

Statens prosjektmodell

Rapport nummer F014a



RAPPORT

EKSTERN KVALITETSSIKRING (KS1) AV KVV FOR BEDRE UTNYTTELSE AV ERTMS – AUTOMATISK TOGFREMFØRING (ATO)



OPPDRAGSGIVER: FINANSDEPARTEMENTET OG SAMFERDSELSDEPARTEMENTET

DATO FOR AVLEVERT RAPPORT: 13.03.2024

Forsidebilde: Vidar Nordli-Mathisen på Unsplash

Forord



På oppdrag for Samferdselsdepartementet og Finansdepartementet har Menon Economics, Holte Consulting og A-2 Norge gjennomført kvalitetssikring (KS1) av konseptvalgutredningen «Bedre utnyttelse av ERTMS – Automatisk togfremføring (ATO)». Hensikten med KS1 er å støtte oppdragsgivers kontrollbehov med den faglige kvaliteten på de underliggende dokumentene i beslutningsgrunnlaget, før forslag til forprosjekt forelegges Regjeringen. Arbeidet er gjennomført i henhold til rammeavtalen med Finansdepartementet av september 2023¹, tilhørende veiledningsmateriale² og avrop på rammeavtalen, signert 22. oktober 2023.

Kvalitetssikringen har vært ledet av Kristoffer Midttømme (Menon), med Morten Hagen, Margrethe Stølen Skår, Trond Botheim, Espen Sjøe (Holte Consulting), Yngve H. Olsen, Karl Egil Stubbsjøen, Jan Erik Seim Pettersen (A-2 Norge), Lars Martin Haugland og Linn Skyum (Menon) som prosjektmedarbeidere. Yngve H. Olsen (A-2 Norge) har vært intern kvalitetsikrer.

Notat 1 ble levert oppdragsgiver 1. november 2023. Sluttpresentasjon ble holdt 26. februar 2024 og endelig rapport levert 13. mars 2024.

Vi takker Samferdselsdepartementet og Finansdepartementet for et interessant oppdrag. Videre vil vi takke alle som har bidratt med informasjon underveis i prosessen.

13.03.2024

Kristoffer Midttømme
Oppdragsleder
Menon Economics

¹ Finansdepartementet (2023). [Rammeavtale om kvalitetssikring av konseptvalgutredninger og forprosjekt for store statlige investeringsprosjekter \(regjeringen.no\)](#).

² Blant annet Rundskriv R-108/23 om statens prosjektmodell og R-109/21 om samfunnsøkonomiske analyser.

Superside

Generelle opplysninger		
KVU	Navn: Konseptvalgutredning for bedre utnyttelse av ERTMS – Automatisk togfremføring (ATO)	Dato: 18.09.2023
Kvalitetssikringen	Kvalitetssikrer: Menon Economics, Holte Consulting og A-2 Norge	Dato: 13.03.2024
Prosjektinformasjon	Departement: Finansdepartementet, Samferdselsdepartementet	Prosjekttype: KS1
Basis for analysen	Prosjektfase: Konseptvalgfase	Prisnivå (måned og år): Januar 2023
Tema/Sak		
Problem som skal løses	<p>KVUen omtaler 5 problemområder:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kapasitetsutfordringer - dagens jernbaneinfrastruktur har høy kapasitetsutnyttelse og kjente kapasitetsutfordringer. 2. Punktligheitsutfordringer - dagens jernbaneinfrastruktur har punktligheitsutfordringer. 3. Redusere klimagassutslipp og øke energi-effektivitet - det er for høye klimagassutslipp og for høy energibruk i transportsektoren. 4. Opprettholde sikkerheten på jernbane – økt trafikk på og ved jernbanen og digitalisering gir økt risiko for ulykker/ cyberangrep. 5. Ukoordinert innføring av ny teknologi – ERTMS og automatisering innføres ukoordinert. 	<p>Merknad fra kvalitetssikrer:</p> <p>Problembeskrivelsen har i for stor grad bindinger til ERTMS-investeringen som teknologisk mulighetsrom.</p> <p>Kapasitet og punktligheits på norsk jernbane henger tett sammen og utgjør etter vår vurdering det reelle problemet og behovet som må løses.</p>
Behovsanalyse:	KVUens viktigste behov: De primære interessentgruppene behov for kapasitet (infrastrukturkapasitet), punktligheits og sikkerhet, og de normative behovene for mer for pengene og mer effektiv bruk av ny teknologi.	Merknad fra kvalitetssikrer: Behovsanalysen synes konsistent opp mot problembeskrivelsen og behovet som ligger til grunn for den videre utredningen synes reelt.
Samfunns mål:	KVU: Mer jernbane for pengene, i form av økt kapasitet og tilrettelegging for mer effektiv og sikker drift, gjennom bedre utnyttelse av ERTMS-investeringen ved automatisering av togfremføringen.	Merknad fra kvalitetssikrer: Det fastsatte samfunns målet synes å være dekkende for denne KVUen.
Effekt mål:	<p>KVU:</p> <p>Effekt mål 1: Bedre utnyttelse av infrastrukturkapasiteten til utvikling av togtilbudet og økt punktligheits.</p> <p>Effekt mål 2: En mer effektiv drift av togtilbudet.</p> <p>Effekt mål 3: Bedre sikkerhet for alle som ferdes på og ved jernbanen.</p>	<p>Merknad fra kvalitetssikrer:</p> <p>Effekt målene for KVUen er avledet av samfunns målet og reflekterer virkninger som søkes oppnådd for brukerne av tiltaket og er tilstrekkelig prosjektspesifikke. Vi anbefaler at man i forprosjektet arbeider videre med effekt målene for å gjøre de mest mulig målbare og etterprøvbare i forhold til en nåsituasjon og at en tydeliggjør en tidsplan for realisering av effekt målene så langt det lar seg gjøre.</p>

Konseptvalg		
	KVU	KS1
Oversikt over konsepter og samfunnsøkonomisk lønnsomhet ³	Konsept A Førerstøtte Forventet investering: 1 049 mill. kr. Prissatte virkninger NNV: -1 416 – 2 123 mill. kr. Viktigste ikke-prissatte virkninger: Slitasje på jernbane, ruteplan, passasjerkomfort	A Førerstøtte Forventet investering: 1 163 mill. kr. Prissatte virkninger NNV: -713 – 1 419 mill. kr. Viktigste ikke-prissatte virkninger: Slitasje på jernbane, passasjerkomfort, øvrige trafikale virkninger
	Konsept B Selvkjørende tog Forventet investering: 2 054 mill. kr. Prissatte virkninger NNV: -9 554 – -6 047 mill. kr. Viktigste ikke-prissatte virkninger: Slitasje på jernbane, ruteplan, passasjerkomfort	Konsept B Selvkjørende tog Forventet investering: 2 545 mill. kr. Prissatte virkninger NNV: -6 567 – -4 283 mill. kr. Viktigste ikke-prissatte virkninger: Slitasje på jernbane, togfremføringssikkerhet, passasjerkomfort, øvrige trafikale virkninger
	Konsept C Førerløse tog helt eller delvis uten ombordpersonell Forventet investering: 3 403 – 29 726 mill. kr. Prissatte virkninger NNV: -28 369 – -10 493 mill. kr. Viktigste ikke-prissatte virkninger: Konsekvenser for omgivelsene, sparte menneskeliv, ruteplan	Konsept C Førerløse tog helt eller delvis uten ombordpersonell Forventet investering: Ikke vurdert Prissatte virkninger NNV: Ikke vurdert Viktigste ikke-prissatte virkninger: Ikke vurdert
	Usikkerhet om konseptene: Sikkerhetsløsningene i konsept C er ikke teknologisk modne for norske forhold, og med dagens løsninger er ikke alternativet kostnadseffektivt og ikke egnet på store deler av jernbanenettet.	Usikkerhet om konseptene: Vi mener at konsept C ikke er valgbart på grunn av teknisk modenhet. Det er etter vår oppfatning ikke gjort tilstrekkelige analyser av samspillet mellom trafiksikkerheten og ATO-teknologien i konsept C. Investeringskostnadene for sikkerhetstiltakene overstiger nytten med en veldig høy faktor.
	Anbefalt konsept KVU: Konsept A Førerstøtte	Anbefalt konsept KS1: Konsept A Førerstøtte. Vi anbefaler i tillegg at man umiddelbart undersøker muligheten for å tidlig ta ut nytte av teknologien i Konsept A Førerstøtte gjennom en ERTMS-fri mellømløsning som senere kan migreres til den ERTMS-baserte løsningen som er utredet i KVU.
Føringer for forprosjekt		
Anbefalinger om føringer for forprosjektet	De 3 viktigste tilrådingene om føringer for det videre arbeidet med forprosjektering: <ul style="list-style-type: none"> – Forprosjektet bør utarbeide en analyse av lønnsomheten av Konsept A i et scenario der forsinkelser i ERTMS-prosjektet får virkning på oppstartstidspunktet for ATO, sammen med en usikkerhetsanalyse med hensyn til ferdigstillelsesdato for ERTMS. – Forprosjektet må verifisere at konseptets samfunnsøkonomiske lønnsomhet fortsatt står seg. – Om mulig identifisere en mellømløsning, som kan være en migreringsvei frem mot Konsept A, i påvente av ERTMS og for tidlig utnyttelse av løpende investeringer (C-DAS og ERTMS-prosjektet). 	
Anbefalt styringsmål ⁴	EKS anbefaler konsept A Førerstøtte (C-DAS innrettet mot kapasitet), med anbefalt styringsmål på 1 370 mill. 2023-kroner inkl. mva.	

³ Forventet investering er samfunnsøkonomisk investeringskostnad (neddiskontert forventet kostnad, ekskl. mva.)

⁴ P50-estimatet for investeringskostnadene til anbefalt konsept og det oppgis inkl. mva. med angitt prisnivå

Innholdsfortegnelse

SAMMENDRAG	6
Bakgrunn, problem og behov	6
Mål og rammebetingelser	7
Mulighetsstudie og konsepter	7
Kostnader, samfunnsøkonomisk analyse og anbefaling	8
1 OM KVALITETSSIKRINGSPROSESSEN OG -RAPPORTEN	11
1.1 Beskrivelse av KVVU-en	11
1.2 Om kvalitetssikringen	13
1.3 Viktige grensesnitt til andre prosjekter	13
1.4 Leseguide til rapporten	14
2 PROBLEMBESKRIVELSE	15
2.1 Problembeskrivelsen i KVVUen	15
2.2 Kvalitetssikrers vurdering av KVVU-ens problembeskrivelse	17
3 BEHOVSANALYSE	20
3.1 Behovsanalysen i KVVUen	20
3.2 Kvalitetssikrers vurdering av KVVU-ens behovsanalyse	23
4 STRATEGISKE MÅL	25
4.1. Strategiske mål i KVVUen	25
4.1 Kvalitetssikrers vurdering av KVVUens mål	27
5 RAMMEBETINGELSER FOR KONSEPTVALG	29
5.1 Rammebetingelser i KVVUen	29
5.2 Kvalitetssikrers vurdering av KVVU-ens rammebetingelser	30
6 MULIGHETSSTUDIEN	32
6.1 Mulighetsstudien i KVVUen	32
6.2 Kvalitetssikrers vurdering av mulighetsstudiet	35
7 KOSTNADESTIMAT OG USIKKERHETSANALYSE	39
7.1 KVVUens kostnadsestimat og usikkerhetsanalyse	39
7.2 Kvalitetssikrers vurdering av KVVUens kostnadsestimat og usikkerhetsanalyse	40
7.3 Grunnlag og forutsetninger for vår usikkerhetsanalyse	41
7.4 Prosjektnedbrytningsstruktur	41
7.5 Basisestimat	42
7.6 Estimatusikkerhet	42
7.7 Usikkerhetsfaktorer	43
7.8 Resultat	46
7.9 Usikkerhetsprofil	47
7.10 Sammenligning med KVVU-ens usikkerhetsanalyse	48
8 SAMFUNNSØKONOMISK ANALYSE	50
8.1 Samfunnsøkonomisk analyse i KVVU	50
8.2 Kvalitetssikrers alternativanalyse – forutsetninger og prosess	56
8.3 Samfunnsøkonomiske virkninger	57
8.4 Prissatte virkninger	59

8.5	Usikkerhet i prissatte virkninger	64
8.6	Følsomhetsanalyser	69
8.7	Ikke-prissatte samfunnsøkonomiske virkninger	71
8.8	Samlet vurdering og rangering av alternativene	76
8.9	Fordelingsvirkninger	78
8.10	Anbefalt konsept og styringsmål for investeringskostnader	78
8.11	Muligheter for tidligere uthenting av nytte	79
9	FØRINGER FOR FORPROSJEKTFASEN	81
9.1	Grensesnitt til andre prosjekter	81
9.2	Beslutningsstrategi	81
9.3	Kontraktstrategi og organisering av forprosjektet	83
9.4	Optimalisering av samfunnsøkonomisk lønnsomhet	84
9.5	Suksessfaktorer, fallgruver og tilrådninger	85
10	REFERANSER	88
11	VEDLEGG USIKKERHETSANALYSE - VURDERINGER FOR ESTIMATUSIKKERHET OG USIKKERHETSFAKTORER	90
11.1	Estimatusikkerhet	90
11.2	Usikkerhetsfaktorer	96

Sammendrag

I tråd med ambisjonene fra rapporten *Mer jernbane for pengene*, har Jernbanedirektoratet og Bane NOR utarbeidet en konseptvalgutredning om bedre utnyttelse av ERTMS-investeringen gjennom ulike grader av automatisert togfremføring. Det er utredet konsepter med sanntids førerstøtte, selvkjørende tog med fører i lokomotivet og førerløse tog. Konsept A Førerstøtte er det eneste samfunnsøkonomisk lønnsomme konseptet, og anbefales av KVUen. Vår alternativanalyse viser det samme og vi anbefaler at Konsept A velges. På grunn av stor tidsmessig avstand til ERTMS er ferdig utbygget og den risikable avhengigheten til ERTMS-prosjektet, anbefaler vi samtidig at Jernbanedirektoratet i etterkant av KS1 vurderer om det er mulig og samfunnsøkonomisk lønnsomt å realisere en mellomløsning med sanntids førerstøtte uten avhengigheter til ERTMS. Mellomløsningen bør kunne migreres til ERTMS-basert førerstøtte på et senere tidspunkt som en del av Konsept A.

Utredningen dreier seg om hvordan jernbanen gjennom (del)automatisering av togfremføringen og bedre utnyttelse av ERTMS-investeringen, kan redusere forsinkelser og øke kapasiteten. Det utredes tre konsepter med økende grad av automasjon, der alle baserer seg på at det sentrale trafikkstyringssystemet kan benytte sanntidsinformasjon om togenes posisjon til å bedre togfremføringen. Gevinstene kommer når togene i større grad kjører i takt og følgeforsinkelser kan reduseres. I konsept A Førerstøtte, vil *lokfører* føre toget med råd fra systemet. I konsept B Selvkjørende tog har *lokfører* ansvaret for togfremføringen, men *systemet* fører toget mellom stasjoner. I konsept C Førerløse tog har *systemet* fullstendig overtatt togfremføringen og man behøver i prinsippet ikke personell i lokomotivet.

På grunn av en antakelse om at lokfører klarer å føre toget omtrent like effektivt som systemet når hen får gode råd, er gevinstene i konsept A og B sammenlignbare i størrelse. Konsept A og B krever investeringer i sentral infrastruktur, i infrastruktur langs sporet for å formidle signaler, og systemer ombord i togene for mottak av styringssignaler. Konsept B krever også systemer for togfremføring ombord. På grunn av vesentlig høyere kostnader i konsept B, scorer konsept A bedre på samfunnsøkonomisk lønnsomhet, og er det eneste lønnsomme konseptet. Konsept C har vesentlig høyere nyttevirksomheter når ombordpersonell i stor grad kan kuttes, men på grunn av et behov for vesentlige fysiske sikringstiltak langs sporet, er konseptet i KVU ulønnsomt med 10-30 milliarder kroner, avhengig av utforming.

Bakgrunn, problem og behov

Jernbanedirektoratet fikk i «Statsbudsjettet 2022 – Supplerende tildelingsbrev nr. 3.», datert 4. april 2022, i oppdrag av Samferdselsdepartementet å utarbeide en konseptvalgutredning (KVU) for bedre utnyttelse av ERTMS – Automatisk togfremføring. Mandatet innebærer et relativt smalt mulighetsrom, der konseptene skal innebære ulike grader av automatisering av togfremføringen, og skal bygge på ERTMS-investeringen. Basert på dette leverte Jernbanedirektoratet 18. september 2023 KVU ERTMS ATO.

Problembeskrivelsen i KVUen består av fem problemområder som representerer flere av de store utfordringene i dagens transportsystem og for dagens jernbanetilbud. Etter vår oppfatning har problembeskrivelsen i KVUen i stor grad bindinger til ERTMS-investeringen som teknologisk mulighetsrom. Dagens problemer med kapasitetsutfordringer og punktlighetsutfordringer for norsk jernbane er reelle problemer som det er verdt å undersøke om ATO kan bidra til å løse. KVUens omtale av utslipp av klimagasser og energibruk i transportsektoren samt opprettholde sikkerheten på jernbane synes å være formulert mer som mål, og det er ikke underbygget at dette er reelle problemer det er verdt å løse. I tillegg mener vi at manglende koordinering mellom innføring av ERTMS og teknologiløsninger for automatisering innen jernbanen fremstår som en mulig

situasjon som kan oppstå som følge av de analyserte tiltakene. Bedre koordinering ved innføring av ny teknologi kan løses gjennom føringer for forprosjekt og gjennomføringsprosjekt.

Det prosjektutløsende behovet i KVU er de primære interessentgruppene behov for kapasitet, punktlighet og sikkerhet, og de normative behovene for mer for pengene og mer effektiv bruk av ny teknologi. Behovsanalysen identifiserer relevante interessenter. Prosess og metode med gjennomføring av medvirkningsverksted, gruppearbeid og innspillmøte for å få frem de viktigste problemene, interessentene og behovene synes tilpasset til KVUens omfang og kompleksitet. Behovsanalysen synes konsistent opp mot problembeskrivelsen og behovet som ligger til grunn for den videre utredningen synes reelt. Kapasitet og punktlighet på norsk jernbane henger tett sammen og utgjør etter vår vurdering det reelle problemet og behovet som må løses.

Mål og rammebetingelser

Samfunnsmål

Mer jernbane for pengene, i form av økt kapasitet og tilrettelegging for mer effektiv og sikker drift, gjennom bedre utnyttelse av ERTMS-investeringen ved automatisering av togfremføringen.

Effektmål

Effektmål 1: Bedre utnyttelse av infrastruktur-kapasiteten til utvikling av togtilbudet og økt punktlighet.

Effektmål 2: En mer effektiv drift av togtilbudet.

Effektmål 3: Bedre sikkerhet for alle som ferdes på og ved jernbanen.

KVUen beskriver strategiske mål som har grunnlag i problembeskrivelsen og behovsanalysen. Det fastsatte samfunnsmålet synes å være dekkende for denne KVUen. Effektmålene for KVUen er avledet av samfunnsmålet og reflekterer virkninger som søkes oppnådd for brukerne av tiltaket og er tilstrekkelig prosjektspesifikke. De oppgitte effektmålene synes å være presist nok angitt til å sikre operativ styring med prosjektet, men vi anbefaler at man i forprosjektet arbeider videre med effektmålene for å gjøre de mest mulig målbare og etterprøvbare i forhold til en nåsituasjon og at en tydeliggjør en tidsplan for realisering av effektmålene så langt det lar seg gjøre.

Det er kun stilt opp to rammebetingelser i utredningen, knyttet til samfunnssikkerhet og bærekraft. Samfunnssikkerhetsbetingelsen er uklar og tilsynelatende ikke benyttet i konseptutformingen. Verken den eller bærekraftsbetingelsen fremstår tilstrekkelig begrunnet. Samtidig er også kravet om å bygge på ERTMS, og at konseptene skal innebære automasjon, benyttet til siling av konsepter. Disse er kun beskrevet i vedlegg, men burde også ha blitt stilt opp som eksplisitte rammebetingelser i KVUen.

Mulighetsstudie og konsepter

KVUens prosess og metoder som er benyttet i mulighetsstudien synes å være tilpasset tiltakets omfang og kompleksitet. I mulighetsstudien er det synliggjort et betydelig antall konsepter, innenfor og utenfor det strukturerte mulighetsrommet. ERTMS er brukt som rammebetingelse i silingen, som har smalnet mulighetsrommet for mye. Vi mener det eksisterer C-DAS-konsepter uten ERTMS som burde ha vært utforsket i alternativanalysen. Dette ble drøftet med departementene underveis i kvalitetssikringen. I e-post fra SD og FIN av 21. desember 2023 slås det fast at oppdraget til utreder ikke utvides til å inkludere en slik utredning før KS1, men at vi som kvalitetssikrere «*på et overordnet nivå beskrive sin vurdering av det potensielle mulighetsrommet som ligger der og sin vurdering av om dette er noe som bør ses nærmere på.*»

Det er dokumentert i KVUen hvordan grovsiling av tiltak er gjennomført og på hvilket grunnlag enkelte løsninger er valgt bort. KVUen tar med seg tre konsepter basert på ulike automasjonsgrader (GoA) til alternativanalysen. De tre konseptene er

- **Konsept A Førerstøtte (C-DAS)** med sanntidsinformasjon fra trafikkstyringssystemet som setter fører i stand til å ta bedre valg i togfremføringen.
- **Konsept B Selvkjørende tog (ATO GoA 2)** der systemet fører toget mellom stasjoner, men føreren sitter ved spakene og har ansvaret for fremføringen, samt innkjøring og utkjøring fra stasjon.
- **Konsept C Førerløse tog (ATO GoA 3 og 4)** der systemet fullstendig har overtatt togfremføringen. Kan realiseres uten eller med ombordpersonell, men vedkommende er ikke i lokomotivet.

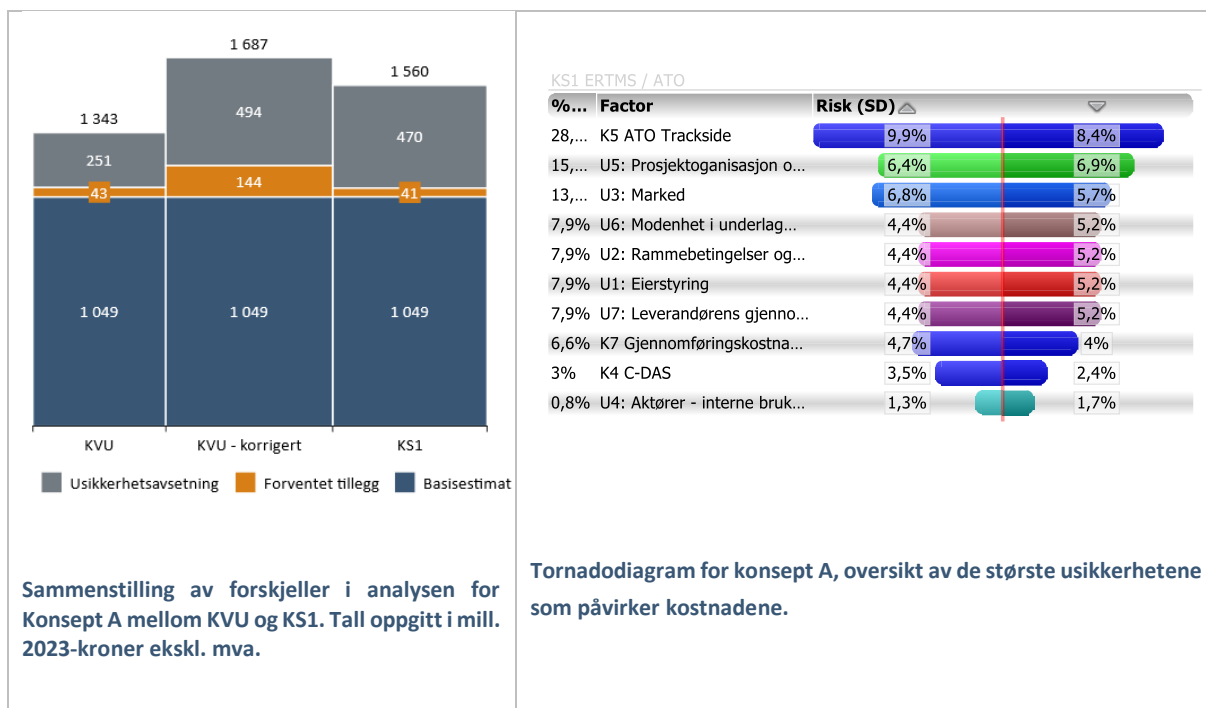
De tre konseptene som er utredet, vil bidra til å realisere målene, men de bygger alle på hverandre og er steg på veien til førerløs togfremføring. Det er uklart om/når konsept C Førerløse tog er valgbart, gitt implikasjonene av rammebetingelsene og svært lav teknisk modenhet. Konsept C innebærer også høy grad av måloppnåelse på sikkerhet på grunn av svært dyre sikringstiltak som vi ikke kan se at er begrunnet tilstrekkelig i absolutte rammebetingelser eller oppnådde nyttegevinster, men heller synes å være begrunnet i hensynet til å oppnå et effektmål. Som et resultat er konseptet svært ulønnsomt. Vi mener at kun konseptene A Førerstøtte og B Selvkjørende tog skal tas videre til alternativanalysen, og det er kun disse som inkluderes i vår egen alternativanalyse.

Kostnader, samfunnsøkonomisk analyse og anbefaling

Basisestimatene har lavt modenhet og detaljeringsnivå, spesielt konsept B Selvkjørende tog, men vi vurderer at prosjektet har benyttet dagens tilgjengelige informasjon inn i estimeringen. Prosjektet har et omfattende usikkerhetsbilde, med flere sentrale faktorer som kan påvirke prosjektet i lang tid. Vi har gjennomgående lavere forventet tillegg enn prosjektet, men tilsvarende eller større usikkerhetsavsetning. Vår usikkerhetsanalyse har et stort relativt standardavvik, som reflekterer høy usikkerhet, både basisestimat og omkringliggende faktorer.

Vi har i kvalitetssikringsprosessen avdekket vesentlige feil i KVUens usikkerhetsanalyse som medfører at de reelle analysetallene er betydelig større enn hva som er gitt i KVUen. Forventningsverdien av investeringskostnaden som skal gå inn til den samfunnsøkonomiske analysen øker for alle konsepter som følge av avdekkede feil, hhv 100, 400 og 4 900 mill. kroner ekskl. mva for konseptene A, B og C.

De største usikkerhetene knytter seg til estimatusikkerheten i ATO Trackside (Konsept A) og ATO Onboard (Konsept B). I figurene under oppsummeres de mest sentrale analyseresultatene, både kostnadsnivåene for det anbefalte konsept A og et tornadodiagram som viser oversikt over de største og viktigste usikkerhetene for konseptet.



Kvalitetssikrer har også avdekket feil på nyttesiden i KVVUens alternativanalyse, som er utbedret i kvalitetssikrers egen alternativanalyse. I tillegg mangler det en vurdering av ikke-prissatte virkninger i tråd med R-109/21. Justeringene som er gjort i kvalitetssikrers alternativanalyse påvirker likevel ikke rangeringen av konseptene, og Konsept A Førerstøtte med kapasitetsinnretning er fremdeles det eneste konseptet som anses som samfunnsøkonomisk lønnsomt.

Nyttevirkningene, som i hovedsak stammer fra reduserte forsinkelser for togpassasjerer på Østlandet, er beregnet ved hjelp av en simuleringsmodell kvalitetssikrer ikke har hatt mulighet til å kjøre selv. Det har heller ikke vært mulig å få utarbeidet følsomhetsanalyser av kritiske forutsetninger i modellen. Dermed er det vanskelig å etterprøve de beregnede nyttevirkingene, og vi anser at de er heftet med betydelig usikkerhet. At de estimerte forsinkelsesbesparelsene i alle konsepter er svært små, gjør det utfordrende å verdsette disse besparelsene på lik linje som større besparelser normalt verdsettes. Transportøkonomisk Institutt (Flügel, et al., 2020) har utarbeidet to likestilte måter å verdsette forsinkelser på. KVVUens analyse benytter seg av den ene, mens kvalitetssikrers analyse tar for seg begge metoder. Her kommer vi frem til at dersom man benytter den andre metoden, er sannsynligvis ikke lenger Konsept A Førerstøtte med kapasitetsinnretning samfunnsøkonomisk lønnsomt. Datagrunnlaget og det faglige grunnlaget for å anbefale en svært lite brukt verdsettelsesmetode er imidlertid ikke sterkt nok, og man må bevege seg langt på vei over i den alternative verdsettelsesmetodikken før konsept A ikke lenger er samfunnsøkonomisk lønnsomt. Tabellen under oppsummerer de prissatte virkningene for hver aktørgruppe i kvalitetssikrers alternativanalyse.

Figur 0-1: Oppsummering av prissatte virkninger i kvalitetssikrers alternativanalyse. Millioner 2023-kroner.

