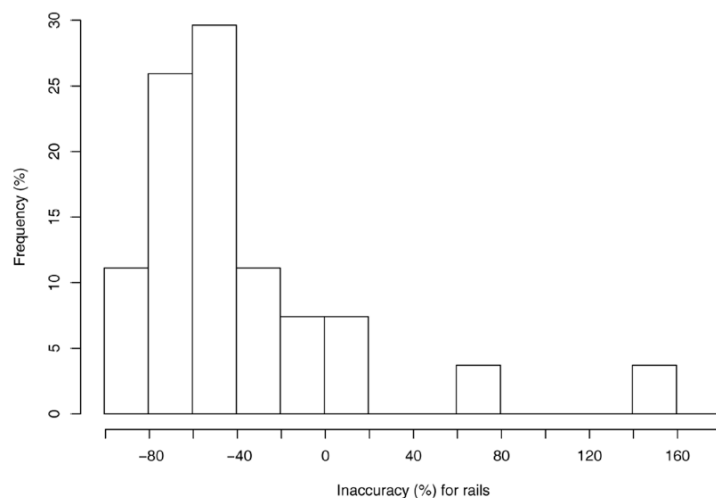
De samfunnsmessige behovene kan identifiseres gjennom:

1. **Økonomiske etterspørselsanalyser** defineres som «kvantitative analyser av etterspørselsnivået for de varer eller tjenester et individ, en husstand eller produsent etterspør» (Næss, 2005, s. 46). Med andre ord tar disse utgangspunkt i den projiserte etterspørselen for å avdekke fremtidig behov. Disse analysene egner seg godt for transportsektoren hvor behovet øker med befolkningsveksten som igjen påvirker etterspørselen positivt (Næss, 2005, s. 21). En annen metode er å se på veksten i passasjerreiser for å anslå hvor lenge dagens infrastruktur klarer å dekke behovet.

Det som bidrar til en økning i usikkerheten for prognosene er resultatene fra en studie gjennomført i 2006 som omhandler unøyaktighet i prognoser for vei og bane. Studiet analyserer 27 baneprosjekter i Danmark og EU for å se hvorvidt det antatte etterspørselsbehovet ble oppfylt. I figur 2-3 vises resultatet av analysen. Det indikerer at prognosene som regel er overoptimistiske hvor majoriteten av disse overestimerer behovet med mer enn 40 %. Det skyldes flere faktorer hvor



reisedistribusjonen og prognoser som ble manipulert er de mest utslagsgivende for jernbanen (Flyvbjerg, Holm, & Buhl, 2006).



Figur 2-3 - Overestimering av etterspørselen i jernbaneprosjekter basert på studie fra Flyvbjerg, Holm og Buhl.

**2. Interessegruppers argumentasjon** baserer seg på innspill fra forskjellige interessegrupper. Disse kan være sammensatt av offentlige myndigheter, grupper fra næringslivet eller sivilsamfunnet. Ved å lytte til flere parter innhenter man informasjon om forhold som blant annet virkninger for næringslivet og lokale synspunkter. Disse kan danne et godt beslutningsgrunnlag for investeringen (Næss, 2005, s. 23). Interessegruppens argumentasjon vil være verdifullt spesielt i en tidligfasevurdering der det er ønskelig å belyse problemet fra ulike synspunkter.

For å samle nødvendige innspill, har det blitt utarbeidet en rekke teknikker (Næss, 2005, s. 63). *Brainstorming* er en av dem og gjennomføres ved å samle en gruppe på 6-8 personer. I løpet av fastsatt tid, ønsker man å produsere flest mulig stikkord til hvilke problemer og behov planleggingen skal ta utgangspunkt i. Det er avgjørende at ideene ikke kritiseres under brainstormingen da det kan påvirke kreativiteten og selvtilliten til deltakere. En vurdering av ideene foregår etter møtet.

En annen teknikk som kan kombineres med brainstorming, som kan være aktuell for oppgaven kalles for SOFT-analyse (Strengths, Opportunities, Faults and Threats) eller SWOT-analyse (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats). En slik analyse foregår ved å identifisere dagens situasjon og dens svakheter og styrker. Deretter ønsker man å se på utviklingen framover, altså hvilke potensielle

forbedringer vil det forekomme og om det er en utvikling som kan true styrker dagens situasjon innehar. SOFT-analysen danner et bilde av behov for tiltak som kan bidra til å bevare sterke sider, forbedre svake, gripe muligheter og møte trusler (Næss, 2005, s. 64).

3. **Offentlige målsettinger** kan gi et velegnet utgangspunkt for å utpeke prioriterte behov for offentlige investeringer (Næss, 2005, s. 25), siden politisk flertall gjenspeiler flertallet i samfunnet. Analysen bør ta utgangspunkt i de gjeldende nasjonale målsettingene på aktuelle felter. For Jernbaneverket i Oslo-området tas det utgangspunkt i Nasjonale Transportplaner og KVV Oslo-navet. Utfordringen ligger i det offentlige apparatet er oppdelt i mange sektorer med begrenset ansvar som resulterer i at informasjonen må samles fra mange forskjellige instanser for å danne et helhetsbilde av målsettingene (Næss, 2005, s. 59).

### 2.2.1. BEHOVSHIERARKI

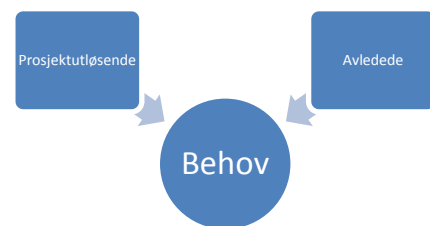
Menneskets behov kan rangeres fra primære til sekundære. Slik tilnærming brukes også i tidligfaseprosessen.

I forbindelse med investeringsprosjekter benevnes disse prosjektutløsende og prosjektavledede behov.

Med det prosjektutløsende behov menes det samfunnsbehovet som utløser planlegging av tiltak til et bestemt tidspunkt (Finansdepartementet, 2010, s. 4). Prosjektavledede behov omhandler andre behov som ikke er avgjørende for prosjektets eksistens.

Dette kan avbildes med en vei som bygges fra by A til by B. Det prosjektutløsende behovet er veien som forbinder de to byene. De avledede behov kan omhandle geografiske områder og andre byer veien skal krysse.

Ved identifisering av det prosjektutløsende behovet, kommer man bort i krav og ønsker som utgjør det avledede behovet. Avledede behov er avgjørende for å unngå at prosjektet defineres for snevert (Næss, 2005, s. 28). Det er ønskelig at forslaget dekker alle kravene for å unngå tilleggs kostnader i senere fase.

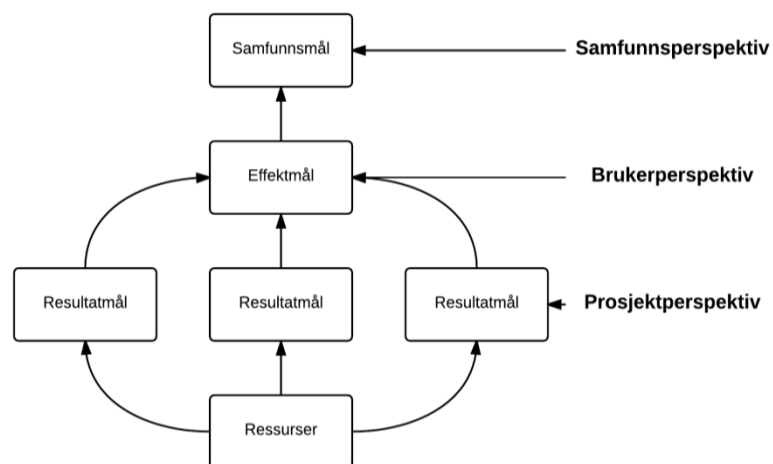


Figur 2-4 - Prosjektutløsende og avledede behov

### 2.3. OVERORDNET STRATEGI

Når behovene er avdekket, vil neste steget være å definere mål for vurderingen. Overordnet strategidelen av konseptvalgutredninger identifiserer målene for prosjektet. Disse fordeles inn i tre ulike områder (Finansdepartementet, 2010, s. 5):

1. **Samfunns mål** beskriver hvilken samfunnsutvikling prosjektet skal bygge opp under og er knyttet til tiltakets virkninger for *samfunnet*. Disse er ofte uttrykt i form av samfunnsøkonomisk lønnsomhet (Finansdepartementet, 2003, s. 5).
2. **Effekt mål** uttrykker hvilke virkninger som søkes oppnådd for *brukerne* av tiltaket. Med andre ord beskriver effekt målet selve effekten av tiltaket ofte uttrykt i form av kapasitet, regularitet, ulykkesfrekvens, tidsbesparelser m.m.
3. **Resultat mål** spesifiserer leveranser og skal ikke være det primære fokus i tidligfasevurderingen. Det som kan drøftes i rapporten er prioriteringen mellom resultat mål med hensyn til kostnad, ytelse og tid som kan gi føringer for arbeidet med et eventuelt forprosjekt.



Figur 2-5 - Sammenheng mellom de ulike målene (Universitetet i Oslo, 2011)

### **2.3.1.MÅLFORMULERING**

I sin rapport om målformulering i store statlige investeringsprosjekt beskriver Ole Klakegg (2006, s. 85) formålet med mål på følgende måte (basert på Kolltveit & Reve, 1998):

1. mål klargjør hva prosjektarbeidet skal resultere i
2. mål skaper felles forståelse av hensikten med prosjektarbeidet
3. mål er nødvendig for å kunne planlegge og følge opp utførelsen
4. mål skaper motivasjon

#### **SMARTE mål**

Målene bør kunne karakteriseres i størst mulig grad som SMARTE. Kravene som stilles til SMARTE mål er følgende (Klakegg, 2006, ss. 101-102):

- Spesifisert – målformuleringen må være så konkret at det ikke er tvil om hva som er ment med målet.
- Målbart – et fundamentalt kriterium hvis målene skal følges opp med måling. For å kunne være i stand til å måle måloppnåelsen, er man nødt til å sette opp målbare indikatorer for det gitte målet.
- Akseptert – ved å kreve at målene skal være aksepterte, vil én oppnå at både interne og eksterne interessenter jobber mot målet. utfordringer ligger i å redusere innflytelsen av målkonflikter, siden det ikke kan forventes at alle aksepterer forslaget.
- Realistisk – studier viser at ambisiøse mål stimulerer til bedre prestasjoner. Medaljens bakside er at hvis målene blir helt urealistiske, vil også prestasjonene lide av det.
- Tidsrelatert – man fastsetter rekkefølgen og frister for når målene skal nås.

- Engasjerende – i likhet med akseptert-kravet, ønsker man at målet bidrar til høyere engasjement rundt prosjektet for de involverte partene.

I tillegg er det fundamentalt at målene knyttes mot interessentene. Det resulterer i at målene tar utgangspunkt i interessentenes behov, krav og forventninger (Klakegg, 2006, s. 95).

Sett fra prosjektlederens perspektiv er det ikke ønskelig å formulere for mange mål, siden det øker sannsynligheten for målforvirring. Ved formulering av flere mål, er det avgjørende at disse rangeres og prioriteres ut i fra viktighetsgrad. Dessuten må alle målene være realiserbare som effekt av tiltaket (Finansdepartementet, 2010, s. 5).

## **2.4. KRAV**

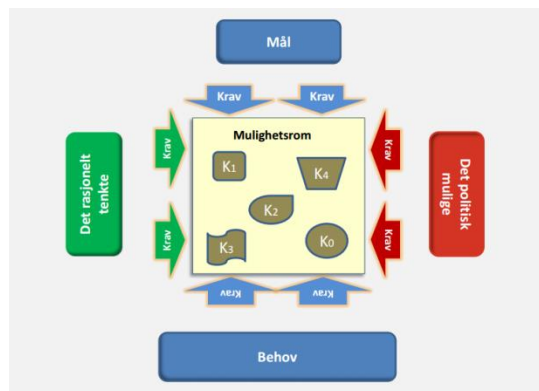
Med bakgrunn i avdekket behov og fastsatte mål, ønsker man å definere krav som må oppfylles i gitt grad ved senere konseptidentifisering. Kravdokumentet skal sammenfatte betingelsene som skal oppfylles ved gjennomføringen av tiltaket. Kravene skal brukes til å avgjøre om løsningsalternativer er gyldige og videre til å drøfte godheten av de gyldige konseptuelle alternativene (Finansdepartementet, 2010, s. 5). Med andre ord, setter kravdokumentet rammeverket for aktuelle konsepter.

Kravene kan enten utledes fra samfunns- eller effektmål, eller fra andre tekniske eller økonomiske forutsetninger. Kravene som stammer fra de overordnede målene karakteriseres som absolutte, og må oppfylles av konseptet. I likhet med mål og behov, bør de resterende kravene bør rangeres etter viktighet.

## 2.5. MULIGHETSROMMET

I sin analyse av mulighetsrommet for transportsystemet i Hønefossområdet, definerer Statens Vegvesen (2015, s. 2) hensikten med mulighetsrommet som «å belyse tiltakene og vurderingene som er gjort for å sikre bredden av konseptene i konseptvalgutredningen».

Behov, strategi og krav legger til rette for hvor stort mulighetsrommet er ved identifisering av mulige konsepter, se figur 2-6.

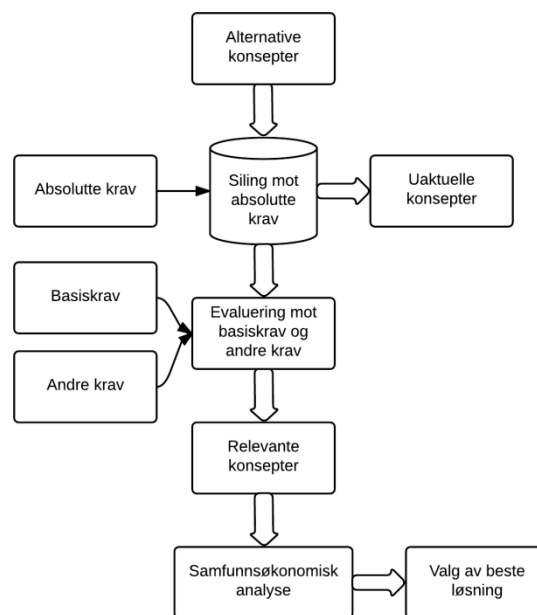


Figur 2-6 - Mulighetsrommet som avgrenses av definerte krav (Samset, Andersen, & Austeng, 2013, s. 20)

De politiske kravene (økonomi, samfunnsmessige forhold, miljø) og det som er teknisk mulig setter en ytterligere begrensning på rommet. Deretter søkes det etter tiltak som befinner seg i mulighetsrommet.

## 2.6. ALTERNATIVANALYSE

I alternativanalysen foregår siling av konseptene som ble identifisert i mulighetsrommet, se figur 2-7. Det første steget er å undersøke om gitte konsepter definerer absolutte krav stilt til prosjektet. Ved å sile med hensyn på absolutte krav, velger man bort de irrelevante alternativene. Formålet er å kunne redusere omfanget på alternativanalysen (Samset, Andersen, & Austeng, 2013, s. 21). Deretter rangeres gjenværende tiltak på basis av andre krav.



Figur 2-7 - Prosessen bak alternativanalysen

Alternativanalysen skal i tillegg til nullalternativet inneholde minst et alternativ hovedkonsept som velges ut når silingsprosessen er unnagiort. Nullalternativet skal være referansen som investeringsalternativene skal sammenlignes med og skal representere en forsvarlig videreføring (nødvendige vedlikeholdsinvesteringer skal inkluderes) av dagens situasjon (Finansdepartementet, 2010, s. 6). Oftest er ikke nullalternativet løsningen på problemet.

Finansdepartementet (2010, s. 7) krever en samfunnsøkonomisk analyse som gir grunnlag for det beste alternativet. I Concept rapport nr 38 «Ikke-prissatte virkninger i samfunnsøkonomisk analyse» (Bull-Berg, Volden, & Grindvoll, 2014) defineres formålet med samfunnsøkonomisk analyse at den «skal klarlegge og synliggjøre virkningene av tiltak før beslutninger fattes gjennom å fremskaffe systematisk og mest mulig fullstendig og sammenlignbar informasjon om ulike nytte- og kostnadsvirkninger av konseptene.

Analysen skal videre gi grunnlag for å vurdere om et offentlig tiltak er samfunnsøkonomisk lønnsomt.» Fra Jernbaneverkets perspektiv skal det undersøkes om nytten av tiltaket for trafikanter, operatører, offentlig sektor og samfunnet forøvrig overstiger summen av kostnadsvirkninger. For å kunne rangere mellom alternativene anbefales det å forholde seg til en av de tre foreslåtte metoder:

1. Nytte- kostnadsanalyse, hvor nytte og kostnad verdsettes i kroner så langt det lar seg gjøre
2. Kostnads-virkningsanalyse, hvor nytten vurderes kvalitativt og kostnad i kroner
3. Kostnadseffektivitetsanalyse, hvor nytten antas lik og kostnadene verdsettes i kroner

Det er fundamentalt for analysen å identifisere konsekvenser av tiltaket. Disse kan være prissatte eller ikke, avhengig av kompleksitet på gitte virkningen. Prissatte konsekvenser karakteriseres ved at de kan representeres og sammenliknes ved hjelp av kroneverdi, mens ikke-prissatte virkninger må rangeres ved hjelp av andre metoder.



### 2.6.1. PRISSATTE KONSEKVENSER

For faktorer som kan prises, utnyttes det forventningsverdier for de ulike kostnadene som det gitte konseptet innebærer. Det omhandler investerings-, drifts- og vedlikeholdskostnader i en gitt periode frem i tid. I tillegg skal det utarbeides en usikkerhetsanalyse for de gitte verdiene i henhold til metoder og verktøy brukt i organisasjonen.

Prissatte konsekvenser i Jernbanesektoren defineres for følgende aktører (Jernbaneverket, 2015):

*Tabell 2-1 - Prissatte konsekvenser i definert i metodehåndboka for samfunnsøkonomiske analyser i Jernbaneverket*

Aktører	Betydning	Påvirkning via:
<b>Trafikanter</b>	Omfatter både togtrafikanter og trafikanter med andre transportmidler som påvirkes av prosjektet.	Påvirkes gjennom endringer i reisetid, ventetid, tilbringertid, punktlighet, billettpriser, køkostnader, komfort, helsekostnader og ulykkeskostnader.
<b>Operatører</b>	Omfatter selskaper som driver kollektiv- og godstrafikken.	Påvirkes gjennom endringer i inntekter, driftskostnader, kapitalkostnader og offentlig kjøp.
<b>Offentlige organer</b>	Omfatter de fleste infrastrukturholdere (f.eks. Jernbaneverket), kjøpere av kollektivtransporttjenester og staten som skattemyndighet og avgiftsinnkrever.	Påvirkes gjennom endringer i investeringskostnader, drifts- og vedlikeholdskostnader, avgifter og eventuelle offentlige kjøp.
<b>Samfunnet for øvrig</b>	Omfatter alle som ikke inngår i de øvrige gruppene.	Påvirkes gjennom ulykkeskostnader, miljøkostnader, barriereeffekter, konsekvenser for regional utvikling og arealbruk.

## 2.6.2. IKKE-PRISSATTE KONSEKVENSER

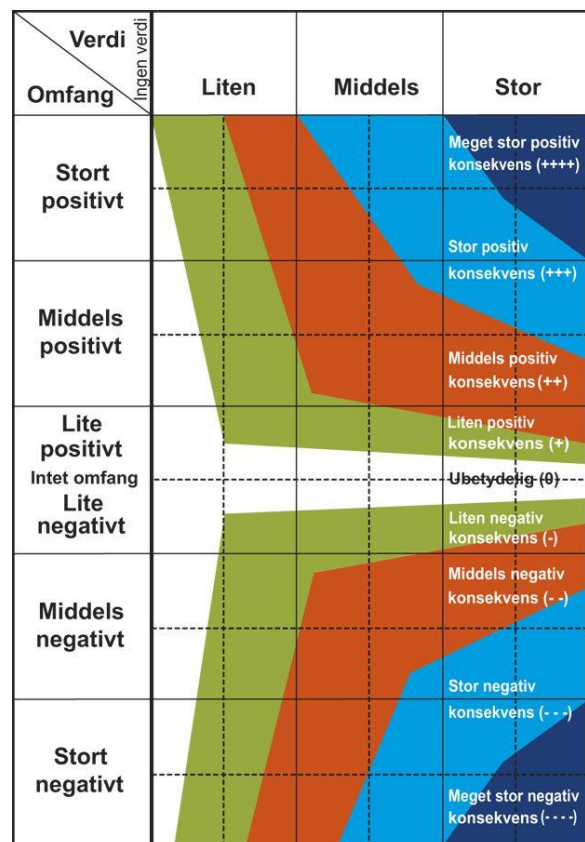
Konsekvenser som ikke kan prises, og heller ikke kvantifiseres på en forsvarlig måte, vurderes kvalitativt. Grunnen for dette er at det skal tas hensyn til forhold ved konseptet som kan være avgjørende for resultatet. Ikke-prissatte konsekvenser bør utredes grundig, slik at det tas hensyn til ulike fordelinger av positive og negative virkninger mellom brukergrupper og andre interessenter.

Analyse av ikke-prissatte virkninger skal foregå ved hjelp av fire steg (Bull-Berg, Volden, & Grindvoll, 2014, ss. 24-28):

1. Identifisering av relevant virkning
2. Fastsetting av omfanget av virkningen
3. Vurdering av samlet konsekvens ved å sammenstille omfanget med betydning (verdi)
4. Foreta en samlet vurdering av hvert alternativ og ranger alternativene.