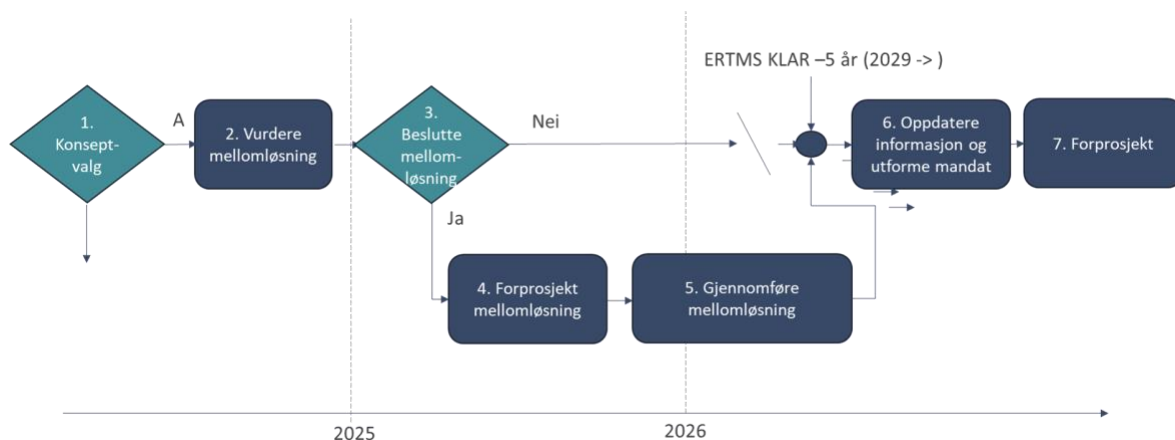
	Konsept A: Førerstøtte		Konsept B: Selvkjørende tog	
	Kapasitet	Energi	Kapasitet	Energi
Trafikanter	3 682	1 840	3 951	1 996
Operatører	0	0	0	0
Det offentlige	-2 121	-2 244	-7 127	-7 262
Samfunnet for øvrig	-141	-308	-1 108	-1 301
Endring i skattefinansiering	-429	-442	-1 433	-1 448
Samfunnsøkonomisk netto nåverdi	1 419	-713	-4 283	-6 567

Konseptene vil føre med seg ikke-prissatte virkninger knyttet til slitasje på jernbanespor, komfort for passasjerer, trafikale virkninger som ikke er simulert hittil og endringer i opplevd trygghet. Virkningene er ikke-prissatte primært fordi det ikke har vært grunnlag for å kvantifisere påvirkningen. Oppdaterte trafikksimuleringer vil kunne belyse de tre første. Analysene våre viser at enkelte av virkningene *kan* være betydelige, men gjeldende informasjon gir ikke indikasjon om at de påvirker konseptenes rangering.

Vi velger på lik linje med KVVU å anbefale Konsept A med kapasitetsinnretning. **Det anbefalte styringsmålet er på 1 370 millioner 2023-kroner inkl. mva.**

Vi anbefaler at valg av konsept A gjøres nå. Konsept A det eneste lønnsomme konseptet, og valget av A vil ha en koordinerende effekt overfor sektoren. På grunn av stor tidsmessig avstand til når ERTMS er ferdig utbygget og den risikable avhengigheten til ERTMS-prosjektet, anbefaler vi samtidig at Jernbanedirektoratet i etterkant av KS1 vurderer om det er mulig og samfunnsøkonomisk lønnsomt å realisere en mellomløsning med sanntids førerstøtte uten avhengigheter til ERTMS. Mellomløsningen bør kunne migreres til ERTMS-basert førerstøtte på et senere tidspunkt som en del av Konsept A. Anbefalt beslutningsstrategi er gjengitt i figuren under og utdypet i kapittel 9.2.

Figur 0-2: Anbefalt beslutningsstrategi



1 Om kvalitetssikringsprosessen og -rapporten

1.1 Beskrivelse av KVVU-en

Vi har kvalitetssikret Jernbanedirektoratets «Konseptvalgutredning for bedre utnyttelse av ERTMS – Automatisk togfremføring (ATO)», dokumentnummer: 202200907-26 datert 18.09.2023.

1.1.1 Bakgrunn og mandat for oppdraget

Mandatet

Utgangspunktet for KVVUen er brev fra Samferdselsdepartementet til Jernbanedirektoratet «Statsbudsjettet 2022 – Supplerende tildelingsbrev nr. 3.» (videre omtalt som KVVU-mandatet), datert 4. april 2022.

Der bes Jernbanedirektoratet å utarbeide en konseptvalgutredning for bedre utnyttelse av ERTMS – Automatisk togfremføring. KVVUen «utarbeides i tråd med Finansdepartementets rundskriv R-108/19» og det skal gjennomføres en samfunnsøkonomisk analyse «i tråd med krav i Finansdepartementets rundskriv R-109».

Det vises til rapporten «ERTMS – Mer jernbane for pengene», utarbeidet av Jernbanedirektoratet, Bane NOR og Norconsult i 2019. I rapporten vises det til at ERTMS nivå 2 kan redusere kapasiteten på jernbanen når togenes hastighet overvåkes strengere, og det anbefales kompenserende tiltak. Førerstøtte og automatisert togfremføring pekes i rapporten på som tiltak det anbefales å undersøke videre.

Mandatet stiller noe spesifikke krav til utredningen. Den «skal bl.a. inneholde

- *En vurdering av muligheter for bedre utnyttelse av ERTMS-investeringene, herunder hvilke skritt som bør tas for å maksimere samfunnsøkonomisk nytte både av tidligere og ev. nye investeringer.*
- *En vurdering av om, og i så fall hvilke, automatisk togfremføringskonsepter som er egnet i Norge. Det skal vurderes nivå av automatisering og hvilke strekninger som kan være aktuelle.*
- *En vurdering av ulike kombinasjoner av ERTMS-nivå og ATO-nivå på ulike strekninger.*
- *En vurdering av kostnader, rekkefølge, effekter og andre konsekvenser for operatørene i et samfunnsøkonomisk perspektiv.*
- *En vurdering av tidsperspektiv for hvilke teknologier og nivåer av disse som kan være aktuelle. Teknologisk modenhet og nødvendig investeringer i infrastruktur og tog skal belyses og vurderes.*
- *En vurdering av hvorvidt det bør legges føringer for ansvars og kostnadsdeling mellom staten og togoperatørene som kommersielle aktører.*
- *En vurdering av mulighetene knyttet til satellittposisjonering av tog.»*

Videre bes Jernbanedirektoratet å involvere relevante aktører og interessenter, «herunder bl.a.:

- *Bane NOR SF*
- *Norske tog AS*
- *Passasjertogoperatørene*
- *Godstogoperatørene*
- *Jernbaneutvalget i Entreprenørforeningen for bygg og anlegg (EBA).»*

Kvalitetssikrers observasjoner og vurderinger

I «Statsbudsjettet 2022 – Supplerende tildelingsbrev nr. 3» ber Samferdselsdepartementet Jernbanedirektoratet om å igangsette fire konseptvalgutredninger. I tillegg til denne KVUen, er det KVU for fremtidig mobilkommunikasjonssystem på jernbane – FRMCS, KVU for reduserte utslipp av klimagasser på jernbane («KVU Green») og KVU for nye kjøretøy for økt kapasitet i regiontogene.

Mandatet for KVU ERTMS ATO er begrensende, i den forstand at automatisering av togfremføringen kun er ett av mange mulige virkemidler for å lette på kapasitetsutfordringene på jernbanen, og ERTMS er én plattform å realisere automatisert togfremføring på. Det kan potensielt foreligge andre slike plattformer å bygge på.

Vi vurderer at mandatets begrensningsområde kun se på tiltak med ulike grader av automatisert togfremføring gir en hensiktsmessig avgrensning av KVUen, vekk fra andre utredninger.

Vi vurderer imidlertid at mandatets føring om å bygge videre på ERTMS-teknologien er unødvendig begrensende. Vi forstår ønsket om å få mest mulig nytte ut av ERTMS-investeringen, og vi forstår at det kan hende det er riktig å bygge videre på denne, men vi mener at det burde ha vært utredet ulike grader av automatisering basert på ulike teknologiske plattformer, og at det også bør vurderes å automatisere togfremføringen på strekninger som får ERTMS før hele ERTMS-prosjektet er ferdigstilt.

1.1.2 Grunnleggende forutsetninger i KVUen

KVUen legger til grunn at ERTMS bygges ut og driftssettes i tråd med Nasjonal signalplan av september 2023. I nullalternativet for de ulike konseptene ligger ERTMS nivå 2 med faste blokkstrekninger. Enkelte av simuleringene av trafikale virkninger i det ene konseptet forutsetter noen kapabiliteter fra ERTMS nivå 3. Videre ligger de samme forutsetningene til grunn som i Nasjonal transportplan 2025-2036, herunder den samme ruteplanen og ruteplanproduksjonen.

1.1.3 Konseptene som analyseres

I mulighetsstudien identifiserer KVUen 33 muligheter som siles ned til 3 konsepter basert på ulike automasjonsgrader (GoA). De tre konseptene er

- **Konsept A Førerstøtte (C-DAS)** med sanntidsinformasjon fra trafikkstyringssystemet som setter fører i stand til å ta bedre valg i togfremføringen.
- **Konsept B Selvkjørende tog (ATO GoA 2)** der systemet fører toget mellom stasjoner, men føreren sitter ved spakene og har ansvaret for fremføringen, samt innkjøring og utkjøring fra stasjon. Også omtalt som konsept B og ATO-GoA2
- **Konsept C Førerløse tog (ATO GoA 3 og 4)** der systemet fullstendig har overtatt togfremføringen. Kan realiseres uten eller med ombordpersonell, men vedkommende er ikke i lokomotivet. Også omtalt som konsept C og ATO-GoA3/4.

Til grunn for nytteberegningen av konseptene ligger en trafikksimulering, basert på en rekke forutsetninger om infrastrukturen, tilgjengelig materiell, førers adferd og automasjonssystemets adferd. Automasjonssystemet optimerer togfremføringen gitt tilgjengelig informasjon, og må fortelles hvilken objektfunksjon det skal optimere. KVUen peker på en avveining mellom redusere kjøretiden og å minimere energiforbruket, og undersøker begge de to innretningene. Den samfunnsøkonomiske analysen i KVU konkluderer med at Konsept A er det eneste samfunnsøkonomisk lønnsomme, og kun dersom systemet innrettes mot å redusere kjøretiden/maksimere kapasiteten på jernbanen.

1.1.4 KVUens anbefalte konsept og føringer for neste fase

KVUen anbefaler Konsept A Førerstøtte, der det etableres en signalteknisk løsning for ATO som kan videreformidle sanntidsinformasjon for førerveiledning i tog. KVUen peker også på at konseptet vil kunne være et første trinn i utviklingen mot mer automatisert togfremføring i fremtiden. Alternativet kan skaleres ved at enkelte tog og strekninger tar løsningen i bruk først. Til sist peker KVUen på at det utstyret om bord i togene som konseptet baserer seg på, allerede er på vei inn i togene gjennom anskaffelser av nye lokal- og regiontog.

KVUen anbefaler ikke umiddelbar oppstart av forprosjektet, men at beslutningen om oppstart forprosjekt bør vente til ERTMS-utbyggingen har kommet lenger. Det vil kunne gi bedre forutsetninger for å legge en effektiv plan for gjennomføring. De anbefaler at Jernbanedirektoratet gjør en vurdering av om det er grunnlag for oppstart av forprosjektet i forbindelse med det forberedende arbeidet til NTP 2029-2040, tentativt i 2026.

1.2 Om kvalitetssikringen

Vårt kvalitetssikringsoppdrag defineres i avrop på Rammeavtalen om ekstern kvalitetssikring av konseptvalgutredninger og forprosjekt for store statlige investeringsprosjekter, signert 22. oktober 2023, og viser til rammeavtalens punkt 1.2 Innholdet i KS1. Det gis ingen ytterligere føringer for vårt kvalitetssikringsoppdrag.

Vi mottok konseptvalgutredningen med tilhørende vedlegg 18. september 2023 og gjennomførte et oppstartsmøte med oppdragsgivere og utreder 2. oktober 2023. Underveis i kvalitetssikringen har vi hatt tett og god dialog med utreder, både gjennom skriftlige spørsmål og svar, og gjennom digitale møter.

Vi leverte Notat 1 1. november 2023. I notatet påpekte vi noen svakheter ved KVUen, primært knyttet til bruk av rammebetingelsene i utviklingen av konsept C Førerløse tog, og til alternativanalysen som vi mener ikke tilfredsstillende kravene i rundskriv R-109 om samfunnsøkonomiske analyser. Vi vurderte likevel at avvikene kunne håndteres innenfor rammene av kvalitetssikringen, og gav ingen røde lys.

Underveis i kvalitetssikringen forstod vi at ombordutstyret for C-DAS og ATO i nye lokal- og regiontog ikke bygger på samme tekniske standarder som ERTMS og konseptene i KVUen. Vi etablerte derfor dialog med Samferdsels- og Finansdepartementet, der vi ytret et ønske om å få utredet et nytt konsept med C-DAS førerstøtte som ikke bygger på ERTMS. I e-post fra SD og FIN av 21. desember 2023 slås det fast at oppdraget til utreder ikke utvides til å inkludere en slik utredning før KS1, men at vi som kvalitetssikrere *«på et overordnet nivå beskrive sin vurdering av det potensielle mulighetsrommet som ligger der og sin vurdering av om dette er noe som bør ses nærmere på.»*

1.3 Viktige grensesnitt til andre prosjekter

I KVUens mandat gis det også mandat til tre andre konseptvalgutredninger, KVU for fremtidig mobilkommunikasjonssystem på jernbane – FRMCS, KVU for reduserte utslipp av klimagasser på jernbane («KVU Green») og KVU for nye kjøretøy for økt kapasitet i regiontogene.

Det sentrale tilgrensende prosjektet er ERTMS, som alle konseptene bygger på. ERTMS er et digitalt felleseuropeisk signalsystem som bygges ut på alle norske jernbanestrekninger. Nasjonal signalplan fra september 2023 legger til grunn at ERTMS vil være ferdig utbygget i 2034 med Oslokorridoren som siste parsell. Systemet gir blant annet hastighetsovervåkning og signalering, og innebærer at signaler formidles til togfører i lokomotivet (i stedet for kun ved lyssignaler langs sporet) og at togenes posisjon, retning og hastighet rapporteres til togleders trafikkstyringssystem, som stiller togveier og legger signaler for tog.

Konseptene som utredes i KVU, forutsetter som nevnt at ERTMS er bygget ut, og planlagt driftsettelse av konseptene er året ERTMS ferdigstilles, 2034. Avhengigheten til ERTMS er derfor total, i den forstand at ingen av konseptene kan levere nytte dersom ERTMS ikke er bygget ut på strekningen. ERTMS er et enormt investerings- og digitaliseringsprosjekt med tilhørende stor risiko for forsinkelser. Forsinkelse i ERTMS-utbyggingen vil gi tilsvarende forsinkelser i nytteuttaket fra konseptene som utredes i KVUen.

FRMCS vil være et viktig tilgrensende prosjekt, da automatisert togfremføring forutsetter kommunikasjon mellom tog og trafikkstyringssystemene. Dagens mobiltelefonsystem for jernbanen (GSM-R) ivaretar datakommunikasjonen mellom ERTMS infrastruktur og togets ERTMS-datamaskin, men GSM-R vil nå sin estimerte levetid om rundt ti år. KVUen forutsetter ikke at FRMCS ferdigstilles, og det er GSM-R som inngår i nullalternativet, jmfør kapittel 7.1.3 i KVU.

1.4 Leseguide til rapporten

Kapittelstrukturen følger kapittelstrukturen i KVUen, med det unntak at vi skiller vurdering av investeringskostnader og usikkerheten i disse ut som et eget kapittel.

I denne kvalitetssikringsrapporten har vi benyttet tabeller med fargekoder for å gi rask og god oversikt til leser over våre vurderinger av innholdet i KVUen, basert på vårt oppdrag som kvalitetssikrer. Vi har også benyttet tilsvarende tabeller i kapitler der vi gjennomfører vår egen analyse, men da benyttes fargekodene for å tydeliggjøre hvor det er avvik fra KVUen.

Vurdering	Fargeskala		
Kvalitetssikrer er negativ til det som er gjort i KVUen og avviket er vesentlig			
Kvalitetssikrer er i hovedsak positiv til det som er gjort i KVUen, men har vesentlige merknader/justeringer			
Kvalitetssikrer er positiv til det som er gjort i KVUen, men kan ha noen mindre merknader/justeringer			

2 Problembeskrivelse

Problembeskrivelsen i KVUen består av fem problemområder som representerer flere av de store utfordringene i dagens transportsystem og for dagens jernbanetilbud. Etter vår oppfatning har problembeskrivelsen i KVUen i for stor grad bindinger til ERTMS-investeringen som teknologisk mulighetsrom. Dagens problemer med kapasitetsutfordringer og punktlighetsutfordringer for norsk jernbane er reelle problemer som det er verdt å undersøke om ATO kan bidra til å løse. KVUens omtale av utslipp av klimagasser og energibruk i transportsektoren samt opprettholde sikkerheten på jernbane synes å være formulert mer som mål, og det er ikke underbygget at dette er reelle problemer det er verdt å løse. I tillegg mener vi at manglende koordinering mellom innføring av ERTMS og teknologiløsninger for automatisering fremstår som en mulig situasjon som kan oppstå som følge av de analyserte tiltakene. Bedre koordinering ved innføring av ny teknologi kan løses gjennom føringer for forprosjekt og gjennomføringsprosjekt.

Tabell delkonklusjon Problembeskrivelse

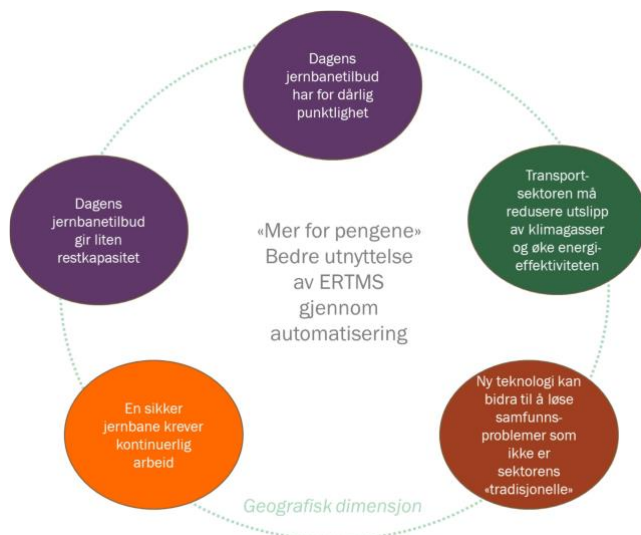
Element	EKS vurdering
Tilstrekkelig grundig og klargjørende drøfting	Grønt
Reelt problem, og ikke bare formulert som fravær av en eller flere bestemte løsninger	Gult
Problem beskrevet uten bindinger til teknologisk mulighetsrom	Gult
Problemets omfang, alvorlighet og hvem som blir berørt fremkommer	Gult
Dagens problem og fremtidig utvikling er inkludert. Hva som er årsaken til at problemene har oppstått er inkludert.	Grønt

2.1 Problembeskrivelsen i KVUen

Problembeskrivelsen i KVUen er omtalt i kapittel 2 i hovedrapporten, samt i KVUens Vedlegg 01 Verkstedrapport. I problembeskrivelsen kap. 2.3.2 er det henvist til parallell KVU for reduserte utslipp av klimagasser på jernbane (KVU Green).

Problembeskrivelsen består av fem problemområder som representerer flere av de store utfordringene i dagens transportsystem og for dagens jernbanetilbud: *Kapasitet til utvikling av tilbudet i tråd med etterspørselen, punktlighetsnivået på dagens tilbud, kostnader til utvikling, drift og vedlikehold, trafikkisikkerhet og transportsystemets bidrag til den totale samfunnsikkerheten. Transportsektoren har også et ansvar i forhold til fastsatte mål for reduksjon av klimagassutslipp, og et kontinuerlig arbeid med å sikre mest mulig effektiv bruk av knappe felles energiressurser. I tillegg innebærer den raske teknologiutviklingen innenfor digitalisering og automatisering andre utfordringer knyttet til koordinering og effektiv utnyttelse av investeringer.*

De identifiserte problemområdene i KVUen er oppsummert i Figur 2-1 Oversikt over problemområder omtalt i problembeskrivelsen (side 14 i KVUen).



For hvert av de fem problemområdene er det i KVUen undersøkt årsak, hva problemet innebærer og hvilke samfunnsmessige konsekvenser hver av problemområdene har. KVUen oppsummerer hovedproblemene i problemanalysen som følger:

Problem 1. Dagens jernbanetilbud gir liten restkapasitet - kapasitetsutfordringer

Etterspørselen etter togtransport er stor, og prognosene viser en videre økning, særlig for godstransport og i flere persontrafikkmarkeder. Kapasitetsutfordringene er særlig store inn mot de store byene. Dette gir lite rom for videre tilbudsutvikling, og denne trenden vil forsterkes over tid.

Problem 2. Dagens jernbanetilbud har for dårlig punktlighet - punktlighetsutfordringer

Tett trafikk, økt slitasje på infrastrukturen og krevende rammer for vedlikehold påvirker punktligheten. Flere tiltak er under planlegging og gjennomføring, herunder ERTMS, som vil bidra til å redusere den negative utviklingen. Andre forhold, som høy trafikkbelastning og klimapåkjenninger derimot, forventes å vedvare eller styrkes over tid.

Problem 3. Redusere utslipp av klimagasser og øke energieffektiviteten i transportsektoren

Hovedbidraget fra jernbane til det grønne skiftet og reduksjon i utslipp av klimagasser, kommer fra selve transportarbeidet som gjøres på jernbane. For å øke dette bidraget, må kapasiteten økes.

Problem 4. Opprettholde sikkerheten på jernbane

Økt trafikk, endret bebyggelse og aktivitet nær jernbanen gir økt risiko for ulykker, samtidig som økt digitalisering gjør oss mer sårbare for cyberangrep. For å ivareta en god transportberedskap i samfunnet, høy oppetid for jernbanesystemene og redusere faren for og konsekvensene av villedede handlinger for å skade samfunnet, må sikkerheten alltid være en del av vurderingen ved innføring av nye tekniske løsninger.

Problem 5. Innføring av ny teknologi må koordineres for å gi ønskede gevinster

Det er en risiko for at løsninger for automatisering anskaffes uten å være koordinert tilstrekkelig med spesifikasjonen til og utbyggingen av ERTMS, noe som kan føre til at gevinster fra anskaffelsene ikke blir realisert eller at kostnadene ved realisering blir høyere.

2.2 Kvalitetssikrers vurdering av KVU-ens problembeskrivelse

Vi gir nedenfor en vurdering for hver av de fem problemområdene som utgjør KVUens problembeskrivelse. Til slutt gir vi en samlet vurdering.

Problem 1. Dagens jernbanetilbud gir liten restkapasitet - kapasitetsutfordringer

I KVUen heter det at innføring av nytt signalsystem (ERTMS) vil ikke bidra til økt transportkapasitet. Effekten av et nytt signalsystem vil i hovedsak komme i form av bedret driftsstabilitet og et redusert behov for korrektivt vedlikehold.

Problemet med at dagens jernbanetilbud gir liten restkapasitet er reelt, men innføring av ERTMS nivå 2 og automatisk togfremføring (ATO) bidrar lite til å løse dette problemet. Det ERTMS bidrar til er å redusere vedlikeholdet på signalanlegg langs jernbanen, mens ATO ikke kan sies å bidra til å løse kapasitetsutfordringer.

Problem 2. Dagens jernbanetilbud har for dårlig punktlighet - punktlighetsutfordringer

Problemet med at dagens jernbanetilbud har for dårlig punktlighet er reelt. Innføring av ERTMS nivå 2 og utskifting av alle signalanlegg forventes å bidra til å løse dette dersom årsaken skyldes signalfeil, mens forsinkelser fra andre feilkilder i infrastrukturen ifølge KVUen antakelig ikke vil påvirkes.

Ifølge KVUen vil imidlertid ERTMS også gi et strengere overvåkningsregime som vil redusere muligheten for tog til å hente inn eventuelle forsinkelser underveis, noe som vil øke risikoen for følgeforsinkelser. Innføring av ERTMS forventes ihht KVUen å gi færre forsinkelsestimer, men kan øke risikoen for følgeforsinkelser på jernbanen.

Utover dette, vil ATO bidra til å kunne redusere forsinkelser ytterligere gjennom mer optimal og offensiv kjøring.

Problem 3. Redusere utslipp av klimagasser og øke energieffektiviteten i transportsektoren

Dette er formulert mer som et mål. Problemet slik det er fremstilt i KVUen er for høye utslipp av klimagasser og for høyt energiforbruk i transportsektoren totalt. Målet omfatter hele transportsektoren, og derfor inkluderes også målet i KVUen. Det påpekes i KVUen at det er innen veitransport at potensialet for utslippsreduksjoner er særlig høyt.

ERTMS vil isolert sett ikke bidra til å redusere utslippene/energiforbruket. ATO vil kunne redusere energiforbruket dersom kjørestilen innrettes mot å ha en energisparende kjørestil, men dette vil være på bekostning av en slik reduksjon i forsinkelser man kunne oppnådd med en mer aggressiv kjørestil.

Det er ikke gitt at transportsektoren som helhet vil få lavere utslipp av at jernbanen kutter sine utslipp som følge av ATO. Det å kutte utslipp ved å kjøre tog mer energieffektivt vil ikke redusere forsinkelsene på jernbanen nevneverdig. Det er usikkert om veitransport med høyere utslipp vil velge å forflytte seg til jernbanen dersom ATO innrettes mot å kjøre tog mer energieffektivt.

Parallell KVU for reduserte utslipp av klimagasser på jernbane (KVU Green) ser på mulighetene for å innføre klimanøytrale driftsformer også for den delen av jernbanenettet som ikke er elektrifisert. Det påpekes at et ytterligere bidrag til reduserte klimagassutslipp fra jernbanesektoren må komme gjennom økt trafikkapasitet, og det løser ikke innføring av ERTMS og ATO.

Problem 4. Opprettholde sikkerheten på jernbane

I KVUen står det at Norsk jernbane nå er blant de sikreste i Europa. Økt transportandel på bane bidrar til sikrere transport, samtidig som økt trafikk, endret bebyggelse og økt aktivitet nær jernbanen gir økt risiko for ulykker.

Å opprettholde sikkerheten på jernbane er formulert som et mål. Økt grad av automatisering i togfremføringen vil over tid kreve økte investeringer i sikkerhet dersom målet er å oppnå uendret eller forbedret sikkerhet, som følge av økt risiko for cyberangrep og alvorlige utfall av systemsvikt. Det fremkommer ikke hva som gjør at digitalisering øker risikoen for ulykker/cyberangrep. Dette tar vi opp i kapittel 6 Mulighetsstudie.

Problem 5. Innføring av ny teknologi må koordineres for å gi ønskede gevinster

Omtalen i KVUen dreier seg i hovedsak om at jernbanen frykter ukoordinerte digitaliserings- og automatiseringsprosesser/-investeringer dersom ATO ikke anskaffes og innføres koordinert med spesifikasjonen til og utbyggingen av ERTMS. KVUen henviser også til at det foreligger ingen helhetlig strategi for jernbanesektoren i Europa og Norge om hvordan automatisering skal tas i bruk, og at det øker risikoen for at ERTMS og automatiseringsløsninger innføres ukoordinert.

Innføring av ERTMS legger til rette for at jernbanen kan automatisere deler av driften sin, og sektoren ønsker et felles prosjekt for dette.

Vi mener at ATO ikke er nødvendig for at jernbanen skal lykkes med koordinerte løsninger. Det kan også være helt andre teknologier som kan løse dette problemet. Poenget er at arbeidet må gjøres koordinert, ikke hvilken teknologi man bruker. Manglende koordinering mellom innføring av ERTMS og anskaffelse og innføring av teknologiløsninger for automatisering innen jernbanen er etter vår oppfatning ikke et selvstendig problem, men et problem som kan oppstå som følge av de analyserte tiltakene. Bedre koordinering kan løses gjennom føringer for forprosjekt og gjennomføringsprosjekt.

Samlet vurdering og oppsummering

Problemene som omtales i KVUen viser ikke hvorfor ERTMS er en nødvendig del av løsningen. Konsekvensen av KVU-mandatets presisering av bedre utnyttelse av ERTMS gjennom Automatisk togfremføring (ATO) vil derfor begrense mulighetsrommet mer enn KVUen kan underbygge at er nødvendig.

I KVUen synes det som om analysen har dreiet seg om å finne problemer som ERTMS og ATO kan løse. Dette er i så fall stikk i strid med KVU-metodikken, der teknologi kan være en løsning på et observert problem, ikke omvendt.

Det oppgis som udiskutabelt at «så lenge nullvisjonen for drepte og hardt skadde i trafikken ikke er oppfylt, må trafiksikkerhet ved framføring av tog fortsatt ha fokus og søkes forbedret ved alle endringer.» Problemet med sikkerhet på norsk jernbane, som i KVUen fastslås å allerede være en av Europas sikreste, fremkommer ikke i problembeskrivelsen. Vekting av virkninger på sikkerhet burde ta et utgangspunkt i problembeskrivelsen for å sikre forholdsmessighet i fordeling av ressurser. I KVUen er det ikke tydelig bruk av begrepet samfunnssikkerhet, som benyttes med ulikt semantisk innhold: Enten sikkerhet eller sikkerhet overfor tilsiktede handlinger. Det er heller ikke klart utfra problembeskrivelsen hvordan et slikt krav til sikkerhet i den videre utredning kan begrunne mangedoble kostnader for konsept C ettersom drøftingen stort sett dreier seg kun om fysiske sikringstiltak (ref konseptalternativ C).

Siden det ikke er godtgjort at et optimalt konsept vil være basert på ERTMS, burde prosjektet ha tatt opp denne begrensningen i mandatet for KVUen med Samferdselsdepartementet som oppdragsgiver. I tillegg forøkt å synliggjøre hva man vinner/taper på å basere dette på ERTMS i stedet for annen alternativ teknologi.

Vår oppsummering av vurdering pr problemområde omtalt i KVUen:

1. **Kapasitetsutfordringer:** Høy kapasitetsutnyttelse er positivt. Liten restkapasitet er negativt.
Reelt problem: «Jernbanen har ikke kapasitet til å møte utviklingen i behov».

2. **Punktlighetsutfordringer:** Reelt problem: «Jernbanen har for lav punktligheit i forhold til publikums behov».
3. **Redusere klimagass utslipp og øke energieffektiviteten i transportsektoren:** Fremstår mer som et mål for hele transportsektoren enn et problem for jernbanesektoren. Det er et problem at det er for høye miljøutslipp i transportsektoren totalt sett, hvorav KVUen påpeker at potensialet for utslippsreduksjoner er særlig høyt for veitransport. KVUen fremhever at for jernbanesektoren har utslippene av Co2 pr. passasjerkilometer og tonnkilometer gått betydelig ned siden 2010.
4. **Opprettholde sikkerheten på jernbane:** Fremstår mer som et mål. Vi ser ikke at manglende sikkerhet er et problem når KVUen fastslår at norsk jernbane i dag er en av de sikreste i Europa. Et problem er et udekket behov. Sikkerhet på jernbanen er ikke et udekket behov i dag og heller ikke i fremtiden forutsatt at man ikke gjør endringer. KVUen burde hatt en beskrivelse av hvorfor digitalisering øker risikoen for ulykker/cyberangrep.
5. **Innføring av ny teknologi må gjøres koordinert for å gi ønskede gevinster:** I KS1-arbeidet har det fremkommet at manglende koordinering mellom sentrale aktører i jernbanesektoren er en utfordring. Manglende koordinering mellom innføring av ERTMS og automatisering innen jernbanen fremstår derimot etter vår oppfatning som en mulig situasjon som kan oppstå som følge av de analyserte tiltakene. Bedre koordinering ved innføring av ny teknologi kan løses gjennom føringer for forprosjekt og gjennomføringsprosjekt.

3 Behovsanalyse

Det prosjektutløsende behovet i KVu er de primære interessentgruppens behov for kapasitet, punktlighet og sikkerhet, og de normative behovene for mer for pengene og mer effektiv bruk av ny teknologi. Behovsanalysen identifiserer relevante interessenter. Prosess og metode med gjennomføring av medvirkningsverksted, gruppearbeid og innspillmøte for å få frem de viktigste problemene, interessentene og behovene synes tilpasset til KVUens omfang og kompleksitet. Behovsanalysen synes konsistent opp mot problembeskrivelsen og behovet som ligger til grunn for den videre utredningen synes reelt. Kapasitet og punktlighet på norsk jernbane henger tett sammen og utgjør etter vår vurdering det reelle problemet og behovet som må løses.

Tabell delkonklusjon Behovsanalyse

Element	EKS vurdering
Tilfredsstillende beskrivelse av relevante interessenter og aktører	
Konsistens i behovsanalysens oppbygging og konsistens mot problembeskrivelsen	
Analysen inneholder en vurdering av styrken i de ulike identifiserte behovene	
Det fremkommer hvilke reelle behov som skal legges til grunn for den videre utredningen	

3.1 Behovsanalysen i KVUen

Behovsanalysen i KVUen er omtalt i kapittel 3, samt i Vedlegg 01: Verkstedrapport - Medvirkning i fasen med behovskartlegging. KVUen har gjennomført en interessentanalyse for å kartlegge ulike relevante interessenters behov. I KVUen påpekes at mange av de utfordringene interessentene opplever i dag ikke nødvendigvis vil være gjeldende med de forutsetningene som KVUen legger til grunn. Fra mandatet for KVUen er det en forutsetning at ERTMS er ferdig implementert på alle jernbanestrekninger i Norge.

Behovsanalysen omfatter normative behov utledet av politisk vedtatte målsettinger og nasjonale ambisjoner for utvikling av transporttilbudet, etterspørselsbaserte behov som følger av endret transportetterspørsel og kapasitet i dag og fremtiden, samt operasjonelle behov som følger av primære, sekundære og andre interessentgruppers behov.

KVUens normative behov

KVUen henviser til Nasjonal transportplan (NTP 2022-2033) som setter de overordnede målene for transportsektoren. I kommende NTP 2025-2036 er det overordnede og langsiktige målet et effektivt, miljøvennlig og trygt transportsystem i hele landet i 2050. NTP trekker opp fem likestilte mål for planperioden:

Mer for pengene: Målet vurderes gjennom videreutvikling av en besluttet investering, og vurdering av effektivisering av alle deler av togdriften der dette er aktuelt. Vurderingene i KVUen belyser hvordan ATO kan bidra til mer effektiv utnyttelse av ERTMS, og bidrar derfor til å bygge opp om målet om mer for pengene. I tillegg ligger det klare føringer for KVUen i rapporten «ERTMS – Mer jernbane for pengene (MJFP)» fra 2019, som peker på at kapasiteten på jernbanenettet kan reduseres ved innføring av ERTMS nivå 2 og anbefaler at det vurderes flere ulike muligheter for bedre utnyttelse av ERTMS videre. Tiltak MJFP-rapporten anbefaler å undersøke videre er spesielt ift automatisering av togfremføringen (ATO), støttesystemer for fører (DAS, Cruisekontroll) og videre investering i ERTMS med kortere blokkstrekninger (ERTMS hybridnivå 3 og nivå 3).

Effektiv bruk av ny teknologi: Innretningen av KVUen, der en bedre utnyttelse av ERTMS gjennom ATO skal undersøkes, er i tråd med intensjonene i inneværende NTP. I KVUen møtes behovet for effektiv bruk av ny teknologi ved at flere av problemstillingene som ofte adresseres gjennom løsninger som innebærer fysiske tiltak i infrastrukturen, økt bemanning eller flere kjøretøy, nå undersøkes løst gjennom nye teknologiske løsninger. I tillegg møtes også dette behovet ved at det i KVUen utredes muligheter for å optimalisere og søke ytterligere effekter som kan følge av allerede besluttede investeringer.

Bidra til oppfyllelse av Norges klima- og miljømål: Målet fanges opp i KVUen gjennom vurdering av konsepter som styrker konkurransekraften til jernbanetransport, som har både lave CO2-utslipp og er energieffektiv. I mulighetsstudien vurderes det om automatisering kan gi ytterligere bidrag gjennom energieffektivitet. Bidrag til bedre punktlighet og kapasitet er mulige effekter som kan påvirke jernbanetilbudets konkurransekraft.

Nullvisjon for drepte og hardt skadde: Målet er viktig i løpende planlegging, utbygging og drift av ulike deler av transportsystemet. KVUen fastslår at norsk jernbane er nå blant de sikreste i Europa. Økt transport på bane bidrar til sikrere transport, samtidig som økt trafikk, endret bebyggelse og aktivitet nær jernbanen gjør det nødvendig å fortsette innsatsen for å opprettholde og forbedre sikkerhetsnivået. Også videre sikring av digital infrastruktur mot uønskede hendelser er en økende utfordring, ettersom samfunnet digitaliseres og ny teknologi tas i bruk. Faren for bevisste handlinger for å skade personer eller sabotere transportsystemer er økende. Når ny teknologi eventuelt skal tas i bruk, blir det viktig for samfunnet å sørge for at vi ikke øker sårbarheten, men har systemer for å ivareta informasjonssikkerhet og løpende vurdere om risikobilder endres.

Enklere reisehverdag og økt konkurranseevne for næringslivet: Målet for jernbanen handler om økt mobilitet og egenskaper som kapasitet, punktlighet, redusert reisetid, universell utforming og bedre samspill med andre transportformer. KVUen ser på hva automatisering kan gi innenfor disse områdene. Tilsvarende gjelder innenfor godstransport, for å gi konkurransedyktig transport av gods på jernbane.

KVUen trekker i tillegg frem behov for bærekraftig utvikling - FNs bærekraftsmål, og at målene for transportsektoren bygger opp under en bærekraftig utvikling.

KVUens etterspørselsbaserte behov

KVUen trekker frem at behovet for transportkapasitet vil være bestemt av etterspørselen etter transport av så vel personer som gods og at de sentrale driverne for denne etterspørselen er befolkningsvekst og økonomisk vekst, samt demografiske endringer. KVUen viser i tillegg til flere utviklingstrekk og trender som kan påvirke behovet for transport, fordeling mellom transportmidler og etterspørselen etter togtransport:

- Større fleksibilitet når det gjelder arbeidssted og -tid
- Økt miljø- og klimabevissthet
- Økende grad av netthandel
- Aldrende befolkning
- Sentralisering / urbanisering
- Næringsomstilling og global handel

KVUens operasjonelle behov

Operasjonelle behov identifiserer hvilke ytelser fremtidige løsninger bør ha for å redusere problemet og utløse ønskede virkninger. I KVUen er alle som på en eller annen måte kan bli berørt av en potensiell innføring av økt automasjon i togtrafikken, definert som interessenter. Operasjonelle behov omtales i KVUen som behov som oppstår hos interessentene for å kompensere eller motvirke uønskede konsekvenser av problemstillingene beskrevet i kapittel 2. Problembeskrivelse.

Interessenter i KVUen er inndelt i tre grupper:

- **Primære interessenter** – brukere av transportsystemet eller grupper som er direkte berørt av transporttilbudet. I KVUen er dette: reisende, vareeiere (godstransport), Bane NOR, persontogoperatører, godstogoperatører (godstransportører), godsterminaloperatører.
- **Sekundære interessenter** – grupper som blir involvert eller berørt i gjennomføring av eventuelle tiltak. I KVUen er dette: Norske tog, Jernbanedirektoratet, Drift og vedlikeholds-operatører (infrastruktur og kjøretøy), naboer/grunneiere ved jernbanen, kommuner og arbeidstakere i jernbanesektoren.
- **Andre interessenter/aktører** – grupper som påvirkes i mindre eller liten grad av problemstillingene. I KVUen er dette: Vegmyndigheter, Nødretter, Kompetansegivere/Utdanningsinstitusjoner, Forsvaret/samfunnsberedskap.

De viktigste operasjonelle behovene som er felles for alle interessentene er i KVUen oppsummert til:

- Behov for større forutsigbarhet i trafikkavviklingen
- Behov for et transporttilbud som i større grad møter behovene for avganger, reisetid og reisekostnad. Dette har KVUen oppsummert som behov for mer tilgjengelig kapasitet og en mer stabil operasjon for aktørene
- Behov for effektivitet i driften og konkurransevnen til jernbanen
- Behov for tilgang til, eller å kunne tilby, en sikker og kostnadseffektiv transport

I KVUen er behovene rangert etter prosjektutløsende behov og andre viktige behov. For å komme frem til disse har KVUen gjort følgende vurderinger:

Økt infrastrukturkapasitet og punktlighet: Økt kapasitet og bedre punktlighet er pekt på som sentrale behov under normative behov koblet til «Mer for pengene» og «Enklere reisehverdag».

Effektiv operasjon: Flere operasjonelle behov peker på økt konkurransedyktighet og større markedsandeler for jernbanen for at fordelene ved togtransport skal komme samfunnet til nytte. I tillegg til økt kapasitet er det behov for kortere reisetid og lavere reisekostnader, sammen med lavere kostnader for bransjen, som også vil gi større konkurransekraft. Effektivisering av operasjonen for alle aktørene gjennom bruk av ny teknologi til å redusere antall feil, effektivisere drift og vedlikehold og gi større utnyttelse av tilgjengelig infrastrukturkapasitet vil være sentrale elementer for dette behovet, og dermed møte både samfunnsbehov og operasjonelle behov.

Redusert energiforbruk: Hvordan jernbanen kan bli mer miljøvennlig og bidra til en mer miljøvennlig transportsektor utredes parallelt med denne KVUen i KVU Green (KVU for reduserte klimagassutslipp på jernbane). Hvordan automasjon kan bidra til en mer miljøvennlig jernbane, er innenfor denne KVUens mandat. Energieffektivisering og mer effektiv drift og vedlikehold, som igjen gir lavere energiforbruk og lavere utslipp, vil være viktig i denne sammenhengen. Innenfor dette området er normative- og operasjonelle behov sammenfallende.

Økt sikkerhet: I denne KVUen vil det være naturlig å se på det normative behovet for sikkerhet som både sikkerhet for tredjepart og informasjonssikkerhet. Selv om jernbanen er en av de sikreste transportformene vi har overfor tredjepart, er det viktig å styrke sikkerheten innenfor togtransport. Dette gjelder særlig der jernbane er nært på annen aktivitet i samfunnet, f.eks. ved planoverganger og i forbindelse med av- og påstigning. Med økt automatisering og digitalisering av operasjonen, vil kartlegging av endret sårbarhet og behov for økt informasjonssikkerhet også være sentralt å utrede.

Tilgjengelig kompetanse: Mer detaljerte behov ved vurdering av innføring av nye tekniske løsninger er knyttet til endringer i kompetansebehov. Dette gjelder både for den enkelte arbeidstaker og for arbeidsgiver, men også

relatert til behovet for opplæring, tilgang på ny eller annen kompetanse i et arbeidsmarked og eventuelt omskolering. At sektoren har et velfungerende arbeidsmarked, vil også være et normativt behov.

Bærekraftig utvikling av transportsystemet: Utviklingen av transportsystemet er en viktig del av Norges bidrag til en bærekraftig utvikling. Behovene for økt infrastrukturkapasitet og punktlighet, effektiv operasjon, redusert energibruk og økt sikkerhet er alle behov som ved innfrielse vil bidra til en bærekraftig utvikling av transportsystemet.

KVUens prosjektutløsende behov: KVUen har formulert følgende:

Det prosjektutløsende behovet er de primære interessentgruppens behov for kapasitet, punktlighet og sikkerhet, og de normative behovene for mer for pengene og mer effektiv bruk av ny teknologi.

3.2 Kvalitetssikrers vurdering av KVU-ens behovsanalyse

Listen over interessenter som presenteres i KVUen synes å være dekkende for det som er naturlige interessenter for denne KVUen. Samferdselsdepartementet har i KVU-mandatet angitt at KVUen skal involvere relevante aktører/interessenter, herunder bl.a: Bane NOR, Norske Tog, passasjertogoperatørene, godstogoperatørene og Jernbaneutvalget i Entreprenørforeningen for bygg og anlegg (EBA). KVUen har i behovsanalysen involvert et bredere utvalg av relevante interessenter enn departementet har angitt. Etter vår oppfatning er behovene som er beskrevet dekkende for utvalget av interessenter i KVUen.

Etter vår vurdering synes behovsanalysen konsistent opp mot problemene som er trukket frem i problembeskrivelsen. Styrken i behovene er knyttet til normative behov, etterspørselsbaserte behov og operasjonelle behov som er viktige for å kunne løse problemene.

Etter vår vurdering fremstår det prosjektutløsende behovet som legges til grunn for den videre utredningen reelt, men vi har noen kommentarer.

Behov for økt infrastrukturkapasitet er vektlagt for de primære interessentgruppens prosjektutløsende behov for kapasitet. Dette grunngis i KVUen med at felles for alle primærinteressentene og den normative og etterspørselsbaserte behovsanalysen er behovet for økt infrastrukturkapasitet. Avhengig av hvor stor økningen kan bli og videre beslutninger, kan økt infrastrukturkapasitet brukes til både utvidelser av togtilbudet og større forutsigbarhet ved økt punktlighet.

Punktligheit på norsk jernbane er et velkjent problem, og behovet for bedre punktlighet på norsk jernbane er åpenbart et reelt behov. Punktlighetsutfordringer og behovet for bedre punktlighet ble senest i januar 2024 påpekt og adressert av samferdselsministeren i jernbanetalen 2024 hvor statsråden varslet at regjeringen i ny NTP, som fremlegges i mars 2024, kommer til å prioritere tiltak som gjør at flere av togene går i rute. «Vi vil med andre ord forbedre punktligheten på jernbanen. Vi kaller det et punktlighetsløfte.» ([Jernbanetalen 2024 - regjeringen.no](https://www.regjeringen.no))

Behov for økt sikkerhet, særlig cyber-/informasjonssikkerhet, er tilnærmet ikke utredet i behovsanalysen, hverken nåtilstand eller antatt fremtidig behov. Sikring av digital infrastruktur er nevnt under normative behov og cybersikkerhet er nevnt i Vedlegg 01 Medvirkningsverksted. KVUen påpeker at Norsk jernbane er i dag blant de sikreste i Europa, og det trekkes frem behovet for fysisk sikkerhet overfor tredjepart, f.eks ved planoverganger og i forbindelse med av- og påstigning av tog.

Det fremstår som hensiktsmessig at KVUen benytter målene i Nasjonal transportplan som grunnlag for normative behov og at utreder i KVUen har brukt målene om mer for pengene og effektiv bruk av ny teknologi i det prosjektutløsende behovet.

Vår avsluttende kommentar er at kapasitet og punktlighet på norsk jernbane henger tett sammen og utgjør etter vår vurdering det reelle problemet og behovet som må løses.

4 Strategiske mål

KVUens samfunns mål er i samråd med Samferdselsdepartementet fastsatt som: Mer jernbane for pengene, i form av økt kapasitet og tilrettelegging for mer effektiv og sikker drift, gjennom bedre utnyttelse av ERTMS-investeringen ved automatisering av togfremføringen. KVUen beskriver strategiske mål som har grunnlag i problembeskrivelsen og behovsanalysen. Det fastsatte samfunns målet synes å være dekkende for denne KVUen. Effektmålene for KVUen er avledet av samfunns målet og reflekterer virkninger som søkes oppnådd for brukerne av tiltaket og er tilstrekkelig prosjektspesifikke. De oppgitte effektmålene synes å være presist nok angitt til å sikre operativ styring med prosjektet, men vi anbefaler at man i forprosjektet arbeider videre med effektmålene for å gjøre de mest mulig målbare og etterprøvbare i forhold til en nåsituasjon og at en tydeliggjør en tidsplan for realisering av effektmålene så langt det lar seg gjøre.

Tabell delkonklusjon strategiske mål

Element	EKS vurdering
Samfunns mål og effektmål er presist nok angitt til å sikre operativ styring med prosjektet.	
Effektmålene reflekterer hvilke virkninger som søkes oppnådd for brukerne av tiltaket og er tilstrekkelig prosjektspesifikke.	
Helheten av mål er realistisk oppnåelig, og graden av mål oppnåelse kan verifiseres i ettertid.	
Det foreligger ikke innebygde motsetninger i målstrukturen og den er ikke for komplisert til å være operasjonell. Konsistens mellom mål på ulike nivåer og mellom mål på samme nivå.	
Målstrukturen er konsistent mot problembeskrivelsen og behovsanalysen.	

4.1. Strategiske mål i KVUen

Strategiske mål i KVUen er omtalt i kapittel 4 i hovedrapporten. I KVUen kapittel 7.4 er det gjort en vurdering av oppnåelse av effektmål for konseptene som er tatt med videre til alternativanalysen.

Gjennom ERTMS-programmet til Bane NOR fornyes jernbanens signalanlegg. I KVUen fremgår at:

- En videre utnyttelse av de mulighetene som et digitalisert signalsystem gir for automatisering, definerer handlingsrommet for KVUen.
- Det *prosjektutløsende behovet* som fanges opp i samfunns målet er relatert til de primære interessentgruppens behov for kapasitet, punktlighet og sikkerhet, og de normative behovene for mer for pengene og mer effektiv bruk av ny teknologi.
- Samfunns målet reflekterer også at utviklingen av transportsystemet er et viktig bidrag til en bærekraftig utvikling.

Følgende samfunns mål er i samråd med Samferdselsdepartementet fastsatt for KVUen:

Mer jernbane for pengene, i form av økt kapasitet og tilrettelegging for mer effektiv og sikker drift, gjennom bedre utnyttelse av ERTMS-investeringen ved automatisering av togfremføringen.

I KVUen er det presisert at:

- **Mer jernbane for pengene** følger av en videreutvikling av en besluttet investering, og innebærer et mål om effektivisering av alle deler av togdriften der dette er aktuelt. Det vil si at alt fra mindre kostnader

til vedlikehold, mer effektiv energibruk, mer effektiv togdrift og i siste instans mer kapasitet eller økt punktlighet. Mer jernbane for pengene videreføres gjennom effektmål E1 og E2.

- **Økt kapasitet** adresserer utfordringene med både liten restkapasitet til videre utvikling av togtilbudet, og utfordringer med å nå fastsatte punktlighetsmål. Denne delen av samfunnsmålet følges opp videre gjennom et eget effektmål, E1, for å kunne vurdere i hvilken grad ulike løsninger bidrar til ønsket utvikling.
- **Mer effektiv drift** presiserer innholdet i «mer for pengene». «Drift», eller operasjon, omfatter alle aktiviteter som er nødvendig for å få jernbanen som trafikksystem til å fungere. Å kjøre et tog i henhold til en ruteplan krever samspill mellom ulike roller, systemer og rutiner. Automatisering kan ha påvirkning på logistikk for personell og kjøretøy før/etter avgang, sikkerhetskontroller og skifting av kjøretøy mellom avganger og selve trafikkavviklingen, der mange forskjellige kjøretøy og reisende samspiller på en felles infrastruktur. I tillegg vil selve framføringen av toget påvirke forhold som energibruk og slitasje på spor og materiell. Alle delbidrag til økt effektivitet er samlet under effektmål E2.
- **Sikker drift** er videreført som et eget effektmål, for å kunne måle i hvilken grad automatisering bidrar til å opprettholde og eventuelt også styrke dagens trafikksikkerhet. Samfunnsikkerhetsaspektet er videreført som en rammebetingelse for alle løsninger som vurderes, i form av at løsninger som foreslås ikke kan ha negativ effekt på samfunnsikkerheten.

KVUen har formulert tre effektmål (E1, E2 og E3) til de forskjellige delene av samfunnsmålet. For effektmålene knyttes det i KVUen opp målbare størrelser, indikatorer, som blir vurdert videre gjennom den samfunnsøkonomiske analysen i KVUen. Indikatorsettet skal gjøre det mulig å verifisere effekten av de ulike alternative løsningene som framkommer gjennom mulighetsstudien. Indikatorene er målbare størrelser som kan kvantifiseres, men er også kvalitative vurderinger som har som formål å rangere ulike konsepters bidrag til ønskede effekter for brukerne.

Samfunnsmål	Effektmål	Indikator – vurderingsmetode i KVUen
Mer jernbane for pengene Økt kapasitet	E1: Bedre utnyttelse av infrastrukturkapasiteten til utvikling av togtilbudet og økt punktlighet	<p>Redusert tidsbruk til framføring av tog Redusert tidsbruk er utg.pkt. for begge indikatorene som benyttes for måloppnåelse. Måleenhet for redusert tidsbruk er sekunder (s). Indikatoren kan måles i andre aggregerte verdier, avhengig av hva tiden kan brukes til: tall for samlet gjennomsnittlig forsinkelse, togfølgetider på dobbelt- og enkeltspor, kjøretider mellom stasjoner, antall ruteleier pr. time for en gitt strekning.</p> <p>E1-1: Reduserte forsinkelser Reduserte forsinkelser er den størrelsen som benyttes videre for å beregne samfunnsøkonomisk effekt av økt punktlighet.</p> <p>E1-2: Redusert togfølgetid – utvikling av togtilbud Redusert togfølgetid over en viss verdi avhengig av strekning, kan gi grunnlag for utvikling av togtilbudet i form av flere ruteleier/avganger</p>
Mer jernbane for pengene Mer effektiv drift	E2: En mer effektiv drift av togtilbudet	<p>Redusert ressursbruk Redusert ressursbehov brukes som indikator på måloppnåelse for mer effektiv drift av togtilbudet. Det skilles mellom ressurser i form av bemanning, energibruk, drift og vedlikehold.</p> <p>E2-1: Redusert ressursbehov til energi og vedlikehold av infrastruktur og materiell</p> <p>E2-2: Redusert bemanning</p>

Sikker drift	E3: Bedre sikkerhet for alle som ferdes på og ved jernbanen	Redusert risiko Risiko for uønskede hendelser måles gjennom en «objektiv» og en «subjektiv indikator» E3-1: Reduksjon i risiko for uønskede hendelser E3-2: Opprettholde nivået på opplevd trygghet
--------------	--	---

Effekt mål E1: Bedre utnyttelse av infrastrukturkapasiteten til utvikling av togtilbudet og økt punktlighet er i KVUen rangert som det viktigste for løsningene som presenteres i KVUen.

4.1 Kvalitetssikrers vurdering av KVUens mål

Samfunns målet skal beskrive den positive tilstanden eller utviklingen som prosjektet skal bygge opp under og er knyttet til tiltakets virkninger for samfunnet. Samfunns målet skal gi den overordnede begrunnelsen for tiltaket. En realisering av samfunns målet må kunne tilbakeføres til prosjektet.

Det fastsatte samfunns målet om *Mer jernbane for pengene, i form av økt kapasitet og tilrettelegging for mer effektiv og sikker drift, gjennom bedre utnyttelse av ERTMS-investeringen ved automatisering av togfremføringen* synes å være et dekkende samfunns mål for denne KVUen. Etter vår vurdering gir det oppgitte samfunns målet uttrykk for den nytten som tiltaket skal føre til for samfunnet.

Effekt målene skal beskrive og være uttrykk for den direkte virkningen/effekten av tiltaket for brukerne. Effekt målene skal være avledet av samfunns målet. Effekt målene som er formulert i KVUen synes å tilfredsstille dette, og er avledet fra samfunns målet.

For å vurdere om effekt målene er presist nok angitt til å sikre operativ styring med prosjektet er det relevant å se hen til huskeregel fra Concept-veilederen om at målene bør være **SMART**. Det vil si:

- **Spesifiserte** – veldefinerte, entydige og ikke til å misforstå
- **Målbare** – kvantitativt dersom mulig, eventuelt etterprøvbare på andre måter
- **Aksepterte** – av alle berørte parter i prosjektet, hos prosjekteier og hos brukere
- **Realistiske** – stor sannsynlighet for at de kan realiseres
- **Tidssatte** – det skal angis når effektene eller resultatene skal være oppnådd

Effekt målene i KVUen **fremstår som tilstrekkelig spesifiserte**. De er definerte og entydige i betydning at de peker mot en spesifikk effekt og viser til en ønsket tilstand etter gjennomføring av tiltaket.

Effekt målene i KVUen **fremstår som målbare**. KVUens indikatorer for effekt målene E1 redusert tidsbruk og E2 redusert ressursbruk er kvantitative og burde være mulig å måle og etterprøve. KVUens indikatorer for effekt mål E3 redusert risiko for uønskede hendelser måles objektivt og subjektivt, og kan etter vårt syn være mer utfordrende å måle og etterprøve.

Effekt målene i KVUen **fremstår som aksepterte**. I vår dialog og møter med KVU-prosjektet og interessenter har det ikke kommet frem noen forhold som tilsier at disse effektene ikke ønskes oppnådd.

Effekt målene i KVUen **synes til en viss grad realistiske**. De er realistiske i betydning at etter en vellykket gjennomføring av prosjektet så vil det være mulig at jernbanen er i en tilstand med redusert tidsbruk med hensyn på forsinkelser og togfølgetid (E1), redusert ressursbruk (E2), samt redusert risiko for uønskede hendelser (E3). Hvorvidt det er stor sannsynlighet for at målene, og særlig E1 som KVUen rangerer som det viktigste, kan realiseres og hvor mye reduksjon i tidsbruk det er mulig å oppnå, er vi usikre på. I KVUen påpekes i kap. 7.4.4 at

«Alle alternativer bidrar til måloppnåelse, men alternativene er ikke alene i stand til å løse utfordringene jernbanesystemet står overfor i form av kapasitetsutfordringer og lav punktlighet.»

Effektmålene i KVUen **er ikke tidssatte**. Dette har betydning for den operative styringen av et fremtidig gjennomføringsprosjekt fordi det pr nå er vanskelig å vite når i tid effektene skal oppnås. På dette tidspunktet for KVU/KS1 kan det være for tidlig å fokusere for mye på tidsavgrensning for mål i og med at prosjektet skal gjennom et forprosjekt på et senere tidspunkt med konkretisering og utarbeidelse av et sentralt styringsdokument (SSD) for gjennomføringsprosjektet. På den annen side så vil det være relevant for beslutningstakere så tidlig som mulig å få vite noe om når man kan forvente å oppnå målene for tiltaket og effekten av å nå målene.

Vi anbefaler at man i forprosjektet arbeider videre med effektmålene for å gjøre de mest mulig målbare og etterprøvbare i forhold til en nåsituasjon og at en tydeliggjør en tidsplan for realisering av effektmålene så langt det lar seg gjøre. Dette vil etter vår oppfatning bidra ytterligere til å sikre operativ styring av gjennomføringsprosjektet.