I steg 1, **identifisering av relevant virkning**, ønskes det å oppdage og definere konsekvenser av tiltaket. I tidligfasevurderingen ønskes det å lage en overordnet liste av de aller viktigste virkningene. Det skyldes at man ønsker kun å identifisere forhold som vil ha betydning for konseptvalget.

I steg 2, **fastsetting av omfanget av virkningen**, tas det hensyn til hvor omfattende den fysiske effekten er. Grunnet grove anslag, anbefaler Finansdepartementets veileder å bruke en syv-delt skala som strekker seg fra stort negativt til stort positivt omfang for tiltaket. I dette tilfellet vil stort negativt tilsvare en



Figur 2-8 – Konsekvensvifte (Statens vegvesen, 2006)

kostnad, mens stort positivt – nytte.

I steg 3, **vurdering av samlet konsekvens ved å sammenstille omfanget med betydning**, gjennomføres vurderingen ved å sammenholde omfang og betydning. Med betydning menes verdien av tiltaket for samfunnet, ikke målt i kroner. Tiltaket kan ha ulik betydning for ulike samfunnsgrupper som verdsetter tiltaket ulikt. I tillegg vil «omfanget» som i dette tilfellet vil tilsvare størrelsen på samfunnsgruppen ha en innvirkning på resultatet. For å kunne plassere en samlet konsekvens av tiltaket i en sammenheng, har det blitt utarbeidet en konsekvensvifte, se figur 2-8.

I steg 4, **foreta en samlet vurdering av hvert alternativ og rangere alternativene**, ønsker man å sammenstille konsekvensene og analysere om de identifiserte ikke-prissatte konsekvenser samlet sett bidrar eller svekker netto nåverdien til tiltaket. Ved rangering av ulike ikke-prissatte virkninger må det diskuteres rundt viktigheten til gitte virkninger. For å kunne sammenlikne alternativene, ønsker man å etablere en skala fra 1 til 7. På denne måten vil man være i stand til å måle konseptene mot hverandre og vekte de ikke-prissatte konsekvensene mot kriterier som er satt opp.

*Tabell 2-2 - Score for kvalitative vurderingskriterier og dens betydning*

Score	Betydning
1	Svært store konsekvenser med negativt bidrag.
2	Grad over 1.
3	Grad over 2.
4	Middels konsekvenser med middels bidrag.
5	Grad over 4.
6	Grad over 5.
7	Svært store konsekvenser med positivt bidrag.

## 2.7. FØLSOMHETSANALYSE

Ideelt sett ønsker man å bruke en evalueringsmodell til å sammenstille prissatte og ikke-prissatte konsekvenser. Kriteriene vektet mot hverandre ved å rangere viktigheten fra 0 til 100 %. På denne måten vil en endring i score til et kvantitativt kriterium (nåverdi) anslå verdi ved en tilsvarende endring i score til et kvalitativt kriterium. Det resulterer i at man kan prissette i en viss grad de ikke-prissatte konsekvensene.

Figur 2-9 viser et eksempel som viser at en endring i score på 1 for ytre miljø innebærer en gevinst på 280 MNOK. En slik modell skal kalibreres slik at verdiene godkjennes på bakgrunn av tidligere erfaringer.

Følsomhetsanalyse; Kalibrering av kriterier og score				
Gjennomsnittsalternativ	GjennomsnittsnPV	Gjennomsnittscore	Normalisert score	Resultat
Nåverdi	3 703,4	4,1	4,00	4,00
Ytre miljø		4,3	4,00	
Samfunnsutvikling		2,9	4,00	
Fleksibilitet		4,2	4,00	
Syssetteffekter og andre direkte virkninger		4,0	4,00	
Sikkerhet		3,5	4,00	
Sensitivitet realisering	Endring i NPV	Endring i score	Endring i resultat	
Nåverdi	280,0	0,3	0,15	VS
Ytre miljø		0,0		
Samfunnsutvikling		0,0		
Fleksibilitet		0,0		
Syssetteffekter og andre direkte virkninger		0,0		
Sikkerhet		0,0		
Sensitivitet realisering	Endring i NPV	Endring i score	Endring i resultat	
Nåverdi			0,15	VS
Ytre miljø		1,0		
Samfunnsutvikling		0,0		
Fleksibilitet		0,0		
Syssetteffekter og andre direkte virkninger		0,0		
Sikkerhet		0,0		

Figur 2-9 - Følsomhetsanalyse for kvalitative vurderinger (Jordanger, 2011)

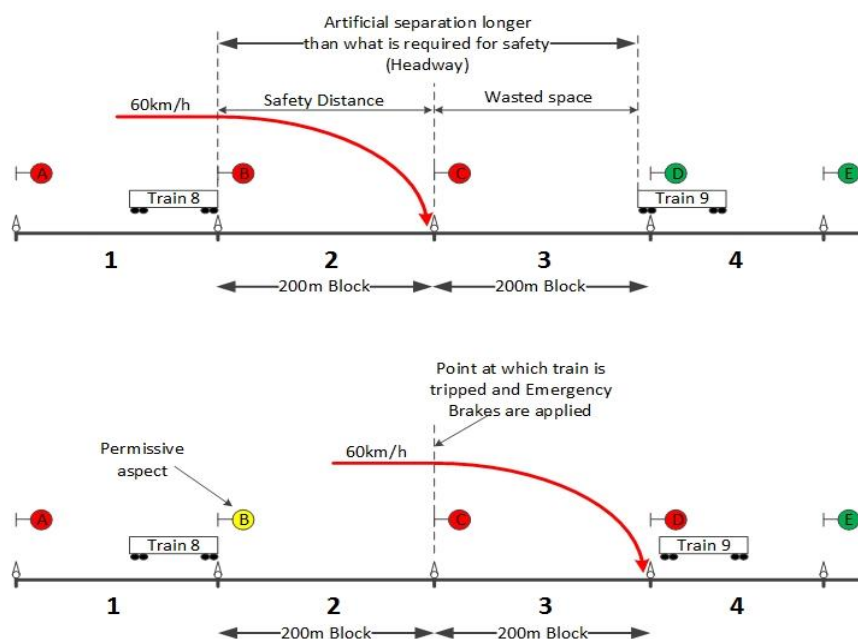
### 3. TEKNISK GRUNNLAG

For at leseren skal få forståelse for virkemåten bak det nye signalsystemet som legger fundament for ATO, beskrives i dette kapittelet virkemåten bak strekningsblokker, ERTMS og kort om kapasitet.

#### 3.1. STREKNINGSBLOKKER

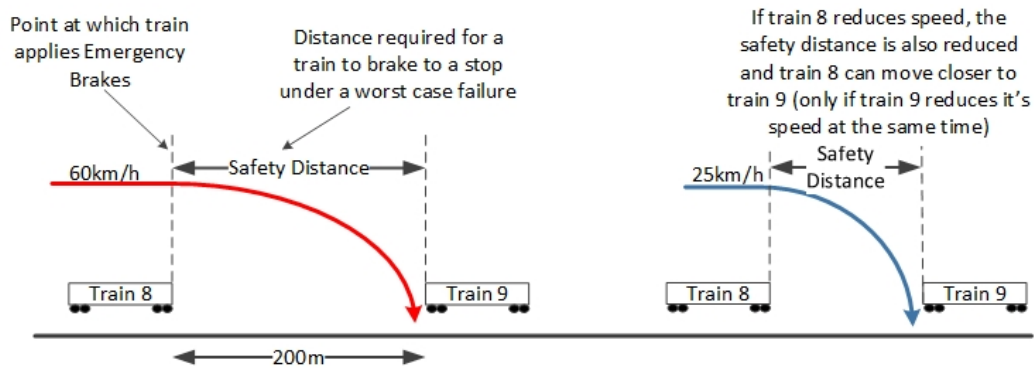
En strekningsblokk er et sporavsnitt som kan kun benyttes av ett tog til enhver tid. Blokkene brukes til å holde en trygg avstand mellom togene og er avgjørende for kapasiteten på sporet. Desto lenger blokkstrekning, desto færre tog kan kjøre på sporet etter hverandre på samme tid, noe som igjen fører til redusert kapasitet. Dagens signalsystem og ERTMS nivå 1/2 benytter faste strekningsblokker.

Figur 3-1 er en illustrasjon av virkemåten til faste strekningsblokker. Tog 8 og 9 kjører etter hverandre. Den røde linjen viser bremskurven til toget nummer åtte. Dersom tog 8 skulle passere det røde lyset, vil nødbremsen settes på og toget vil stoppe. Mens tog 9 fortsetter i blokk 3, vil tog 8 fortsatt stå stille. På grunn av dette, oppstår det en unødvendig stor avstand mellom de to togene (wasted space i figur 3-1). Ikke før tog 9 er i fjerde blokk, får tog 8 lov til å kjøre videre.



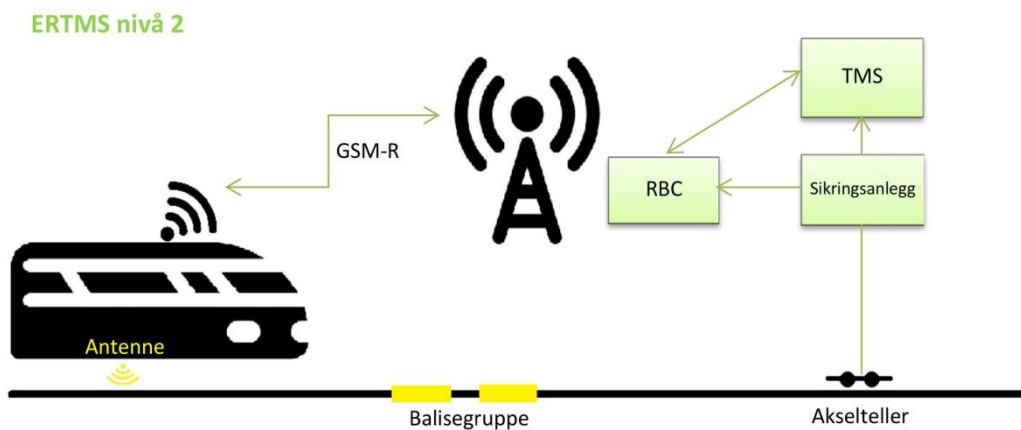
Figur 3-1 - Virkemåten til faste blokkstrekninger. (Naem, 2015)

Figur 3-2 representerer forskjellen mellom faste og virtuelle strekningsblokker. På grunn av kontinuerlig oppdatering av togets posisjon, hastighet og kompletthet, vil togene kunne følge hverandre tett i forhold til etterfølgende togs bremselengde.



Figur 3-2 - Virkemåten til virtuelle blokkstrekninger. (Naeem, 2015)

### 3.2. ERTMS NIVÅ 2



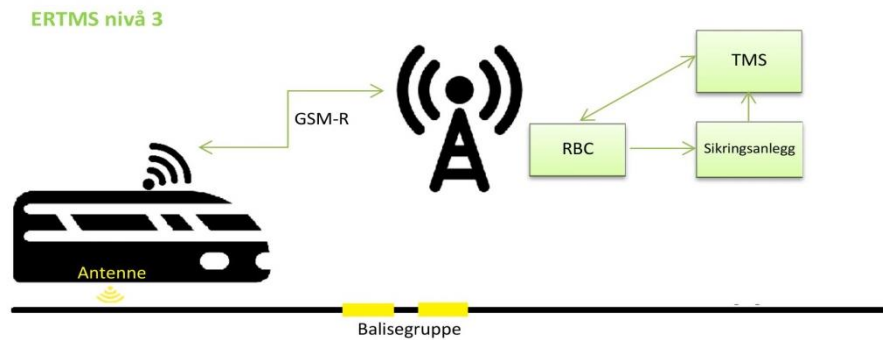
Figur 3-3 – Virkemåten til ERTMS nivå 2 (Jernbaneverket & Svingheim, 2014)

ERTMS nivå 2 skal etter planen være ferdigstilt i Oslotunnelen i 2026. Systemet skiller seg fra nivå 1 ved at lyssignalene langs sporet fjernes og erstattes av RBC (Radio Block Center). Videre benyttes fortsatt faste blokkstrekninger. RBC kommuniserer med togmateriell ved hjelp av jernbanenes eget mobiltelefonsystem GSM-R. Systemet benytter radiofrekvenser forskjellig fra det kommersielle GSM nettet.

RBC innhenter togets posisjon og sender kjøretillatelse til toget inneholdende hastighetsprofil, hvor langt toget kan kjøre og annen strekningsinformasjon. RBC er «hjernen» i signalanlegget og inneholder et virtuelt linjekart med en mengde informasjon nødvendig for å kunne generere kjøretillatelser. Nødvendig informasjon er togveier, hastighetsprofiler, objekter, baliser, sikkerhetssoner med mer. Via RBC kan togleder ved behov også sende ordre om midlertidig nedsatt hastighet for en gitt strekning (TSR).

For ERTMS nivå 2 og 3 benyttes balisene til å justere posisjonen til toget (konfidensintervallet). Ved passering av balisene får toget sin «absolutt posisjon». Mellom disse punktene beregner toget selv sin posisjon ved hjelp av odometrifunksjoner om bord i toget. Posisjonen kommuniseres så fra toget til RBC kontinuerlig via GSM-R ved såkalte «position reports». Disse inneholder distansen fra sist passert balisegruppe, hastighet og retning.

### 3.3. ERTMS NIVÅ 3



Figur 3-4 - ERTMS nivå 3

ERTMS nivå 3 skiller seg fra nivå 2 ved at togdeteksjonsutstyret i sporet fjernes, se figur 3-4. Dette medfører at tog nå må ha en funksjon benevnt togintegritet. Togintegritet defineres som et automatisert system som kontrollerer togets lengde og komplettethet til enhver tid. Med togintegritet vil togene kjøre så tett som bremseavstanden mellom dem tillater. I stedet for å ha faste blokker, benyttes virtuelle strekningsblokker. Dette gir økt kapasitetsutnyttelse med minimalt utstyr i sporet. Togmateriell utrustet med ERTMS nivå 2 vil også kunne kjøre på strekninger med nivå 3. Akkurat som i nivå 2, benyttes baliser for å justere togets posisjon (konfidensintervall).

Når standarden for ERTMS nivå 3 er utarbeidet, vil Jernbaneverket vurdere implementering av systemet, og eventuelt avbryte framtidig utbygging av akseltellere.



### 3.4. KAPASITET DOBBELTSPOR

Jernbaneverket (2015, s. 42) definerer kapasitet som «antall tog som per tidsenhet og med tilstrekkelig driftskvalitet kan kjøres på infrastrukturen. Verdien avhenger av samspillet mellom infrastruktur, materiell, driftsopplegg og kvalitetskrav».

Den teoretiske kapasiteten, som også er den maksimale, er lik:

$$K_{teoretisk} = \frac{T_p}{T_f}$$

der  $T_p$  er perioden kapasiteten beregnes for,  $T_f$  er gjennomsnittlig, minste, teknisk togfølgetid. I tillegg legges det til en buffer,  $T_b$  for at små forsinkelser ikke skal forplante seg gjennom systemet:

$$K_{teoretisk} = \frac{T_p}{T_f + T_b}$$

Buffertiden består av to komponenter: framføringstoleranse og tilbakestillingsevne. Framføringstoleransen forekommer av at alle lokførere har ulik kjørestil. For at avstanden mellom togene skal være trygg, må det nettopp tas hensyn til dette.

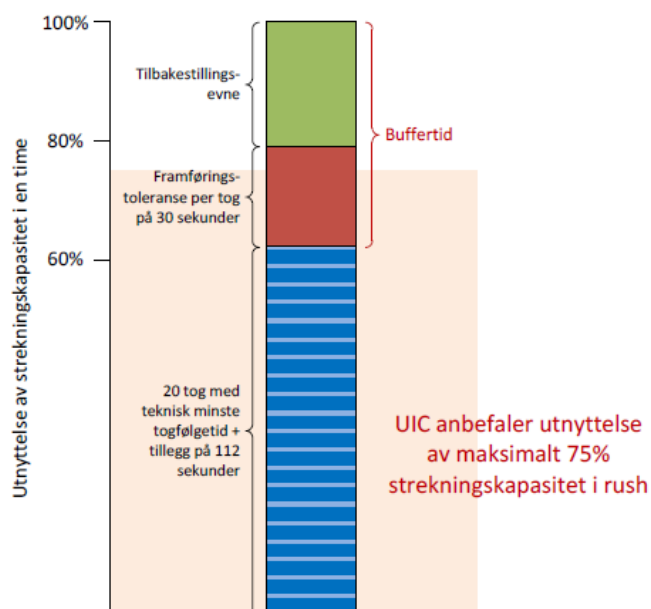
Kapasitetsutnyttelsen defineres som  $U = \frac{T_f}{T_f + T_b}$  og vises i figur 3-5.

UIC (2004) anbefaler følgende nivåer på kapasitetsutnyttelse og definerer tre trafikkbilder:

Tabell 3-1 - Foreslått kapasitetsutnyttelse av UIC. Det aksepteres større kapasitetsutnyttelse i rush i dedikert forstadstrafikk.

Type trafikk	Rush	Dagtid	Kommentar
<b>Dedikert forstadstrafikk</b>	85 %	70 %	Kansellering av kapasitetsbegrensende tjenester gir rom for høy kapasitetsutnyttelse.
<b>Høyhastighetstrafikk</b>	75 %	60 %	
<b>Mikset trafikk</b>	75 %	60 %	Når antall tog per time < 5, godtas det høyere utnyttelse.

Opplysningene kan illustreres ved hjelp av et søylediagram som er sammensatt av de ulike komponentene, se figur 3-5.



Figur 3-5 – Eksempel på utnyttelse av strekningskapasitet i løpet av en time, sammensatt av teknisk minste togfølgetid, framføringstoleranse og tilbakestillingsevne.

### 3.5. ERTMS, ATO OG KAPASITET

En implementering av ERTMS gir i seg selv ikke kapasitetsøkning, men blokkleddene kan optimaliseres (kortere blokkstrekninger kan benyttes) når ERTMS innføres, noe som kan gi et tilskudd til dagens kapasitet. Med ERTMS på plass som signalsystem kan i tillegg ATO implementeres, noe som vil muliggjøre maksimal utnyttelse av infrastrukturen.

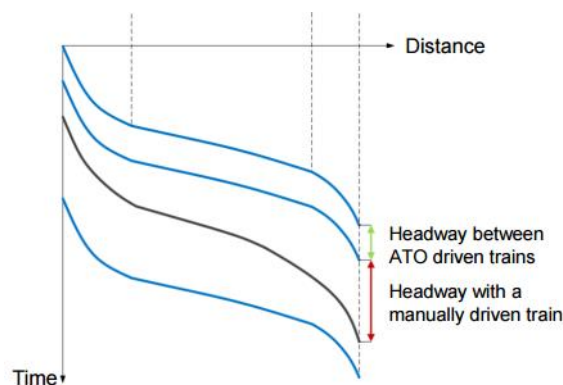
ATO finnes i fire automatiseringsnivåer benevnt GoA (Grade of Automation). GoA 4 definerer førerløse tog, mens en med GoA 2 kan la togets datasystem automatisk ivareta akselerasjon og nedbremsing av togene. Lokføreren befinner seg fremdeles i sin kabin og observerer mulige avvik, og farlige situasjoner. ERTMS nivå 2 i seg selv styrer ikke togets hastighet, men overvåker den i forhold til strekningens statiske hastighetsprofil, og bremses toget dersom denne overskrides. Er det ønskelig at tog akselererer og bremses automatisk, og optimalt i henhold til ruteplan, infrastrukturens egenskaper m.m., må både infrastruktur og tog utrustes med en supplerende komponent – ATO.

Funksjoner som ivaretas ved GoA2:

1. Systemet sørger for optimal hastighet iht. ruteplan;
2. Systemet kontrollerer togets akselerasjon og retardasjon.

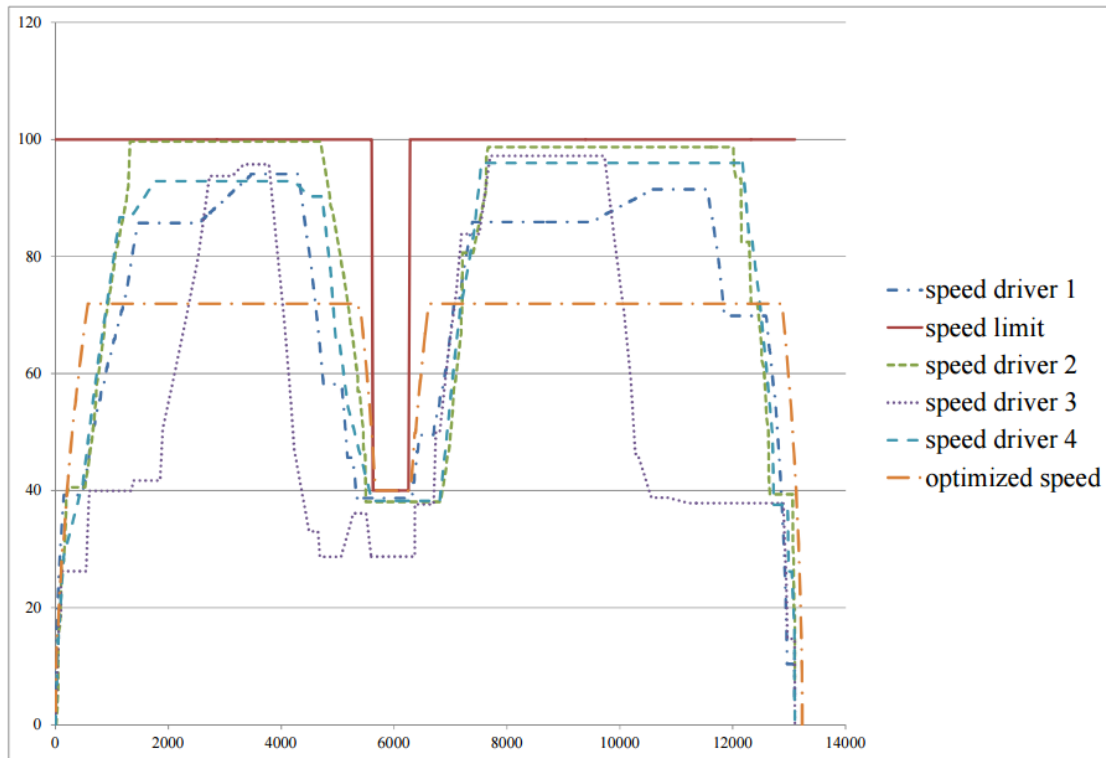
Oversikt over de ulike automatiseringsgradene og deres funksjoner, finnes i Vedlegg A.

Figur 3-6 viser et eksempel på hvordan togfølgetiden påvirkes, illustrert ved hjelp av en toggraf, i tilfeller hvor togene kjøres automatisk med ATO sammenliknet med tilfeller hvor togene kjøres manuelt av lokfører. Som tidligere nevnt, fjerner ATO det menneskelige individet som aspekt i togframføringen.



Figur 3-6 - Toggraf for ATO mot lokfører

Siden togene med ATO akselererer og retarderer optimalt uavhengig av den menneskelige faktor hvor hver fører kjører individuelt, blir flyten på rullende materiell økt betraktelig. I tillegg vil togene kjøre jevnt og eksemplarisk i forhold fartsgrensen og ruteplanen, se figur 3-7. Av den grunn kan man også forvente en økning i punktlighet og robusthet av ruteplanen.

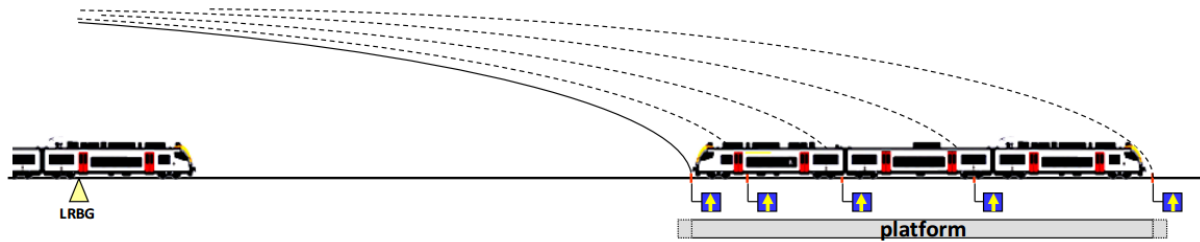


Figur 3-7 - Optimal hastighet sammenliknet med lokførerens kjørestil (Bienfait & Zoetardt, 2012)

I tillegg gir ATO ytterligere gevinster som redusert energibruk og vedlikeholdskostnader for skinner, hjul og bremses (grunnet jevnere kjøring). Stopping med høy nøyaktighet på plattformene gir effekter som raskere på- og avstigning for passasjerer, noe som igjen gir kortere stasjonsopphold som påvirker kapasiteten i positivt.

### 3.5.1. DIFFERENSIERT LENGDE PÅ STREKNINGSBLOKKER VED STOPPESTEDER

En studie gjennomført av Siemens for ATO (Morton & Litterst, 2013) viser også at bruk av differensiert lengde på strekningsblokker i metro-stil ved plattformer bidrar til økt kapasitet. Det kjennetegnes ved at strekningsblokkene har ulike lengder og er tilpasset strekningens hastighet, samt togenes egenskaper med hensyn på akselerasjon og retardasjon, se figur 3-8.



Figur 3-8 - Blokkstrekninger i metro-stil (Morton & Litterst, 2013)

Hensikten med en slik tilnærming er at toget passerer hver blokkstrekning i løpet av like lang tid. Når et tog øker hastigheten, må lengden på strekningsblokkene også øke for at tiden toget okkuperer strekningsblokken skal forbli konstant. Derfor frigjøres også blokkstrekningene på en forutsigbar og effektiv måte i forhold til togets akselerasjon.

## 4. METODE

Å bruke en metode, av greske *methodos*, betyr å følge en bestemt vei mot et mål. Metode dreier seg om hvordan vi skal gå fram for å få informasjon om virkeligheten, hvordan denne informasjonen skal analyseres, og hva den forteller oss (Johannessen, Tufte, & Christoffersen, 2010, s. 29). Ottar Hellevik (2002, s. 17) skriver følgende om metodelæren:

*Metodelæren hjelper oss å treffe hensiktsmessige valg. Den gir oss oversikt over alternative fremgangsmåter og konsekvenser av å velge de enkelte alternativene. Gjennom metodelæren drar vi nytte av tidligere forskeres erfaringer, vi er ikke henvist til bare å lære gjennom prøving og feiling. Ved å følge rådene får vi også hjelp til å motstå fristelsen til å bruke fremgangsmåter som øker sjansen for at undersøkelsen skal gi nettopp de resultatene vi ønsker.*

### 4.1. VALG AV PROBLEMSTILLING

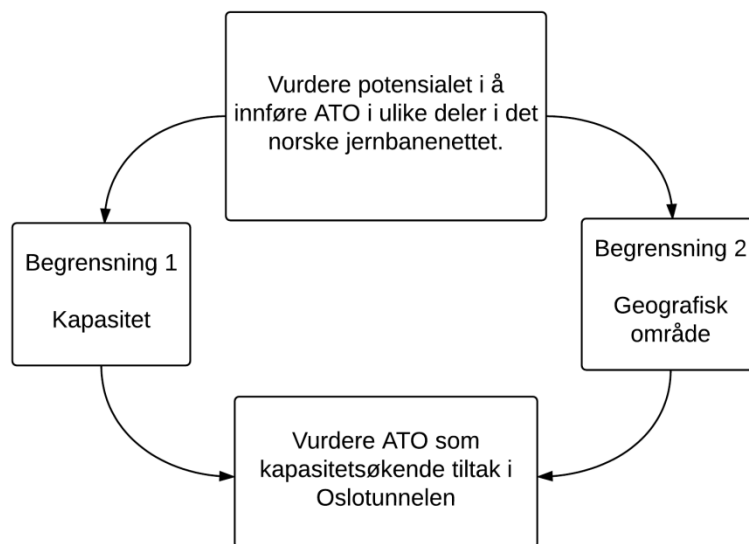
Det første steget i prosessen er å velge problemstilling en ønsker å forske på. Problemstilling defineres som spørsmål som blir stilt med et bestemt formål, og på en så presis måte at det lar seg belyse gjennom bruk av metoder (Halvorsen, 2008). Ved valg av problemstilling ble jeg møtt med seks områder:

1. Overgang fra trådbasert (strøm/spenning) til kommunikasjonsbasert signalering (IP-basert)
2. Sammensmelting av standarden ERTMS og CBTC (Communication Based Train Control)
3. Overbygningen av ATO (Automatic Train Operation) over ERTMS (AoE)
4. Togleder - brukergrensesnitt.
5. Oppfølging av feilanalyser: etablering av businesscase
6. ITS (Intelligente Transport Systemer)

Tredje temaet som ble foreslått vekke min nysgjerrighet. Etter å ha samlet inn tilstrekkelig informasjon om temaet, fant jeg ut at idéen er gjennomførbar med hensyn på teknologi, og allerede i 2018 skal togene kjøre autonomt på Thameslink i Storbritannia.

Ved valg og utforming av problemstilling, ble det arrangert et møte med Kjell Holter og Morten Schjelderup ved Jernbaneverket. Det handlet hovedsakelig om tilgang til tilstrekkelig informasjon og teknologiens modenhet. I etterkant har problemstillingen blitt forandret for å begrense omfanget av oppgaven.

Den opprinnelige problemstillingen lød: «Vurdering av potensialet i å innføre Automatic Train Operation i ulike deler av det norske jernbanenettet». Siden potensialet til ATO er stort med mange mulige gevinster (kapasitet, energibesparelse, fleksibilitet, kostnadsreduksjon) og det norske jernbanenettet er langt og komplekst, ble problemstillingen begrenset som vist i figur 4-1.



Figur 4-1 - Prosessen bak definisjonen til problemstillingen.

Begrensningene resulterte med følgende problemstilling: «utarbeide en tidligfasevurdering av ATO som kapasitetsøkende tiltak i Oslotunnelen».

## 4.2. KVALITATIV OG KVANTITATIV METODE

Det finnes to hovedformer for metodiske tilnærminger. Den første metoden defineres som *kvalitativ* og handler om data som ikke kan tallfestes. Den andre heter *kvantitativ* hvor studiet beskrives ved hjelp av tall og statistikk. Store Norske Leksikon (Malt, 2015) definerer forskjellen på disse metodene på følgende måte: «kvalitativ, det som har med noe(n)s egenskaper eller kjennetegn å gjøre; i motsetning til det som har med antall (kvantitativt) å gjøre».

Det som kjennetegner kvalitativ metode er at den begrenser seg til studiet av data gjennomført i forbindelse med konkrete undersøkelser. Formålet med denne er å gå i dybden av fenomenet man analyserer. I motsetning til kvalitativ metode, baserer kvantitativ metode seg på mange svar på et problem for å kartlegge og avdekke et mønster.

#### **4.2.1. VALG AV METODE**

For å besvare problemstillingen på best mulig måte, har jeg valgt å basere meg så langt det lar seg gjøre på kvantitativ analyse og fortsette med kvalitative vurderinger der kvantifisering viste seg til å være for tids- og ressurskrevende. Ved beskrivelse av dagens situasjon, fremtidig behov og kostnader velges kvantitativ tilnærming, mens alternativanalysen foregår kvalitativt med kvantitativ estimering av kostnadene.

Selve forskningsdesignet baserer seg på en tidligfasevurdering i KS-ordningen for å sørge for at riktig prosjekt blir valgt og gjennomføringen blir riktig (Regjeringen.no, 2014). For å analysere dagens situasjon, samt framtidens behov, har jeg brukt kvantitativ statistikk og prognoser for å komme fram til et estimert behov. I samfunnsøkonomiske analysen velger jeg å utnytte kvalitativ tilnærming, en såkalt «kostnads- og virkningsanalyse» kort beskrevet i kapittel 0 hvor nytten vurderes kvalitativt mens kostnadene verdsettes i kroner.

#### **4.3. LITTERATURSTUDIE**

Hensikten med litteraturstudie er å samle teori og empiri tidligere skrevet om fenomenet. Jeg har basert meg på Concept rapportserien publisert ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet i Trondheim. Rapportserien beskriver teoretisk grunnlag for KS-ordningen. Ved å analysere og samle erfaringer fra tidligere statlige prosjekter, inneholder rapportene i tillegg empiriske anbefalinger. Formålet med denne tilnærmingen er å gjennomføre analysen ved å bruke den beste praksisen for statlige prosjekter.

Den tekniske teoretiske studien baserer seg på sekundærdata hentet fra Jernbaneverkets sine registre. Informasjon om Oslotunnelen, kapasitet og ERTMS er svært omfattende, og kun små utdrag fra hver rapport har blitt utnyttet i denne oppgaven. Verktøy som TIOS, som registrerer faktiske ankomst- og avgangstider for ulike stasjoner, har blitt brukt til å analysere tog per time i Oslotunnelen.



Kjell Holter har vært en meget viktig ressurs til nødvendig litteratur. I tillegg har følgende databaser og nettsider vært brukt:

- Samhandling – Jernbaneverkets intranett
- BIBSYS - Jernbaneverkets og NMBUs databaser
- Publikasjoner i Concept-serien
- Google
- ERA

#### **4.4. INFORMANTER**

Det har blitt etablert kontakt med Jernbaneverkets personale for å samle nødvendig praktisk informasjon rundt ERTMS, ATO og samfunnsøkonomiske analyser. Rapporten baserer seg blant annet på erfaringer og samtaler med følgende personer:

1. Kjell Holter – ERTMS
2. Kjell Kristian Hageland – ERTMS
3. Torben Brand – Kapasitetsavdelingen
4. Nina Tveiten – Planavdelingen
5. Malene Nerland – Planavdelingen
6. Ingemund Jordanger - NMBU

Studenten har også deltatt i møter som omhandler kapasitet og ERTMS. Ved å lytte til aktuelle problemstillinger som dukker opp ved innføring av et nytt signalsystem, har studenten fått innsikt i mulige utfordringer ved innføring av ATO.

Det har ikke blitt utarbeidet noen intervjuguider. Grunnet for dette er at innsamling av data og analyse har foregått parallelt, og majoriteten av samtalene har vært uformelle via korte møter ved behov. Studenten har hatt kontinuerlig tilgjengelighet til fagpersonell.

#### **4.5. DATAS RELIABILITET OG VALIDITET**

For å anslå kvaliteten av rapporten vurderes datas reliabilitet og validitet.

Reliabilitet handler om datas pålitelighet og vurderer i hvilken grad vil man komme fram til samme resultat ved gjentatte analyser av samme fenomen (Johannessen, Tufte, & Christoffersen, 2010). Reliabiliteten vurderes som god. Rapporter og analyser brukt til å produsere denne oppgaven har vært kvalitetssikret og referer til hvor denne informasjonen er hentet fra. Slike kilder har vært sjekket av studenten. Det usikre i analysen er den kvalitative vurderingen av alternativene. Om man ønsker å gjenta forskningen, er det ikke nødvendig at vektingen og score for de ulike kriteriene blir lik.

Validitet handler om relasjonen mellom det generelle fenomenet som undersøkes og de konkrete dataene. Data som brukes i oppgaven har god validitet. Prognoser som har vært brukt er tilpasset jernbanesektoren, målene baserer seg på NTP og det defineres vurderingskriterier som har stor sammenheng mellom tiltaket og virkningen.

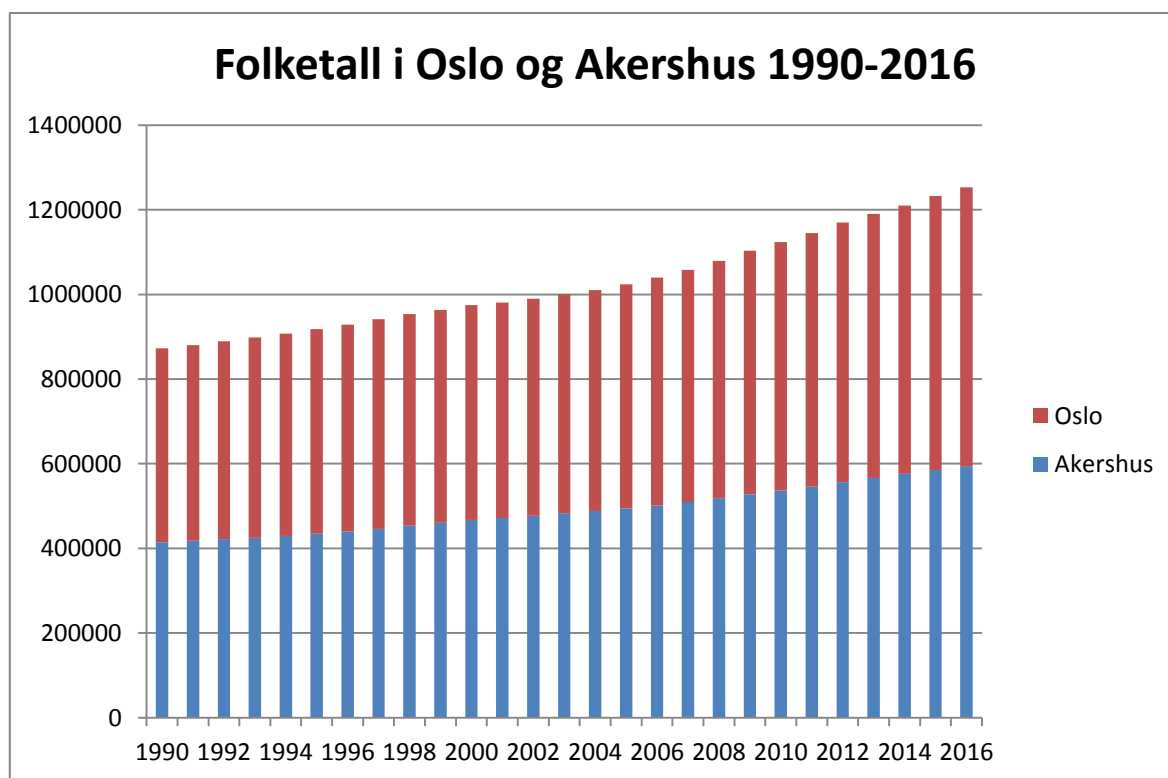
## 5. DAGENS SITUASJON

I dette kapittelet beskrives dagens situasjon på bakgrunn av utvikling i folkemengde fram til i dag, utvikling i passasjerreiser samt dagens utfordringer i Oslostunnelen.

### 5.1. FOLKEMENGDE

Den største faktoren for økning i antall personreisen de siste årene skyldes blant annet en sterk befolkningsvekst i regionen Oslo og Akershus. Figur 5-1 viser utvikling i folkemengden for Oslo og Akershus de siste 25 årene. Det illustrerer at Akershus har hatt en relativt stabil økning gjennom de 25 siste årene i motsetning til Oslo, som har vokst mye kraftigere de ti siste årene. Den totale tilveksten ekvivalerer 41 %.

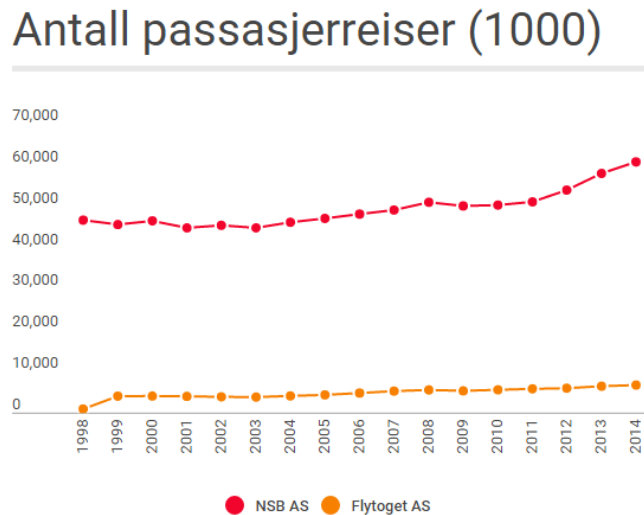
Befolkningsveksten skyldes fødselsoverskudd og nettoinnflytting. Selv om tallene for folketilvekst har dalet de to siste årene, har den opplevd mer enn dobling gjennom de to siste dekadere. Mye av skylden ligger i EØS-avtalen som åpnet for friere innvandring til Norge. Basert på tall fra SSB, er Oslo og Akershus blant de to mest attraktive for immigrantene, hvor de står for henholdsvis 16 og 11 % av befolkningen i de respektive fylkene (Statistisk Sentralbyrå, 2016).



Figur 5-1 - Folkemengde i Oslo og Akershus 1990-2015 (Statistisk Sentralbyrå, 2016)

## 5.2. UTVIKLING I KOLLEKTIVTRAFIKKEN

Økende befolkningstall har vært utslagsgivende på antall personreiser gjennom årene. Det er en sterk sammenheng mellom antallet personreiser og behovet for transport fra sted til sted. I perioden 1998-2014 har antallet personreiser økt med 30 % for NSB og 65 % for Flytoget (Jernbaneverket, 2015; Jernbanestatistikk 2005, 2005). I årsskifte 2013 - 2014 er det tog som troner veksten i antall kollektivreiser med 7,1 % sammenlignet mot henholdsvis bybuss 3,3 %, regionbuss 1,5 %, T-bane 3,3 %, trikk 3,4 % og båt 4,2 %.



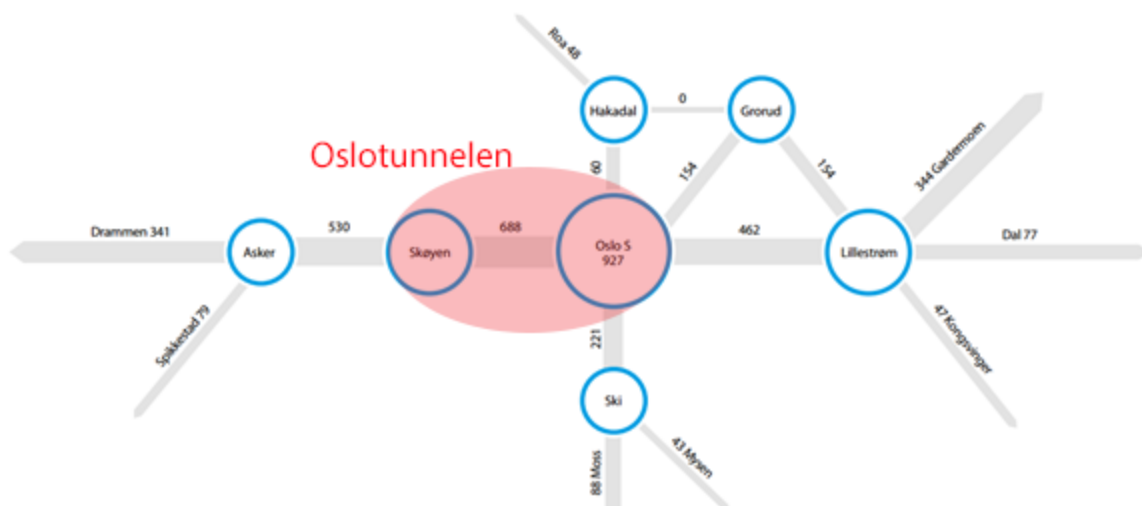
Figur 5-2 - Antall passasjerreiser 1998-2014

I følge Ruter (2014), skyldes den ekstra

store økningen for tog blant annet bedre rutetilbud med økt frekvens og mer bussmating til tog. Den nye pris- og sonestrukturen for all kollektivtrafikk i Oslo og Akershus som ble introdusert av Ruter i 2011 viste seg til å være bestemmende for ytterligere vekst i antall kollektivreiser.