5 Rammebetingelser for konseptvalg

Det er kun stilt opp to rammebetingelser i utredningen, knyttet til samfunnssikkerhet og bærekraft. Samfunnssikkerhetsbetingelsen er uklar og tilsynelatende ikke benyttet i konseptutformingen. Verken den eller bærekraftsbetingelsen fremstår tilstrekkelig begrunnet. Samtidig er også kravet om å bygge på ERTMS, og at konseptene skal innebære automasjon, benyttet til siling av konsepter. Disse er kun beskrevet i vedlegg, men burde også ha blitt stilt opp som eksplisitte rammebetingelser i KVUen. Tabell 5-1 viser våre vurderinger av rammebetingelsene mot kravene i Rammeavtalen.

Tabell 5-1 delkonklusjon Rammebetingelser

Element	EKS vurdering
Konsistent oppbygging av rammebetingelsene og konsistens mellom rammebetingelser	Yellow
Konsistens mellom rammebetingelser, strategi, behov og problembeskrivelse	Green
Rammebetingelsene avgrensner ikke mulighetsrommet unødige	Red

5.1 Rammebetingelser i KVUen

Rammebetingelser utledet av mål

Samfunns målet gir en avgrensning for hvilke muligheter som skal undersøkes for å bidra til måloppnåelse og møte det prosjektutløsende behovet. Løsningene som skal undersøkes er teknologiske, løsningene skal bidra til mer for pengene gjennom en bedre utnyttelse av ERTMS-investeringen, og er avgrenset til muligheten ERTMS gir for å automatisere togframføringen. Dette gir et strukturert mulighetsrom som defineres av:

- Bedre utnyttelse av investeringen i ERTMS
- Automasjon som påvirker togframføringen

Normative behov for samfunnssikkerhet og bærekraftig utvikling gir viktige føringer

Det er identifisert to andre sentrale føringer for vurderingen av hva som vil være aktuelle løsninger for videre analyse:

R1. Løsningene kan ikke påvirke samfunnssikkerheten negativt.

«Sikkerhet er trukket fram i samfunns målet, og sikkerhet for dem som ferdes i og ved sporet er et av effektmålene som løsninger skal måles mot. Samfunnssikkerhetsdimensjonen derimot, vil inngå som en rammebetingelse for det videre arbeidet med mulighetsstudien, der de løsningene som videreføres ikke kan påvirke samfunnssikkerheten negativt.»

R2. Løsningene skal bidra til en bærekraftig utvikling av jernbanen

«Det er en klar forventning om at bruk av ny teknologi skal bidra til en bærekraftig utvikling. Flere av effektmålene er rettet mot effekter som støtter en bærekraftig utvikling. Som en rammebetingelse settes det krav til en helhetlig vurdering av egenskapene ved ulike alternative løsninger, der formålet er å sikre at det ikke videreføres løsninger til analysefasen som ikke bidrar til at bærekraften til jernbanen styrkes.»

Det ble i tillegg identifisert ytterligere 3 rammebetingelser etter første tentative grovsiling i mulighetsstudien. Dette er kun omtalt i vedlegget for Mulighetsstudiet og ikke tatt med i KVUen. Disse er:

- R3 Løsninger som foreslås skal være kompatible med- og bidra til økt utnyttelse av investeringen i ERTMS
- R4 Løsninger som foreslås skal innebære automasjon
- R5 Løsninger som foreslås skal rette seg mot jernbanestrekninger. Terminaler, hensettingsanlegg og andre lukkede områder inngår ikke i denne utredningen.

Etter ny grovsiling ble det klart at R5 var overflødig. Følgelig er det i grovsilingen anvendt fire rammebetingelser R1-R4.

5.2 Kvalitetssikrers vurdering av KVU-ens rammebetingelser

KVUen har to rammebetingelser; om at løsningene ikke kan påvirke samfunnssikkerheten negativt og at løsningene skal bidra til en bærekraftig utvikling av jernbanen. Vi har merknader til begge. Videre kommer det frem at ytterligere tre rammebetingelser har blitt brukt til silingen av konseptene, men disse fremkommer kun i et vedlegg til KVU.

I problembeskrivelsen og behovsanalysen er det tydelig at sikkerhetsutfordringene ligger både i sikkerhet for liv og helse (Safety) i forbindelse med jernbanetraffikk og i betydningen beskyttelse mot tilsiktede handlinger (Security). Vi forstår «samfunnssikkerhet» som dekkende for begge forhold⁵, men ordlyden i KVU («sikkerhet for dem som ferdes i og ved sporet») er et av effektmålene som løsninger skal måles mot. Samfunnssikkerhetsdimensjonen **derimot**, vil inngå som en rammebetingelse», vår uthevelse) indikerer at rammebetingelsen ikke er ment å dekke sikkerhet for dem som ferdes i og langs sporet.

Som vi kommer tilbake til i mulighetsstudien har det normative behovet for samfunnssikkerhet: «hensynet til sikkerhet for dem som ferdes i og ved sporet» hatt stor innflytelse på utformingen av, og kostnadene for å realisere Konsept C Førerløse tog. Konkret har det ført til omfattende fysiske sikringstiltak. Utfra KVUen er det uklart hvordan disse sikringstiltakene begrunnes, når rammebetingelsen tilsynelatende ikke dekker denne delen av samfunnssikkerhetsbegrepet. Det fremstår dermed som om effektmål E3-1 (sikkerhet for de som ferdes på og ved jernbanen) i praksis har blitt brukt som en rammebetingelse i utformingen av konseptene. En konsekvens av det kan være at sikringstiltakene har blitt for omfattende. Dette kommer vi tilbake til i neste kapittel.

I vedlegget for mulighetsstudien er det brukt to rammebetingelser (R3 og R4), som ikke er omtalt i selve rapporten. Begge disse rammebetingelsene mener vi burde vært omtalt i dette kapittelet i KVUen.

I vedlegget⁶ er det beskrevet at alle alternativer unntatt ett, passerte grovsilingen med de to opprinnelige rammebetingelsene. Det ble derfor utarbeidet forslag til tre ekstra rammebetingelser og et utkast til silingsprosess. To av disse tok utgangspunkt i føringene om ERTMS og ATO, som er til lagt for denne KVUen. Den femte rammebetingelsen, om at løsningene skal rette seg mot jernbanestrekninger, ble vurdert som overflødig grunnet en presisering om at løsningene skal rette seg mot automasjon av togtrafikken. Føringene om ERTMS og ATO har bidratt til å sile ut flere konsept/løsningsvalg, men ERTMS og ATO er ikke nevnt som rammebetingelser i KVUens hovedrapport.

⁵ Jf. Jernbaneloven §6b

⁶Vedlegg 03: Rapport fra arbeidet med mulighetsstudien

I kapitlet om mulighetsstudiet har vi beskrevet et konsept med C-DAS/ATO uten ERTMS. Uten ERTMS som rammebetingelse, kunne KVUen vist at det finnes alternativer som kan leveres tidligere, kanskje billigere og uten bindinger til det store ERTMS-prosjektet. Vi mener at rammebetingelsene, som følger av mandatet (ERTMS og ATO) har utelukket et alternativ som kan vise seg å bli det beste konseptet.

Rammebetingelsen om at konsepter skal være basert på ERTMS utelukker førerstøtte uten ERTMS i mulighetsstudien. Selv om denne rammebetingelsen følger av mandatet, mener vi at man her burde vurdert mandatets innskrenkning av mulighetsrommet til å være uhensiktsmessig begrensende. I henhold til DFØs veileder⁷ burde KVUen utformet konsepter som både følger og bryter de politisk satte målene. I DFØs veileder presenteres et alternativ til å ta inn politiske vedtak som rammebetingelser. Vi mener at prosjektet kunne utformet ett eller flere konsepter som ligger utenfor slike eventuelle rammebetingelser for så gjennom alternativanalysen vise at en opphevelse av rammebetingelsen eventuelt ville føre til økt oppnåelse av samfunns mål. KVUen burde utforsket konsepter som både følger og bryter de politisk satte målene⁷.

⁷ DFØs veileder <https://dfo.no/faqomrader/utredning-og-analyse-av-statlige-tiltak/samfunnsokonomiske-analyser/veileder-i-samfunnsokonomiske-analyser/> Kap. 3.1 Beskriv problemet og formuler mål

6 Mulighetsstudien

KVUens prosess og metoder som er benyttet i mulighetsstudien synes å være tilpasset tiltakets omfang og kompleksitet. I mulighetsstudien er det synliggjort et betydelig antall konsepter, innenfor og utenfor det strukturerte mulighetsrommet. Firetrinnsmetodikken er benyttet for å åpne mulighetsrommet før silingen av konseptene. ERTMS er brukt som rammebetingelse i silingen, som har smalnet mulighetsrommet for mye. Vi mener det eksisterer et C-DAS-konsepter uten ERTMS som burde ha vært utforsket i alternativanalysen. De tre konseptene som er anbefalt, vil bidra til å realisere målene, men de bygger på hverandre og er steg på veien til førerløs togfremføring. Det er uklart om/når konsept C Førerløse tog er valgbart, gitt implikasjonene av rammebetingelsene og grad av teknisk modenhet. Konsept C innebærer også høy grad av måloppnåelse på sikkerhet på grunn av svært dyre sikringstiltak som vi ikke kan se at er begrunnet tilstrekkelig i absolutte rammebetingelser. Det er dokumentert i KVUen hvordan grovsiling av tiltak er gjennomført og på hvilket grunnlag enkelte løsninger er valgt bort.

Tabell 6-1 delkonklusjon Mulighetsstudien





Element	EKS vurdering
Leverandøren skal vurdere om prosessen og de anvendte metodene for kartlegging av mulighetsrommet er tilpasset prosjektets omfang og kompleksitet.	
Det skal spesielt gjøres en vurdering av hvorvidt den fulle bredden av muligheter er ivaretatt og om mulighetsrommets avgrensning er relevant og konsistent med føringer i de foregående kapitlene.	
Det skal vurderes om det er tilstrekkelig dokumentert hvordan en grovsiling av tiltak er gjennomført og på hvilket grunnlag enkelte løsninger eventuelt er lagt vekk.	
I mulighetsstudien skal det vurderes om ulike konseptuelle løsninger kan realisere mål og tilfredsstillende rammebetingelsene.	

6.1 Mulighetsstudien i KVUen

Mulighetsstudien er omtalt i kapittel 6 i KVUens hovedrapport, samt i KVUens «Vedlegg 3 Mulighetsstudien».

Mulighetsrommet og grovsilingen

Det ble tidlig i arbeidet med mulighetsstudien identifisert et strukturert mulighetsrom, med ulike mulige kombinasjonsmuligheter av nye investeringer i ERTMS-nivåer og definerte grader av automasjon (GoA). Automatisk togfremføring (ATO) deles inn i fire grader av automatisering (GoA - Grades of Automation) som vist i Figur 6-1. Som det står i vedlegget til KVUs Mulighetsstudiet, foregår Grade of Automation 1 - GoA1 automatiseringen gjennom Automatic Train Protection - ATP, som sikrer at føreren ikke kan kjøre raskere enn maks maksimal tillatt hastighet.

	GoA1	GoA2	GoA3	GoA4
Tog-fremføring	Ikke-automatisert	Semi-automatisert	Førerløs	Ubemannet
Fører/ betjent				
Start	Fører	Fører alt. automatisk	Automatisk	Automatisk
Kjøring og stopp	Fører	Automatisk	Automatisk	Automatisk
Åpne/lukke dører	Fører	Fører	Ombordpersonell alt. Automatisk	Automatisk
Kontroll ved uforutsette hendelser Overvåkning av toglinje	Fører	Fører	Ombordpersonell	Automatisk

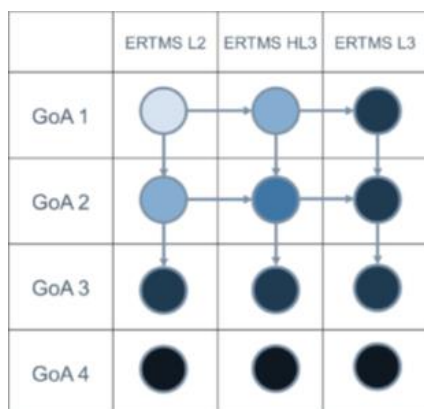
Figur 6-1 Grader av automatisert togfremføring

Innslaget av automasjon øker deretter ved at toget, gjennom et ATO-system, overtar mer av kontrollen frem til nivå 4 der toget er helautomatisert uten ombordpersonell. Tabell (under) gir en beskrivelse av de ulike nivåene for automatisering.

Tabell 6-2 Beskrivelse av grader for automatisering

<p>GoA 1: En fører kjører toget og utfører alle operasjoner. Automatiseringen er kun knyttet til sikringen av at føreren ikke kan kjøre fortere enn maksimal tillatt hastighet. ERTMS nivå 2 uten ytterligere automatisering er GoA 1.</p>	<p>GoA 2: Toget kjøres automatisk, inkludert start og stopp. Føreren oppholder seg i førerrommet og igangsetter den automatiske kjøringen, frigir og forrigler dører for åpning og lukking ved stopp for passasjerutveksling, følger med på forholdene langs linja og overtar kontrollen ved uønskede hendelser.</p>
<p>GoA 3: Toget kjøres automatisk, inkludert start og stopp. En betjent frigir og forrigler dører for åpning og lukking ved stopp for passasjerutveksling og tar over styringen av toget ved behov. Ombordpersonellet sitter ikke i førerrommet og følger dermed ikke med på forholdene langs linja, men går rundt i toget. Systemet må rigges slik at ingenting kan komme i veien for toget eller at slike uønskede hendelser detekteres av et digitalt støttesystem.</p>	<p>GoA 4: Toget kjøres helt automatisk og alle togoperasjoner er hel-automatiserte. Manuelle bevegelser av toget er begrenset til ekstraordinære skiftebevegelser ved vedlikehold og gjenoppretting ved feil. Som for GoA 3 må systemet rigges slik at ingenting kan komme i veien for toget eller at slike uønskede hendelser detekteres av et digitalt støttesystem.</p>

Behovene, målene og rammebetingelsene sett i sammenheng, definerer implisitt et mulighetsrom. KVUen har gjennom idémyndring i et verksted involvert et stort antall interessenter. Figur 6-2 viser det strukturerte mulighetsrommet.



Figur 6-2 Det strukturerte mulighetsrommet ERTMS og ATO endres ved neste trinn:

For å påse at KVU-en ikke utelukkende baserer seg på de kjente mulighetene innenfor dette rommet, ble mulighetsrommet åpnet gjennom aktiv bruk av **firetrinnsmetodikken** som er vist i Figur 6-3. Firetrinnsmetodikken er en metode for å systematisk og analytisk vurdere løsninger fra de enkleste til de mest omfattende (Jordal, Samset, & Nyhus, 2018). I denne fasen var det fokus på at flest mulige løsninger på det prosjektutløsende behovet ble identifisert. Søk etter konsepter har foregått i fire trinn der forventet investeringsramme øker for hvert trinn. Det ble identifisert 33 ulike løsninger fordelt på de fire trinnene. Konseptene representerer en trapp, der kun en dimensjon av

Trinn 1: Løsninger som bidrar til å redusere behovet for tiltak

Tiltak på trinn 1 har som mål å redusere behovet for transport, og dermed redusere behovet for tiltak. Som regel består konseptene på dette trinnet av en serie ulike tiltak, da det som regel ikke oppnås tilstrekkelig effekt med kun ett eller noen få grep. Kombinasjon av tiltak som spenner over et bredt spekter, og med innhold som jernbanesektoren ofte ikke rår over, gjør også effekten av en samlet tiltakspakke vanskelig å måle.



Figur 6-3 Firetrinnsmetodikken for åpning av mulighetsrommet

Trinn 3: Mindre tiltak eller investeringer

På trinn 3 er målet å møte det prosjektutløsende behovet gjennom tiltak med et mindre omfang og begrensede investeringsbehov. I trinn 3 ble Driver Advisory System (DAS/C-DAS) vurdert, som sammen med det fremtidige TMS – trafikkestyringssystemet gir fører informasjon om optimal kjørehastighet basert på tidtabell.

Trinn 4: Mer omfattende tiltak

På det fjerde trinnet åpnes det for større investeringer i løsninger som kan bidra til å møte de kartlagte problemene og gi måloppnåelse. Tidligere er det strukturerte mulighetsrommet omtalt, og definert som muligheten for å kombinere ERTMS med ulike nivåer av automatisk togframføring.

Figur viser fremgangsmåten for metoder for å åpne mulighetsrommet og utvikle konseptene.



Figur 6-4 Fremgangsmåte og metoder for å åpne mulighetsrommet og utvikle konseptene

Mulighetsrommet ble åpnet i arbeidsverksted 1 og finsilingen og utviklingen av konseptene ble utført i arbeidsverksted 2. Deretter ble konseptene fordelt i samarbeid med Bane NOR og Jernbanedirektoratet. Arbeidet resulterte i 3 konseptene som ble tatt med videre til alternativanalysen i KVUen.

Finsiling av konseptene

Konsept A gir førerstøtte, som togfører får gjennom C-DAS. Konsept B innebærer selvkjørende tog, som må være med videre fordi man kan sammenligne referansenivået av ERTMS (nivå 2) med en høyere grad av automasjon.

Det tredje konseptet som ble tatt med, er konsept C; Førerløse tog. Konsept C er svært umodent, og selve togfremføringsteknologien som konseptet bygger på er ikke modent for implementering før om lang tid.

Konsept A Førerstøtte (C-DAS)

Konseptet utnytter TMS og C-DAS, hvor TMS forsyner C-DAS med sanntidsinformasjon om togenes posisjoner og bevegelser, slik at C-DAS kan optimalisere togfremføring i sanntid basert på det gjeldende trafikkbilde. Informasjonen sendes til ATO-Trackside som videreformidler dette til andre kjøretøy slik at togfører til enhver tid har informasjon om hva som er optimal fremføring av tog. Hva som er optimalt, kan konfigureres.⁸

Fra KVVU: «Konseptet utnytter TMS og C-DAS, hvor TMS forsyner C-DAS med sanntidsinformasjon om togenes posisjoner og bevegelser basert på det gjeldende trafikkbilde. Informasjonen sendes til ATO-Trackside som videreformidler dette til andre kjøretøy slik at togfører til enhver tid har informasjon om hva som er optimal fremføring av tog.» ATO Trackside skal sørge for at informasjonen fra trafikksystemet kan gi informasjon om infrastruktur, spor og rute til C-DAS eller ATO Onboard. Enheten installeres i et sentralt beliggende datasenter, som ivaretar georedundans og oppetid. Det er det samme systemet som ligger til grunn både i Konsept A og B. Videre er det forutsatt at ATO Trackside kommuniserer med C-DAS i henhold til TSI CCS for å unngå dobbel investering ved eventuell oppgradering senere. Dette er omtalt mer i kapittel 7 Kostnadsestimat og usikkerhetsanalyse.

Konsept B Selvkjørende tog (ATO GoA2)

Konseptet innebærer at toget kjøres automatisk, inkludert start og stopp. Togføreren igangsetter den automatiske kjøringen, åpner og lukker dørene-. Konseptet krever ATO trackside og ATO onboard. For trackside kreves det tilkobling til TMS. For on-board kreves tilkobling til TCMS og ETCS. Togføreren følger med på forholdene langs linja og overtar kontrollen ved uønskede hendelser.

Konsept C Førerløse tog (ATO GoA3 og 4)

Konseptet innebærer at toget kjøres automatisk, inkludert start og stopp. Ved GoA3 vil en ombordansvarlig åpne og lukke dørene og kan ta over styringen av toget ved avvik og feil. På lukkede områder, som driftsbanegårder og vendeanlegg, kan togene bevege seg ubemannet. Ved GoA4 er togene ubemannet, og sikkerheten ivaretas av forskjellige tekniske løsninger. Prosjektet peker på at konseptet krever enten et «lukket system» der ingen kan komme inn på sporet, alternativt at det finnes tekniske systemer om bord i togene som ivaretar lokførers oppgaver (per i dag). Konseptet krever betydelig økte sikkerhetstiltak og høy beredskap for å håndtere avvikssituasjoner.

6.2 Kvalitetssikrers vurdering av mulighetsstudiet

Prosess, metode og relevans

Det strukturerte mulighetsrommet defineres av bedre utnyttelse av investeringen i ERTMS og automasjon som påvirker togframføringen. I tillegg er det to rammebetingelser i KVVUen, som er avledet av normative behov; at løsningene ikke kan påvirke samfunnsikkerheten negativt og at løsningene skal bidra til en bærekraftig utvikling av jernbanen. De identifiserte alternativene eller tilnærmingene er utarbeidet etter en systematisk gjennomgang i tråd med firetrinnsprosessen (se Figur 6-3). Det er funnet muligheter på alle tiltaksnivåer, som dannes av kombinasjoner av ERTMS-nivåer og grader av automasjon.

⁸ Nasjonal signalplan 2023

Etter vår vurdering har det således blitt fulgt en tilstrekkelig prosess og metode for å vurdere alternative muligheter. Mulighetsstudien viser både metodisk og innholdsmessig en god konsistens og sammenheng med tidligere kapitler da den bygger systematisk videre på behovsanalysen og strategiske mål.

Vår vurdering av grovsiling av løsningsmuligheter

Mulighetsstudien har tatt utgangspunkt i 33 mulige tilnærminger, som gjennom grovsiling er redusert til vurdering av 3 aktuelle alternativer. Alternativene som ikke videreføres er knyttet til de første tre trinnene i firetrinnsprosessen. Det vil si at kun tiltak som fører til store nyinvesteringer (trinn 4) er videreført. Begrunnelsen for dette er etter vår vurdering tilstrekkelig utdypende. Grovsilingens bruk av fire rammebetingelser har resultert i et smalt mulighetsrom – i første rekke på grunn av ERTMS som rammebetingelse/føring, men også grunnet kravet om økt grad av automasjon.

Rammebetingelser er feilaktig anvendt på hver enkelt mulighet og ikke på helhetlige konsepter. Hver mulighet behøver ikke på selvstendig grunnlag tilfredsstillende alle rammebetingelser. Dersom en løsningskomponent alene kan gi positive effekter, kan den være med i flere eller alle konsepter i kombinasjon med andre elementer. I motsatt fall vil man systematisk unngå å identifisere optimale konsepter. Det er allerede under muligheter på trinn 1 utelukket muligheter som isolert sett (for eksempel «øke hastighet») burde være naturlige bidragsyttere til løsningen av de identifiserte problemene.

Grovsilingen trekker i svært begrenset grad på rammebetingelsen om bærekraft. Det er kun muligheten for å redusere trafikken som blir silt ut. Dermed differensierer ikke denne rammebetingelsen mellom mer eller mindre miljøvennlige alternativer. Likevel viser utreder selv i kapittel 7.5 til at konsept C, slik det er utformet med nasjonal utrulling, antakelig vil bryte rammebetingelsen.

Som følge av u hensiktsmessig fastsettelse av rammebetingelser er det dermed et begrenset omfang av muligheter tilgjengelig ved sammenstilling til helhetlige konsepter.

KVUen har vurdert virkningene av konseptene A, B og C opp mot de beskrevne behovene og målene. De identifiserte konseptene bidrar positivt til måloppnåelse, men løser ikke utfordringene jernbanesystemet står overfor som kapasitetsutfordringer og lav punktlighet. Vi er enige i at de identifiserte konseptene bidrar positivt til måloppnåelse, og at de ikke er tilstrekkelige til å løse problemene som er beskrevet i kapittel 2 Problembeskrivelse. Det at konsept C vurderes å gi svært høy grad av måloppnåelse på effektmål E3-1 Reduksjon i uønskede hendelser, indikerer for oss at mål og rammebetingelser ikke har vært korrekt benyttet i konseptutforming. Formålsparagrafen i sikkerhetsforskriften til jernbaneloven sier at «Formålet med denne forskriften er å sørge for at jernbanevirksomheten drives sikkert, og at vilkårene som er satt for jernbanevirksomheten i eller i medhold av [jernbaneloven](#) er oppfylt, slik at det etablerte sikkerhetsnivået på jernbanen opprettholdes og, om nødvendig, forbedres.» (vår utheving). Vi er innforstått med at nye tiltak ikke kan svekke sikkerheten. Dette kunne imidlertid ha blitt operasjonalisert som en rammebetingelse som sa akkurat det, og så kunne man ha utformet varianter av konseptet med ulikt ambisjonsnivå for sikkerhet, og på den måten i alternativanalysen ha kommet frem til hensiktsmessig sikkerhetsnivå. Slik KVUen har gjort det, er det utarbeidet et konsept som i vesentlig grad styrker sikkerheten på jernbanen, til en svært høy kostnad, uten å sannsynliggjøre at dette er riktig sikkerhetsnivå. Som et resultat er konseptet svært ulønnsomt.

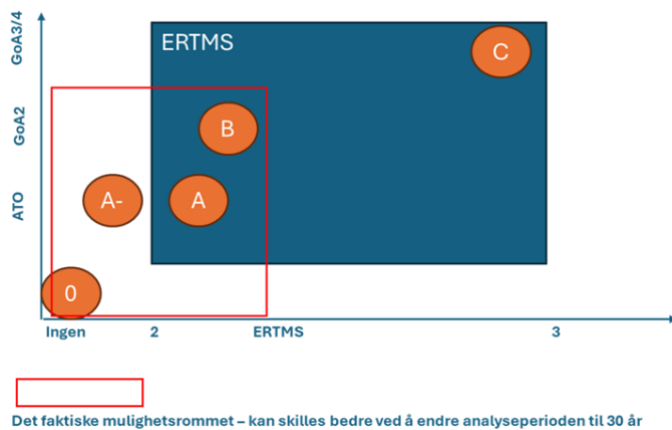
Vår vurdering av de identifiserte konseptene

Vår vurdering er at de tre konseptene som er anbefalt, bygger på hverandre og er steg på veien til førerløs togfremføring. De utgjør dermed ikke konseptuelt ulike alternative tiltak. Etter vår vurdering ville utredningen

gitt et bedre beslutningsgrunnlag om det forelå konseptuelt ulike alternativer. Våre innsigelser fremkommer i vår drøfting av konseptene nedenfor.

Konsept A Førerstøtte

Konsept A Førerstøtte mener vi er et naturlig alternativ, spesielt gitt rammebetingelsene og en antagelse om fremdrift basert på ERTMS-utrulling. Etter at KVUen ble utarbeidet, er det imidlertid oppstått vesentlige endringer i utrullingsplanene for ERTMS, spesielt i Oslo-korridoren, som nå er lagt sist i utrullingsplanen



Figur 6-5: Mellomløsning (A-) og mulighetsrommet

Vi mener det er nødvendig å synliggjøre muligheter som ikke er basert på ERTMS, slik at det kan sammenholdes mot de ERTMS-baserte alternativene. Et slikt alternativ mener vi ville ha mye til felles med Konsept A, men uten å være betinget av ERTMS. Konseptet vi beskriver, ligger utenfor ERTMS og baserer seg på å utvikle C-DAS (Figur 6-). En slik ERTMS-fri løsning kan fungere som en mellomløsning i påvente av ERTMS, og er noe vi mener bør utredes nærmere. Dette alternativet er mer beskrevet i kapittel 9. Føringer for forprosjektet.

Konsept B Selvkjørende tog (ATO GoA2)

Konsept B Selvkjørende tog vurderer vi som et naturlig neste ambisjonsnivå, etter prosjektets Konsept A. Innføring av adaptive cruise kontroll vil gi togførere erfaringer som vil være nyttig input til senere prosjektfaser. Dette konseptet bruker de samme løsningene som Konsept A Førerstøtte, men i tillegg brukes ATO Onboard. ATO Onboard omfatter komplett leveranse av datamaskin og system som installeres på togene for at det skal kunne kjøre automatisk. Ansvar for sikkerheten i togframføringen ligger fortsatt hos fører som i dag. Konseptet vil vise virkningen av å innføre ATO på dagens ERTMS løsning, og hvilken kostnad dette vil ha. Det er forutsatt at ATO Onboard er kompatibel med ERTMS. Det er forutsatt løsninger for hele eksisterende togpark. Viser også til kapittel 7 Kostnadsestimat og usikkerhetsanalyse for mer om dette.

Konsept C Førerløse tog (ATO GoA3 og GoA4)

Konsept C Førerløse tog utgjør et stort sprang i ambisjonsnivå. Det fremgår blant annet av mulighetsstudien at tenkbare løsningskomponenter er umodne og/eller ustandardiserte for jernbanesektoren, og at det derfor i utgangspunktet er vanskelig å sammenstille et hensiktsmessig helhetlig førerløst konsept.

Ved siden av å fremstå prematurt, forårsaker de store anleggsinvesteringene i konsept C urimelig lang analyseperiode for teknologidominerte konsepter som A og B. Modenheten til sensoriske sikringstiltak vurderes av KVU-en å være for lave til å erstatte de fysiske sikringstiltakene som benyttes i dag; blant annet inngjerding den delen av jernbanenettet som ikke er inngjerdet i dag, etablering av viltoverganger og sanering av alle planoverganger.

Nedenfor drøfter vi sentrale merknader til Konsept C.