## 5.3. KAPASITETSSITUASJONEN I OSLOTUNNELEN

«Ni av ti jernbanereiser i Norge skjer i dag innenfor de fire største byområdene. De aller fleste reisene skjer i Osloområdet» uttaler Jernbaneverket i sin rapport (Jernbaneverket, 2015). Oslotunnelen er kritisk for effektiv togframføring i Oslo-navet. Dobbeltsporet i Oslotunnelen strekker seg fra Oslo S, via Nasjonalteateret og til Skøyen stasjon. Avstanden mellom Oslo S og Skøyen er 3,6 kilometer. Utformingen av det norske jernbanenettet og eksisterende ruteplan innebærer at majoriteten av passasjertog stopper på Oslo S (se figur 5-3). I 2014 kjørte de fleste av disse togene gjennom Oslotunnelen (688 per døgn).



Figur 5-3 - Togtrafikk i Oslo-navet i 2014 (Jernbaneverket, 2015)

En utfordring med hensyn på kapasitet i Oslotunnelen ligger i at fire spor ved Lysaker stasjon samles til det eksisterende dobbeltsporet mot Oslo S. Oslo S har syv plattformspor som benyttes av vestgående tog som skal kjøre gjennom Oslotunnelen, mens det finnes fem spor for tog som ankommer fra vest. I Jernbaneverkets sluttrapport «Utvikling av jernbanen i Oslo-navet» (2012) hevdes det følgende: «Oslotunnelen har i Jernbaneverkets "Network Statement" vært erklært overbelastet med tog siden 2007.»

Den teoretiske kapasiteten i tunnelen beregnes til å være 30 tog per time (Jernbaneverket, 2014, s. 13). Per dags dato kjøres det 22 tog i timen i rush som tilsvarer en kapasitetsutnyttelse på 73 %, se tabell 5-1. I følge ruteplansjef Jan Harald Dammen, nærmer Jernbaneverket seg *taket for hva det er mulig å ta ut av kapasitet på dette dobbeltsporavsnittet* (Svingheim, 2014).

Tabell 5-1 - Tog i Oslotunnelen fordelt på togtype den 04.03.2016 (0)

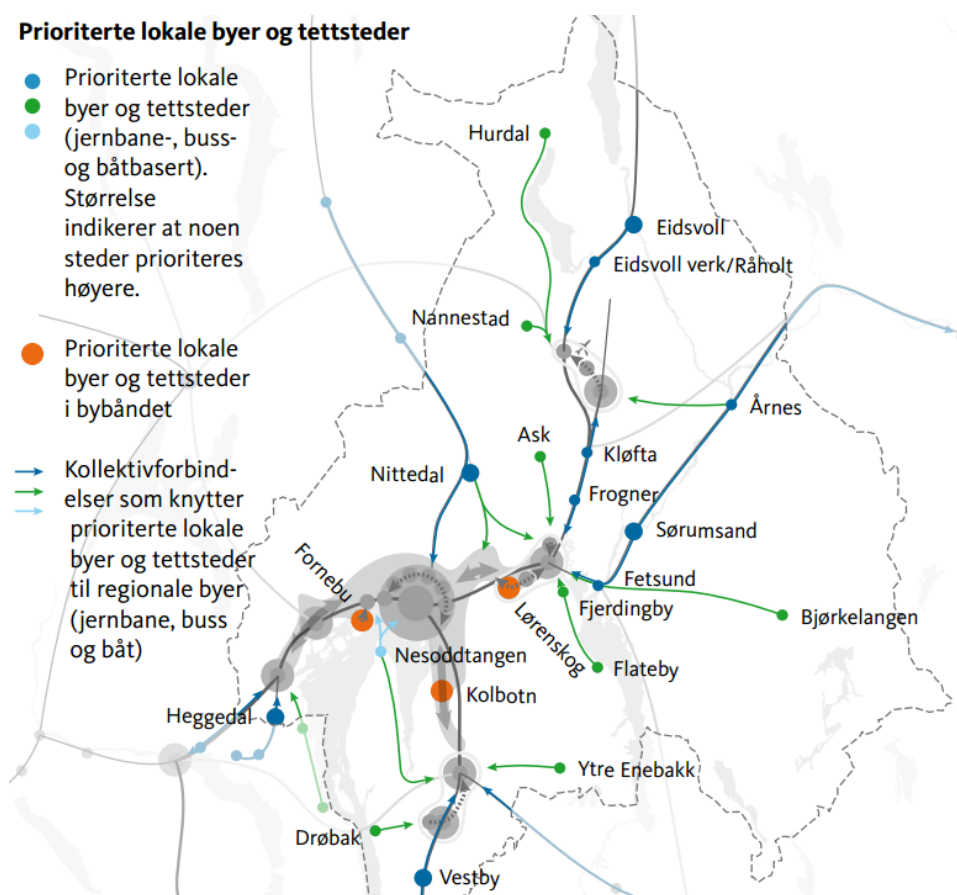
Togtype	Antall
Flytog	4
Lokaltog	15
Regiontog	3
Godstog	0
<b>Totalt</b>	<b>22</b>

## 6. BEHOVSANALYSE

I behovsanalysen vurderes det hvilke behov som forblir udekket av dagens situasjon. Kapittelet analyserer offentlige målsettinger, etterspørsel og interesser med deres behov.

### 6.1. OFFENTLIGE MÅLSETTINGER

I Nasjonal Transportplan 2018-2029 defineres formålet med jernbanen som et transportalternativ som skal bidra til å nå målet om at veksten i persontransport skal tas av kollektivtransport, sykling og gåing i byområdene (nullvekstmålet). I tillegg ønskes det kortere reisetider og tilstrekkelig kapasitet (Avinor; Jernbaneverket; Kystverket; Statens Vegvesen, 2016). Det ønskes også at kollektivtransport skal bli så attraktivt at den velges framfor personbilen.



Figur 6-1 - Ønsket utvikling i lokale byer og tettsteder rundt Oslo (Akershus Fylkeskommune & Oslo Kommune, 2015)

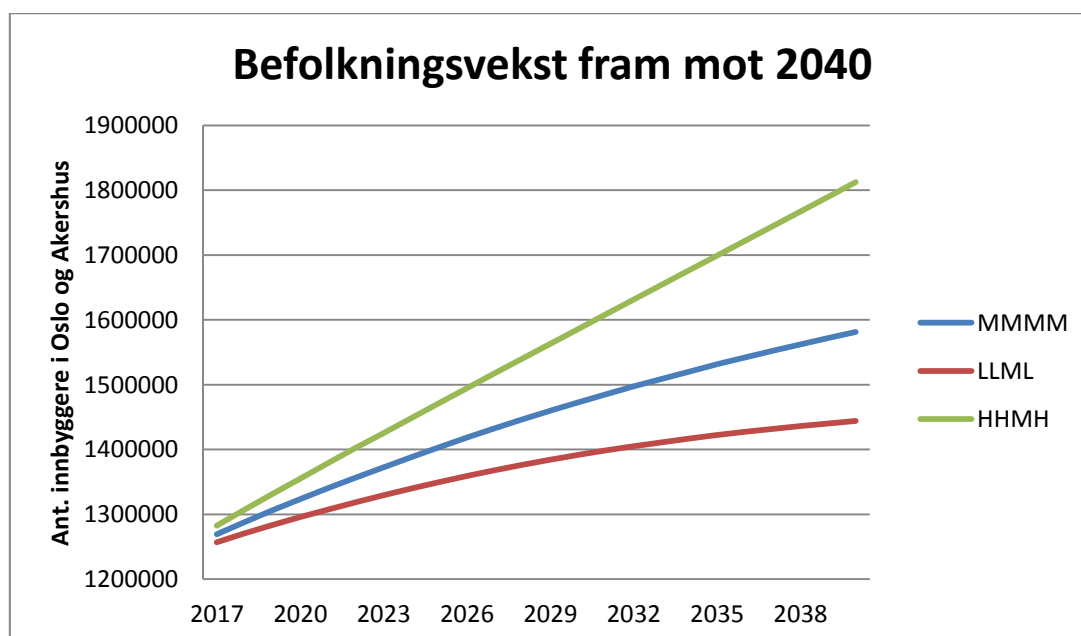
Figur 6-1 viser ønsket utvikling med hensyn på arbeidsplasser rundt Oslo. Det ønskes en økning i antall arbeidsplasser rundt de regionale byene (Drammen, Ski, Lillestrøm, Jessheim). Jernbanens attraktivitet øker med avstanden man reiser. For at flere skal være interessert i en arbeidsplass i disse områdene, må det tilbys hyppig og pålitelig transport mellom byene.

## 6.2. ØKONOMISK ETTERSPORSSELSANALYSE

I den økonomiske etterspørselsanalysen analyseres befolkningsveksten samt andre prognoser utarbeidet av Jernbaneverket, NSB og Flytoget.

### 6.2.1. BEFOLKNINGSVEKST

Først i analysen ser man på befolkningsveksten i Oslo og Akershus som er en viktig indikator for fremtidig utvikling i etterspørselen etter personreiser. Figur 6-2 viser den projiserte befolkningsveksten fram mot 2040. SSB har valgt å dele prognosen i lav nasjonal vekst (LLML), middels nasjonal vekst (MMMM) og høy nasjonal vekst (HHMH) som representerer de tre ulike scenarioer. Det tilsvarer en vekst på henholdsvis 17, 28 og 47 % mellom 2016 og 2040.



Figur 6-2 – Befolkningsvekst i Oslo og Akershus fram mot 2040 (SSB, 2014)

En sterk befolkningsvekst i de neste årene gir utslag på antall personreiser fram mot 2040. Ønsker man å nå «nullvekstmålet», vil det være nødvendig å dekke all vekst i personreiser med kollektive tilbud. Regjeringen definerer nullvekstmålet som «mål at veksten i persontransport i storbyområdene skal tas med kollektivtransport, sykkel og gange.» (Statens Vegvesen, 2014)

## 6.2.2. PROJISERT ETTERSPORSEL ETTER RUTELEIER

Det defineres tre scenarier:

1. **Scenario 1:** Basert på befolkningsvekst hvor vekst i trafikk settes lik befolkningsveksten i Oslo og Akerhus
2. **Scenario 2:** Basert på tall fra Jernbaneverkets «Scenario 2» definert i Kapasitetsforbedringsplan Oslo S – Lysaker (2014, s. 21). Vekst for 2036 beregnes ved hjelp av lineær ekstrapolering med 2013-2024 som grunnlag.
3. **Scenario 3:** Basert på tall fra Jernbaneverkets «Scenario 4» definert i Kapasitetsforbedringsplan Oslo S – Lysaker (Kapasitetsforbedringsplan Oslo S - Lysaker, 2014, s. 22). Prognose mot 2036 beregnes på samme måte som scenario 2.

Tabell 6-1 - Forventet transportvekst i 2030 og 2036 basert på ulike scenarier.

	Hele Østlandet				Delstrekning
	År	Scenario 1 Befolkningsvekst (MMMM)	Scenario 2 JBV	Scenario 3 NSB	Flytoget
<b>Forventet</b>	2030	17 %	43 %	48 %	40 %
<b>vekst</b>	2036	24 %	60 %	67 %	53 %

I tabell 6-1 beskrives den prosentvise økningen i transportetterspørselen. Mens scenario 1 viser til en moderat økning på 24 % i 2036, projiserer både Jernbaneverket og NSB en oppgang på opp mot 67 %. Ved å multiplisere disse prosentandelene med antall ruteleier i Oslostunnelen per dags dato, dannes det bilde av ruteleier per time i Oslostunnelen i 2030 og 2036. Resultatene representeres i tabell 6-2.



Tabell 6-2 - Forventet etterspørsel etter ruteleier i Oslotunnelen i 2030 og 2036.

Antall tog i 2016	År	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
22	2030	26	31	33
	2036	27	35	37

### 6.3. GODSTOG

Alnabruterminalen defineres som det sentrale knutepunktet for godstrafikk på jernbane i Norge (Handstanger, Eriksson, Fagerjord, Martinsen, & Norconsult AS, 2015). Per dags dato kjøres det ikke godstog i rush. Det skyldes dagens antall ruteleier i Oslotunnelen hvor persontransport prioriteres høyere.

I rutemodell 2027 (Jernbaneverket, 2014) legges det til rette for ett godstog i rush og to utenom rush. Utfordringen ligger i at omtrent 75 % av avganger fra Alnabru godsterminal foregår i tidsrommet 17:00-22:00. Godset som skal til Alnabru terminal har ikke den samme fordelingen og ankommer over hele døgnet.

Regjeringen ønsker å transportere mer gods på bane (Regjeringen.no, 2015). Det satses stort på å effektivisere sektoren hvor lastebilen er meget konkurransedyktig. For at operatørene skal velge å frakte gods på skinner avhenger det av kostnad, pålitelighet og fleksibilitet. Ved å kunne tilby flere avganger, øker man fleksibiliteten og styrker tilbudet til gods på skinner.

## 6.4. INTERESSENTANALYSE

Interessentanalysen bygger betydelig på interessentene som ble definert i KVVU Oslo-navet (KVVU-staben, 2015) og KVVU for ERTMS (Jernbaneverket, 2009). Mens KVVU Oslo-navet vurderer interessenter for flere kapasitetsøkende tiltak på tvers av transporttyper, fokuserer ERTMS på interessentene med behov på bane.

Tabell 6-3 - Interessentanalyse. P står for primære, mens S for sekundære interessenter.

Interessenter	Behov	Fordeler/ Gevinster	Ulemper/ Utgifter	Samlet effekt
P1: Jernbaneverket	Skape effektivt og sikkert trafikksystem.  Primærbehovet er å dekke kapasitets- etterspørselen.	Kapasitetsøkning i infrastrukturen.	Ingen.	Positiv
P2: Togselskap	Framføre flere tog gjennom Oslo-tunnelen.  Øke tilbudet for reisende.	Økning i tilbudet for reisende.	Ingen.	Positiv
P3: Arbeidsreisende, skoleelever og studenter	Å reise til arbeid/skole effektivt i hverdagen.  Ønsker fleksibilitet og flere avganger.	Bedret togtilbud.  Hyppigere avganger.	Ingen.	Positiv
S1: Fritidsreisende og reiselivnæringen	Ønsker å ha muligheten til å oppdage Norge med tog.	Muligheter for flere fjerntog ved behov.	Ingen.	Positiv

S2: Stat, fylke og kommune	Modernisere jernbanen.	Bidrag til nullvekst-målet.	Ingen.	Positiv
S3: Miljøvern-organisasjoner	Spare miljøet for inngrep.	Miljøvennlig transport.	Kan kritisere forslaget.	Nøytral

## 6.5. SWOT-ANALYSE AV DAGENS SITUASJON

For å se på styrkene og svakhetene av dagens situasjon, gjennomføres det en SWOT-analyse.

Tabell 6-4 - SWOT-analyse av dagens situasjon

	Positivt	Negativt
<b>Interne faktorer</b>	<b>STYRKER</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Velutprøvd signalsystem</li><li>• Korte responstider</li></ul>	<b>SVAKHETER</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Lange blokkstrekninger</li><li>• Ingen muligheter for ytterligere kapasitetsøkning</li></ul>
	Positivt	Negativt
<b>Eksterne faktorer</b>	<b>MULIGHETER</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ingen</li></ul>	<b>TRUSLER</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Høy passasjerøkning</li><li>• Høye vedlikeholdskostnader</li><li>• Reduksjon i punktlighet på grunn av utdaterte komponenter</li></ul>

## 6.6. BEHOVSHIERARKI

Det prosjektutløsende behovet tar utgangspunkt i det etterspørselsbaserte. Det er avgjørende for togtrafikken i hele Norge at framkommeligheten er meget god inn mot og gjennom Oslo området (KVU-staben, 2015, s. 68).

Det prosjektutløsende behovet handler om å bidra til å øke kapasitet i et kort til midlere tidsrom slik at togtrafikken bedre kan dekke økningen i befolkningsveksten og godstransport, som igjen leder til en økning i person- og godstrafikk på bane. Prosjektutløsende behovet dekker også behovene til primærinteressenter.

Avledede behov tar utgangspunkt i behov til sekundærinteressentene. Disse omhandler blant annet natur og miljø, et ønske om å modernisere jernbanen og behov for å oppleve Norge med tog.

## 7. OVERORDNET STRATEGI

Dette kapitlet identifiserer samfunnsmålet, effektmål og resultatmål.

### 7.1. SAMFUNNSMÅL

I Nasjonal Transportplan 2018-2029 (Avinor; Jernbaneverket; Kystverket; Statens Vegvesen, 2016, s. 25) defineres det overordnede målet som også er målet for samfunnet:

#### Samfunnsmål

Et transportsystem som er sikkert, fremmer verdiskapning og bidrar til omstilling til lavutslippsamfunnet.

Jernbanen er en del av det overnevnte transportsystemet. For at kollektivtrafikken skal omfattes som attraktiv, må målet dekke kapasitetsbehovene identifisert i kapittel 6. Ut i fra dette samfunnsmålet defineres effektmål.

### 7.2. EFFEKT MÅL

#### Tema: Kapasitet

#### Effektmål K1

Et tiltak som øker kapasitet ved å utnytte eksisterende infrastruktur maksimalt.

Det er ønskelig å kunne utnytte eksisterende infrastruktur lengst mulig slik at store investeringer, som for eksempel bygging av ny tunnel, kan utsettes lenger fram i tid.

Indikator: Antall tog i timen.

#### Effektmål K2

Valgt tiltak skal dekke behovet for kapasitet på kort til mellomlang sikt etter implementering.

Det uunngåelige er at ny tunnel vil måtte bygges til slutt grunnet den sterke befolkningsveksten og følgelig økt i etterspørselen etter bedre kollektivtilbud. Mens det

utarbeides forslag til ny tunnel, er det fundamentalt at Jernbaneverket undersøker kapasitetsøkende tiltak i perioden hvor ERTMS er implementert til ny tunnel står ferdig.

Indikator: Fyllingsgraden på togene i rush-tiden.

#### **Tema: Punktlighet**

##### **Effektmål P3**

Tiltaket øker punktligheten for tog.

I tillegg til å være kapasitetsøkende, ønskes det at tiltaket bidrar til å øke punktlighet blant persontog. Utslagsgivende faktor for at systemet skal være attraktivt er nettopp punktlighet.

Indikatorer: TIOS som registrerer punktlighet.

#### **Tema: Miljø**

##### **Effektmål M4**

Valgt tiltak gir positivt bidrag til miljøet.

Som et bidrag til lavutslippssamfunnet, skal tiltaket redusere energiforbruket på tog.

Indikatorer: strømmåleren på toget og antall kollektivreiser.

### **7.3. RESULTATMÅL**

#### **Resultatmål**

Det skal foreligge et tiltak som øker dagens kapasitet

Prosjektet skal resultere i et tiltak som øker eksisterende kapasitet på strekningen Oslo S – Lysaker.

## 8. KRAV

I dette kapittelet defineres det krav, både absolutte (som må oppfylles for at tiltaket skal være med videre i analysen), og viktige (som bør oppfylles).

### 8.1. ABSOLUTTE KRAV

Tabell 8-1 - Oversikt over absolutte krav

ID	Område	Krav	Begrunnelse
AB1	<b>Kapasitet</b>	Kapasitetsøkning i Oslotunnelen.	Tiltaket skal gjøre det mulig å føre flere tog på strekningen Oslo S - Lysaker.
AB2	<b>Sikkerhet</b>	Ingen reduksjon i sikkerheten.	Tiltaket skal gi uendret eller økt sikkerhet for jernbanetransporten.
AB3	<b>Punktlighet</b>	Tiltaket skal bidra til økt punktlighet gjennom Oslotunnelen.	Tiltaket skal bidra til å nå punktlighetsmålet på 90 % (Jernbaneverket, 2016).
AB4	<b>Gjennomførbarhet</b>	Tiltaket skal kunne gjennomføres innen 2030.	Tiltaket skal kunne gjennomføres basert på kjent, tilgjengelig teknologi.

## 8.2. VIKTIGE KRAV

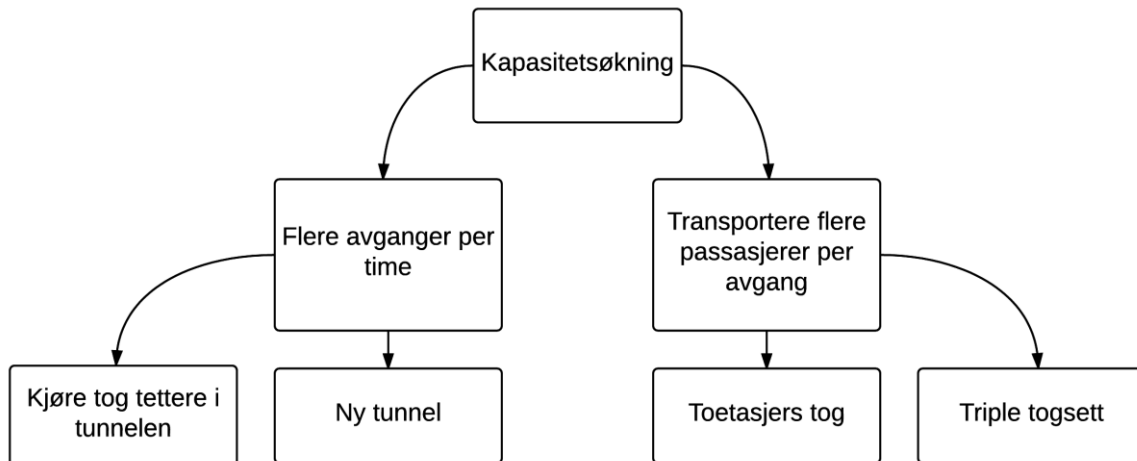
Tabell 8-2 - Oversikt over viktige krav.

ID	Område	Krav	Begrunnelse
VK1	<b>Kostnadseffektivitet</b>	Tiltaket skal være kostnadseffektivt.	Det skal være samfunnsøkonomisk lønnsomt å investere i tiltaket.
VK2	<b>Kostnadseffektivitet</b>	Tiltaket skal minimere vedlikehold og gi rom for ytterligere utbygging.	Systemet skal være robust med minimalt behov for vedlikehold. I tillegg skal systemet kunne oppgraderes ved eventuell teknologisk utvikling.
VK3	<b>Tilgjengelighet</b>	Ingen reduksjon i tilgjengeligheten.	Tiltaket skal ikke redusere tilgjengeligheten i jernbanesystemet.
VK4	<b>Punktlighet</b>	Overgangen mellom området med tiltaket og uten skal foregå sømløst.	Ved inn- og utkjøring fra tunnel skal overgangen mellom ulike systemer foregå sømløs.
VK5	<b>Miljø</b>	Tiltaket skal være miljøbesparende.	Tiltaket skal bidra til lavere energiforbruk, og inngrep i naturen skal begrenses.



## 9. MULIGHETSROMMET

Mulighetsrommet tar utgangspunkt i behov, mål og krav som er definert tidligere i dokumentet. Kapasitetsøkende tiltak presenteres i figur 9-1 (Jernbaneverket, 2014, s. 27):



Figur 9-1- Kapasitetsøkende tiltak i jernbanen

### 9.1. MULIGE ALTERNATIVER FOR ØKT KAPASITET

Figur 9-1 viser at det finnes flere mulige løsninger for å øke kapasiteten gjennom Oslotunnelen. Figurens høyre gren viser en mulighet for å frakte flere passasjerer ved bruk av toetasjers tog eller triple togsett, mens figurens venstre gren viser en mulighet for å kjøre flere tog gjennom sentrum av Oslo. Dette kan gjøres enten ved å kjøre togene tettere i eksisterende tunnel eller ved å bygge en ny tunnel.

#### Flere avganger per time

I dette avsnittet beskrives alternativet som omfatter å kjøre tog tettere i eksisterende Oslotunnel fordi dette antas å gi økt kapasitet med et begrenset investeringsomfang. I dag begrenses togfølgetiden blant annet av eksisterende signalsystem.

For å kunne kjøre tog tettere i eksisterende tunnel, må dagens infrastruktur oppgraderes med ny signalteknologi. Dette innebærer innføring av ERTMS som beskrevet i kapittel 3, noe som igjen gir ytterligere muligheter for automasjon.

## **Flere passasjerer per avgang**

Det er definert to tiltak som muliggjør en økning i setekapasitet per avgang. Det første handler om å investere i toetasjes tog, mens det andre omhandler triple togsett. Begge alternativene bringer med seg utfordringer.

Innføring av toetasjes tog gir en antatt økning i sitteplasser på 30 %, avhengig av togtype. Utfordringen ligger i at tilgjengelige toetasjes tog har enten lokomotiv og vogner med lavere akselerasjonsevne enn motorvognsett, eller er dimensjonert tilpasset fjerntrafikk med stor avstand mellom stasjoner og lange oppholdstider. (Jernbaneverket, 2014). Produsenter av togene antas å være i stand til å tilpasse toetasjes tog til region- og lokaltog, men da oppstår det en ny utfordring grunnet høyden på plattformene.

En annen mulighet er å kjøre triple togsett på 330 m (fra dagens 220 m). Ulempen ligger i at det er få stasjoner som er tilpasset slike togsett. Mellom Oslo S og Drammen er det kun selve Oslo S og Asker stasjon hvor lengden på plattformene er tilstrekkelig, se Vedlegg B.

## **9.2. KONSEPTDEFINISJONER**

### **1. Konsept A - Nullalternativ**

Nullalternativet innebærer å fortsette med dagens system og med eksisterende kapasitet (antall tog per time). For å kunne øke kapasiteten med dagens situasjon, må det vurderes konsept G eller H.

### **2. Konsept B – Dagens signalsystem med ATO**

I praksis er det gjennomførbart å innføre automatisering selv med dagens signalsystem. Togene vil utnytte ATC som sørger for trafiksikkerheten. Begrensninger som er knyttet til dagens signalsystem forblir, noe som resulterer i at eventuelle gevinster ved innføring av systemet vil være begrenset.

### **3. Konsept C – Nytt signalsystem ERTMS L2**

Ved implementering av ERTMS i Oslotunnelen er det avgjørende å tilpasse signalsystemet slik at en kapasitetsøkning oppnås. Siden ERTMS fjerner dagens begrensninger som ATC systemet har, blokkstrekninger reduseres helt ned til 50 meter. I tillegg vil kontinuerlig oppdatering av togets kjøretillatelse over flere blokkstrekninger gi en større dynamikk med hensyn på togfølgetiden, og tog kan med dette kjøres tettere.

En ulempe som hemmer maksimal utnyttelse av kapasiteten er lokomotivførerens unike kjørestil. Det vil si at alle førere kjører mer eller mindre ulikt som igjen virker negativt på togfølgetiden og reduserer kapasiteten. På en annen side vil lokføreren få en kjøretillatelse uavhengig av de optiske signalene. Derfor vil den også kunne få «Movement Authority» for blokkstrekninger lenger framme.

### **4. Konsept D – Nytt signalsystem ERTMS L2 med ATO**

Dette konseptet bygger på konsept C hvor nytt signalsystem med ERTMS L2 innføres med ATO som tilleggsutstyr. Kortere blokkstrekninger og kontinuerlig oppdatering av togenes kjøretillatelse, og hastighet gir tilsvarende togfølgetid som i konsept C.

Utfordringen som hemmer maksimal kapasitetsutnyttelse i konsept C (lokomotivførerens unike kjørestil) vil med innføring av ATO ikke lenger være begrensende. Togene vil kunne kjøres enhetlig og optimalt med hensyn til hastighet,

retardasjon og akselerasjon, noe som resulterer i optimal togfølgetid og derav maksimal kapasitet. Med dette kan trafikkfrekvensen i Oslotunnelen økes og optimaliseres.

### **5. Konsept E – Nytt signalsystem ERTMS L3 med ATO**

Konseptet er en videreføring av konsept D med innføring av ERTMS L2, men hvor faste blokkstrekninger ikke lenger benyttes ved ERTMS L3. Bruk av «dynamiske strekningsblokker» tillater togframføring i en avstand basert på posisjon, hastighet og bremseevne, se kapittel 0. Det oppnås samme effekt med ATO som i konsept D hvor systemet sørger for enhetlig og optimal kjøring.

Dette konseptet benyttes i stor utstrekning i metrosystemer, men ikke for tog per i dag. Konseptet kan betegnes som «state-of-the-art» med hensyn til kapasitetsutnyttelse i eksisterende infrastruktur.

### **6. Konsept F – Ny tunnel**

Bygging av ny tunnel har blitt drøftet allerede i 2012 og foreslått som en av løsningene i KVVU Oslo-navet. Denne er nødvendig for å dekke kapasitetsbehovet på lang sikt mot 2060. Det foreslås at ny tunnel skal stå ferdig i 2033 hvor byggingen skal foregå parallelt med andre tiltak i KVVU Oslo-navet.

### **7. Konsept G – Triple togsett**




Krever investering i flere togsett og utbygging av stasjoner hvor tog vil stoppe. Vedlegg B viser stasjoner som må bygges ut langs strekningen til flytoget og inkluderer blant annet plattformer i Oslotunnelen. Det gir en antydning til hvor mange plattformer som må forlenges hvis konsept G realiseres. Desto flere togruter som introduserer triple togsett, jo større vil investeringsbehovet være.

### **8. Konsept H – Toetasjes tog**

Krever investering i ny tilpasset materiell med to etasjer. Togene må også optimaliseres kjøring på korte distanser med korte oppholdstider. Slike tog vil kunne øke kapasitet med omtrent 30 %.









































## 10. ALTERNATIVANALYSE

I første omgang siles alternative konsepter etter grad av oppfyllelse av absolutte krav. Det defineres tre grader av oppnåelse:

-  Stor grad av oppnåelse
-  Middels grad av oppnåelse
-  Liten grad av oppnåelse

### 10.1. SILING MOT ABSOLUTTE KRAV

Tabell 10-1 - Oversikt over de ulike konseptene og grad av kravoppfyllelse.

Mål	Konsept	Kategori							
		A	B	C	D	E	F	G	H
AB1	Kapasitetsøkning i Oslotunnelen.								
AB2	Ingen reduksjon i sikkerheten.								
AB3	Tiltaket skal bidra til økt punktlighet gjennom Oslotunnelen.								
AB4	Tiltaket skal kunne gjennomføres innen 2030.								
	<b>Resultat</b>								

### **10.1.1. KONSEPTER SOM ER VURDERT OG AVVIST**

**Konsept A:** Dagens signalsystem oppfyller ikke det viktigste kravet for denne tidligfasevurderingen, det vil si å muliggjøre en økning i kapasitet. Dagens signalsystem i Oslotunnelen er optimalisert til sitt ytterste og det finnes derfor ingen ytterligere muligheter for kapasitetsøkning. Konsept A forblir referansealternativet andre konsepter skal sammenliknes med.

**Konsept B:** Med utgangspunkt i begrensningene som dagens signalsystem har (ref. konsept A), vil ATO i dette konseptet kun bidra til redusert energiforbruk for tog. Alternativet for å øke kapasiteten vil da bli ved å innføre konsept G eller H.

## 10.2. OPPFYLLELSE AV VIKTIGE KRAV

Tabell 10-2 - Grad av oppnåelse av viktige krav

Konsept		C	D	E	F	G	H
Mål							
<b>VK1</b>	Tiltaket skal være kostnadseffektivt.	Det må gjennomføres en samfunnsøkonomisk analyse for å anslå kostnadseffektiviteten til tiltaket.					
<b>VK2</b>	Tiltaket skal minimere vedlikehold og gi rom for ytterligere utbygging.	●	●	●	●	●	●
<b>VK3</b>	Ingen reduksjon i tilgjengeligheten.	●	●	●	●	●	●
<b>VK4</b>	Overgangen mellom området med tiltaket og uten skal foregå sømløst.	●	●	●	●	●	●
<b>VK5</b>	Tiltaket skal være miljøbesparende.	●	●	●	●	●	●

### **10.3. KONSEPTER SOM SKAL VÆRE MED VIDERE**

Konsept C, innføring av ERTMS L2 er allerede vedtatt og signalsystemet skal bygges ut i Oslotunnelen i 2026. Gjenstående konsepter er som følger:

- I. Konsept D – Nytt signalsystem ERTMS L2 med ATO
- II. Konsept E – Nytt signalsystem ERTMS L3 med ATO
- III. Konsept F – Ny tunnel
- IV. Konsept G – Triple togsett
- V. Konsept H – Toetasjes tog

Usikkerheten i utvikling av standard for ERTMS L3 setter en stopper for videre vurdering av konseptet. Det vil ikke være mulig å anslå verken kostnader eller tidsramme for konseptet.

Med bakgrunn i de overnevnte vurderingene videreføres konsept D, F, G og H i denne tidligfasevurderingen med en samfunnsøkonomisk analyse. Konseptet skal sammenliknes med referansealternativet.



## 10.4. SWOT-ANALYSE

Det gjennomføres en SWOT-analyse for gjenstående konsepter for å identifisere deres styrker og svakheter.

### 10.4.1. KONSEPT D – ERTMS L2 MED ATO

Tabell 10-3 - SWOT-analyse for konsept D

	Positivt	Negativt
	<b>STYRKER</b>	<b>SVAKHETER</b>
<b>Interne faktorer</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lav investeringskostnad</li><li>• Ingen reduksjon i sikkerhet</li><li>• Økt kapasitet og lavere energibruk</li><li>• Ingen naturinngrep</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Usikker størrelse på kapasitetsgevinsten</li><li>• Antatt lavere kapasitetsgevinst enn andre tiltak</li></ul>
	Positivt	Negativt
<b>Eksterne faktorer</b>	<b>MULIGHETER</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Muligheter for oppgradering til GoA3-4</li><li>• Muligheter for utvidelse for flere geografiske områder</li></ul>	<b>TRUSLER</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Rask økning i etterspørselen etter passasjer- og godsreiser</li><li>• Implementeringsutfordringer</li></ul>

### 10.4.2.

### 10.4.3. KONSEPT F – NY TUNNEL

Tabell 10-4 - SWOT-analyse for konsept F

	Positivt	Negativt
<b>Interne faktorer</b>	<b>STYRKER</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Høy kapasitetsgevinst</li> <li>• Mulighet til å dekke andre kundegruppers behov</li> </ul>	<b>SVAKHETER</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Innebærer naturinngrep</li> <li>• Høy investeringskostnad</li> </ul>
<b>Eksterne faktorer</b>	<b>MULIGHETER</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiltrekke seg nye reisende</li> <li>• Miljøgevinst hvis etterspørselseffekten inntreffer</li> </ul>	<b>TRUSLER</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lav økning i etterspørselen etter passasjer- og godsreiser</li> <li>• Stor uutnyttet kapasitet</li> </ul>

### 10.4.4. KONSEPT G/H – TOETASJES TOG / TRIPLE TOGSETT

Tabell 10-5 - SWOT-analyse for konsept G/H

	Positivt	Negativt
<b>Interne faktorer</b>	<b>STYRKER</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Middels kapasitetsgevinst</li> <li>• Små naturinngrep ved ombygging av plattformer</li> </ul>	<b>SVAKHETER</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lange av- og påstigningstider</li> <li>• Uutnyttet kapasitet i 2. etg / 3. togsett</li> </ul>
<b>Eksterne faktorer</b>	<b>MULIGHETER</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vedr. triple togsett: flere togsett tilgjengelig ved behov</li> </ul>	<b>TRUSLER</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lav økning i etterspørselen etter passasjer- og godsreiser</li> <li>• Kan føre til misnøye på grunn av reduksjon i punktlighet</li> </ul>

## 10.5. KOSTNAD-VIRKNINGSANALYSE

På grunn av at arbeidsmengden forbundet med å utarbeide en detaljert nytte-kostnadsanalyse og prissetting av alle konsekvensene nevnt i kapittel 2 vil være meget omfattende, vurderes tiltaket kun kvalitativt. Faktorene sammenstilles ved hjelp av en kvantitativ skala og vektlegging. Beslutningen har blitt tatt i samråd med Kjell Holter etter rådgivning med Nina Tveiten og Malene Nerland fra avdelingen for strategi i Oslo og Akershus. Det viser seg at nytte-kostnadsanalyse må gjennomføres ved å studere etterspørselen etter ruteleier med hensyn på geografiske områder og kan ikke fastsettes gjennom analyse av kun Oslotunnelen.

### Steg 1 – Identifisering av relevant virkning

For å klarlegge kriterier i alternativanalysen, har det blitt tatt utgangspunkt i de prissatte og ikke-prissatte konsekvensene definert i Metodehåndboka for samfunnsøkonomiske analyser (Jernbaneverket, 2015). De prissatte konsekvensene introdusert i kapittel 0 vurderes derfor kvalitativt.

**Trafikantnytte:** Formålet med foreslåtte tiltak er å øke kapasitet for å kunne frakte flere nye passasjerer, forbedre tilbudet og komfort for de som velger kollektiv transport i dag. Derfor anses 40 % vekt på trafikantnytte som fornuftig.

**Togoperatører:** Økning i passasjerreiser og godstrafikk avhenger av blant annet togoperatørene som sørger for å frakte personer og gods fra sted til sted. Å kunne dekke etterspørselen etter ruteleier i Oslotunnelen er avgjørende for at togoperatørene skal kunne gi passasjerene et godt tilbud. Derfor anses dette som nest-viktigst og settes til 20 %.

**Offentlige organer:** Offentlige organer vektet til 10 %. Investering i tiltaket er avhengig av midler som bevilges av regjeringen. Gjennomføring av tiltaket vil Jernbaneverket stå ansvarlig for.

**Miljø og natur:** Resterende 30 % av vektingen gis til virkninger som omfatter naturinngrep, utslipp av klimagasser og påvirkning av miljøet. Kollektivtrafikken skal anses som miljøvennlig, hvor ett av de store målene i NTP nettopp er nullvektsmålet.

Tabell 10-6 - Kriterier og vektning for videre kvalitativ analyse

Virkning	Vekt
Trafikantnytte	40 %
Operatørnytte	20 %
Offentlige organer	10 %
Samfunnet for øvrig:	
• <i>Naturinngrep</i>	10 %
• <i>Utslipp av klimagasser</i>	10 %
• <i>Nærmiljø</i>	10 %

## Steg 2 - Omfang av foreslåtte tiltak

Med omfang menes det hvor stort den fysiske effekten av tiltaket er. Det brukes en syv-delt skala som strekker seg fra stort negativt (kostnad) til stort positivt (nytte).

Tabell 10-7 - Omfang av gitte tiltak

Kriterium	ATO	Toetatsjes tog / triple togsett	Ny tunnel
Trafikantnytte	Lite positivt	Middels positivt	Stort positivt
Operatørnytte	Lite positivt	Middels positivt	Stort positivt
Offentlige organer	Lite negativt	Middels negativt	Stort negativt
Naturinngrep	Stort positivt	Middels positivt	Stort negativt
Utslipp av klimagasser	Stort positivt	Stort positivt	Lite negativt
Nærmiljø	Lite positivt	Lite positivt	Stort positivt

### Steg 3 - Verdi og omfang av foreslåtte tiltak

Det utnyttes konsekvensviften illustrert i figur 2-8 for å kartlegge omfanget fra tabell 10-7 sammen med verdien av tiltaket.

Tabell 10-8 - Samlet konsekvens for gitte tiltak

Kriterium	ATO	Toetatsjes tog / triple togsett	Ny tunnel
Trafikantnytte	+	++	++++
Operatørnytte	+	++	++++
Offentlige organer	-	---	----
Naturinngrep	++++	+++	----
Utslipp av klimagasser	++++	++++	0
Nærmiljø	+	+	+++

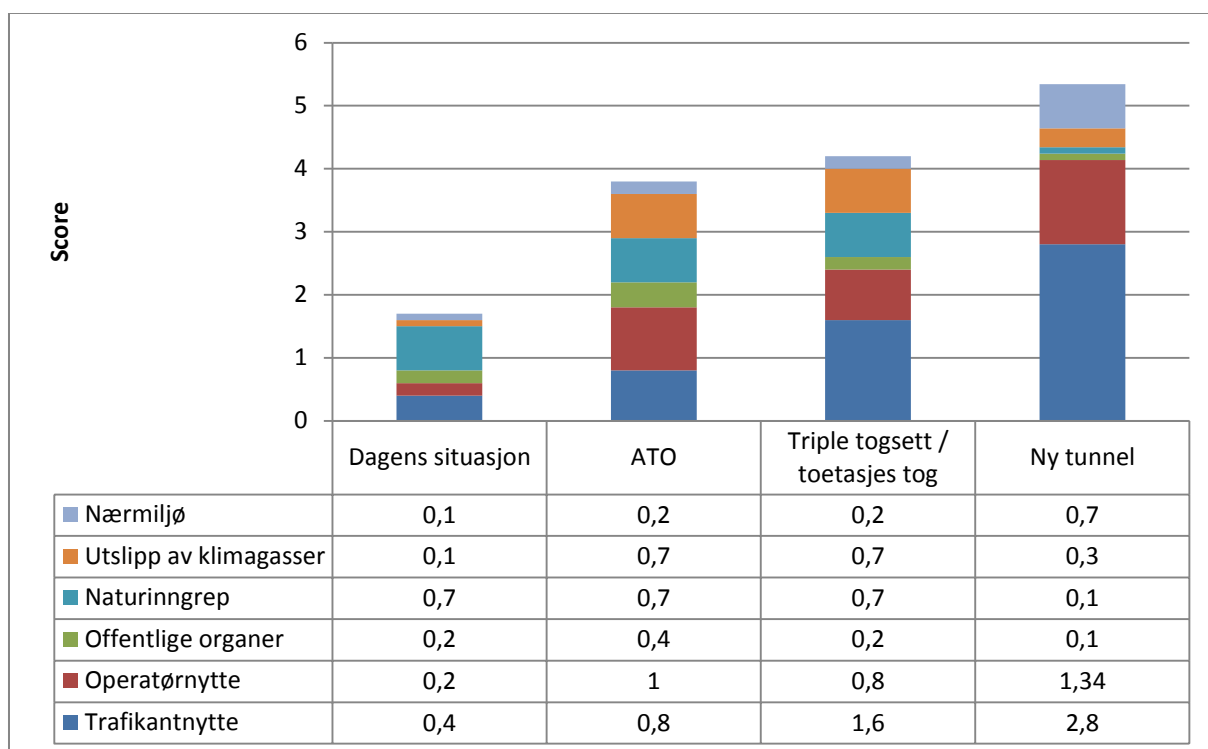
### Steg 4 – Samlet vurdering av hvert alternativ

En gruppe sammensatt av tre personer var til stede da det ble gitt score til de ulike alternativer. Resultatene representeres i tabell 10-9 og figur 10-1.