Trafikksikkerhet og effekt av førerløse tog

KVU-en antar at sikkerheten vil reduseres kraftig uten fører om bord, uten at det foreligger empiriske studier på dette. Vår forståelse er at KVU-en implisitt har antatt at togfører unngår mange eller alle ulykker og hendelser som ATO-teknologien ikke vil klare å unngå, derav behovet for omfattende sikkerhetstiltak. Det foreligger ikke tilstrekkelig kunnskap om hvordan togfører påvirker trafikksikkerheten, med og uten ATO-teknologi. Vi har ikke klart å finne at det er gjort vurderinger av hva som faktisk forklarer ulykker på jernbanen. Er det slik at ulykker inntreffer uavhengig av ATO-teknologien fordi togene er umulig å stoppe tidsnok/fører ikke er oppmerksom nok? Det er etter vår oppfatning ikke gjort tilstrekkelige analyser av samspillet mellom trafikksikkerheten og ATO-teknologien i konsept C.

Modenhhet til sikringstiltak

Valg av sikringstiltak er umodent for konseptvalg. I fravær av kunnskap om hvordan sensorteknologi, droner m.m. kan erstatte fysiske sikkerhetsinvesteringer (sanering av planoverganger, etablering av viltkryssinger, gjerder m.m.), har man antatt at det er fysiske sikringstiltak som må benyttes med en levetid på 75 år.

Vurderinger av grad på måloppnåelse effektmål E3-1 Reduksjon i risiko for uønskede hendelser.

KVU-en gir full score på måloppnåelse på effektmål E3-1, men det gis ikke begrunnelse for at disse tiltakene er påkrevd i det omfanget som forutsettes. Med fremføring med ATO GoA3/4 er det vurdert som nødvendig å sikre banen mot ferdse i spor, men selv med fører kan som regel ikke toget stanses før påkjørsel. Det er derfor ikke tilstrekkelig begrunnet hvorfor de omfattende investeringene ikke er nødvendige i de andre konseptene.

Kost-nyttebrøk konsept C Førerløse tog

Investeringskostnadene ved de omfattende sikkerhetstiltakene er svært høye, som gir en tilsvarende dårlig antatt kost-nyttebrøk for konseptet: Kostnadene overstiger nytten med en veldig høy faktor som isolert sett taler for å ikke ta med konseptet videre inn i alternativanalysen. Konsekvensen av at KVU-en tar med konseptet videre inn i alternativanalysen, er at levetiden settes til 75 år for alle konsepter, som blir urimelig lenge for konseptene A og B. Uavhengig av konsept C, vil konsept A og B kunne analyseres med en analyseperiode på 15-30 år.

7 Kostnadsestimat og usikkerhetsanalyse

Basisestimatet har lavt modenhet og detaljeringsnivå, spesielt konsept B Selvkjørende tog, men vi vurderer at prosjektet har benyttet dagens tilgjengelige informasjon inn i estimeringen. Vi finner derfor ikke grunn til å justere basisestimatet, og usikkerheten kommer til uttrykk i store spenn i estimatusikkerhet og usikkerhetsfaktorer. Prosjektet har et omfattende usikkerhetsbilde, med flere sentrale faktorer som kan påvirke prosjektet i lang tid. Vi har i vår kvalitetssikring avdekket vesentlige feil i KVUens usikkerhetsanalyse, som medfører at tallene som foreligger i KVUen er altfor lave og ikke av relevans. Vi har gjennomgående lavere forventet tillegg enn prosjektet, men tilsvarende eller større usikkerhetsavsetning. Vår usikkerhetsanalyse har et stort relativt standardavvik, som reflekterer høy usikkerhet, både basisestimat og omkringliggende faktorer.

Element	Avvik fra KVU
Investeringskostnad (basiskostnad)	
Usikkerhetsanalyse	

7.1 KVUens kostnadsestimat og usikkerhetsanalyse

KVUens kostnadsestimat består av investeringskostnader og FDVU-kostnader (Forvaltning, drift og vedlikehold). For investeringskostnadene har hvert konsept tre hovedposter med henholdsvis C-DAS-løsning for konsept A og ATO-løsning for konsept B. Ettersom vi ikke viderefører konsept C inn i vår usikkerhetsanalyse vil vi ikke vurdere kostnadspostene som bare er aktuelle for konsept C, herunder sikringstiltak. Følgende kostnadsposter inngår for konsept A og konsept B:

- C-DAS: kostnadsposten omfatter nødvendige elementer for sanntids førerveiledningssystem om bord på toget. Det er forutsatt eksisterende FRMCS eller GSM-R, og at det ikke er behov for integrasjon mot kjøretøyets eksisterende styringsdatamasking. Det er forutsatt 22 FoC-kjøretøy (Firs of Class) i tillegg til 425 øvrige kjøretøy. Dette utgjør dagens togpark. Estimatenes er basert på RFI (Request for information). Kostnadsposten er kun aktuell for konsept A.
- ATO Trackside: kostnadsposten omfatter dataenhet som skal sørge for at informasjonen fra trafikksystemet kan gi informasjon om infrastruktur, spor og rute til C-DAS eller ATO Onboard. Kostnadsposten omfatter både system og datasenter. Kostnadsposten er aktuell for begge konseptene.
- ATO Onboard: kostnadsposten omfatter komplett leveranse av datamaskin og system som installeres på togene for at det skal kunne kjøre automatisk, herunder hardware, installasjon, test og APIS (Approval to Put In Service). Det er forutsatt at ATO Onboard er kompatibel med ERTMS, og kostnad for oppdatering av ERTMS er ikke medregnet. Det er forutsatt løsninger for hele eksisterende togpark. Kostnadsposten er aktuell for konsept B.
- Gjennomføringskostnader: Kostnadsposten omfatter kostnader knyttet til planlegging, anskaffelse og gjennomføring av prosjektet. Bane NOR, leverandører og entreprenør(er) sine byggherrekostnader knyttet til prosjektering, forespørsel, anskaffelse, utvikling, pilotinstallasjon, etc. er også omfattet av kostnadsposten.

For beregning av prosjektets gjennomføringskostnader ligger det til grunn en gjennomføringsperiode fra 2028 – 2040 med tentativ investeringsbeslutning fra 2026. Gjennomføringen antas å pågå frem mot år 2040 for begge konseptene.

Det er estimert årlige størrelser for FDVU-kostnader for hvert konsept. Disse kostnadene er inndelt i samme kostnadsposter som investeringskostnadene med unntak av investeringskostnader knyttet til prosjektgjennomføring. Disse kostnadene er erstattet med kostnader for ombordpersonell, dette gjelder blant annet opplæring. Kostnadspostene er grove anslag som er beregnet ovenfra- og ned. FDVU-kostnadene er avgrenset for IKT-systemer og utrustning som er direkte konsekvens av innføring av C-DAS og ATO i henhold til konseptenes utforming definert i KVUen. Årskostnadene inneholder også kostnader for reinvestering i henhold til antatt levetid, (hvert 3. år for C-DAS og hvert 15. år for ATO). Underveis i kvalitetssikringen ble det avdekket en dobbelttelling av reinvesteringer. Konsekvensene av dette drøftes nedenfor og i vår samfunnsøkonomiske analyse. Usikkerhetsanalysen for disse kostnaden er gjennomført ved trinnvis kalkulasjon med gammafordelte trippelanslag.

Det er også gjennomført en usikkerhetsanalyse for investeringskostnader. I denne analysen er det benyttet Monte-Carlo simulering med verktøyet Crystal Ball med Beta-PERT sannsynlighetsfordeling for de enkelte usikkerhetselementene. Underveis i kvalitetssikringen ble det avdekket at disse forutsetningene ikke stemte, og det var benyttet feil sannsynlighetsfordeling i KVUens usikkerhetsanalyse. Konsekvensene av dette drøftes nedenfor.

7.2 Kvalitetssikrers vurdering av KVUens kostnadsestimat og usikkerhetsanalyse

Basisestimatet har relativt lav modenhet og detaljeringsnivå på kostnadsestimatene, men vi vurderer at estimatene er basert på tilgjengelig og oppdatert informasjon i markedet. Konseptene har en lav iboende teknologisk modenhet, spesielt for konsept B med ATO-løsninger. I realiteten er det kostnadsestimert løsninger som i dag ikke er tilgjengelig på markedet. Dette reflekteres i modenheten i kostnadsunderlaget da teknologiske løsninger som ikke fullt ut er tilgjengelig på markedet er komplekse og utfordrende å vurdere. I tillegg medfører manglende historiske data og markedspriser vanskeligheter med å forutsi kostnader. Vi har ikke funnet det hensiktsmessig å justere basisestimatet i vår kvalitetssikring, ettersom det er vår vurdering at det bygger på best tilgjengelig informasjon, selv om denne er svært usikker. Dette vil være usikkerhetselementer som er helt sentrale inn i vår usikkerhetsanalyse.

I vår gjennomgang av FDVU-kostnader er det identifisert dobbelttelling av reinvesteringer. Kostnader for reinvestering er både lagt inn i årlige driftskostnader i tillegg til at de er lagt inn med jevne intervaller i henhold til forventet levetid på komponentnivå. For Konsept A utgjør dette en dobbelttelling av reinvestering hvert tredje år for C-DAS tilsvarende 71 mill. kroner og hvert femtende år for ATO tilsvarende 874 mill. kroner. For konsept B tilsvarer dette en dobbelttelling av reinvestering hvert femtende år for ATO tilsvarende en kostnad lik 2 054 mill. kroner. I løpet av analyseperioden på 75 år utgjør dette en dobbelttelling av kostnader for konsept A tilsvarende 5,2 mrd. kroner og for konsept B utgjør det en dobbelttelling tilsvarende 8,22 mrd. kroner. Dette er i løpet av kvalitetssikringsprosessen kommunisert og avklart med prosjektet at dette er blitt ført dobbelt og hensyntas i vår samfunnsøkonomiske analyse.

Vår vurdering av KVUens usikkerhetsanalyse er satt til «rød» i tabellen over. Bakgrunnen for dette er at det i løpet av kvalitetssikringsprosessen er avdekket vesentlige feil i deres analyse som medfører at de reelle analyseresultatene er betydelig større enn hva som er gitt i KVUen. Følgelig vil ikke KVUens analysetall være av relevans, gir ikke riktige inngangsverdier i deres samfunnsøkonomiske analyse og vil påvirke de prissatte virkningene. Forventningsverdien for investeringskostnaden øker for alle konsepter:

- Forventningsverdi for konsept A øker med omkring 100 mill. kroner ekskl. mva.
- Forventningsverdi for konsept B øker med omkring 400 mill. kroner ekskl. mva.

- Forventningsverdi for konsept C øker med omkring 4 900 mill. kroner ekskl. mva.

Vi har ikke oppdatert KVUens samfunnsøkonomiske analyse gitt korrigerede tall som vi har mottatt, men vi tar høyde for korrigeringen inn i vår sammenligning av våre resultater og KVUens resultater.

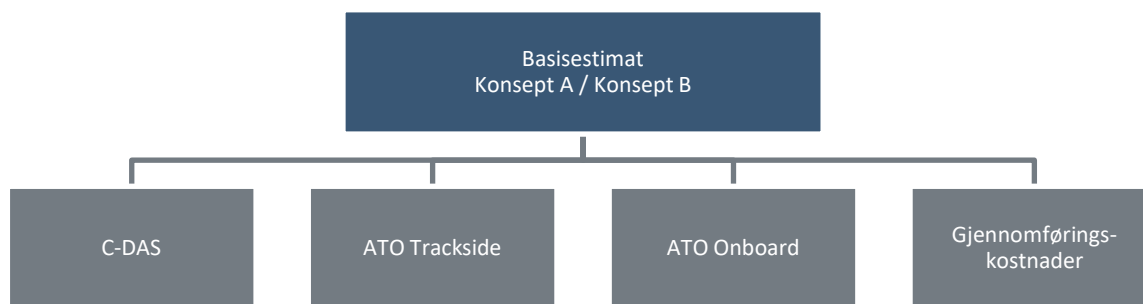
7.3 Grunnlag og forutsetninger for vår usikkerhetsanalyse

Følgende beregningsforutsetninger er lagt til grunn for vår usikkerhetsanalyse:

- Analysen er basert på konseptenes omfang og nytteambisjoner som beskrevet i KVU
 - Forutsettes ferdig utbygget ERMS nivå 2. Prosjektet innebærer investeringer i komponenter og datasystemer som kan gi automasjon av togframføringen på ferdig utbygget ERTMS L2. Innføringen av ERTMS nivå 2 pågår frem mot 2034.
 - Forutsetter mobilkommunikasjonssystem med tilsvarende funksjonalitet som FRMCS (Future Railway Mobile Communication System) eller GSM-R (Global System for Mobile Communication – Railwaw). Eventuelle direkte investeringer knyttet til denne funksjonalitet er ikke hensyntatt i kostnadsestimatene.
 - Oppgradering av hele eksisterende togpark
- Prisnivået for alle kostnadsposter er januar 2023-kroner.
- Valutaforutsetning EUR/NOK 11,28 og SEK/NOK 1,-
- Kostnadsnivåene i usikkerhetsanalysen er oppgitt i januar 2023-kroner.
- Usikkerhetsanalysen benytter Monte Carlo-simulering med bruk av Gamma 10-fordelinger
- Hele kostnadsestimatet er mva.-forpliktet tilsvarende 25 prosent.
- Prisstigning inkluderes ikke i analysen.
- Analysen omfatter ikke større premissendringer.
- Finansieringskostnader hensyntas ikke.
- Valutausikkerhet er ikke hensyntatt i analysen.
- Det er lagt til grunn referansetogtilbud som benyttes ifm. NTP 2025 – 2036. Det vil si det togtilbudet man antar vil gjelde dersom det ikke gjennomføres nye tiltak utover allerede vedtatte tiltak.

7.4 Prosjektnedbrytningsstruktur

Hvert konsept er modellert med separate usikkerhetsmodeller som er bygget opp med samme rammer og format, men med ulike kostnader og trippelestimat. I tillegg vil kostnader knyttet til C-DAS bare være relevant for konsept A og konsept for ATO Onboard vil bare være relevant for konsept B. Alle usikkerhetsfaktorer er plassert på øverste nivå og virker på summen av kostnadsestimatene. Dette fordi vi har vurdert at bade faktor og begrunnelse treffer hele kostnadsestimatet for konseptene.



Figur 7-1 Prosjektnedbrytningsstruktur for konsept A og konsept B

7.5 Basisestimat

I dette kapittelet følger en oversikt over basisestimatet per konsept. Vi har ikke gjennomført noen justeringer i basisestimat fra KVUen til denne KS1. Det ble opprinnelig oversendt et utdatert basisestimat, men via dialog med prosjektet ble dette rettet opp i.

Tabell 7-1 Basisestimat for investeringskostnader for konsept A og konsept B. Oppgitt i mill. 2023-kroner

Kostnadspost	Konsept A	Konsept B
Sikringstiltak	-	-
K1 Infrastruktur langs sporet	-	-
K2 Infrastruktur på stasjoner	-	-
K3 Sikkerhetsutrustning om bord	-	-
C-DAS	175	-
K4 C-DAS	175	-
ATO	487	1 554
K5 ATO Trackside	487	487
K6 ATO Onboard	-	1 067
K7 Gjennomføringskostnader	387	500
SUM Basisestimat (ekskl. mva.)	1 049	2 054
<i>Mva. (25 %)</i>	262	514
SUM Basisestimat (inkl. mva.)	1 312	2 568

Ettersom konsept C utgår i vår analyse er det bare konsept A og konsept B som inngår i vår alternativanalyse. Av følgende årsaker blir ikke kostnader knyttet til sikringstiltak vurdert da dette er kostnader som bare utløses i konsept C.

7.6 Estimatusikkerhet

Estimatusikkerhet er knyttet til usikkerhet i mengder og priser i prosjekteringsunderlaget. For hvert kostnadselement etableres et lavt (best), sannsynlig (tilsvarende basisestimat) og høyt (verst) estimat. Det lave estimatet settes slik at det kun er 10 prosent sannsynlighet for at den faktiske kostnaden vil bli lavere enn estimatet, og tilsvarende at det er 90 prosent sannsynlighet for at den faktiske kostnaden vil komme innenfor det høye estimatet. Dette benevnes henholdsvis 10- og 90-persentilene (P10, P90). Sannsynlig verdi (ML) er den

verdien man forventer at vil inntreffe. Både for lavt og høyt estimat legges det til grunn en situasjonsbeskrivelse som er realistisk at vil kunne inntreffe i ett av ti tilfeller.

Øvrige forhold som kan påvirke samlede prosjektkostnader er behandlet som usikkerhetsfaktorer. For våre vurderinger bak spennene på estimatusikkerhet vises det til Vedlegg 5. I tabellen vises våre spenn som er vurdert per konsept per kostnadspost, oppgitt i prosent. Vi har ikke vurdert at noen av kostnadspostene hadde en sannsynlig verdi ulik basisestimatet, og er følgelig ikke inkludert i tabellen under da det ikke er justeringer.

Tabell 7-2 Estimatusikkerhet for konsept A, oppgitt i prosent og mill. kroner

Estimatusikkerhet - Konsept A							
Post	Kroner	P10 [%]	ML	P90 [%]	P10	ML	P90
K4 C-DAS	175	-50 %	0 %	40 %	88	175	245
K5 ATO Trackside	487	-50 %	0 %	50 %	244	487	731
K6 ATO Onboard							
K7 Gjennomføringskostnader	387	-30 %	0 %	30 %	271	387	503
Basisestimat	1 049						

Tabell 7-3 Estimatusikkerhet for konsept B, oppgitt i prosent og mill. kroner

Estimatusikkerhet - Konsept B							
Post	Kroner	P10 [%]	ML	P90 [%]	P10	ML	P90
K4 C-DAS							
K5 ATO Trackside	487	-50 %	0 %	50 %	244	487	731
K6 ATO Onboard	1 067	-40 %	0 %	60 %	640	1 067	1 707
K7 Gjennomføringskostnader	500	-20 %	0 %	30 %	400	500	650
Basisestimat	2 054						

7.7 Usikkerhetsfaktorer

Usikkerhetsfaktorer modellerer den kostnadmessige konsekvensen av alle forhold som ikke inkluderes i basisestimatet og estimatusikkerheten, men som likevel antas å kunne påvirke de endelige prosjektkostnadene.

Usikkerhetsfaktorene dekker både forhold der prosjektet kan påvirke sannsynlighet og/eller utfall, og forhold der prosjektet ikke kan påvirke sannsynlighet/utfall. For de forhold der et prosjekt ikke kan påvirke sannsynligheten vil det likevel kunne gjennomføres tiltak som reduserer den kostnadmessige konsekvensen for prosjektet. Usikkerhetsfaktorer kan være interne (eksempelvis prosjektorganisering), eller eksterne (eksempelvis entreprenørens gjennomføring). Faktorene påvirker kostnadsspennet for de kostnadselementene faktorene er satt til å påvirke.

Faktorer med et symmetrisk spenn rundt verdien 1,00 vil ikke påvirke den forventede kostnaden (P50), men vil øke usikkerhetsavsetningen og dermed gi en høyere anbefalt kostnadsramme (P85). Faktorer med et asymmetrisk spenn eller ikke-nøytral sannsynlig påvirkning (annen verdi enn 1,00 som sannsynlig) vil normalt også påvirke den forventede kostnaden (P50).

Et forhold som er vanskelig å modellere er den innbyrdes forsterkende effekten dersom flere av de viktigste faktorene får et positivt eller negativt utfall samtidig. Dette er en av årsakene til at det er viktig med proaktiv

usikkerhetsstyring gjennom hele prosjektet, med prioriterte innsatsområder og klare planer for håndtering av uønskede utfall, samt utnyttelse av muligheter og synergier som oppstår.

I tabellene under presenteres våre identifiserte usikkerhetsfaktorene, med tilhørende definisjoner og hvilken effekt vi vurderer de har på kostnaden til konseptene. Faktorene påvirker alle kostnadselementer i basisestimatet

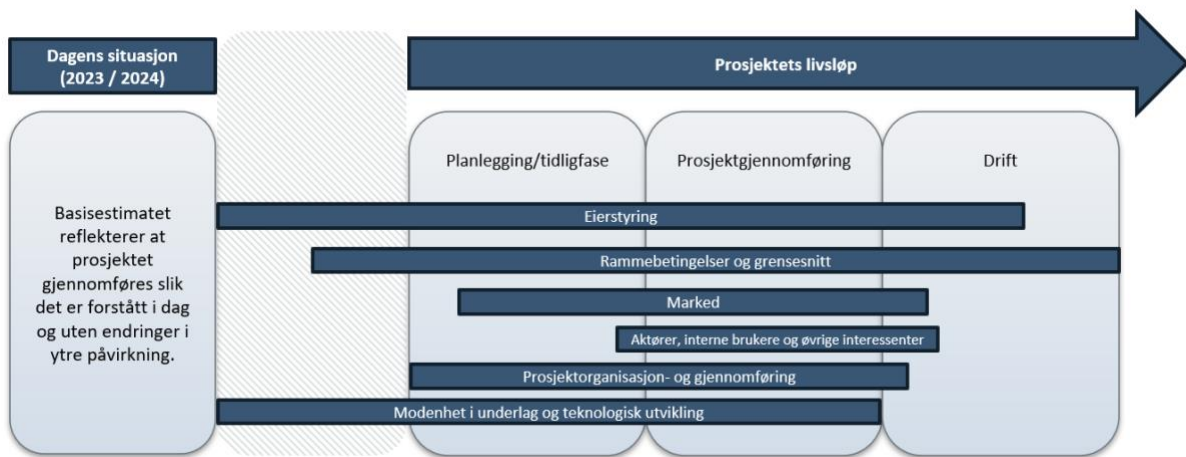
For ytterligere detaljer henvises det til Vedlegg 5.

Tabell 7-4 De identifiserte usikkerhetsfaktorene og beskrivelse av dem

Usikkerhetsfaktor	Beskrivelse
U1: Eierstyring	Faktoren uttrykker eiers evne til å styre prosjektet fra i dag og frem til prosjektet er avsluttet. Herunder ligger det føringer, beslutningsevne og prioriteringer.
U2: Rammebetingelser og grensesnitt	Faktoren uttrykker den påvirkningen endringer i lover og regler, forskrifter og kravspesifikasjoner kan ha på prosjektet.
U3: Marked	Kapasitet og konkurransesituasjon i markedet på konkurransetidspunktet, konjunkturer utover markedsmiddel, blant annet knyttet til innsatsfaktorer og transportpriser.
U4: Aktører, interne brukere og øvrige interessenter	Faktoren uttrykker usikkerhet knyttet til krav/støy fra brukere og interessenter kan ha på prosjektet (krav om endring, støy som trenerer gjennomføring). Herunder inngår også evt. påvirkning fra lokførerers fagforening og andre interesseorganisasjoner.
U5: Prosjektorganisasjon- og gjennomføring	Faktoren uttrykker usikkerhet knyttet til prosjektorganisasjonens evne til å planlegge og styre prosjektet på en god måte, samt dens evne til å håndtere og samarbeide med kontraktsparter, herunder også endringshåndtering. Faktoren uttrykker også usikkerhet i prosjektorganisasjonens evne til å holde på nøkkelpersonell gjennom hele prosjektgjennomføringen, og i stort sikre kompetanse, kvalitet og kontinuitet i hele prosjektet.
U6: Modenhet i underlag og teknologisk utvikling	Faktoren uttrykker den usikkerheten som ligger i prosjektunderlagets detaljnivå og modenhet. Løsningsvalg og teknisk usikkerhet kan både bidra til høyere og lavere kostnader. Faktoren uttrykker også den påvirkning teknologisk utvikling kan ha på prosjektet. Faktoren skal dekke hvordan disse elementene kan påvirke kostnaden utover det som er tatt høyde for i estimatusikkerheten. Faktoren dekkes også muligheter for optimalisering av konsepter, spesielt siden det er relativt lenge til konseptet potensielt skal realiseres.
U7: Leverandørens gjennomføringsevne	Faktoren uttrykker leverandørens evne til å levere i henhold til avtalte spesifikasjoner, pris og tidsfrister.

For å forstå prosjektets overordnede usikkerhetsbilde og hvordan det kan påvirke prosjektet, er det viktig å forstå når de enkelte usikkerhetsfaktorene kan påvirke prosjektets utforming og kostnadsbilde. Tidspunktet for når risiko oppstår i løpet av prosjektet kan påvirke utfallet av prosjektet. I dette prosjektet er *tid* en sentral parameter. Jo lenger frem i tid planleggingen strekker seg, desto større er usikkerheten. Det kan være spesielt vanskelig å forutsi endringer i markedsforhold, teknologisk utvikling, rammebetingelser og andre faktorer.

Ettersom det er relativt lenge til prosjektet skal detaljplanlegges og gjennomføres, vil de identifiserte usikkerhetsfaktorene kunne påvirke prosjektet i lang tid. I figuren under har vi illustrert vår forståelse av det overordnede usikkerhetsbildet til alternativene. Styrken på de ulike faktorene vil variere mellom alternativene, men alle faktorene vil i en eller annen grad påvirke prosjektet med tilhørende varighet av konseptenes faser. Det er også viktig å merke seg at selv om prosjektet avventer en ytterligere planlegging av konseptet, vil flere av usikkerhetsfaktorene fremdeles være gjeldende og kan påvirke prosjektets utforming, kompleksitet og kostnad. Dette er markert med skravert område i figuren under.



Figur 7-2 Overordnet usikkerhetsbilde og faktorens påvirkningsmulighet

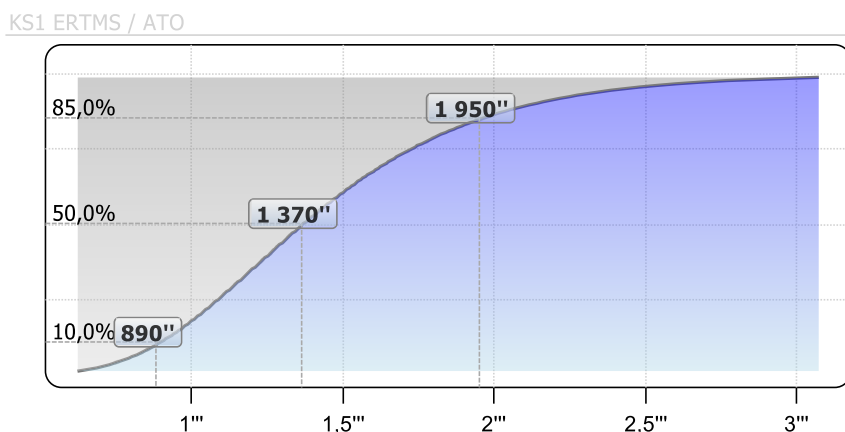
I tabellen under vises hver usikkerhetsfaktor med tilhørende usikkerhetsspenn for begge konseptene. For vår begrunnelse av spenn vises det til Vedlegg 5. Vi har vurdert alle usikkerhetsfaktorene til mest sannsynlig ikke å ha kostnadpåvirkning. I tabellen vises av den grunn ikke en rad for mest sannsynlig verdi per konsept og per usikkerhetsfaktor, da den vil være 0 prosent sannsynlig påvirkning. Eventuell påvirkning fra usikkerhetsfaktorene reflekteres i spennet for P10 og P90

Tabell 7-5 Identifisere usikkerhetsfaktorer for hvert konsept med tilhørende spenn.

Usikkerhetsdrivere	Konsept A			Konsept B		
	P10 [%]	Mest sannsynlig	P90 [%]	P10 [%]	Mest sannsynlig	P90 [%]
U1: Eierstyring	-10 %	0 %	15 %	-10 %	0 %	15 %
U2: Rammebetingelser og grensesnitt	-10 %	0 %	15 %	-10 %	0 %	20 %
U3: Marked	-16 %	0 %	16 %	-16 %	0 %	16 %
U4: Aktører, interne brukere og øvrige interessenter	-3 %	0 %	5 %	-3 %	0 %	8 %
U5: Prosjektorganisasjon- og gjennomføring	-15 %	0 %	20 %	-15 %	0 %	25 %
U6: Modenhet i underlag og teknologisk utvikling	-10 %	0 %	15 %	-20 %	0 %	20 %
U7: Leverandørens gjennomføringsevne	-10 %	0 %	15 %	-10 %	0 %	20 %

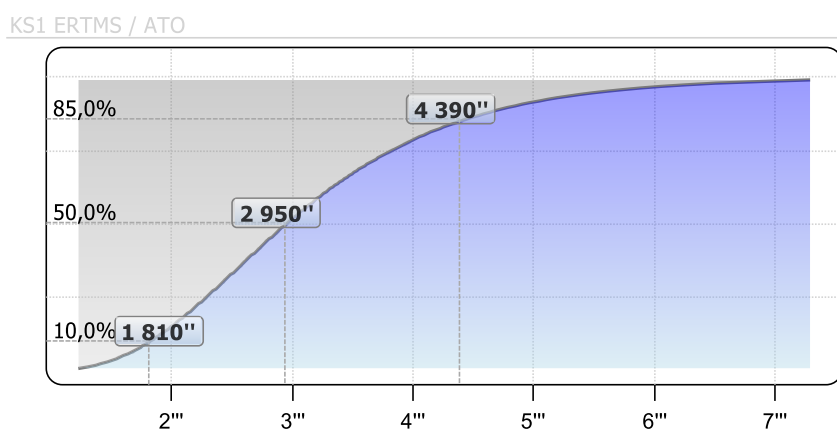
7.8 Resultat

Et resultat av usikkerhetsanalysen er en S-kurve (sannsynlighetskurve) og tornadodiagram for hver av konseptene. Ut fra vurderinger rundt estimatusikkerhet og usikkerhetsfaktorer avledes S-kurven. Figurene under illustrerer konseptenes akkumulerte sannsynlighetskurve med P50 og P85 slik konseptene foreligger nå. Kurven illustrerer hvilken forventet kostnad man kan gjennomføre prosjektet innenfor (x-aksen) og tilhørende sannsynlighet (y-aksen).