Tabell 10-9 - Resultat av analysen<sup>3</sup>

Kriterium	Vekt	ATO		Triple togsett / toetasjes tog		Ny tunnel	
		Score	Resultat	Score	Resultat	Score	Resultat
Trafikantnytte	40 %	2	0,8	4	1,6	7	2,8
Operatørnytte	20 %	5	1	4	0,8	6,7	1,34
Offentlige organer	10 %	4	0,4	2	0,2	1	0,1
Samfunnet for øvrig							
• Naturinngrep	10 %	7	0,7	7	0,7	1	0,1
• Utslipp av klimagasser	10 %	7	0,7	7	0,7	3	0,3
• Nærmiljø	10 %	2	0,2	2	0,2	7	0,7
Total score		<b>3,8</b>		<b>4,2</b>		<b>5,34</b>	

<sup>3</sup> Dagens situasjon (som referansealternativ) representert i Figur 10-1.



Figur 10-1 - Resultat av analysen presentert i form av et søylediagram

### 10.5.1. ESTIMERTE KOSTNADER

I tabell 10-10 og tabell 10-11 presenteres kostnadsestimatene for de ulike tiltakene. Hvordan tallene ble hentet, er beskrevet i fotnoten. Alle kostnader antas med  $\pm 40\%$  nøyaktighet. Videreføring av dagens situasjon har et meget usikkert kostnadsbilde på grunn av reduksjon i tilgjengelighet på komponenter og kompetanse. Det velges derfor å utelatte referansealternativet i kostnadsanalysen. Beslutningen anses som rettfærdig grunnet allerede besluttet implementering av ERTMS.

Tabell 10-10 - Kostnadsestimater for tiltakene

Tiltak	Kostnad i MNOK
ATO <sup>4</sup>	5 per togsett + 200 for trackside komponent
Toetasjes tog <sup>5</sup>	100 per togsett
Triple togsett <sup>5</sup>	80 per togsett
Ny tunnel <sup>6</sup>	15 900 for tunnel

Tabell 10-11 - Kostnadsestimater ekskl. ombygging av plattformer (MNOK)

Kostnadsestimat ekskl. ombygging av plattformer (MNOK)			
Tiltak	Forv. kostnad per togsett	Antall togsett	Totalt
ATO	5	149	745+200
Toetasjes tog	100	96	9600
Triple togsett	80	48	3840

---

<sup>4</sup> Kostnadene baserer seg på et estimat basert på kostnadsbilde til ERTMS. Studenten har forespurt et kostnadsestimat fra Siemens for Oslostunnelen (basert på kostnadsbilde til Thameslink prosjektet) som ikke ble levert i tide grunnet lang behandlingstid hos leverandøren. For ATO trackside komponenten estimeres kostnaden ut fra en TMS kontrakt i Sverige (700 MSEK) hvor 200 MNOK antas som rimelig. Pris per togsett for ombordsutrustningen diskuteres i kapittel 11.4.

<sup>5</sup> Kostnadene inkluderer ikke ombyggingskostnader av plattformer da disse varierer med hver stasjon. Investeringen baserer seg kun på innkjøp av nye togsett. Det er avgjørende å kartlegge og estimere kostnader for plattformer som må bygges om enten i høyden eller i lengden.

<sup>6</sup> Nye togsett ikke inkludert. Nøyaktighet på  $\pm 40\%$ . (KVU-staben, 2015)

## 10.5.2. RESULTATER AV ANALYSEN

Det opprettes to mål for å kunne sammenlikne resultatene. Det første tar utgangspunkt med kostnad i MNOK per oppnådd poeng i den kvalitative analysen, mens det andre omhandler kostnad i MNOK for hver prosent kapasiteten øker med.

Tabell 10-12 - Pris per prosent av kapasitetsøkningen

Tiltak	Kostnad	Kapasitetsøkning via:	Prosentvis økning	MNOK per % av kapasitetsøkningen
ATO	945	1 ruteleie	4 %	<b>236</b>
		2 ruteleier	8 %	<b>118</b>
Toetasjes tog	9600	2. etasje	30 % <sup>7</sup>	<b>320</b>
Triple togsett	3840	Nytt togsett	33 % <sup>7</sup>	<b>116</b>
Ny tunnel	15900	Nytt dobbeltspor	100 %	<b>159</b>

### Kostnader per oppnådd poeng

Hensikten med MNOK per oppnådd poeng er å analysere hvor mye ett score-poeng vil koste hvis tiltaket gjennomføres basert på de kvalitative vurderingene. Kostnaden deles på score til det tiltaket.

ATO scorer 3,8 i den kvalitative analysen og en kostnad 945 MNOK harmoniserer med investering på **249 MNOK per poeng (1)**.

Hvis alle 24 tog i tunnelen skulle byttes ut med toetasjes tog i de to rushtimene på morgen og ettermiddag, ekvivalerer det en kostnad på 9 600 MNOK. Med en score på 4,2 tilsvarer det en kostnad på **2285 MNOK per poeng (3)**.

Investeringen i selve togmateriell ved innføring av triple togsett antas til å være lik ett ekstra togsett for alle tog i rush. Det tilsvarer 48 togsett og et investeringsbehov på 3840 MNOK. Med en score på 4,2, tilsvarer det en kostnad på **914 MNOK per poeng(2)**.

Ny tunnel har en kostnadsramme på 15 900 MNOK og med en score på 5,34 tilsvarer det **2977 MNOK per poeng(4)**.

---

<sup>7</sup> Tallet forutsetter at triple togsett / toetasjes tog ikke påvirker påstigningstiden negativt.



## **Kostnader per oppnådd kapasitetsøkning**

For å analysere hvor mye det må investeres for å oppnå kapasitetsøkning på 1 % for det gitte tiltaket, etableres det et mål som defineres som kostnad delt på kapasitetsøkning i %. Dette presenteres i tabell 10-12.

Siden kapasitetsøkningen som ATO medbringer er noe usikkert, velges det en vurdering med to scenarioer. Disse omhandler en økning tilsvarende 1 eller 2 ytterligere ruteleier i tunnelen. Det innebærer en investering på henholdsvis **236(3)** og **118(2) MNOK per %** i kapasitetsøkning.

Toetasjes tog innebærer en større investering enn triple togsett, da man blir nødt til å erstatte dagens togsett. Resultatet er en kostnad på **320 MNOK per % (5)** i kapasitetsøkning mot **116 MNOK per % (1)** for triple togsett.

For ny tunnel uten nye togsett antas det en dobling i kapasitet. Det tilsvarer en investering på **159 MNOK per % (4)**.

### 10.5.3. SAMLET VURDERING

På hensyn av vurderingskriteriene fastsatt i 10.5.2, opprettes det en tabell for samlet vurdering av konseptene.

Tabell 10-13 - Sammenlagt resultat fra analysen

Tiltak	Rangering MNOK/ poeng	Rangering MNOK / prosentvis kap.økning	Rangering totalt	Kommentar
<b>ATO (1 ruteleie)</b>	1	3	<b>3</b>	Hvis ATO kun bidrar til en kapasitetsøkning på 1 ruteleie, er det noe usikkert om triple togsett er en bedre investering. Plattformombyggingskostnader må beregnes.
<b>ATO (2 ruteleier)</b>	1	2	<b>1</b>	
<b>Toetasjes tog</b>	3	5	<b>4</b>	
<b>Triple togsett</b>	2	1	<b>2</b>	Sluttrangeringen forutsetter ombyggingskostnader som er høyere ATO med 2 ruteleier.
<b>Ny tunnel</b>	4	4	<b>5</b>	Innkjøp av nye togsett antas til å være høyere enn å redusere høyden på eksisterende plattformer.

## **11. DISKUSJON**

Diskusjon i oppgaven tar for seg usikkerhet i resultatene og analysen. Den belyser også grunnlaget bak beslutningene som ble tatt. Det diskuteres elementer i rapporten som man må ta hensyn til ved endelig valg av konsept.

### **11.1. BEHOVSANALYSE**

Stor befolkningsvekst i Norge fremover krever et bedre kollektivtilbud. NSB vil satse stort på økt kapasitet i rushtiden, hevdes det i en artikkel i Teknisk Ukeblad (Drevon, 2012). For å kunne få flere til å velge kollektivtransport, er det avgjørende forbedre tilbudet kontinuerlig. Kollektivtransport må være konkurransedyktig med bil både på pris, frekvens og reisetid. «Kollektivet» kan karakteriseres som en gruppe individer med ganske like behov. Men det er deres behov som individer vi må bygge omkring (Øverland, 2012).

#### **Etterspørselsbasert behov**

I analysen av etterspørselsbasert behov benyttes det prognoser utarbeidet av Jernbaneverket i en kapasitetsstudie for strekningen Oslo S – Lysaker. Disse prognosene baserer seg på en modell utarbeidet av TØI og er tilpasset Oslostunnelen (Jernbaneverket, 2014). For denne analysen er det valgt å ekstrapolere disse prognosene lineært. Fordelen med ekstrapolering ligger i at metoden er enkel og krever begrensede ressurser. På en annen side forutsettes det at trender for den tilgjengelige perioden vil fortsette inn i den projiserte delen av prognosen. Med en slik forenkling øker usikkerheten i prognosene, og det anbefales derfor at man i det videre arbeidet utarbeider nye prognoser for hele analyseperioden.

I kapittel 2.2 viser figur 2-3 en trend for overestimering av etterspørselen i jernbanesektoren, basert på artikkelen skrevet av Flyvbjerg, Holm og Buhl (2006). Artikkelen har en empirisk tilnærming til prognoser i vei- og jernbanesektoren som viser at majoriteten av undersøkte prognosene ble overestimert i størrelsesorden 40 – 80 %. Det tyder på at det aktuelle behovet for økt kapasitet på jernbanen for perioden kan vise seg til å være mindre enn antatt, og hvor ATO derav vil være i stand til å dekke behovet. På en annen side rapporteres det om sterk vekst blant togtransport som resulterte med at istedenfor å fase ut de gamle togene, blir NSB nødt til å supplere for å

gi et bedre togtilbud (Garathun, 2014). Bare i fjor har NSB opplevd en vekst i passasjerreiser på 5,9 % (Nilsen, 2016).

Dersom veksten blir større enn forventet, kan andre tiltak enn ATO bli påkrevd. ATO antas til å dekke kapasitetsbehovet på kort- til mellomlang sikt hvor implementeringen kan foregå samtidig med ERTMS. For toetasjes tog eller triple togsett er utrulling avhengig av plattformombygging og produksjon av nye togsett. Tiden det tar for å implementere toetasjes tog eller triple togsett antas til å være lenger enn ved ATO, men kortere enn ved bygging av ny tunnel. Tidsaspektet er dermed avgjørende for hvilket tiltak vil være mest hensiktsmessig å investere i.

Prognosene som utarbeides i behovsanalysen for forventet trafikkvekst i Oslotunnelen har i tillegg lav detaljeringsgrad. Høy detaljeringsgrad er avgjørende for at nytteberegningene som gjøres i etterkant skal bli så nøyaktige som mulig.

### **Interessentanalyse**

Som tidligere nevnt i kapittel 2 ønskes det større grupper av interessenter for å kunne kartlegge deres behov. I denne oppgaven, på grunn av tids- og ressursbegrensning, har interessentanalysen blitt gjennomført i samarbeid med ressurser fra Jernbaneverket og basert seg på ytterligere tre rapporter: KVVU Oslo-Navet (2015), KVVU ERTMS (2009) og KVVU for nytt logistikknutepunkt i Trondheimregionen (2011). Svakheter ved en slik forenkling av interessentanalysen er at mulige interessenter blir utelatt og viktige argumenter forblir uadressert. Ved videre arbeid vil det være kritisk å gjennomføre interessentanalyse på riktig måte med representanter fra alle berørte parter. Når interessentene kontaktes direkte med oppfordring til å komme med innspill til behovsanalysen, åpner det opp for innspill og argumenter som ikke har blitt vurdert. I tillegg er det fundamentalt å gi mulighet til selv å melde sin interesse. Det aller viktigste er å involvere grupper som har uttrykt skepsis eller kritikk mot investeringsprosjektet. På denne måten kan man avdekke eventuelle svakheter ved de foreslåtte løsningene og eventuelt gjøre forbedringer (Næss, 2005). Dette leder igjen til figur 2-1 som illustrerer størrelsen på kostnadene i ulike faser av prosjektet. Eventuelle endringer i prosjektet bør derfor implementeres så tidlig som mulig.

## 11.2. SAMFUNNSØKONOMISK ANALYSE

Jon A. Martinsen (2016), sjefingeniør i Statens vegvesen, påpeker at gode transportanalyser og trafikkprognoser er avgjørende for riktig beregning av trafikantnytte. Slike analyser og prognoser er avhengige av nøyaktig modellering av Oslostunnelen, samt nye og oppdaterte prognoser for hvilke strekninger som vil være mest etterspurt i analyseperioden. I tillegg vil en nytte-kostnadsanalyse av triple togsett / toetasjes tog være avhengig av konkrete kostnader forbundet med plattformombygging. Det har i utgangspunkt vært ønsket å gjennomføre flermåls- og følsomhetsanalyse illustrert i kapittel 2.7. På grunn av kompleksiteten til nytte- og kostnadsanalysen for denne tidligfasevurderingen har den blitt utelatt. Basert på overnevnte forutsetninger har jeg valgt å vurdere nytten kvalitativt.

En kvalitativ tilnærming - kostnad-virkningsanalyse - er populær i helsesektoren hvor kostnader sammenliknes med blant annet antall liv reddet og varighet av reddet liv. Det gir et bedre mål på potensialet av tiltaket enn prissetting (Tan-Torres Edejer, et al., 2013). Kvalitative vurderinger behøver ikke konkrete tall og nøyaktige prognoser for utarbeidelse i motsetning til kvantitativ nyttevurdering. Medaljens bakside er at en slik analyse blir påvirket av individer som deltar i analysen. Som eksempel kan det nevnes at Jernbaneverkets ressurser som deltok i analysen gjennomført i denne tidligfasevurderingen kan ha påvirket resultatene i retning av ATO.

En annen ulempe ved kvalitative analyser er lav overføringsverdi. Denne forklarer i hvor stor grad et resultat man får når man spør en utvalgt gruppe også kan sies å være gjeldende for andre deler av eller hele befolkningen (Cappelen Damm AS). Den utvalgte gruppen fra Jernbaneverket som deltok under analysen kan antakelig ikke sies å representere alle interessenter. Ideelt sett vil bør representanter fra alle identifiserte interessenter delta i en slik tverrfaglig analyse.

For å klarlegge kriterier i alternativanalysen, har det blitt tatt utgangspunkt i de prissatte og ikke-prissatte konsekvensene definert i Metodehåndboka for samfunnsøkonomiske analyser (Jernbaneverket, 2015). De prissatte konsekvensene introdusert i kapittel 2 vurderes derfor kvalitativt. På denne måten utnyttet de samme kriteriene som ved en nytte- kostnadsanalyse som deltakere kjenner seg igjen i.

### **11.3. ATO**

Automatic Train Operations tar utgangspunkt i prinsipper som allerede finnes i metrolinjer blant annet i Paris, København og Vancouver. For metrolinjer forventer UITP (2011) en økning fra 600 km til over 1 400 km med automatisert Metro verden over mellom 2011 og 2025. En studie gjennomført av Railway and Transport Strategy Centre (2014) peker på kostnadsbesparelse grunnet lavere bemanningsbehov, økning i reliabilitet og kapasitet både når det gjelder konsistent stoppmønster og økt avgangsfrekvens.

På en annen side finnes det ulemper ved et slikt system. Christos Pyrgidis (2016) angir to store ulemper ved økt grad av automatisering. Den første ulempen omhandler passasjerer som føler bekymring over førerløshet. Enkelte passasjerer kan føle seg utrygge grunnet lokførerens fravær, noe som kan føre til reduksjon i etterspørselseffekten.

Den andre ulempen omhandler togoperatørens mulighet til å spare kostnader på sikt ved å kjøre førerløst. I et arbeidsmarked preget av økende ledighet, blir det ugunstig å si opp store deler av det operative personalet. Man vil risikere å møte sterk motstand mot automatisering av jernbanen som igjen vil føre til økonomiske tap ved eventuelle streik.

I denne oppgaven vurderes ATO kun med hensyn på muligheten for økt kapasitet og ikke med hensyn på endring av bemanningsbehovet. Derav anses ansees ulempene som angitt over som uaktuelle problemstillinger som ikke diskuteres videre.

#### **Studie av ATO**

ATO er som tidligere nevnt i bruk på en rekke metrolinjer rundt om i verden. Men dette konseptet/denne teknologien er ikke benyttet i noen særlig utstrekning for tog per i dag. Men behovet for å kunne utnytte den eksisterende jernbaneinfrastrukturen i større grad enn i dag ved å kunne kjøre tog tettere (lavere togfølgetid), vurderer stadig flere jernbaneselskap å ta i bruk teknologi fra metrolinjer, det vil si ATO.

I en studie gjennomført av Siemens for bruk av ATO i Thameslink-prosjektet i Storbritannia (Morton & Litterst, 2013), simuleres det to ulike scenarioer med 24 tog i timen i vanlig drift og 30 tog i timen når forsinkelsene skal hentes inn. Studiet har basert seg på «worst-case scenario» med sikkerhetsmargin for nødbrems og forsinkelser basert

på tidligere hendelser. I Oslotunnelen er den teoretiske kapasiteten satt til 30 tog i timen hvor i rush kan det allerede i dag kjøres 24. ATO med ERTMS vil kunne øke den teoretiske kapasiteten, slik at flere tog kan framføres uten at det skal påvirke nivået av kapasitetsutnyttelse negativt.

Resultater fra studien peker på følgende fordeler ved bruk av ATO med hensyn på kapasitet:

- Kortere minste togfølgetid
- Bedre flyt i trafikken
- Raskere løsning av uregelmessigheter
- Jevn og optimal kjørestil

Studiet er gjennomført av produsenten til systemet og kan være preget av subjektivisme for å selge produktet. Før en eventuell konklusjon blir det fundamentalt å observere den faktiske gevinsten til ATO i Storbritannia.

### **Treffe sin «slot»**

Geografiske områder utenfor Oslo S – Lysaker ikke er med i denne analysen. Men dersom et ATO system skal fungere optimalt, er det viktig at alle tog som skal kjøre gjennom Oslotunnelen, altså det området som vurderes for ATO i denne studien, må forlate henholdsvis Oslo Sentralstasjon eller Skøyen stasjon eksakt på det planlagte tidspunktet. Dette er kritisk for å kunne oppnå maksimal effekt av en ATO-investering med hensyn på kapasitet.

Som bistand til togførere med å redusere framføringstoleransen slik at alle tog treffer sin «slot» i tunnelen for ATO-kjøring, kan enten området for ATO utvides til f.eks. hele Stor-Osloområdet (nærtrafikk), alternativt at togene utrustes med et system benevnt DAS (Driver Advisory System). DAS er i prinsippet forløperen til ATO og gir fører en anbefalt hastighet å framføre toget i, men toget akselereres eller bremses ikke automatisk med ATO. Et slikt system har følgende fordeler:

- Forutsatt at fører framfører toget iht. anbefalt hastighet, vil toget ankomme stasjonen presist i forhold til å nå sin «slot» for kjøring på ATO gjennom Oslotunnelen,

- Bidrag til energibesparelse ved at behovet for akselerasjon og retardasjon begrenses.

Dette vil i tillegg bidra til at togene kjøres på en mer miljøvennlig måte med hensyn på energibruken, og det gir også økt robusthet i ruteplanen slik at forsinkelser reduseres.

### **Vurdering av ATO**

ATO scorer 3,6 poeng i den kvalitative analysen. Grunnet lavest bidrag til kapasitetsøkning i forhold til de andre alternativene, scorer ATO lavest når det gjelder det viktigste kriterium - trafikantnytt. Det er for tidlig i utviklingen til å anslå kapasitetsgevinsten ved ATO for toglinjer med blandet trafikk. Artikler (Bienfait & Zoetardt, 2012; Rao, Montigel, & Weidmann, 2013; Morton & Litterst, 2013) peker på en økning i kapasitet, men er forsiktige med å oppgi tall. Siden tiltaket reduserer framføringstoleransen til lokføreren, legger det til rette for hyppigere avganger gjennom Oslotunnelen.

Framføringstoleransen er derimot et veldiskutert tema. En stokastisk studie utført av Jernbaneverket, viser noen ekstreme tilfeller i Oslotunnelen med negativ framføringstoleranse (hvor eventuelle avvik i togframføringen fører direkte til forsinkelser (Brand, 2013)). Med godstog ute av rushtrafikken, er man kun nødt til å forbedre fjerntogets minste teknisk togfølgetid når ERTMS installeres.

Om en sammenlikner dette tiltaket med en overgang til toetasjes tog eller triple togsett som diskuteres i neste avsnitt, bidrar ATO til å jevne ut passasjerstrømmen ved at reisende fordeles på flere tog (grunnet flere avganger). ATO scorer også høyt med hensyn på miljøvennlighet da systemet består av en begrenset mengde utstyr, og bidrar til å utnytte eksisterende infrastruktur maksimalt.