Figur 7-3 S-kurve for Konsept A, avrundet til nærmeste 10-million. Tall oppgitt inkl. mva.

S-kurven viser at det er 50 prosent sannsynlighet for at Konsept A gjennomføres innenfor en kostnad tilsvarende 1 370 mill. kroner inkl. mva., og 85 prosent sannsynlighet for at prosjektet gjennomføres under 1 950 mill. kroner inkl. mva.



Figur 7-4 S-kurve for Konsept B, avrundet til nærmeste 10-million. Tall oppgitt inkl. mva.

S-kurven for konsept B viser at det er 50 prosent sannsynlighet for at konseptet kan gjennomføres innenfor 2 950 mill. kroner inkl. mva., og at det er 85 prosent sannsynlighet for at konseptet kan realiseres under 4 390 mill. kroner inkl. mva.

I tabellen under presenteres nøkkeltallene fra usikkerhetsanalysen som er gjennomført for de ulike konseptene. Tallene er oppgitt i 2023-kroner, henholdsvis ekskl. mva. og inkl. mva.

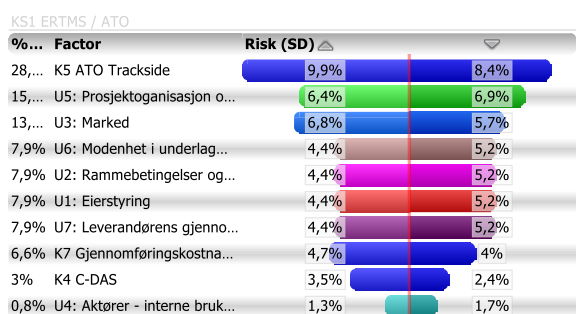
Tabell 7-6 Oppstilling av nøkkeltall fra usikkerhetsanalysen for de ulike konseptene i mill. 2023-kroner

Nøkkeltall	Konsept A			Konsept B		
	Mill. kroner [ekskl. mva.]	Mill. kroner [inkl. mva.]	[%]	Mill. kroner [ekskl. mva.]	Mill. kroner [inkl. mva.]	[%]
Basisestimat	1 049	1 312		2 054	2 568	
Forventet tillegg	41	58	4 %	306	382	15 %
P50	1 090	1 370		2 360	2 950	
Usikkerhetsavsetning	470	580	43 %	1 160	1 440	49 %
P85	1 560	1 950		3 520	4 390	
Relativt standardavvik			35 %			40 %
Forventningsverdi	1 163			2 545		

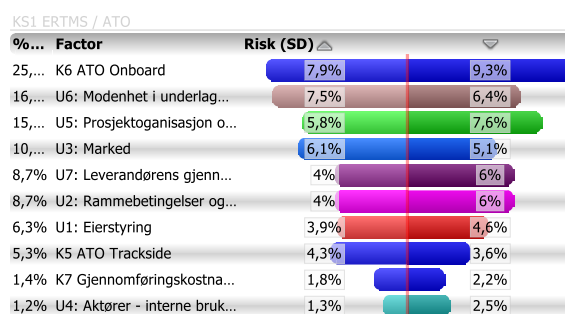
7.9 Usikkerhetsprofil

Basert på usikkerhetsfaktorenes innvirkning på prosjektets kostnad samt kostnadselementenes usikkerhet beregnes et tornadodiagram, som vist i figurene under. Diagrammet reflekterer konseptenes usikkerhetsprofil med risiko og muligheter. Risiko som kan bidra til å øke konseptenes kostnader er gitt til høyre i diagrammet, muligheter som kan bidra til å redusere prosjektets kostnader er gitt til venstre i diagrammet.

Diagrammet angir usikkerhetsfaktorens og kostnadselementers relative bidrag til den totale usikkerheten, det vil si at de enkelte usikkerhetselementene vises som prosentandel av den totale usikkerheten i modellen. Den røde streken angir forventningsverdien til konseptene, med en oppside til venstre og en nedside representert til høyre. Prosentandelen angir usikkerhetens bidrag til det totale standardavviket (standard deviation, SD). Denne rangeringen av usikkerhetselementer gir mulighet for å prioritere hvilke momenter prosjektet bør rette oppmerksomheten mot i videre usikkerhetsstyring. Tiltak for å utnytte muligheter og redusere risiko og for å sikre måloppnåelse i prosjektet bør utarbeides basert på dette.



Figur 7-5 Tornadodiagram for konsept A



Figur 7-6 Tornadodiagram for konsept B

For **konsept A** er den største usikkerheten estimatusikkerheten for kostnadsposten *ATO Trackside*, det vil si usikkerhet i kostnaden for elementet. Kostnadsposten omfatter én dataenhet med to datasenter, så det er følgelig ikke mengdeusikkerhet i kostnadsposten. Denne enheten skal sørge for at informasjonen fra trafikksystemet kan gi informasjon om infrastruktur, spor og rute for C-DAS for alternativ A. Estimater omfatter både installasjon, utvikling og integrasjon, samt oppgradering av TMS. Det er stor usikkerhet knyttet til spesielt installasjonen og integrasjonen av systemet. Det er flere systemer som skal kommunisere sammen med ulike

leverandører, dette gjelder spesielt integrasjonen som skal gjøres av oppgraderingen av TMS. I denne estimatusikkerheten ligger det også en betydelig oppside, dette er blant annet at integrasjonen og installasjonen blir mindre omfattende enn hva som er forutsatt.

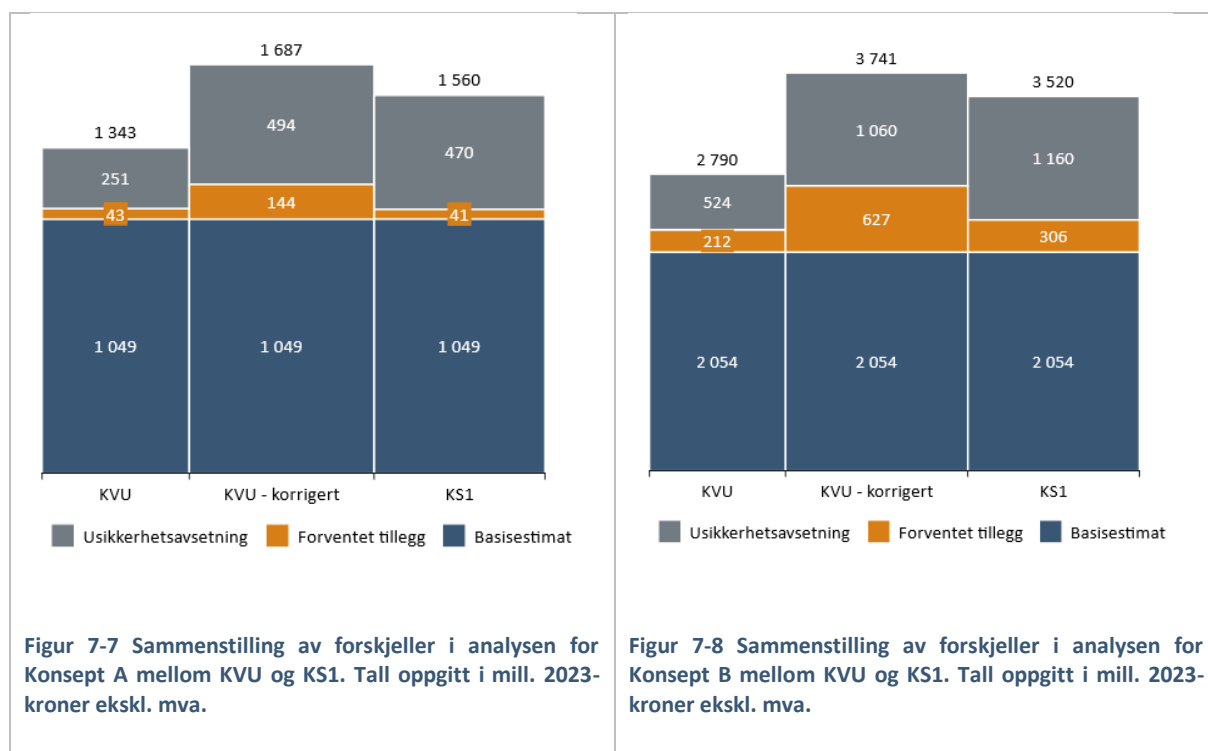
Den største usikkerhetsfaktoren er *prosjektorganisasjonen og -gjennomføringen*. Prosjektet skal gjennomføres i mange år, og det er fremdeles potensielt lenge til man skal igangsette arbeidet. Ved langvarige prosjekt vil det være spesielt utfordrende med langsiktig ressursplanlegging, herunder å sikre tilstrekkelig kapasitet og riktig kompetanse gjennom hele prosjektgjennomføringen. Det er også en usikkerhet til prosjektets evne til å håndtere omfangsendringer, endrede krav, avdekke risiko, og utarbeide kravspesifikasjoner i forkant av bestilling.

For **konsept B** er den største usikkerheten knyttet til *ATO Onboard*. Kostnadsposten omfatter komplett leveranse av datamaskin og system som installeres på hele togparken for at de kan kjøre automatisk. Det ligger til grunn 447 tog (total togpark), med 22 FoC (First of Class). Det er begrenset mengdeusikkerhet i denne kostnadsposten, men det er svært stor prisusikkerheten. I realiteten finnes ikke ATO Onboard på markedet i dag, og det er derfor estimert en tenkt løsning. Dette er i stort bakgrunnen for den høye usikkerheten på kostnadsposten.

Den største usikkerhetsfaktoren for alternativet er *U6: Modenhet i underlag og teknologisk utvikling*. Det er langt frem før prosjektet skal igangsettes, og det er mye teknologisk utvikling innen dette fagområdet. Dette kan påvirke prosjektets utforming, og bidra til realisert løsning og planlagt løsning vil være ulike. Usikkerhetsfaktoren har en betydelig oppside da dette vil kunne bidra til optimalisering og billigere løsninger enn det som ligger til grunn i underlaget.

7.10 Sammenligning med KVVU-ens usikkerhetsanalyse

I figurene under sammenstilles KVVUens opprinnelige analysetall, korrigerte analysetall fra utreder og våre analysetall representert ved den høyre søylen (KS1).



For konsept A har vi sammenlignet med KVV-korrigert lavere forventet tillegg og nokså lik usikkerhetsavsetning. Vi har gjennomgående vurdert noe mindre høyreskjevt spenn enn KVVen, noe som reduserer det forventede tillegg. Vår vurdering av kostnader knyttet til C-DAS skiller seg fra KVVens vurdering. Vi har lagt til grunn en større potensiell oppside i forbindelse med Norske tog sine innkjøp av nye tog som har C-DAS installert om bord. Dette vil kunne gi kostnadsbesparelser for prosjektet. De totale kostnadene for hardware innkjøp av C-DAS utgjør en kostnad tilsvarende 71 mill. kroner ekskl. mva., så potensielle kostnadsreduksjoner er sammenlignet med øvrige kostnadsposter noe begrenset.

For konsept B har vi også sammenlignet med de korrigerte KVV-tallene lavere forventet tillegg, men noe større usikkerhetsavsetning. I stort stiller vi oss bak KVVens vurderinger av usikkerhetsspenn, men vi har noen spenn som er smalere og mindre høyreskjeve enn de KVVen har lagt til grunn. Dette gjelder spesielt kostnader for gjennomføring og usikkerhetsvurderingene av prosjektorganisasjonen. Vi vurderer at spennene på kostnadselementet og for prosjektorganisasjonen er for høyt. Vi mener at det reelle spennet er smalere, gitt forutsetningen om hensiktsmessig eierstyring og god prosjektgjennomføring gjennom hele prosjektet. Dette vil kunne redusere størrelsen på spennet.

Tabell 7-7 Sammenstilling av nøkkeltall for Konsept A fra usikkerhetsanalyser, oppgitt i mill. 2023-kroner ekskl. mva.

Konsept A	KVV		KVV - korrigert		KS1	
	mill. kroner	[%]	mill. kroner	[%]	mill. kroner	[%]
Basisestimat	1 049		1 049		1 049	
Forventet tillegg	43	4 %	144	14 %	41	4 %
P50	1 092		1 193		1 090	
Usikkerhetsavsetning	251	23 %	494	41 %	470	43 %
P85	1 344		1 687		1 560	
Standardavvik		21 %	469	39 %	413	35 %
Forventningsverdi	1 104		1 197		1 163	

Tabell 7-8 Sammenstilling av nøkkeltall for Konsept B fra usikkerhetsanalyser, oppgitt i mill. 2023-kroner ekskl. mva.

Konsept B	KVV		KVV - korrigert		KS1	
	mill. kroner	[%]	mill. kroner	[%]	mill. kroner	[%]
Basisestimat	2 054		2 054		2 054	
Forventet tillegg	212	10 %	627	31 %	306	15 %
P50	2 266		2 681		2 360	
Usikkerhetsavsetning	524	23 %	1 060	40 %	1 160	49 %
P85	2 790		3 740		3 520	
Standardavvik		21 %	1 002	37 %	1 022	40 %
Forventningsverdi	2 290		2 693		2 545	

8 Samfunnsøkonomisk analyse

Kvalitetssikrer har avdekket feil både på kostnads- og nyttesiden i KVUens alternativanalyse, som er utbedret i kvalitetssikrers egen alternativanalyse. Det er flere vesentlige usikkerheter på nyttesiden, primært knyttet til antakelser som er benyttet for å simulere trafikale virkninger av C-DAS og ATO, og den samfunnsøkonomiske verdsettingen av mange, små forsinkelsesreduksjoner. Det har som del av kvalitetssikringen ikke vært mulig å gjennomføre følsomhetsanalyser av simuleringene, men kvalitetssikrer har kunnet justere feilene som er oppdaget. Dette påvirker ikke rangeringen av konseptene, og Konsept A: Førerstøtte med kapasitetsinnretning anses fremdeles som samfunnsøkonomisk lønnsomt, som det eneste konseptet. Vi kan imidlertid ikke utelukke at oppdaterte simuleringer av konseptene vil vise at ingen av konseptene er samfunnsøkonomisk lønnsomme, og det er viktig at forprosjektet bekrefter samfunnsøkonomisk lønnsomhet.

Element	Avvik fra KVU
Grunnleggende forutsetninger	Grønt
Prissatte virkninger	Gult
Ikke-prissatte virkninger	Rødt
Følsomhetsanalyser	Gult

8.1 Samfunnsøkonomisk analyse i KVU

8.1.1 Forutsetninger

Tabell 8-1: Forutsetninger i KVU-ens alternativanalyse

KVU	
Diskonteringsrente	4 prosent første 40 år, deretter 3 prosent
Trafikale virkninger i analyseperioden	Transporttilbud i samsvar med referansetransporttilbud utarbeidet for NTP for perioden 2025-2036 Passasjervekst i samsvar med prognoser til NTP for 2025-2036
Kalkulasjonspriser	Tilsvare det som er lagt til grunn i NTP 2025-2036
Realprisjustering	«I samsvar med siste perspektivmelding»
Beregningsår	2030 og 2060
Diskonteringsår	2023
Åpningsår	2034
Prisnivå	2023
Investeringer	Konsept A: 1 049 millioner kroner i 2033 Konsept B: 2 054 millioner kroner i 2033 Konsept C1: 3 403 millioner kroner i 2033 Konsept C2: 6 917 millioner kroner fordelt på 2033 og 2034 Konsept C3: 29 726 millioner kroner fordelt på 2033, 2034 og 2035

Reinvesteringer	<p>Konsept A: 71 millioner kroner i C-DAS-reinvesteringer hvert 3. år, og 874 millioner kroner i ATO-infrastruktur-reinvesteringer hvert 15. år.</p> <p>Konsept B: 2 054 millioner kroner hvert 15. år</p> <p>Konsept C1: 2 699 millioner kroner etter 15, 30 og 60 år, samt 2 591 millioner kroner etter 45 år.</p> <p>Konsept C2: 3 897 millioner kroner etter 15 år, 4 351 millioner kroner etter 30 og 60 år, samt 3 501 millioner kroner etter 45 år</p> <p>Konsept C3: 5 204 millioner kroner etter 15 år, 10 962 millioner kroner etter 30 og 60 år, samt 4 304 millioner kroner etter 45 år</p>
FDVU-kostnader⁹	<p>Konsept A: 142 millioner kroner årlig</p> <p>Konsept B: 460 millioner kroner årlig</p> <p>Konsept C1: 957 millioner kroner årlig</p> <p>Konsept C2: 1 110 millioner kroner årlig</p> <p>Konsept C3: 1 706 millioner kroner årlig</p>
Anleggsperiode	<p>Konsept A: 1 år</p> <p>Konsept B: 1 år</p> <p>Konsept C: 1-3 år, avhengig av omfang</p>
Analyseperiode	75 år
Tidskostnader for reisende	<p>Togreiser under 70 km: 126 kr/time</p> <p>Togreiser mellom 70 og 200 km: 187 kr/time</p> <p>Togreiser over 200 km: 223 kr/time</p>
Vektingsfaktor for forsinkelser	2,5
Virkedøgn (normal hverdag)	230

8.1.2 Prissatte virkninger

KVU-en har analysert prissatte virkninger for trafikanter, operatører, det offentlige og samfunnet for øvrig. Beregningene bygger i hovedsak på to kilder: Estimerte kostnader ved innføring og drift av de ulike konseptene, beregnet av WSP, og simuleringer av endringer i forsinkelser som følge av de ulike tiltakene, gjennomført av TrenoLab. Hvert alternativ har blitt simulert med to ulike innretninger: Én med mål om å spare kjøretid, og én med mål om å spare energi. Gjennomsnittresultatene fra hver av de to simuleringene har deretter blitt sammenstilt med prognoser på passasjertall og godsvolumer i tråd med Nasjonal Transportplan og Nasjonal godstransportmodell. Verdsetting av reisetid og forsinkelser følger Transportøkonomisk Instituttets verdsettingsstudier. Analysene er i hovedsak gjennomført via Jernbanedirektoratets egne analyseverktøy Trenklin (3.2) og SAGA (2.8.2).

⁹ Investeringer, reinvesteringer og FDVU-kostnader er her oppført i henhold til det som faktisk er lagt inn i den samfunnsøkonomiske analysen. Her er det enkelte avvik fra det som er skriftlig dokumentert i KVU – hvor det mest vesentlige følger av at det har blitt brukt basisestimer inn i analysen, til tross for at det i KVU står oppført at det er forventningsverdi som benyttes.

8.1.3 Ikke-prissatte virkninger

KVU-en har identifisert følgende ikke-prissatte virkninger:

- **Slitasje på togmateriell og infrastruktur.** Det forventes at en mer «aggressiv» kjørestil for å redusere kjøretid vil bidra til økt slitasje.
- **Kjøretider og ruteplan.** Det har ikke blitt beregnet hvordan ATO kan påvirke produktiviteten i togdriften gjennom endret ruteplan. Det forventes likevel at en eventuell reduksjon i kjøretid vil være størst med en «aggressiv» kjørestil.
- **Passasjerkomfort.** Endring i kjørestil kan påvirke komforten til passasjerene, og det forventes at en mer «aggressiv» kjørestil vil oppleves mindre komfortabelt enn en «myk» kjørestil.
- **Vendetid.** ATO med førerløse tog (alternativ C) vil potensielt kunne vende raskere ved enden av linjen enn tog med togfører. Dette vil kunne gi en mer effektiv utnyttelse av togmateriellet, men forutsetter at ruteplanene oppdateres.
- **Konsekvenser for omgivelsene.** De omfattende sikringstiltakene som forutsettes i alternativ C forventes å gi både positive og negative konsekvenser for omgivelsene. Hvor store virkningene blir avhenger av hvilke deler av tognettet som tilrettelegges for førerløse tog. Det forventes ingen endring i alternativ A og B.
- **Sparte menneskeliv.** Sikringstiltakene i konsept C vil kunne bidra til å spare menneskeliv. Det har likevel ikke blitt inkludert som en prissatt virkning da det er krevende å beregne hvor mange menneskeliv som vil spares av tiltakene.

De ikke-prissatte virkningene er sparsommelig begrunnet, ikke vurdert opp mot hverandre, i begrenset grad sammenliknet med de prissatte virkningene eller på tvers av alternativene, fremkommer ikke i KVUens hoveddokument og er ikke aktivt benyttet i rangering og anbefaling.

8.1.4 Resultater

KVU-ens prissatte virkninger er oppsummert i tabellen nedenfor. Som beskrevet i kapittel 7, har vi i løpet av kvalitetssikringsprosessen avdekket flere feil i kostnadstallene. Disse feilene er *ikke* korrigert i tabellen under. Konsept A Kapasitet er det eneste samfunnsøkonomisk lønnsomme konseptet.

Tabell 8-2: Prissatte virkninger i KVUens alternativanalyse. Millioner 2023-kroner.

	Alternativ A		Alternativ B		Alternativ C					
	Kapasitet	Energi	Kapasitet	Energi	C.1		C.2		C.3	
					Kapasitet	Energi	Kapasitet	Energi	Kapasitet	Energi
Trafikanter	5 995	2 925	6 236	3 226	6 259	3 123	6 960	3 226	20 283	16 097
Trafikantnytte, referanse	4 880	2 305	5 001	2 559	5 050	2 555	5 469	2 523	5 469	2 523
Trafikantnytte, overført og nyskapt	49	14	57	17	58	17	64	16	64	16
Andre transportmidler (bil, buss, fly)	626	286	706	315	714	314	777	310	1 551	580
Godskunder	-71	84	-105	74	-146	-23	16	121	12 565	12 722
Helsevirkninger for gående og syklende, overført fra bil	512	237	577	261	583	260	634	256	634	256
Operatører	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Markedsinntekter, persontog	1 119	516	1 262	568	1 276	567	1 388	558	1 388	558
Offentlig kjøp av persontransport, persontog	-800	-597	-887	-657	-4 751	-4 509	-13 226	-12 881	-20 096	-19 468
Endring i drift, avgifter og persontog	-319	81	-375	89	3 475	3 942	11 838	12 323	18 708	18 901
Endring i materiell persontog	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Endring i avgifter og offentlig kjøp, buss og fly	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Det offentlige	-3 584	-3 789	-10 637	-10 838	-14 317	-14 529	-14 998	-15 307	-40 430	-41 022
Endring i avgifter (herunder bom- og fergeavgifter)	-66	-30	-74	-33	-75	-33	-82	-33	-1 493	-1 443
Endring i vedlikehold av infrastruktur	-2 609	-2 614	-8 469	-8 475	-14 608	-14 613	-20 446	-20 453	-32 777	-32 784
Offentlig kjøp av persontransport på tog og buss	810	602	899	662	4 763	4 514	13 283	12 887	20 108	19 473
Investeringer	-709	-709	-1 388	-1 388	-2 299	-2 299	-4 583	-4 583	-20 896	-20 896
Reinvesteringer	-1 010	-1 038	-1 604	-1 604	-2 098	-2 098	-3 125	-3 125	-5 373	-5 373
Samfunnet for øvrig	-289	-552	-1 647	-1 942	-2 378	-2 686	-2 455	-2 832	-3 626	-3 444
Endring i ulykker	52	24	58	26	61	28	66	27	287	248
Endring i støy	161	74	182	81	186	83	202	82	48	250
Endring i lokale utslipp	210	96	237	106	240	106	261	104	967	1 099
Endring i CO2-utslipp	11	5	13	6	13	6	14	6	1 984	1 976
Endring i CO2-utslipp i byggefasen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Endring i CO2-utslipp arealbeslag	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Restverdi av tiltak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Endring i skattefinansiering	-723	-750	-2 137	-2 161	-2 877	-2 908	-2 998	-3 050	-6 912	-7 016
Samfunnsøkonomisk brutto nåverdi	4 185	681	-2 458	-5 965	-5 160	-8 816	-1 243	-5 663	7 748	3 153
Samfunnsøkonomisk netto nåverdi	2 123	-1 416	-6 047	-9 554	-10 436	-14 092	-10 493	-14 912	-23 774	-28 369
Netto nåverdi per budsjettkrone	0,59	-0,37	-0,57	-0,88	-0,73	-0,97	-0,70	-0,97	-0,59	-0,69
Netto nåverdi per kostnadskrone	0,49	-0,32	-0,53	-0,83	-0,55	-0,74	-0,37	-0,53	-0,40	-0,48

KVU-en knytter også følgende usikkerhetsmomenter til resultatene:

- Levetid.** Flere av sikkerhetstiltakene i alternativ C har lang levetid, men det kan ikke utelukkes at framtidig teknologisk utvikling gir løsninger som er annerledes enn det man ser for seg i dag. Dermed vil tiltakenes økonomiske levetid kunne være betydelig kortere enn den tekniske levetiden.
- Trafikantnytte.** Trafikantnyttens av reduserte forsinkelser bygger på simulering av togdrift med ATO på utvalgte strekninger.
- Investerings- og driftskostnader.** Det er usikkerhet knyttet til kostnadsestimater både per komponent/enhet, levetid og til en viss grad komponenter/enheter. Usikkerheten er særlig høy for kostnadene ved sikringstiltakene i alternativ C.
- Finansiering av ATO.** For å ta høyde for et eventuelt pålegg til godsoperatører om å benytte ATO, er det beregnet hva det vil koste godsoperatørene å utstyre sine tog med nødvendig utstyr. Dersom operatørene velger å finansiere dette selv uten pålegg, vil det kunne gi besparelser for det offentlige. Samtidig vil eventuelle merkostnader for operatørene bli veltet over på kundene. Denne usikkerheten omfatter primært hvem som vil ta de endelige kostnadene. Den eneste måten de samlede kostnadene påvirkes av dette, vil være gjennom skattefinansieringen – som vil kunne reduseres jo mer av kostnadene godsoperatørene tar selv.

Det har blitt gjennomført sensitivitets- og usikkerhetsanalyser for punktene 1-3. For å ta høyde for endring i levetid har det blitt gjennomført en tilsvarende analyse med en analyseperiode på 30 år. Denne gir en lavere, men fremdeles positiv netto nåverdi for alternativ A. Alternativ B og C har høyere, men fremdeles negativ netto nåverdi. For trafikantnytte og kostnader har det blitt gjennomført break-even-analyser, som samlet sett viser at det skal relativt store utslag til før alternativene endres fra lønnsomme til ulønnsomme eller motsatt.

8.1.5 Tilleggsinformasjon vi har mottatt i løpet av kvalitetssikringen

I forbindelse med kvalitetssikringen har vi fått tilgang til SAGA-modellen som har blitt benyttet til å sammenstille og modellere samlede samfunnsøkonomiske prissatte virkninger over konseptenes levetid. Vi har også mottatt resultater fra trafikantnytteberegninger gjennomført i Trenklin, samt Excel-modeller som beregner trafikantnyttene i landet for øvrig.

Vi har fått tilgang på oppsummerte resultater fra simuleringene som viser gjennomsnittlige forsinkelser over alle simulerte døgn for hver linje, for hvert stopp. Oppsummeringene gir noe innsikt i hvordan forsinkelsene fordeler seg utover i tid, men data på mer granulert nivå ville gjort det mulig å redusere usikkerheten i alternativanalysen ytterligere.

Vi har avdekket dobbelttelling av de anslåtte reinvesteringskostnadene i den samfunnsøkonomiske analysen. Det har også blitt funnet feil i beregninger av forventningsverdiene for FDVU-kostnadene, som skulle vært høyere enn det som er lagt til grunn i KVUens alternativanalyse. I tillegg har det kommet frem at KVUen har brukt basisestimater, og ikke forventningsverdier, for investeringskostnadene i den samfunnsøkonomiske analysen.

Vi har også oppdaget feil i oppskaleringen av årlige passasjertall for enkelte linjer utenfor østlandsområdet. I følge våre beregninger skulle passasjertallet vært 11-12 millioner lavere, eller nær halvert, sammenliknet med det som er antatt i KVUens alternativanalyse.

8.1.6 Vår vurdering av den samfunnsøkonomiske analysen i KVU

Den samfunnsøkonomiske analysen i KVUen inneholder flere feil og vi savner særlig vurdering av viktige ikke-prissatte virkningers bidrag til den samfunnsøkonomiske lønnsomheten og følsomhetsanalyser av sentrale og usikre antakelser i simuleringen av de trafikale virkningene – som driver det aller meste av nytten.

Vi har allerede bemerket at de ikke-prissatte virkningene er sparsommelig begrunnet, ikke vurdert opp mot hverandre, i begrenset grad sammenliknet med de prissatte virkningene eller på tvers av alternativene, ikke fremkommer i KVUens hoveddokument og ikke er aktivt benyttet i rangering og anbefaling. Særlig savner vi at det i rangering og anbefaling av tiltak ble benyttet en ikke-prissatt virkning av redusert antall uønskede hendelser i Konsept C Førerløse tog og en ikke-prissatt virkning av naturinngrepet de fysiske sikringstiltakene fører med seg i det samme konseptet.

Vi har også bemerket flere feil i kostnadstallene, knyttet til dobbelttelling og feil inngangsverdier.

De prissatte nyttevirkningene har svært store avhengigheter til trafikksimuleringer utført i verktøyet Trenissimo. Verktøyet har blitt benyttet til å anslå effekt av automatiseringsteknologiene foreslått i de ulike konseptene og gir estimater på endring i forsinkelser, punktlighet og teknisk togfølgetid. Modellverktøyet som er brukt i simuleringene, er ikke tilgjengelig for kvalitetssikrer. Verktøyet er bak lisens og eid av Trenolab, et selskap lokalisert i Italia.¹⁰ Modellen har blitt benyttet i en rekke utredninger for Jernbanedirektoratet over flere år, og

¹⁰ *Analysene i KVU-en har blitt gjennomført av Trenolab i samarbeid med WSP og Bane NOR og Jernbanedirektoratet. Verktøyet heter Trenissimo. Vi får oppgitt at Bane NOR i dag benytter Trenolab og deres modellverktøy til forskjellige analyseformål på norsk jernbane.*

vi må legge til grunn at jernbanenettet, ruteplaner og øvrig relevant jernbaneinfrastruktur er kodet korrekt, og at modellen fungerer etter hensikten.

Det som skiller nullalternativet og de ulike konseptenes trafikantnytte, er i all hovedsak antagelser på kjørestil (såkalte bremse- og akselerasjonskurver). Konsept A Førerstøtte og Konsept B Selvkjørende tog antas å prestere tilnærmet likt, som følge av antagelser om at fører med gode råd fra førerstøttesystemet klarer å kjøre tilnærmet like godt som systemet ville klart om det selv stod for kjøringen. Gitt denne antakelsen, følger det mekanisk at konsept A vil gi høyere netto samfunnsøkonomisk nytte enn konsept B, all den tid konsept B er vesentlig dyrere og ikke gir noen andre vesentlige nyttevirksomheter. Tabellen under oppsummerer andelen ankomster som anløper stasjonen innen N minutter etter oppsatt ruteplan i de ulike konseptene.

Tabell 8-3: Andel ankomster innen N minutter etter oppsatt ruteplan

Konsept	Innen 1 min	Innen 2 min	Innen 3 min	Innen 4 min	Innen 5 min	Innen 6 min	Innen 10 min
Nullalternativ	62 %	81 %	90 %	95 %	98 %	99 %	100 %
Konsept A Førerstøtte – Kapasitet	72 %	86 %	93 %	96 %	98 %	99 %	100 %
Konsept A Førerstøtte – Energi	67 %	85 %	93 %	97 %	99 %	99 %	100 %
Konsept B Selvkjørende tog – Kapasitet	73 %	86 %	93 %	96 %	98 %	99 %	100 %
Konsept B Selvkjørende tog – Energi	67 %	85 %	92 %	96 %	98 %	99 %	100 %

De beregnede forsinkelsesreduksjonene er mange, men svært små. Gjennomsnittlige forsinkelser i nullalternativet ligger på mellom 24 sekunder og 1 minutt og 12 sekunder både i og utenfor rush. Simuleringene gir gjennomsnittlige forsinkelsesreduksjoner per stasjon i spennet mellom 6 sekunder og 15 sekunder relativt til ruteplan. 95-97 prosent av alle avganger ankommer innen 4 minutter i nullalternativet og alle konseptene.

I den grad usikre forutsetninger i simuleringmodellen er viktige for å oppnå de simulerte resultatene, innebærer det at den beregnede trafikantnyttens er skjør. Som kvalitetssikrere har vi ikke fått mulighet til å teste robusthet eller forstå modellen i særlig dybde, men gjennom dialog med utreder og underleverandører, har vi fått innsikt i en del usikre momenter i simuleringene. Dette knytter seg særlig til

- Førers og systemets prestasjoner (bremse- og akselerasjonskurver) og hvordan disse endres i nullalternativet når ERTMS innføres og togoperatører gir enda bedre opplæring til sine førere. I møte med utreder om simuleringer 16.10.2023 blir det oppgitt at det ikke ligger observerte data til grunn for antagelser rundt bremsekurver i verken nullalternativet eller de ulike konseptene, som følge av at man på simuleringstidspunktet manglet data om faktiske bremsekurver for ulike tog og strekninger og for de ulike automasjonsteknologiene. Utreder peker selv på at bremsekurvene for ATO er tillagt for store restriksjoner sett i forhold til erfaringer fra ATO-systemer som nylig har blitt tilgjengeliggjort, både underveis på strekninger og for stopp på stasjoner og slutt på kjøretillatelse. Motsatt oppgir utreder at lokfører sin bremseadfærd antageligvis er for optimistisk.¹¹
- Andre virkninger på sporet enn de som er fanget i simuleringmodellen, da særlig de trafikale virkningene mer effektive enkeltsporkryssinger og redusert kjøretid, samt gevinsten ved tilbakeført energi ved endret oppbremsing.
- Ruteplanen simuleringene er gjort på. Utreder viser selv til at systemet «stanger» i ruteplanen. En ruteplan optimalisert for ATO-kjøring, vil kunne gi gevinster utover det som er simulert.

¹¹ Vy opplyser i intervju at de nylig har startet opp et prosjekt der de skal analysere førerbidrag for å vurdere effekt av egne opplæringstiltak. De første resultatene fra disse analysene vil likevel ikke være tilgjengelige før tidligst 2025.

- Adopsjonsraten blant togene. Simuleringene forutsetter 100% adopsjon, og systemet fungerer best når alle togene i større grad kjører i takt.
- Den geografiske aggregeringen fra de simulerte linjene til alle linjer. Det var i forbindelse med den geografiske aggregeringen vi oppdaget at KVUen hadde benyttet feil passasjertall utenfor Østlandsområdet.
- Ekstrapoleringen fra de simulerte driftsdøgnene til alle driftsdøgn. Simuleringene er kun gjennomført for driftsdøgn uten større driftsavbrudd. Når resultatene fra simuleringene har blitt skalert opp, har man lagt til grunn 230 driftsdøgn (hverdag) og 135 restdøgn (øvrige dager). Hvilken nytte ATO-teknologien gir ved større driftsavbrudd kommer derfor ikke frem. Det kommer heller ikke frem i hvilken grad ERTMS vil redusere antall dager med planlagt vedlikehold, og dermed for hvor mange dager ruteplanproduksjon og trafikantnytte man kan regne med at ATO-teknologien vil gi gevinster. I møte med prosjektet om simuleringer 16.10.2023 ble det beskrevet at Konsept C førerløse tog kan redusere omfanget av store driftsavbrudd med så mye som 50 prosent. Dette er imidlertid ikke belyst i simuleringene, heller ikke i den samfunnsøkonomiske analysen.

Utredning har ikke selv gjennomført sensitivitetsanalyser av flere av de sentrale forutsetningene bak simuleringene, og det har ikke vært mulig for kvalitetssikrer å få gjennomført slike.

8.2 Kvalitetssikrers alternativanalyse – forutsetninger og prosess

Alternativanalysen er en samlet vurdering av de prissatte og ikke-prissatte samfunnsøkonomiske kostnads- og nyttevirkningene som følger av tiltakene, relativt til nullalternativet. De prissatte kostnadene består av direkte kostnader for det offentlige i tråd med resultatene fra forrige kapittel. De prissatte nyttevirkningene består i all hovedsak av trafikantnytte som følge av tidsbesparelser på togreiser, og baserer seg på trafikksimuleringene som ble gjort i forbindelse med konseptvalgutredningen. I tillegg vurderes en rekke ikke-prissatte virkninger, som slitasje på jernbanesporet, fremføringssikkerhet og opplevd trygghet. Vi anser det som sannsynlig at Konsept A: Førerstøtte med kapasitetsinnretning er samfunnsøkonomisk lønnsomt, men grunnet store usikkerhetsfaktorer på både nytte- og kostnadssiden, må denne konklusjonen benyttes med varsomhet. Ingen av de øvrige konseptene er samfunnsøkonomisk lønnsomme.

Innledningsvis vil vi gi en kort beskrivelse av forutsetningene og antakelsene i alternativanalysen. Så følger en beskrivelse av de forventede virkningene. Deretter presenteres resultatene fra analysen av de prissatte og ikke-prissatte virkningene hver for seg, og det gjennomføres følsomhetsanalyser på utvalgte parametere. Avslutningsvis oppsummeres analysen med en helhetlig vurdering av lønnsomhet og anbefaling av tiltak.

8.2.1 Forutsetninger

Analyseperiode: Analyseperioden strekker seg fra og med 2034 til 2063, altså i 30 år – og er dermed 45 år kortere enn analyseperioden som benyttes i KVU (75 år). Konseptene som vurderes er basert på teknologi og komponenter som forventes å ha en levetid på mellom 3 og 15 år). Det er ingen relevant restverdi som inkluderes i analysen.

Investeringsperiode: Det hersker fortsatt usikkerhet knyttet til gjennomføringstiden til projektet, som igjen vil påvirke prosjektets beregnede lønnsomhet. I fravær av mulige konkretiseringer av investeringsperiode, har vi valgt å sette investeringsperioden til året 2033, med påfølgende åpningsår og full adopsjon fra 2034, i tråd med KVU.

Kalkulasjonsrente: Tiltakets virkninger vil fremkomme gjennom hele analyseperioden. For å kunne sammenlikne virkninger som oppstår på ulike tidspunkt, diskonterer vi med kalkulasjonsrente på fire prosent i henhold til Rundskriv R-109/21. Alle priser er oppgitt i 2023-kroner.

Realprisjustering: I henhold til Rundskriv R-109/21 skal verdien av tid prisjusteres med forventet vekst i BNP per innbygger i siste tilgjengelige Perspektivmelding fra Finansdepartementet. Vi legger dermed til grunn en årlig vekst i BNP per innbygger på 0,9 prosent (Finansdepartementet, 2021).

Skattefinansieringskostnad og -gevinst: En skattefinansieringskostnad og -gevinst skal inngå i analyser av alle tiltak som skal finansieres over, eller medfører besparelser, i offentlige budsjetter. Den settes i henhold til Rundskriv R-109/21 til 20 prosent.

Vurdering av ikke-prissatte virkninger: Noen av kostnads- og nyttevirkningene som følger av tiltakene er krevende å prissette, men de er likevel viktige for vurderingen av den samfunnsøkonomiske lønnsomheten. I en samfunnsøkonomisk analyse skal man tallfeste og verdsette virkningene av tiltaket så langt det er mulig og hensiktsmessig. Det er hva som er faglig forsvarlig og mulig innenfor analysens tids- og kostnadsrammer som styrer hvor langt man kan gå i denne verdsettingen. Virkningene som ikke verdsettes behandles som ikke-prissatte virkninger, men vurderes likevel etter samme grunnleggende prinsipper som de prissatte virkningene. Det innebærer at selv om virkningene ikke beregnes i kroner og øre er det de samfunnsøkonomiske effektene som vurderes også her, i form av endring i samfunnets ressursbruk eller endringen i samfunnets velferd/nytte.

ERTMS-status: Analysen antar at ERTMS nivå 2 er ferdig utrullet innen analyseperiodens start, i tråd med nasjonal signalplan fra september 2023.

Ruteplan: Vi forutsetter at ruteplanen vil forbli i henhold til Nasjonal Transportplans referansetraffic for 2025-2036.

Innretning: Konseptene analyseres med to innretninger: *Kapasitet* og *Energi*. Kapasitetsinnretningen søker å utnytte kapasiteten på jernbanenettet mest mulig effektivt, og dermed redusere risikoen for følgeforsinkelser. Energiinnretningen søker å minimere energiforbruk. Ettersom mer aggressiv kjøring sannsynligvis øker energiforbruket, er det en motsetning mellom disse to ytterpunktene.

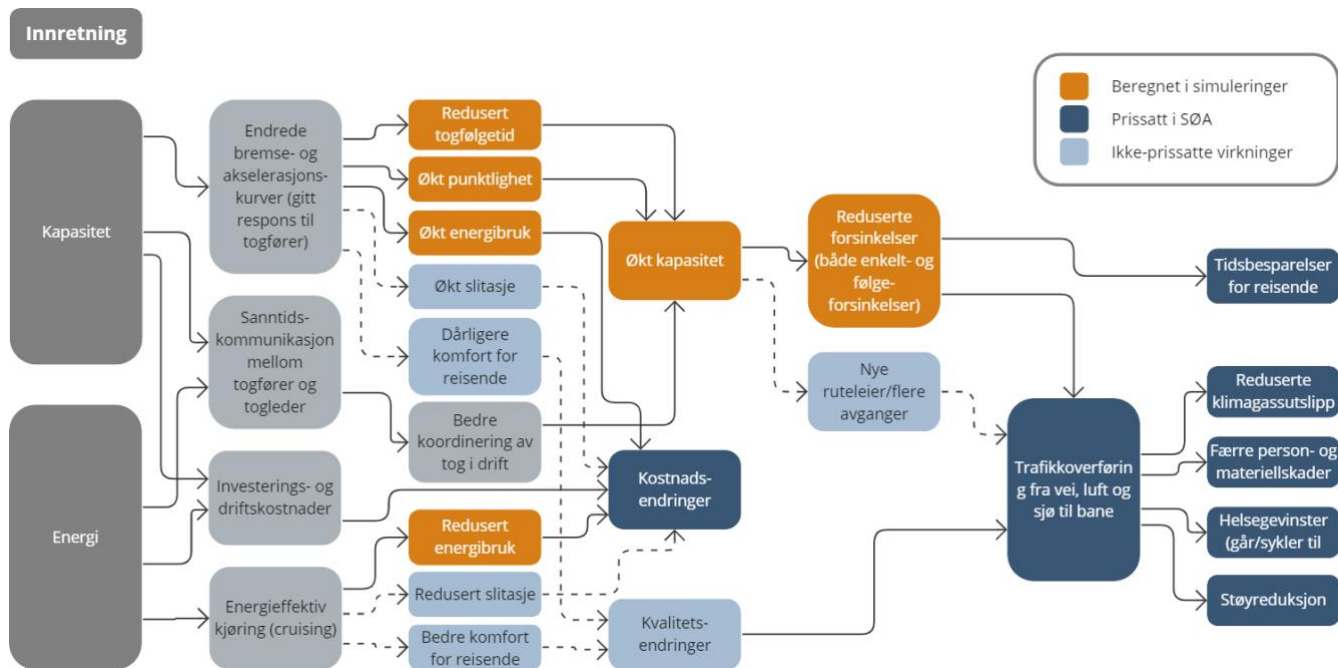
8.3 Samfunnsøkonomiske virkninger

Den samfunnsøkonomiske analysen i KS1 følger i stor grad fra arbeidet som er gjort med den samfunnsøkonomiske analysen i KVVU-en. Vi har i stor grad identifisert de samme samfunnsøkonomiske virkningene som i KVVU-en, med enkelte endringer:

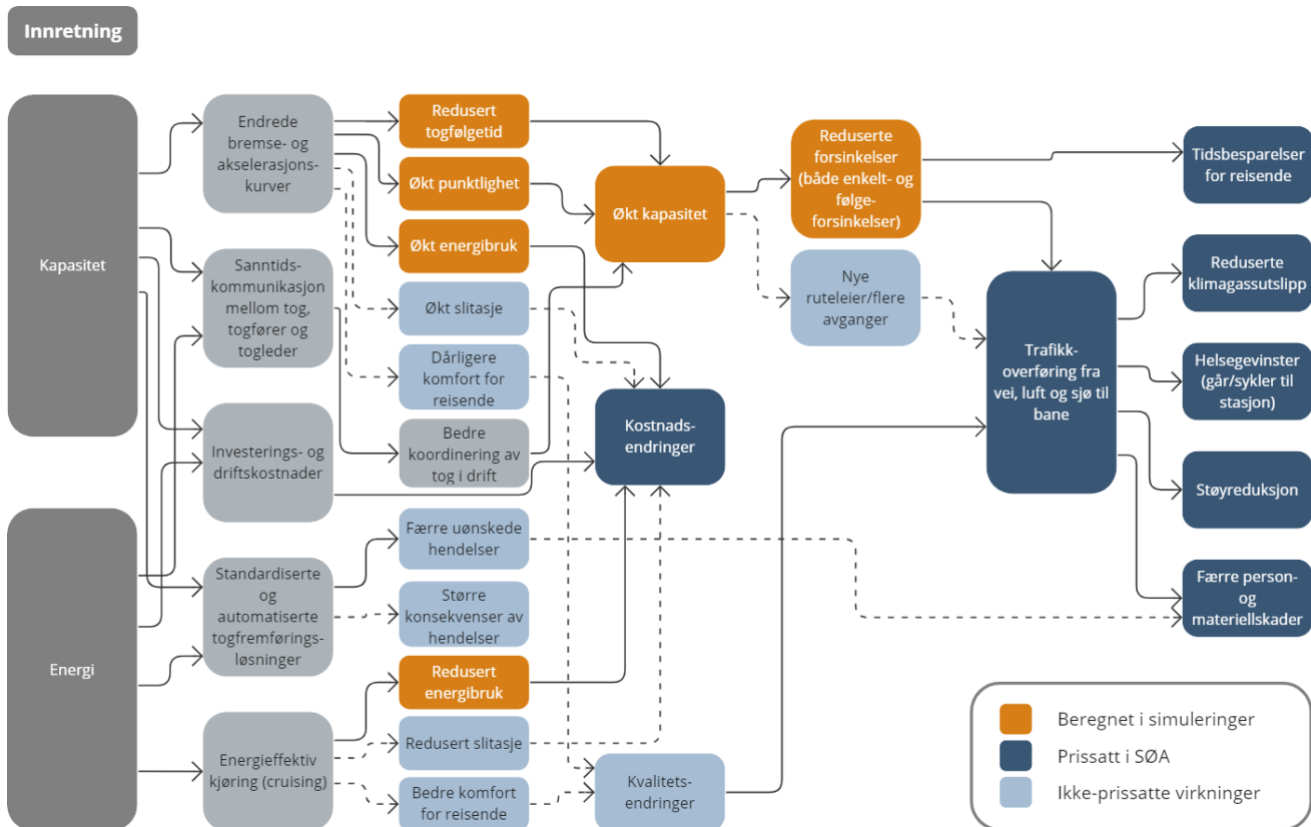
- **Nytte for godskunder som følge av tidsbesparelser inkluderes ikke:** Ettersom tidsbesparelsene som er identifisert i simuleringene i all vesentlighet er svært korte, anser vi det som lite sannsynlig at godskunder får noen reell nytte av disse tidsbesparelsene. Dette må særlig sees i sammenheng med at gods gjerne bruker flere timer på terminal før det fraktes videre, og at noen sekunder fra eller til dermed ikke vil ha noe å si.
- **Ikke-prissatte virkninger:** Ettersom de omfattende sikringstiltakene i *Konsept C Selvkjørende tog* ikke lenger er inkludert, ekskluderer vi også virkningene som omhandler sparte menneskeliv og konsekvenser for omgivelsene.

Figurene under illustrerer de identifiserte virkningene for hhv. Konsept A Førerstøtte og Konsept B Selvkjørende tog.

Figur 8-2: Identifiserte virkninger i Konsept A Førerstøtte. Stiplede linjer er ikke inkludert i prissatte virkninger.



Figur 8-1: Identifiserte virkninger i Konsept B Selvkjørende tog. Stiplede linjer er ikke inkludert i prissatte virkninger.



8.4 Prissatte virkninger

Tabellen under oppsummerer de prissatte virkningene i vår samfunnsøkonomiske analyse. I de kommende delkapitlene går vi nærmere inn på hver enkelt virkning. Alle prissatte virkninger oppgis i dette kapittelet som nåverdi neddiskontert til 2023 og i 2023-kroner.

Tabell 8-4: Oversikt over prissatte virkninger i alternativanalysen. Millioner 2023-kroner.

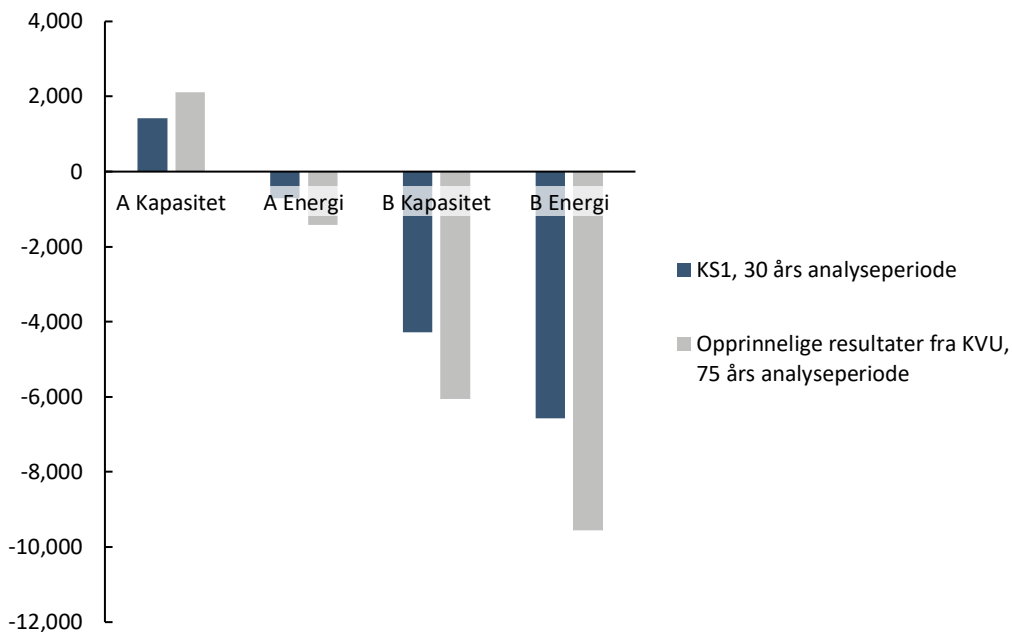
	Konsept A: Førerstøtte		Konsept B: Selvkjørende tog	
	Kapasitet	Energi	Kapasitet	Energi
Trafikanter	3 682	1 840	3 951	1 996
Trafikantnytte, referanse	2 967	1 415	3 159	1 561
Trafikantnytte, overført og nyskapt	30	8	35	10
Andre transportmidler (bil, buss, fly)	408	188	460	207
Godskunder	-55	75	-76	50
Helsevirkninger for gående og syklende, overført fra bil	331	154	373	169
Operatører	0	0	0	0
Markedsinntekter, persontog	771	357	869	393
Offentlig kjøp av persontransport, persontog	-541	-399	-598	-441
Endring i drift, avgifter og persontog	-230	42	-272	48
Det offentlige	-2 121	-2 244	-7 127	-7 262
Endring i avgifter (herunder bom- og fergeavgifter)	-48	-22	-54	-25
Endring i vedlikehold av infrastruktur	-1 836	-1 839	-5 960	-5 963
Offentlig kjøp av persontransport på tog og buss	548	403	606	445
Investeringer	-786	-786	-1 719	-1 719
Samfunnet for øvrig	-141	-308	-1 108	-1 301
Endring i ulykker	34	16	39	18
Endring i støy	106	49	120	54
Endring i lokale utslipp	137	63	155	69
Endring i CO2-utslipp	10	5	12	5
Endring i skattefinansiering	-429	-442	-1 433	-1 448
Samfunnsøkonomisk netto nåverdi	1 419	-713	-4 283	-6 567

Våre resultater avviker vesentlig fra KVVU-ens, både på kostnads- og nyttesiden. Det er det hovedsakelig to årsaker til:

- Kortere analyseperiode.** Vi har i vår analyse benyttet en 30-årig analyseperiode, i motsetning til KVU-ens 75 år. Dette følger av at Konsept C er silt ut, og det dermed ikke lenger finnes komponenter med svært lang levetid i våre konsepter. Når nytte og kostnader fordeles utover i tid, vil åpenbart en lengre analyseperiode forsterke nåverdien av både nytte- og kostnadsvirkninger.
- Nye kostnadstall.** Som redegjort for i Kapittel 7, har kvalitetssikrer utarbeidet nye kostnadstall som er benyttet i denne analysen.

Utover dette har vi også korrigert mindre beregningstekniske feil, men disse gir ikke vesentlige utslag i netto nåverdi. Figur 8-3 sammenlikner KVUens opprinnelige resultater med kvalitetssikrers resultater.

Figur 8-3: Netto nåverdi for prissatte virkninger i alle konsepter og innretninger. Millioner 2023-kroner.



Resultatene viser Konsept A Førerstøtte: Kapasitet vil være det eneste konseptet med positiv netto nåverdi basert på prissatte virkninger.

De prissatte virkningene gir følgende rangering av konsepter, som er den samme som i KVUen:

- Konsept A Førerstøtte: Kapasitet
- Nullalternativet
- Konsept A Førerstøtte: Energi
- Konsept B Selvkjørende tog: Kapasitet
- Konsept B Selvkjørende tog: Energi

8.4.1 Trafikanter

Trafikantnyttens omhandler verdien av tidsbesparelser for eksisterende og nye togpassasjerer, tidsgevinster på andre transportmidler som følge av at flere reisende velger tog, kostnader for godskunder og helsevirkninger som følge av at færre kjører bil. Tidsbesparelser for eksisterende trafikanter er den desidert største effekten, og står for mellom [64 og 80] prosent av nytten. Denne nytten følger i sin helhet av de forsinkelsesbesparelsene som er estimert i simuleringene.

Hvilken metode man benytter seg av for verdsetting av forsinkelsesbesparelser har svært mye å si for den samfunnsøkonomiske nytten. Transportøkonomisk Institutt (TØI) opererer med to anbefalte metoder, der man enten kan verdsette forsinkelsestiden direkte, eller standardavviket til reisetiden (Flügel, et al., 2020). Vår analyse bygger på den førstnevnte metoden, som er den samme som er benyttet i KVVU. Dette begrunnes i at vi ikke har hatt tilgang på tilstrekkelig data til å gjennomføre den sistnevnte metoden på en tilstrekkelig presis måte, men estimater viser at denne metoden sannsynligvis vil gi *vesentlig* lavere trafikantnytte enn den som er benyttet i KVVU. Dette diskuteres videre som en usikkerhetsfaktor i Kapittel 8.5.

Den valgte metoden baserer seg på at tid tapt til forsinkelser og innstillinger skal verdsettes med en faktor på 2,5 ganget vanlig ombordtid. I praksis gjøres dette ved at reduksjonen i forsinkelser fra simuleringene multipliseres med den relevante tidsverdien for togreisende (Flügel, et al., 2020, s. 61) og passasjertall, som igjen multipliseres med skaleringsfaktoren på 2,5.

$$\text{Trafikantnytte} = \text{Forsinkelsesreduksjon} * \text{Tidsverdi} * \text{Passasjertall} * 2,5$$

I tillegg til tidsbesparelsene, er kostnader for godskunder som følge av energibruk også utledet av simuleringensresultatene. Den øvrige trafikantnyttens følger av trafikkoverføring til tog fra andre transportmidler, og er beregnet ved hjelp av Trenklin og SAGA.

8.4.2 Operatører

De prissatte virkningene for operatører består av operatørens markedsinntekter, inntekter som følge av offentlig kjøp av persontransport på persontog, og øvrige endringer i driftskostnader og avgifter.

Vi forventer at operatørene vil oppnå en økning i markedsinntekter i alle konsepter, som en konsekvens av den forventede økningen i passasjertall. I tillegg vil operatørene oppleve en *økning* av sine driftskostnader i konseptene med kapasitetsinnretning, og en *reduksjon* i driftskostnader i konseptene med energiinnretning. Dette følger av de simulerte reduksjonene i energibruk som følge av mer energieffektiv kjøring i energiinnretningen, og økninger i energibruk som følge av mer aggressiv kjøring i kapasitetsinnretningen.

Det forventes likevel at eventuelle over- eller underskudd vil reflekteres i det offentlige betaling for transporttjenester som følge av konkurranse om trafikkavtalene, og at operatørens netto nåverdi av tiltakene dermed vil ende på null i alle alternativer.

8.4.3 Det offentlige

Det forventes at det offentlige tar alle investerings- og driftskostnader i konseptene. Konsept A Førerstøtte antas å ha driftskostnader og investeringskostnader til en netto nåverdi av hhv. 1,8 milliarder og 786 millioner kroner. I Konsept B Selvkjørende tog øker kostnadene til om lag 6 milliarder kroner i driftskostnader og 1,7 milliarder kroner i investeringskostnader.

Utover å bære kostnadene for tiltakene, vil det offentlige også oppleve en reduksjon i inntekter fra avgifter, som følge av overføringen fra andre transportmidler til tog. De vil samtidig kunne redusere sine kostnader til kjøp av persontransport, som følge av det forventede overskuddet hos operatørene.

Som følge av det offentliges utgifter vil det også påløpe vesentlige skattefinansieringskostnader i alle konsepter, fra 429 millioner kroner i Konsept A Førerstøtte med kapasitetsinnretning, til 1,45 milliarder kroner i Konsept B Selvkjørende tog med energiinnretning.

8.4.4 Samfunnet for øvrig

De øvrige virkningene som er prissatt i analysen er:

- Endringer i ulykker
- Endringer i støy
- Endring i lokale utslipp
- Endring i CO₂-utslipp

Alle virkningene i denne kategorien drives av overføring av transport fra andre transportmidler til bane. Denne overføringen er imidlertid liten – i første året med full drift antas det at mellom 0,66 og 1,6 prosent flere reiser gjennomføres med tog, enn i nullalternativet.