### **ATOs kostnader**

ATO systemet består av to delsystemer, hvorav det ene befinner seg i jernbaneinfrastrukturen og det andre i togene. I analysen antas det en kostnad basert på 5 MNOK per tog ( $\pm 50\%$  nøyaktighet iht. krav til konseptvalgutredninger). Kostnaden tar utgangspunkt med om-bord utrustningen til ERTMS hvor det regnes med en investering på 5-10 MNOK for de første togene, og deretter 2-4 MNOK per togsett. Siden



ATO ikke er et sikkerhetssystem, kan kostnadene antas til å være lavere enn ved ERTMS. Det er to usikkerhetsmomenter som driver prisen opp i analysen:

1. Grensesnitt mot ERTMS per dags dato ikke er standardisert. Det må utvikles og tilpasses programvare som danner en bro mellom systemene.
2. Implementering av ATO på toget ikke er standardisert. ATO skal ha tilgang til togcomputeren for å kunne styre akselerasjon og retardasjon. Utrustningen i form av en dataenhet og eventuelt skjerm må tilpasses i forhold til begrenset plass på rullende materiell.

For å vurdere kostnader for ATO i infrastrukturen er det tatt utgangspunkt i en anskaffelse av nytt trafikkstyringssystem for jernbanen i Sverige. Det nye svenske trafikkstyringssystemet (NTL) har en kostnadsramme i størrelsesorden 700 MSEK. Dette er en betydelig større investering enn ATO grunnet systemets kompleksitet og omfang, og derav antas det en kostnad på 200 MNOK ( $\pm 50\%$ ) for ATO i infrastrukturen. Trafikkstyringssystemet (TMS) er kjernen for trafikkstyringen av togtrafikken i Norge, mens infrastrukturen av ATO systemet i prinsippet kun overfører informasjon fra TMS til togene med hensyn på hvor fort hvert enkelt tog til enhver tid skal kjøre.

På sikt forutsettes det en standardisering av ATO systemets funksjonalitet og grensesnitt, noe som kan i seg selv betydelig reduksjon i kostnadsbildet.

#### **11.4. TOETASJES TOG OG TRIPLE TOGSETT**

Toetasjes tog og triple togsett vurderes sammen da gevinsten ved å introdusere disse er vurdert til å være tilnærmet lik, og begge tiltakene krever investering i ny togmateriell og ombygging av stasjoner og/eller plattformer for tog. I den kvalitative analysen får tiltaket en score på 4,2 poeng. Anskaffelse av triple togsett eller toetasjes tog innebærer en betydelig investering i størrelsesorden 80 millioner per togsett. Kostnaden tar ikke for seg ombyggingskostnader til plattformer som er varierende fra stasjon til stasjon.

Den anslåtte kapasitetsøkningen estimeres til 30 % per avgang for begge tiltakene (og ikke 50 % for toetasjes tog - grunnet at i toetasjes tog kreves det større areal i inngangspartiene for trapper til andre etasje). Tiltaket scorer derfor høyere på trafikantnytte enn ATO da kapasitetsgevinsten er større.

Mens et toetasjes tog i Sverige med en lengde på 218 m har en setekapasitet på 650 plasser, har de norske Flirt togene kun 480 (dobbelsett). En ulempe ved dette alternativet ligger i at NSB allerede har anskaffet en stor mengde nye togsett (type Flirt). En eventuell nyinvestering i toetasjes tog kan dermed innebære store økonomiske tap for NSB som muligens antakelig må avhende togsett lenge før levetidsslutt, enten ved at de selges eller om de ikke benyttes.

Jernbaneverkets rapport om tilbringertjenester til Oslo Lufthavn (2014) analyserer kort ulemper ved å innføre triple togsett og toetasjes tog. Det legges vekt på påstigning- og avstigningstider ved stasjonene på strekningen Oslo S – Lysaker samt plattformhøyde på de norske stasjonene. Vedlegg E illustrerer at allerede i dag er oppholdstiden et problem ved Nationaltheatret. Triple togsett utrustes med like mange dører som dagens tog. Siden antall påstigningspunkter per vogn er konstant mens passasjerantallet øker, vil passasjerene bruke lenger tid på å stige på toget.

På en annen side brukes toetasjes tog i dag blant annet i Sverige av det svenske togselskapet SJ. I en artikkel publisert av Aftenposten (Bentzrød, 2015) hevder Jan Kyrk (regionsjef i SJ) at SJ og passasjerene er svært fornøyd med togene. Takket være bredere dører hevdes det at av- og påstigningen foregår på maksimalt ett minutt.

Plattformene til toetasjes tog må oppfylle krav om universell utforming som hevder at bygninger og uteområder skal være tilrettelagt for personer med funksjonsnedsettelse.

Ønsker man ikke å bygge om plattformene med hensyn på høyden grunnet store kostnader og ulemper for de reisende i ombygningsperioden, så er alternativet å bygge dem ut i lengden for triple togsett (noe som kan antas å være en mindre byrde for reisende).

I en rapport utarbeidet av Jernbaneverket (Tilbringertjeneste til Oslo Lufthavn - Muligheter til utvikling på mellomlang og lang sikt, 2014) argumenteres at dersom en velger å innføre triple togsett blir togpassasjerene nødt til å gå opptil 110 meter lenger enn i dag, og med en gangfart på 1 m/s, tilsvarer det ytterligere 110 sekunder som bidrag til påstigningstiden hvis passasjerer skal fordeles jevnt på toget. Det samme kunne vært hevdet for overgangen mellom enkle og doble togsett som viser i praksis at tiden det tar å utveksle passasjerer ved plattform ikke påvirkes i større grad. Fordelen med triple togsett at det finnes flere av- og påstigningspunkter slik at passasjer fordeles på vogn og vil ikke nødvendigvis ha negativt utslag på av- og påstigningstiden.

Det har også vært å nevne at det observeres allerede i dag at det fremste togsettet ikke blir fylt i like stor grad som det bakerste på Oslo S og Nationaltheatret, noe som skyldes utformingen av selve stasjonen hvor majoriteten av passasjerer når perrongen kun i den ene enden. Dermed om togene forlenges med enda et togsett, risikerer man at kapasiteten ikke blir utnyttet fullt ut. Hadde stasjonene hatt en oppgang til perrongen på midten ville en fått en mer naturlig fordeling av passasjerer i hele plattformens lengde. Dette krever igjen, ombygging av dagens plattformer og eventuelt tilkomsttunneler eller broer.

For å bedre kunne fordele passasjerer i togene kan en løsning være å innføre et IT system tilsvarende det som i dag benyttes i mange parkeringshus, som viser antall ledige seter og/eller ståplasser i togets forskjellige vogner. Her kan man se for seg denne type informasjon både på plattformene og inne i togene (illustrert i Vedlegg D).

## 11.5. NY TUNNEL

Tidligere i rapporten har ny tunnel blitt benevnt som uunngåelig på sikt grunnet den sterke befolkningsveksten i Osloregionen. I KVV Oslo-navet foreslås det at en slik tunnel skal stå ferdig i 2033.

Tunnelen scorer høyest i analysen og har fått høy score for trafikantnytte(7), operatørnytte(6,7) og nærmiljø (7). Dette skyldes at en ny tunnel ikke bare fører til (minst) kapasitetsdobling, men også at den foreslåtte vil tunnelen dekke andre geografiske områder i Oslo. På denne måten vil man kunne avlaste dagens tunnel i tillegg til å tilfredsstille et nytt kundesegment som per i dag grunnet praktiske årsaker (f.eks. lang vei til stasjonen) ikke benytter jernbane.

Konsernsjef i NSB, Geir Isaksen hevder at av hensyn til klima bør mest mulig transport flyttes over på jernbane. Av den grunn har konserndirektøren sterke ønsker om ny tunnel som står ferdig i 2030 (Drevon, 2012). Analyser av tidligere vei- og jernbaneprosjekter indikerer at gjennomsnittlig planleggingstid er hele ti år før byggingen kan startes (NHO Innlandet, 2016). Det antyder at ny tunnel i 2033 baserer seg på en optimistisk tidsramme og er avhengig av tiltak i mellomtiden som dekker etterspørselen.

Bygging av ny tunnel må, som nevnt over, vurderes grundig av hensyn på miljøet. Ny tunnel innebærer et betydelig naturinngrep som skal rettfærdiggjøres gjennom det miljøvennlige reisetilbudet som effekt av tiltaket. I Høyhastighetsutredningen for bygging av høyhastighetsbaner i Sør-Norge pekes det på lange tilbakebetalingstider med hensyn på inngrep i miljøet og CO2 som man sparer ved kollektivkjøring i tunnelen. I rapporten defineres det en tilbakebetalingstid i størrelsen 35-60 år, hvorav majoriteten overstiger 60 år (Jernbaneverket, 2012). Tilbakebetalingstiden for ny tunnel må dermed vurderes detaljert.

Fra et samfunnsøkonomisk perspektiv er det kritisk å beregne det optimale årstallet for ferdigstillelse av en ny Oslotunnel. Investering i tiltak som gjør det mulig å utnytte eksisterende infrastruktur i større grad enn i dag, og med dette utsette byggingen av ny tunnel er et alternativ. Dette må vurderes opp mot hvorvidt det er samfunnsøkonomisk lønnsomt å investere stadig i nye tiltak kun for å utsette bygging av ny tunnel.

## 12. OPPSUMMERING

I tiden framover anbefales det å utarbeide en modell av Oslotunnelen for å kunne anslå helt konkret hvor mye ERTMS, ATO og eventuelt triple togsett / toetasjes tog kan bidra til kapasiteten. Grunnet lav kostnad i forhold til de to alternativene, bør ATO være med i vurderingen når ERTMS implementeres. Innføring av systemet innebærer forutsigbar, jevn og miljøvennlig togframføring i tillegg til den antatte kapasitetsøkningen. Det anbefales derfor å gjennomføre en nytte-kostnadsanalyse samt modellering av dagens Oslotunnel med nye strekningsblokker, ERTMS og ATO.

Det vil være avgjørende å dra nytte av erfaringer i Thameslink prosjektet. Anlegget i Storbritannia kan sammenliknes i store grad med Oslos utforming. Derfor vil det være mulig å observere eventuelle gevinster og deres muligheter for Oslo-navet. Mellom 2018 og 2020-22 vil man ha tid til å analysere virkningene av ATO før man eventuelt beslutter om å innføre systemet.

Bygging av ny tunnel anses som uunngåelig på lang sikt, men fram til denne står ferdig er det fundamentalt å utnytte kapasiteten maksimalt. ATO er uten tvil et system med lav investeringskostnad og antatt relativ stor gevinst som kan implementeres samtidig med ERTMS i 2026.

### **13. VIDERE ARBEID**

For å trekke en endelig konklusjon om ATO er lønnsomt eller ikke for Oslotunnelen, er det nødvendig å beregne kapasitetsøkningen så nøyaktig som det lar seg gjøre. Det kan være fundamentalt å modellere Oslotunnelen med ATO.

Det må utarbeides pålitelige prognoser for trafikkutviklingen i årene framover mot 2036. Deretter med utgangspunkt i kapasitetsberegningene, vil det være mulig å gjennomføre en nytte-kostnadsanalyse for å undersøke om tiltaket er lønnsomt.

ATO, som nevnt tidligere, begrenser seg ikke kun til å være kapasitetsøkende, men også energibesparende. Det foreslås at det utarbeides en rapport over hvor mye energi man kan spare ved å kjøre togene optimalt.

## 14. REFERANSER

- Akershus Fylkeskommune, & Oslo Kommune. (2015). *Regional plan for areal og transport i Oslo og Akerhus*. Hentet Mars 11, 2016 fra [https://www.dropbox.com/s/cfbpfsxggmgh707/Utkast%20til%20Regional%20plan%20for%20areal%20og%20transport%20i%20Oslo%20og%20Akershus.p  
df?dl=0](https://www.dropbox.com/s/cfbpfsxggmgh707/Utkast%20til%20Regional%20plan%20for%20areal%20og%20transport%20i%20Oslo%20og%20Akershus.pdf?dl=0)
- Avinor; Jernbaneverket; Kystverket; Statens Vegvesen. (2016). *Grunnlagsdokument Nasjonal Transportplan 2018-2029*.
- Bentzrød, S. B. (2015). *NSB-rapport negativ til toetasjes tog, men svenskene er kjempefornøyd*. Hentet April 15, 2016 fra [http://www.aftenposten.no/nyheter/iriks/NSB-rapport-negativ-til-toetasjes-  
tog\\_-men-svenskene-er-kjempefornoyd-8028093.html](http://www.aftenposten.no/nyheter/iriks/NSB-rapport-negativ-til-toetasjes-tog_-men-svenskene-er-kjempefornoyd-8028093.html)
- Bienfait, B., & Zoetardt, P. (2012). *Automatic Train Operation: The Mandatory Improvement for ETCS Applications*. Hentet April 25, 2016 fra [http://www.irse.org/knowledge/publicdocuments/2.06%20Bienfait%20-  
%20Automatic%20Train%20Operation%20for%20ETCS.pdf](http://www.irse.org/knowledge/publicdocuments/2.06%20Bienfait%20-%20Automatic%20Train%20Operation%20for%20ETCS.pdf)
- Brand, T. (2013). *Grunnlagsdata for og analyse av simulering av minste tekniske togfølgetid og kapasitetsmessige forhold i prosjektet kapasitetsøkende tiltak Oslo S - Lysaker*.
- Bull-Berg, H., Volden, G. H., & Grindvoll, I. L. (2014). *Ikke-prissatte virkninger i samfunnsøkonomisk analyse*. Trondheim: Ex ante akademisk forlag, Concept-programmet, NTNU.
- Cappelen Damm AS. (u.d.). *Overføringsverdi*. Hentet Mai 09, 2016 fra <http://delta.cappelendamm.no/vgsamf/begrep.html?tid=1797125>
- Drevon, F. (2012, Juni 20). *NSB vil ha Oslotunnel før 2030*. Hentet Mai 10, 2016 fra Teknisk Ukeblad: [http://www.tu.no/artikler/nsb-vil-ha-oslotunnel-for-  
2030/244319](http://www.tu.no/artikler/nsb-vil-ha-oslotunnel-for-2030/244319)
- Finansdepartementet. (2003). *Krav til innholdet i det sentrale styringsdokument - veiledning*.

- Finansdepartementet. (2008). *Felles begrepsapparat KS 1* . Hentet April 7, 2016 fra [http://www.ntnu.no/documents/1261860271/1263838555/Veileder\\_nr3\\_felles\\_begrepsapparat\\_KS1.pdf](http://www.ntnu.no/documents/1261860271/1263838555/Veileder_nr3_felles_begrepsapparat_KS1.pdf)
- Finansdepartementet. (2010). *Utarbeidelse av KVU/KL dokumenter - versjon 1.1*.
- Flyvbjerg, B., Holm, M. K., & Buhl, S. L. (2006). *Inaccuracy in Traffic Forecasts*. Aalborg: Aalborg University.
- Garathun, M. G. (2014, Mars 14). *Flirt gir 23 prosent redusert energibruk*. Hentet Mai 10, 2016 fra Teknisk Ukeblad: <http://www.tu.no/artikler/flirt-gir-23-prosent-reduisert-energibruk/232181>
- Halvorsen, K. (2008). *Å forske på samfunnet: en innføring i samfunnsvitenskapelig metode*. Cappelen akademisk.
- Handstanger, A. C., Eriksson, B., Fagerjord, M., Martinsen, O. J., & Norconsult AS. (2015). *Godstrafikk på jernbane - Spesialanalyse vedlegg 10A*. Jernbaneverket, Statens vegvesen, Ruter AS.
- Hellevik, O. (2002). *Forskningsmetode i sosiologi og statsvitenskap*. Universitetsforlaget.
- Impacts of Unattended Train Operations (UTO) on productivity and efficiency in metropolitan railways*. (2014). Hentet Mai 09, 2016 fra <http://cometandnova.org/wp-content/uploads/2015/02/Impacts-of-UTO-in-Metros-TRB-poster-Cohen-et-al-for-CN-website.pdf>
- International Electrotechnical Commission. (2014). IEC 62290-1: Railway applications - Urban guided transport management and command/control systems - Part 1: System principles and fundamental concepts. 29 s.
- Jernbaneverket. (2005). *Jernbanestatistikk 2005*. Jernbaneverket.
- Jernbaneverket. (2009). *KVU ERTMS ver 240809*.
- Jernbaneverket. (2012). *Høyhastighetsutredningen: Konklusjoner og oppsummering av arbeidet i Fase 3*.



- Jernbaneverket. (2012). *Utvikling av jernbanen i Oslo-navet (Underlag for NTP 2014 - 2023)*.
- Jernbaneverket. (2014). *Kapasitetsforbedringsplan Oslo S - Lysaker*. Jernbaneverket.
- Jernbaneverket. (2014). *Rutemodell 2027, Fase 2 Utvikling og anbefaling av tilbudskonsepter. Persontrafikk utenom Østlandet og godstrafikk*.
- Jernbaneverket. (2014). *Tilbringertjeneste til Oslo Lufthavn - Muligheter til utvikling på mellomlang og lang sikt*.
- Jernbaneverket. (2015). *Jernbanen mot 2050*.
- Jernbaneverket. (2015). *Jernbanestatistikk 2014*.
- Jernbaneverket. (2015). *Kapasitetshåndbok, veileder for dimensjonering av jernbaneinfrastruktur*.
- Jernbaneverket. (2015). *Metodehåndbok: Samfunnsøkonomisk analyser for jernbanen 2015*.
- Jernbaneverket. (2016). *Se punktlighetstall og tiltak*. Hentet Mars 30, 2016 fra <http://www.jernbaneverket.no/Nyheter/Togenes-punktlighet-og-regularitet/>
- Jernbaneverket Region Nord. (2011). *Hovedrapport - Konseptvalgutredning (KVU) for nytt logistikknutepunkt i Trondheimsregionen*.
- Jernbaneverket, & Svingheim, N. (2014). *Signalsystem*. Hentet Januar 21, 2016 fra <http://www.jernbaneverket.no/Jernbanen/Jernbanedrift---eit-komplisert-samspel/Jernbaneverket-satser-pa-ny-teknologi-for-signalanlegg/>
- Johannessen, A., Tufte, P. A., & Christoffersen, L. (2010). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode* (4.. utg.). Oslo: Abstrakt Forlag.
- Jordanger, I. (2011). *Alternativanalyse. Beskrivelse av metode*. Faveo Prosjektledelse.
- Klakegg, O. J. (2006). *Målformulering i store statlige investeringsprosjekt*. Trondheim: Concept-programmet.
- KVU-staben. (2015). *KVU Oslo-navet*. Jernbaneverket, Statens vegvesen og Ruter AS.

- Malt, U. (2015). *SNL.no: Kvalitativ*. Hentet April 13, 2016 fra <https://snl.no/kvalitativ>
- Martinsen, J. (2016). *Norge har svakere metoder for å beregne samfunnsøkonomisk nytte enn andre land. Fakta eller myte?* . Hentet April 14, 2016 fra <http://vegnett.no/2016/03/noen-myter-og-noen-fakta-om-samfunnsokonomiske-analyser-i-vegsektoren/>
- Morton, D., & Litterst, R. (2013). *Optimizing headway with ETCS and ATO*.
- Naeem, A. (2015). *Moving Block vs Fixed Block Signalling - Which is Better?* Hentet Januar 21, 2016 fra <https://www.linkedin.com/pulse/moving-block-vs-fixed-signalling-which-better-naeem-ali>
- NHO Innlandet. (2016, Februar 28). *Kutt ned på planleggingstiden*. Hentet Mai 10, 2016 fra <https://www.nho.no/Om-NHO/Regionforeninger/NHO-Innlandet/Nyheter/kutt-ned-pa-planleggingstiden/>
- Nielsen, K. (2008). *København har verdens bedste metro*. Hentet Januar 21, 2016 fra <http://jyllands-posten.dk/indland/kbh/ECE3936757/København-har-verdens-bedste-metro/>
- Nilsen, L. (2016, Mars 03). *Ny passasjerrekord for NSB*. Hentet Mai 10, 2016 fra Bergensavisen: <http://www.ba.no/nyheter/trafikk/bergen/ny-passasjerrekord-for-nsb/s/5-8-294688>
- Næss, P. (2005). *Bedre behovsanalyser; Erfaringer og anbefalinger om behovsanalyser i store offentlige investeringsprosjekter*. Trondheim: Concept-programmet.
- Pyrgidis, C. N. (2016). *Railway Transportation Systems: Design, Construction and Operation*. CRC Press.
- Rao, X., Montigel, M., & Weidmann, U. (2013). *Railway capacity optimization by integration of real-time*.
- Regjeringen.no. (2014). *Hva er KS-ordningen?* Hentet April 25, 2016 fra <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/Hva-er-KS-ordningen/id2001422/>