Siden togfører fremdeles er ansvarlig for togfremføringen i alle konsepter, ser vi ingen åpenbare muligheter til å kunne kvantifisere et endret sikkerhetsbilde som vil kunne påvirke ulykkesbildet (vi diskuterer likevel noen aspekter ved det som ikke er mulig å kvantifisere under ikke-prissatte virkninger). Reduksjonen i antall ulykker følger derfor utelukkende av trafikkoverføringen fra andre transportmidler til tog – og ettersom veitrafikk har en vesentlig høyere ulykkesfrekvens enn jernbane, gir dette en positiv effekt på antall ulykker i alle konsepter. Satsene som benyttes er basert på TØIs rapport om skadeposter ved transport fra 2019 (Jernbanedirektoratet, 2023).

Reduksjonen i støy følger også av overføringen fra vei til bane, der det antas at støyplager vil reduseres som følge av mindre bil- og busstrafikk. Støyplagene prissettes i form av helsekostnader grunnet søvnforstyrrelse og iskemiske hjertekarsykdommer og lettere plager og ulemper (Jernbanedirektoratet, 2023).

Lokale utslipp skyldes utslipp av miljø- og helseskadelige stoffer fra kjøretøy. Dette inkluderer både lokal forurensing gjennom eksosutslipp, veistøv og forurensing fra slitasje på kjøretøyene gjennom prissetting av svevestøv, nitrogenoksider og svoveldioksid (Jernbanedirektoratet, 2023). Kostnadene i forbindelse med globale CO₂-utslipp er beregnet i tråd med Finansdepartementets karbonprisbane fra januar 2023. Som følge av trafikkoverføringen vil man også her se en reduksjon i alle konsepter. Som i de øvrige virkningene er det overføringen fra bil som gir størst uttelling, men for lokale forurensing og CO₂-utslipp spiller også overføring fra buss en vesentlig rolle.

8.4.5 Skalering av resultater

Ettersom simuleringene ikke inkluderer større driftsavbrudd, vil en uvektet oppskalering av simuleringresultatene til alle driftsdøgn gi et for høyt nytteestimat for trafikanter. Samtidig er det vanskelig å vite nøyaktig hvordan innføring av ERTMS vil påvirke både planlagte og uplanlagte driftsavbrudd på jernbanen. På enkelte områder, som for flere typer signalfeil, vil vi kunne anta at utfordringene tilnærmet forsvinner – mens

driftsavbrudd med andre årsaker, som dyr eller mennesker i sporet, ekstremvær og naturskade, i utgangspunktet vil forbli upåvirket av innføringen av ERTMS.

Ved å undersøke historiske data fra TIOS-databasen for hendelser på norsk jernbane tilbake til 2018, har vi estimert forventet antall *uplanlagte* innstillinger per virkedøgn og restdøgn som vil kunne oppstå også etter ERTMS er innført. Dette har blitt gjort gjennom å trekke 300 tilfeldige døgn fra databasen, og kategorisert alle driftsavbrudd på disse dagene inn i kategoriene *Signalsystem, Teknisk svikt eller feil på kjøretøy, Andre tekniske feil, Menneskelig aktivitet, Naturhendelser, Dyr i sporet, Personmangel, Avsporing, Brann og branntilløp, Øvrige togulykker og Annet*.¹²

Analysen viser at om lag 64 % av innstillingene følger av årsaker vi antar er upåvirket av ERTMS. Effekten på totale avganger er liten, men resultatene på nyttesiden må nedskaleres med 0,6 prosent for å reflektere uforutsette driftsavbrudd som forblir upåvirket av ERTMS. Kartet under viser hvilke strekninger som vil bli kunne være mest rammet av uplanlagte innstillinger – jo sterkere rødfarge, desto høyere er det forventede antallet innstillinger.

¹² Kategoriseringen har blitt gjort ved hjelp av GPT4, og ettergått manuelt.

Figur 8-4: Illustrasjon av toglinjer som vil være mest negativt påvirket av uforutsette driftsavbrudd etter innføring av ERTMS.



8.5 Usikkerhet i prissatte virkninger

Det er flere kilder til usikkerhet i de prissatte virkningene. Usikkerheten på kostnadssiden har blitt diskutert i kapittel 7, men vi vil i de følgende avsnittene drøfte hvilke usikkerheter som finnes på nyttesiden for de ulike konseptene.

8.5.1 Verdsetting av trafikantnytte

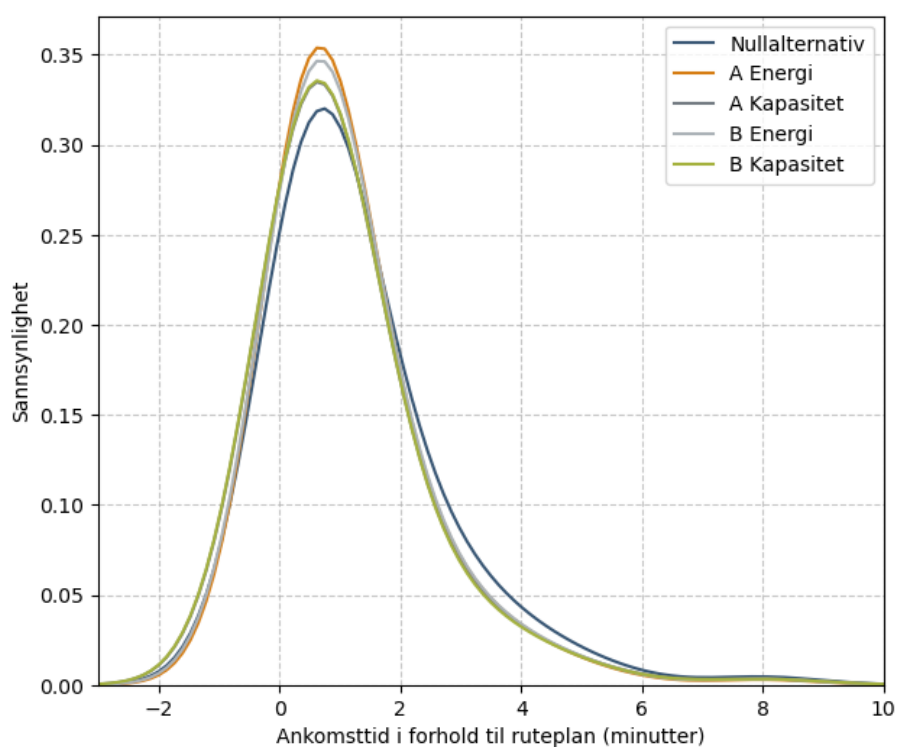
Som diskutert i forrige kapittel, anbefaler TØI to metoder for å verdsette pålitelighet i reisetid. Den andre metoden, som ikke er inkludert i våre hovedestimer, baserer seg på verdsetting av endringer i standardavviket

til reisetiden. Endringer i standardavviket vektes med en faktor på 0,4, og legges til den ordinære verdsettingen av reisetiden om bord. For å regne ut den samfunnsøkonomiske verdien av endringene i reisetid, må dermed endringene i standardavviket multipliseres med samme tidsverdi og passasjertall som i forrige metode, men verdien av reisetidsreduksjonen i seg selv må også legges til.

$$\begin{aligned} \text{Trafikantnytte} = & \text{Endring i standardavvik} * \text{Tidsverdi} * \text{Passasjertall} * 0,4 \\ & + \text{Forsinkelsesreduksjon} * \text{Tidsverdi} * \text{Passasjertall} \end{aligned}$$

For å kunne benytte denne metoden må vi kjenne standardavvikene i simuleringresultatene. Vi har ikke fått mulighet til å vite de reelle standardavvikene i simuleringene, men vi har kunnet anslå disse basert på de aggregerte resultatene vi har mottatt. Våre anslag viser at standardavvikene i seg selv er små, og at endringene fra nullalternativet til de ulike konseptene er helt minimale. Figur 8-5 illustrerer hvordan reisetidsfordelingen ser ut i de ulike konseptene, og Tabell 8-5 viser de estimerte standardavvikene for reisetider i hvert konsept.

Figur 8-5: Fordeling av ankomsttider i forhold til ruteplan



Tabell 8-5: Estimert standardavvik (minutter) i reisetid i hvert konsept

Konsept	Estimert standardavvik (minutter)
Nullalternativet	1,4
Konsept A: Førerstøtte– kapasitet	1,3
Konsept A: Førerstøtte – energi	1,3
Konsept B: Selvkjørende tog – kapasitet	1,3
Konsept B: Selvkjørende tog – energi	1,3

Det er verdt å merke at vi ikke har fått innsikt i alle reisetider fra simuleringene. Vi kjenner hvor mange ankomster og avganger som har skjedd innenfor oppsatt ruteplan, og hvor mange ankomster og avganger som har skjedd innenfor enkelte minuttintervaller *etter* oppsatt tid i ruteplan. Vi har *ikke* innsikt i hvordan avgang- og ankomsttider fordeler seg *før* oppsatt tid i ruteplan, og heller ikke fordelingen til ankomster og avganger som har skjedd mer enn 15 minutter etter oppsatt tid (det er dog svært få tilfeller av dette i simuleringene). Det medfører at våre estimerte standardavvik sannsynligvis er noe lavere enn de reelle standardavvikene. Det er likevel liten grunn til å tro at avviket er så stort at det vil gi vesentlige utslag i den anslåtte nytten – i så fall måtte simuleringene ha vist at konseptene ga en vesentlig økning i avganger og ankomster *før* oppsatt rutetid, eller en stor reduksjon i forsinkelser over 15 minutter. Det er ingenting i dataene som tyder på at dette er tilfelle.

Til sist er våre standardavvik basert på variasjon i forsinkelser på tvers av stasjoner og avganger, ikke for den samme stasjonen og avgangen på tvers av simuleringer. Det standardavviket i reisetid en passasjer vil oppleve, kan derfor være noe annerledes enn det vi har kunnet beregne med tallene vi har fått fra simuleringene som er gjennomført.

Sammenlikning av metoder

Hvordan valg av metode slår ut på resultatene vil variere med hvordan reisetidene fordeler seg, men TØI opplyser selv at verdsetting av forsinkelsestid i mange tilfeller vil gi høyest verdsetting. TØI finner også selv at én lengre tidsbesparelse gir større opplevd nytte enn flere korte tidsbesparelser (Flügel, et al., 2020, s. 52). Dette kan være en indikasjon på at den flate faktoren som benyttes i verdsetting av forsinkelsestid *kan* gi en overestimering av trafikantnyttens når de observerte forsinkelsene er svært små.

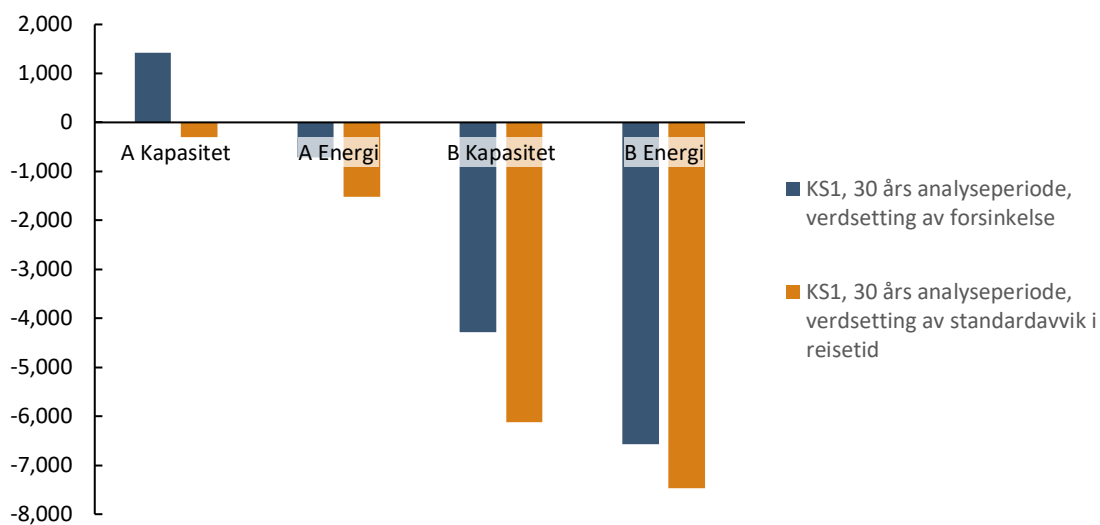
Metodene gir svært ulike resultater, og er i seg selv utslagsgivende for hvorvidt Konsept A Førerstøtte vil være lønnsomt eller ikke (kun basert på prissatte virkninger). Tabellen under viser hvordan hver metode slår ut på trafikantnyttens.

Tabell 8-6: Trafikantnytte i hvert konsept ved ulike verdsettingsmetoder. Millioner 2023-kroner.

	Konsept A: Førerstøtte		Konsept B: Selvkjørende tog	
	<i>Kapasitet</i>	<i>Energi</i>	<i>Kapasitet</i>	<i>Energi</i>
Verdsetting av forsinkelse	3 682	1 840	3 951	1 996
Versetning av standardavvik i reisetid	1 957	1 027	2 116	1 091
Differanse	1 725	813	1 835	905

Dersom vi sammenlikner resultatene fra de to metodene, ser vi at lønnsomheten til Konsept A Førerstøtte med kapasitetsinnretning avhenger av hvilken verdsettingsmetode som benyttes. Dersom vi legger til grunn den alternative verdsettingsmetoden vi undersøker, har ingen av konseptene positiv netto nåverdi basert på prissatte virkninger.

Figur 8-6: Netto nåverdi ved ulike verdsettingsmetoder. Millioner 2023-kroner.



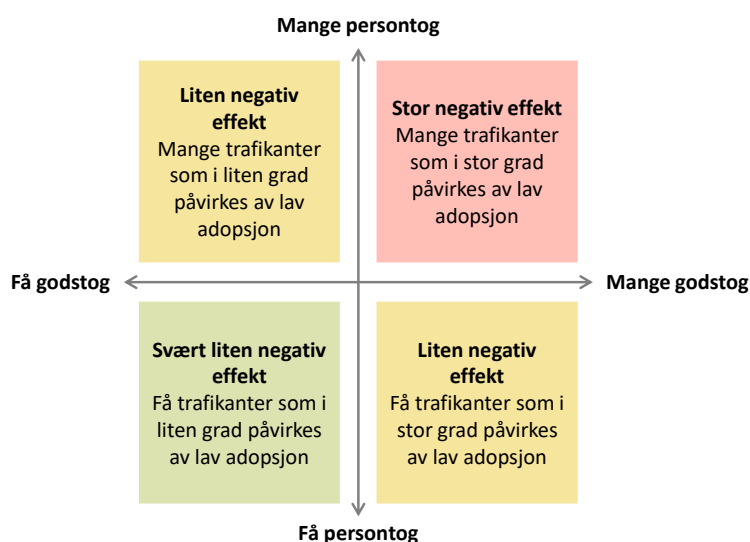
Vi velger i vår alternativanalyse å verdsette trafikantnytten i tråd med gjeldende praksis, der gjennomsnittlig forsinkelse verdsettes direkte. Hadde vi hatt tilgang til alle de nødvendige underlagsdata (forsinkelse relativt til togfremføringstid med variasjon slik den enkelte passasjer opplever det), ville vi anbefalt å verdsette basert på standardavviket, altså metoden som gir lavest trafikantnytte. Fordi forsinkelsene er svært små i gjennomsnitt, er det variasjonen i forsinkelser som påfører passasjerene særlig ulempe, og denne verdsettes best ved standardavviket. Det er også denne metoden TØI mener man skal bruke for bilreisende (Flügel, et al., 2020, s. 82). Vi anbefaler derfor at forprosjektet fremskaffer de riktige grunnlagsdataene og verdsetter med begge metoder før investeringsbeslutning tas.

8.5.2 Adopsjonsrate blant godsoperatører

Vi har i vår analyse forutsatt full adopsjon av teknologiene som innføres, i tråd med det som også antas i KVUen. Erfaringer fra intervjuer tilsier at passasjertogoperatørene har sterke incentiver til å benytte seg av teknologien, men at dette er betydelig mer usikkert for godstogoperatører. Dette skyldes at godstog søker å i størst mulig grad kjøre med jevn hastighet og færrest mulige stopp, som kan komme i konflikt med målet om minimering av togfølgetid i konseptene med kapasitetsinnretningene. Selv om operatørene skulle bli pålagt å gå til anskaffelse av teknologiene, kan man heller ikke garantere at systemene faktisk vil bli benyttet av togfører.

Det finnes få studier på effekten av lavere adopsjonsrate, men pågående nederlandsk studie (Woudt, 2023) indikerer at effekten av ATO på forsinkelser og punktlighet er lineær i adopsjonsraten. I denne studien var dog godstog separert ut på en egen linje, og resultatene er dermed ikke nødvendigvis overførbare til norske forhold.

Dersom man antar at lav adopsjonsrate primært vil være tilfelle blant godsoperatørene, vil også konsekvensene for persontogtrafikken (som er der den vesentlige delen av nytten oppstår) være størst der det kjører mange godstog, og særlig på tidspunkt der det også kjører mange persontog. Figuren under viser hvordan kombinasjoner av antall person- og godstog vil kunne påvirke trafikantnytten. Dersom det er få godstog, vil vi kunne anta at konsekvensene for trafikantnytten er lav, og dersom det er få persontog, vil de negative konsekvensene for den samlede trafikantnytten være begrenset (selv om konsekvensene for trafikantnytten i det aktuelle området og tidsrommet kan være høy).



Med utgangspunkt i alle gods- og passasjertogavganger mellom alle stasjoner i Norge i 2023, kombinert med fordeling av avganger gjennom døgnet fra simuleringene, har vi kartlagt hvor mange avganger det i gjennomsnitt er per stasjon per døgn per time av henholdsvis passasjer- og godstog, og på denne måten undersøkt om det er sannsynlig at fremtidig lav adopsjonsrate av ATO-teknologi blant godstogoperatørene vil kunne svekke trafikanntnyten. Vi finner at gitt dagens ruteplan og kapasitet vil lav adopsjonsrate blant godstogoperatørene mest sannsynlig *ikke* forringe trafikanntnyten i særlig grad, da det sjelden er høy persontogtrafikk og godstogtrafikk på samme tidspunkt og i samme område.

8.5.3 Anleggsperiode og utrulling av ATO-teknologi

Dersom anleggsperioden eller utrulling av teknologiene endres, vil dette også gi konsekvenser for både nytte og kostnader. KVVU-en har lagt til grunn en ettårig anleggsperiode for både Konsept A Førerstøtte og Konsept B Selvkjørende tog, og at løsningene er implementert på landsbasis etter denne anleggsperioden. Vi har ikke hatt tilstrekkelig grunnlag for å vurdere alternative anleggs- og utrullingsperioder i vår alternativanalyse, men anerkjenner at det bør heftes vesentlig usikkerhet til gjennomførbareheten av en så kort anleggsperiode.

Dersom anleggsperioden strekker utover i tid, slik at innføringen ikke er landsdekkene like tidlig som det som er forutsatt i analysen, vil dette gi negative konsekvenser for nyttebildet. Konsekvensene vil være desidert størst dersom forsinkelsene skjer på Østlandsområdet. Dersom kostnadene begynner å løpe tidligere enn antatt, vil også dette bidra til en økende netto nåverdi av kostnadene i analysen (også dersom de samlede kostnadene reelt sett forblir de samme).

8.5.4 Gyldighet i simuleringene

Som drøftet i vår vurdering av den samfunnsøkonomiske analysen i KVVU (kapittel 8.1.6), har vi hatt begrensede muligheter til å kvalitetssikre forutsetningene for simuleringene, og hvordan endringer i disse vil kunne påvirke sluttresultatene. Når tilnærmet alt på nyttesiden av alternativanalysen bygger på simuleringresultatene, er det naturlig at mangel på slik innsikt bør være en kilde til betydelig usikkerhet rundt våre analyseresultater.

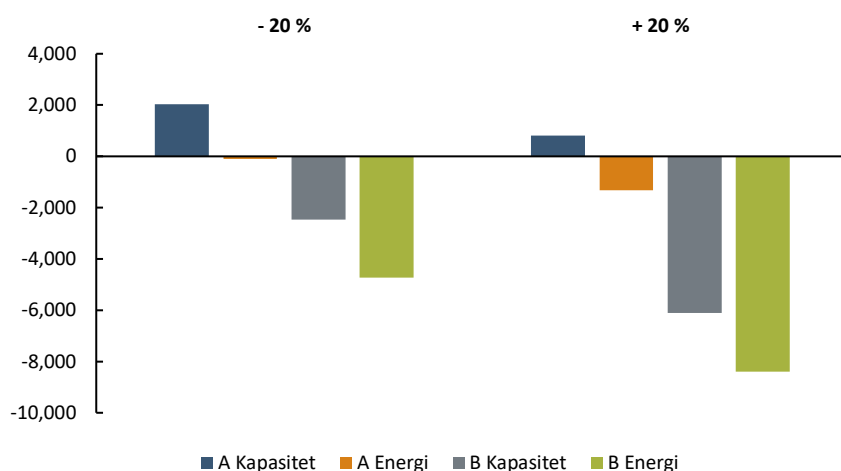
8.6 Følsomhetsanalyser

Som det fremgår av forrige kapittel, er usikkerhet på nyttesiden primært tilknyttet trafikantnyttens som følger av forsinkelsesreduksjoner. Usikkerheten på kostnadssiden har i stor grad blitt diskutert i kapittel 7, men vi vil i det følgende undersøke hvordan endringer i både trafikantnytte og kostnader vil kunne påvirke den samlede samfunnsøkonomiske lønnsomheten (kun basert på prissatte virkninger) for de ulike konseptene.

Investerings- og driftskostnader

Figuren under viser hvordan konseptenes netto nåverdi påvirkes av en 20 prosent endring i samlede investerings- og driftskostnader. Endringene gjør ingen forskjell for hvorvidt konseptene er lønnsomme eller ikke.

Figur 8-7: Netto nåverdi ved 20 % endring i investerings- og driftskostnader. Millioner 2023-kroner.



Tabellen under viser kritisk størrelse for kostnadsendringer i konseptene – altså hvor mye kostnadene må øke eller reduseres for at netto nåverdi skal bli lik null. Vi ser at kostnadene kan øke med nær 50 % før Konsept A Førerstøtte med kapasitetsinnretning blir ulønnsomt, mens de øvrige konseptene, og særlig Konsept B Selvkjørende tog, krever betydelige reduksjoner i kostnader for at konseptene skal gå i null.

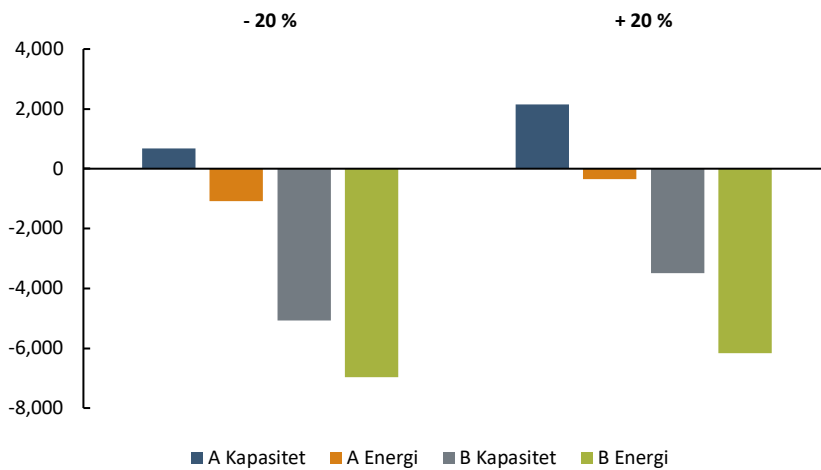
Tabell 8-7: Kritisk størrelse for kostnadsendringer i hvert konsept

Konsept	Kritisk størrelse
A Førerstøtte: Kapasitet	+ 47 %
A Førerstøtte: Energi	- 23 %
B Selvkjørende tog: Kapasitet	- 47 %
B Selvkjørende tog: Energi	- 72 %

Trafikantnytte

Som for kostnadene, gjør en 20 % endring i trafikantnytte ingen endringer i hvilke konsepter som er lønnsomme eller ikke. Figuren under viser resultatene ved en 20 % endring i trafikantnytte.

Figur 8-8: Netto nåverdi ved 20 % endring i trafikantnytte. Millioner 2023-kroner.



Som det fremgår av tabellen under, kan Konsept A Førerstøtte med kapasitetsinnredning tåle en 39 % reduksjon i trafikantnytte før konseptet blir ulønnsomt. Konsept B Selvkjørende tog krever henholdsvis en dobling og en firedobling av trafikantnyttten for å kunne bli lønnsomme.

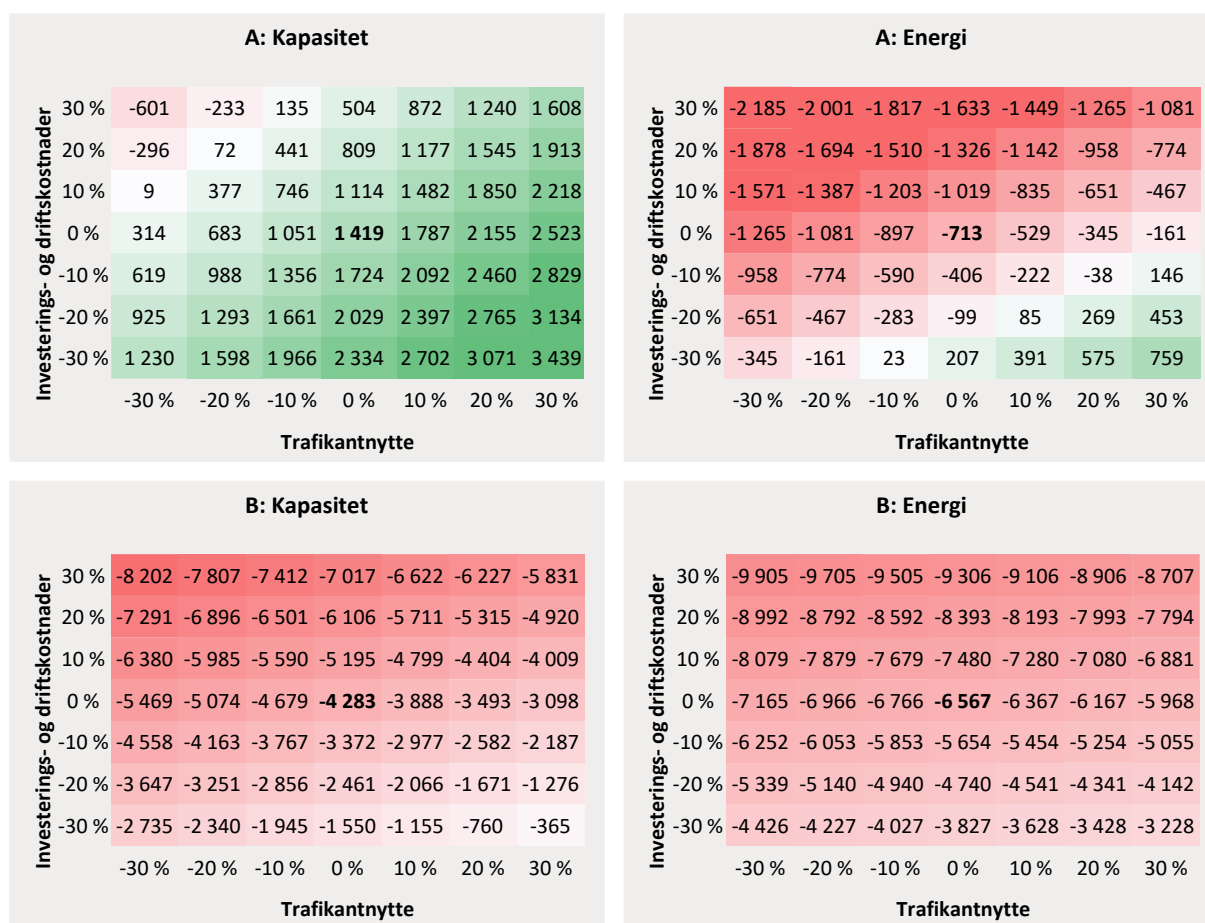
Tabell 8-8: Kritisk størrelse for endringer i trafikantnytte i hvert konsept, fordelt på verdsettingsmetode

Konsept	Kritisk størrelse
A Førerstøtte: Kapasitet	- 39 %
A Førerstøtte: Energi	+ 39 %
B Selvkjørende tog: Kapasitet	+ 108 %
B Selvkjørende tog: Energi	+ 329 %

Kombinerde følsomhetsmatriser

For å undersøke hvordan disse to usikkerhetsmomentene kan påvirke konseptenes lønnsomhet i kombinasjon, har vi utformet følsomhetsmatriser som viser endelig netto nåverdi ved ulike kombinasjoner nivåer på trafikantnytte og investerings- og driftskostnader.

Figur 8-9: Netto nåverdi for ulike variasjoner i kostnader og trafikantnytte per konsept. Millioner 2023-kroner.



Som det fremkommer av figurene, er det kun de to innretningene i Konsept A Førerstøtte som kan bli påvirket av kombinerte endringer i trafikantnytte og kostnader innenfor et spenn på +/- 30 prosent.

8.7 Ikke-prissatte samfunnsøkonomiske virkninger

Innføring av Konsept A Førerstøtte eller Konsept B Selvkjørende tog vil kunne medføre en rekke ikke-prissatte samfunnsøkonomiske virkninger, altså virkninger hvor vi mangler grunnlag til å verdsette dem i kroner. Så langt det er mulig vil vi imidlertid forsøke å vurdere omfanget av de ikke-prissatte virkningene, for å få inntrykk av om dette er virkninger som er utslagsgivende for den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av konseptene.

I Tabell 8