- Regjeringen.no. (2015). *Mer gods på bane*. Hentet April 27, 2016 fra [https://www.regjeringen.no/no/tema/transport-og-kommunikasjon/jernbane\\_og\\_jernbanetransport/gods-pa-bane/id2344802/](https://www.regjeringen.no/no/tema/transport-og-kommunikasjon/jernbane_og_jernbanetransport/gods-pa-bane/id2344802/)
- Ruter. (2014). *Ruter Årsrapport 2014*. Ruter.
- Samset, K. (2008). *Prosjekt i tidligfasen*. Trondheim: tapir akademisk forlag.
- Samset, K., Andersen, B., & Austeng, K. (2013). *Mulighetsrommet - en studie om konseptutdøring og konseptvalg*. Trondheim: Concept-programmet.
- SSB. (2014, Juni 17). *Befolkningsframskrivinger, 2014-2100*. Hentet Februar 12, 2016 fra <https://www.ssb.no/befolkning/statistikker/folkfram>
- Statens vegvesen. (2006). *Konsekvensanalyser : håndbok 140*.
- Statens Vegvesen. (2014). *Vegvesenet som samfunnsaktør*. Hentet April 7, 2016 fra [http://www.vegvesen.no/\\_attachment/728960/binary/1000863?fast\\_title=Vegvesenet+som+samfunnsakt%C3%B8r%2C+Lars+Aksnes.pdf](http://www.vegvesen.no/_attachment/728960/binary/1000863?fast_title=Vegvesenet+som+samfunnsakt%C3%B8r%2C+Lars+Aksnes.pdf)
- Statens Vegvesen. (2015). *Analyse av mulighetsrommet*. Hentet Mars 2, 2016 fra [http://www.vegvesen.no/\\_attachment/894151/binary/1035275?fast\\_title=Mulighetsrommet+KVU+transportssystem+H%C3%B8nefoss+2014-21-01.pdf](http://www.vegvesen.no/_attachment/894151/binary/1035275?fast_title=Mulighetsrommet+KVU+transportssystem+H%C3%B8nefoss+2014-21-01.pdf)
- Statistisk Sentralbyrå. (2016). *Folkemengde og befolkningsendringar*. Hentet Mars 2, 2016 fra <https://www.ssb.no/folkemengde>
- Statistisk Sentralbyrå. (2016). *Folkemengde og befolkningsendringar, 1. januar 2016*. Hentet April 7, 2016 fra <https://www.ssb.no/befolkning/statistikker/folkemengde/aar-per-1-januar/2016-02-19#content>
- Sunnevåg, K. (2007). *Beslutninger på svakt informasjonsgrunnlag, tinærminger og utfordringer i prosjekters tidlige fase*. Trondheim: Concept-programmet.
- Svingheim, N. (2014). *Mange tiltak for flere tog*. (Jernbaneverket) Hentet Mars 6, 2016 fra <http://www.jernbaneverket.no/Nyheter/Nyhetsarkiv/2014/Mange-tiltak-for-flere-tog/>

- Swarco. (u.d.). *FINN LEDIG P-PLASS I SPEKTRUM P-HUS*. Hentet April 18, 2016 fra <http://www.swarco.no/Nyheter-Eventer/Nyheter/Arkiv/FINN-LEDIG-P-PLASS-I-SPEKTRUM-P-HUS>
- Tan-Torres Edejer, T., Baltussen, R., Adam, T., Hutubessy, R., Acharya, A. E., & Murray, C. (2013). *WHO Guide to cost-effectiveness analysis*. World Health Organization.
- UIC. (2004). *UIC CODE 406 - Capacity*. Hentet April 11, 2016 fra <http://banportalen.banverket.se/Banportalen/upload/1753/HandbokUIC406.pdf>
- UITP. (2011). *Press kit: Metro automation facts, figures and trends*.
- Universitetet i Oslo. (2011). *Overordnet strategidokument, dokument 2 - konseptvalgutredning for livsvitenskap ved Universitet i Oslo*.
- Øverland, L. (2012). *Hva må til for å få flere til å reise kollektivt?* Hentet Mai 10, 2016 fra [http://www.kollektivtrafikk.no/attachments/article/223/Ambassador\\_kollektivtrafikk\\_Overland.pdf](http://www.kollektivtrafikk.no/attachments/article/223/Ambassador_kollektivtrafikk_Overland.pdf)

## 15. VEDLEGG

Vedlegg A. Oversikt over funksjonene for GoA0-4 (International Electrotechnical Commission, 2014)

Togdrift		"On-sight" togframføring (togfører i kabinen)	Ikke- automatisert togframføring (togfører i kabinen)	Delvis- automatisert togframføring (togfører i kabinen)	Førerløs tog- framføring (togfører på toget)	Togframføring uten beset- ning (ingen togfører eller konduktør)
		GoA0	GoA1	GoA2	GoA3	GoA4
Sørge for trygg togframføring	Sørge for fri-vei					
	Sørge for trygg avstand mellom togene					
	Sørge for trygg hastighet		Delvis over- våket av sys- temet			
Kjøre toget	Kontrollere akselerasjon og retardasjon					
Overvåke tog- veien	Unngå kollisjon med objekter					
	Unngå kollisjon med personer					
Overvåke passa- sjerers av- og påstigning	Styre dørene på toget					
	Forhindre skader mellom tog og plattform					
	Sørge for trygge omstendigheter ved avgang					
Drive toget	Sette toget inn og ut av drift					
	Overvåke togets status og kompletthet					
Sørge for detek- sjon og behand- ling av nødstilfel- ler	Oppdage brann/røyk, avsporing, tap av togintegri- tet, behandle passasjerens ønsker.					
Automatisert			Manuelt			

Vedlegg B. Lenge på stasjoner langs på strekningen til flytoget (Jernbaneverket, 2014).

Flytogstasjoner*	Spor-gruppe	Fysisk plattform-lengde [m]	Tiltaksbehov	Mulig gjennomføring
Oslo Lufthavn	2-3	256	Plattform-forlengelse	Utbygging av T2, trinn 2
Oslo Lufthavn	Uttrekkspor	250 (sporlengde)	Sporforlengelse	Utbygging av T2, trinn 2
Lillestrøm	1-4	351	Signaltiltak	ERTMS
Oslo S	2, 11-13	382/360	Signaltiltak	ERTMS
Nationaltheatret	1-4	244/250	-	**
Skøyen	1-4	250/240	-	**
Lysaker	1-4	262 / 282		**
Sandvika	1-4	250	Plattform-forlengelse	Ringeriksbanen, utbygging av Sandvika til 6 spor
Asker	1 og 3	350	-	-
Drammen	3	254	Langt vendespor	Nye Drammen st.
Ikke spesifisert			Hensetting, seks togsett	Ny Oslotunnel, utbygging av T2, trinn 2

Vedlegg C. Oversikt over antall lokal- og regiontog i Oslo-området

Togsett	
Type	Antall
71	16
72	36
73	16
74	36
75	45
<b>Totalt</b>	<b>149</b>

Vedlegg D. Mulig løsning for ledige seter på tog? (Swarco)



Vedlegg E. Oppholdstider ved Nationaltheatret (Jernbaneverket, 2014, s. 45)

Stasjon	Retning	Mål	Lokaltog	Regiontog	Intercity	Intercity <i>innsatstog</i>	Flytog
National- theatret	Øst	50	60	58	71	81	64
	Vest	50	59	60	78	84	55

Vedlegg F. Tog forbi Nationaltheateret den 04.03.2016 mellom 06:00-08:00

Tognr.	Togtype	Utg.st.	Endest.	Pl.spor	Pl.ank.	Forv.ank.	Fakt.ank.	Pl.avg.	Forv.avg.	Fakt.avg.
<b>2204</b>	NSB Lokaltog	<b>Asker</b>	<b>Lillestrøm</b>	4	05:35	05:37	05:36	05:36	05:37	05:38
<b>13929</b>	Flytog	<b>Oslo S</b>	<b>Drammen</b>	1			05:32	05:37		05:33
<b>803</b>	NSB Regiontog	<b>Eidsvoll</b>	<b>Larvik</b>	2	05:40		05:40	05:41		05:42
<b>2203</b>	NSB Lokaltog	<b>Lillestrøm</b>	<b>Spikkestad</b>	1	05:42	05:43	05:43	05:43	05:43	05:45
<b>502</b>	NSB Lokaltog	<b>Kongsberg</b>	<b>Eidsvoll</b>	3	05:47		05:46	05:48		05:48
<b>2706</b>	NSB Lokaltog	<b>Ski</b>	<b>Stabekk</b>	1	05:48		05:48	05:49		05:50
<b>12829</b>	Ukjent	<b>Oslo V (F)</b>	<b>Ski</b>	4			05:49	05:50		05:50
<b>12831</b>	Ukjent	<b>Oslo V (F)</b>	<b>Ski</b>	3			05:51	05:52		05:51
<b>3709</b>	Flytog	<b>Drammen</b>	<b>Gardermoen</b>	4	05:53		05:53	05:54		05:55
<b>3702</b>	Flytog	<b>Gardermoen</b>	<b>Drammen</b>	1	05:56		05:56	05:57		05:59
<b>1003</b>	NSB Lokaltog	<b>Asker</b>	<b>Kongsvinger</b>	4	05:57		05:56	05:58		05:58
<b>2705</b>	NSB Lokaltog	<b>Stabekk</b>	<b>Ski</b>	3	05:59	06:00	05:59	06:00		06:01
<b>1002</b>	NSB Lokaltog	<b>Kongsvinger</b>	<b>Asker</b>	2	06:00		06:00	06:01		06:02
<b>5808</b>	Ukjent	<b>Orstad Sidespor</b>	<b>Alnabru</b>	4			06:48	06:02	06:50	06:49
<b>13913</b>	Flytog	<b>Oslo S</b>	<b>Høvik</b>	1			06:02	06:03		06:03
<b>5311</b>	Ukjent	<b>Alnabru</b>	<b>Sundland</b>	2			Innstilt	06:05		Innstilt
<b>2206</b>	NSB Lokaltog	<b>Spikkestad</b>	<b>Lillestrøm</b>	4	06:05	06:06	06:04	06:06		06:06
<b>1904</b>	NSB Lokaltog	<b>Mysen</b>	<b>Skøyen</b>	1	06:06		06:06	06:07		06:08
<b>1605</b>	NSB Lokaltog	<b>Drammen</b>	<b>Dal</b>	3	06:07	06:08	06:07	06:08		06:09
<b>503</b>	NSB Lokaltog	<b>Eidsvoll</b>	<b>Kongsberg</b>	1	06:10	06:13	06:13	06:11	06:13	06:15



Tognr.	Togtype	Utg.st.	Endest.	Pl.spor	Pl.ank.	Forv.ank.	Fakt.ank.	Pl.avg.	Forv.avg.	Faktavg.
1105	NSB Lokaltog	<b>Stabekk</b>	<b>Moss</b>	4	06:11	06:12	06:10	06:12		06:12
2205	NSB Lokaltog	<b>Lillestrøm</b>	<b>Spikkestad</b>	2	06:12	06:16	06:16	06:13	06:16	06:17
3711	Flytog	<b>Drammen</b>	<b>Gardermoen</b>	3	06:13		06:13	06:14		06:15
3704	Flytog	<b>Gardermoen</b>	<b>Drammen</b>	2	06:16	06:19	06:20	06:17	06:19	06:21
802	NSB Regiontog	<b>Skien</b>	<b>Eidsvoll</b>	4	06:17		06:17	06:18		06:19
2708	NSB Lokaltog	<b>Ski</b>	<b>Stabekk</b>	1	06:18	06:21	06:21	06:19	06:21	06:23
2106	NSB Lokaltog	<b>Asker</b>	<b>Lillestrøm</b>	3	06:19	06:20	06:19	06:20		06:21
1604	NSB Lokaltog	<b>Dal</b>	<b>Drammen</b>	2	06:20	06:22	06:22	06:21	06:22	06:25
1104	NSB Lokaltog	<b>Moss</b>	<b>Stabekk</b>	1	06:22	06:24	06:24	06:23	06:24	06:26
606	NSB Regiontog	<b>Bergen</b>	<b>Oslo S</b>	4			06:21	06:22		06:23
1903	NSB Lokaltog	<b>Skøyen</b>	<b>Mysen</b>	4	06:25	06:28	06:27	06:26	06:28	06:28
305	NSB Regiontog	<b>Drammen</b>	<b>Lillehammer</b>	3	06:27	06:30	06:29	06:28	06:30	06:31
2105	NSB Lokaltog	<b>Lillestrøm</b>	<b>Asker</b>	2	06:28		06:28	06:29		06:30
2707	NSB Lokaltog	<b>Stabekk</b>	<b>Ski</b>	4	06:29	06:34	06:32	06:30	06:34	06:34
302	NSB Regiontog	<b>Lillehammer</b>	<b>Drammen</b>	1	06:30		06:30	06:31		06:32
3713	Flytog	<b>Drammen</b>	<b>Gardermoen</b>	3	06:33	06:37	06:36	06:34	06:37	06:39
2208	NSB Lokaltog	<b>Spikkestad</b>	<b>Lillestrøm</b>	4	06:35	06:36	06:35	06:36		06:36
3706	Flytog	<b>Gardermoen</b>	<b>Drammen</b>	1	06:36		06:35	06:37		06:36
1607	NSB Lokaltog	<b>Drammen</b>	<b>Dal</b>	3	06:37	06:41	06:39	06:38	06:41	06:41
805	NSB Regiontog	<b>Eidsvoll</b>	<b>Larvik</b>	2	06:40		06:40	06:41		06:43
Tognr.	Togtype	Utg.st.	Endest.	Pl.spor	Pl.ank.	Forv.ank.	Fakt.ank.	Pl.avg.	Forv.avg.	Faktavg.
852	NSB Regiontog	<b>Skien</b>	<b>Oslo S</b>	4	06:41	06:44	06:44	06:42	06:44	06:46
2207	NSB Lokaltog	<b>Lillestrøm</b>	<b>Spikkestad</b>	1	06:42	06:44	06:44	06:43	06:44	06:47
3511	Flytog	<b>Stabekk</b>	<b>Gardermoen</b>	3	06:43		06:43	06:44		06:45
504	NSB Lokaltog	<b>Kongsberg</b>	<b>Eidsvoll</b>	3	06:47	06:51	06:50	06:48	06:51	06:52
2710	NSB Lokaltog	<b>Ski</b>	<b>Stabekk</b>	1	06:48		06:48	06:49		06:50
2108	NSB Lokaltog	<b>Asker</b>	<b>Lillestrøm</b>	4	06:49	06:54	06:53	06:50	06:54	06:54
1606	NSB Lokaltog	<b>Dal</b>	<b>Drammen</b>	2	06:50		06:50	06:51		06:52
1150	NSB Lokaltog	<b>Moss</b>	<b>Skøyen</b>	1	06:52		06:52	06:53		06:54
3715	Flytog	<b>Drammen</b>	<b>Gardermoen</b>	3	06:53	06:55	06:55	06:54	06:55	06:57
3708	Flytog	<b>Gardermoen</b>	<b>Drammen</b>	1	06:56		06:55	06:57		06:56
1005	NSB Lokaltog	<b>Asker</b>	<b>Kongsvinger</b>	4	06:57	06:59	06:57	06:58		06:59
2107	NSB Lokaltog	<b>Lillestrøm</b>	<b>Asker</b>	2	06:58		06:58	06:59		07:00
2709	NSB Lokaltog	<b>Stabekk</b>	<b>Ski</b>	3	06:59	07:00	06:59	07:00		07:01
1004	NSB Lokaltog	<b>Kongsvinger</b>	<b>Asker</b>	1	07:00		07:00	07:01		07:02
2804	NSB Lokaltog	<b>Ski</b>	<b>Stabekk</b>	2	07:02		07:02	07:03		07:04
3508	Flytog	<b>Gardermoen</b>	<b>Stabekk</b>	1	07:04		07:04	07:05		07:05
2210	NSB Lokaltog	<b>Spikkestad</b>	<b>Lillestrøm</b>	4	07:05	07:06	07:04	07:06		07:06
1906	NSB Lokaltog	<b>Mysen</b>	<b>Skøyen</b>	2	07:06		07:06	07:07		07:08
1609	NSB Lokaltog	<b>Kongsberg</b>	<b>Dal</b>	3	07:07	07:08	07:07	07:08		07:09
505	NSB Lokaltog	<b>Eidsvoll</b>	<b>Kongsberg</b>	1	07:10		07:10	07:11		07:13

Tognr.	Togtype	Utg.st.	Endest.	Pl.spor	Pl.ank.	Forv.ank.	Faktank.	Pl.avg.	Forv.avg.	Fakt.avg.
<b>1107</b>	NSB Lokaltog	<b>Stabekk</b>	<b>Moss</b>	4	07:11	07:12	07:10	07:12		07:12
<b>2209</b>	NSB Lokaltog	<b>Lillestrøm</b>	<b>Spikkestad</b>	2	07:12		07:12	07:13		07:14
<b>3717</b>	Flytog	<b>Drammen</b>	<b>Gardermoen</b>	3	07:13	07:14	07:13	07:14		07:16
<b>3710</b>	Flytog	<b>Gardermoen</b>	<b>Drammen</b>	2	07:16		07:15	07:17		07:16
<b>804</b>	NSB Regiontog	<b>Skien</b>	<b>Eidsvoll</b>	4	07:17		07:17	07:18		07:19
<b>2712</b>	NSB Lokaltog	<b>Ski</b>	<b>Stabekk</b>	1	07:18	07:19	07:19	07:19	07:19	07:22
<b>2110</b>	NSB Lokaltog	<b>Asker</b>	<b>Lillestrøm</b>	3	07:19	07:20	07:19	07:20		07:21
<b>1608</b>	NSB Lokaltog	<b>Dal</b>	<b>Drammen</b>	2	07:20	07:21	07:21	07:21	07:21	07:23
<b>1106</b>	NSB Lokaltog	<b>Moss</b>	<b>Stabekk</b>	1	07:22	07:23	07:22	07:23		07:25
<b>744</b>	NSB Regiontog	<b>Stavanger</b>	<b>Oslo S</b>	4			07:21	07:22		07:22
<b>1905</b>	NSB Lokaltog	<b>Skøyen</b>	<b>Mysen</b>	4	07:25		07:24	07:26		07:26
<b>307</b>	NSB Regiontog	<b>Drammen</b>	<b>Lillehammer</b>	3	07:27		07:26	07:28		07:28
<b>715</b>	NSB Regiontog	<b>Oslo S</b>	<b>Stavanger</b>	1			07:26	07:27		07:27
<b>2109</b>	NSB Lokaltog	<b>Lillestrøm</b>	<b>Asker</b>	2	07:28		07:28	07:29		07:30
<b>2711</b>	NSB Lokaltog	<b>Stabekk</b>	<b>Ski</b>	4	07:29		07:28	07:30		07:30
<b>304</b>	NSB Regiontog	<b>Lillehammer</b>	<b>Drammen</b>	1	07:30		07:31	07:31		07:33
<b>2806</b>	NSB Lokaltog	<b>Ski</b>	<b>Stabekk</b>	1	07:32	07:33	07:33	07:33	07:33	07:35
<b>3719</b>	Flytog	<b>Drammen</b>	<b>Gardermoen</b>	3	07:33		07:32	07:34		07:34
<b>2212</b>	NSB Lokaltog	<b>Spikkestad</b>	<b>Lillestrøm</b>	4	07:35	07:37	07:35	07:36		07:37
<b>3712</b>	Flytog	<b>Gardermoen</b>	<b>Drammen</b>	2	07:36		07:35	07:37		07:37
Tognr.	Togtype	Utg.st.	Endest.	Pl.spor	Pl.ank.	Forv.ank.	Faktank.	Pl.avg.	Forv.avg.	Fakt.avg.
<b>1611</b>	NSB Lokaltog	<b>Drammen</b>	<b>Dal</b>	3	07:37	07:38	07:37	07:38		07:39
<b>807</b>	NSB Regiontog	<b>Eidsvoll</b>	<b>Larvik</b>	1	07:40		07:40	07:41		07:43
<b>854</b>	NSB Regiontog	<b>Skien</b>	<b>Oslo S</b>	4	07:41		07:40	07:42		07:42
<b>2211</b>	NSB Lokaltog	<b>Lillestrøm</b>	<b>Spikkestad</b>	2	07:42		07:42	07:43		07:45
<b>3517</b>	Flytog	<b>Stabekk</b>	<b>Gardermoen</b>	3	07:43	07:44	07:44	07:44	07:44	07:46
<b>506</b>	NSB Lokaltog	<b>Kongsberg</b>	<b>Eidsvoll</b>	3	07:47	07:48	07:46	07:48		07:48
<b>2714</b>	NSB Lokaltog	<b>Ski</b>	<b>Stabekk</b>	2	07:48		07:48	07:49		07:51
<b>2112</b>	NSB Lokaltog	<b>Asker</b>	<b>Lillestrøm</b>	4	07:49	07:50	07:48	07:50		07:50
<b>1610</b>	NSB Lokaltog	<b>Dal</b>	<b>Drammen</b>	2	07:50	07:51	07:50	07:51		07:53
<b>1152</b>	NSB Lokaltog	<b>Moss</b>	<b>Skøyen</b>	1	07:52		07:52	07:53		07:55
<b>3721</b>	Flytog	<b>Drammen</b>	<b>Gardermoen</b>	3	07:53		07:53	07:54		07:54
<b>3714</b>	Flytog	<b>Gardermoen</b>	<b>Drammen</b>	1	07:56		07:56	07:57		07:58
<b>1007</b>	NSB Lokaltog	<b>Asker</b>	<b>Kongsvinger</b>	4	07:57		07:56	07:58		07:58
<b>2111</b>	NSB Lokaltog	<b>Lillestrøm</b>	<b>Asker</b>	2	07:58		07:58	07:59		08:01
<b>2713</b>	NSB Lokaltog	<b>Stabekk</b>	<b>Ski</b>	3	07:59		07:58	08:00		08:00
<b>1006</b>	NSB Lokaltog	<b>Kongsvinger</b>	<b>Asker</b>	1	08:00		08:00	08:01		08:03
<b>552</b>	NSB Lokaltog	<b>Drammen</b>	<b>Oslo S</b>	4	08:01		08:00	08:02		08:02
<b>2808</b>	NSB Lokaltog	<b>Ski</b>	<b>Stabekk</b>	2	08:02		08:02	08:03		08:04
<b>3514</b>	Flytog	<b>Gardermoen</b>	<b>Stabekk</b>	1	08:04		08:04	08:05		08:06
<b>2214</b>	NSB Lokaltog	<b>Spikkestad</b>	<b>Lillestrøm</b>	4	08:05	08:08	08:06	08:06	08:08	08:09





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

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway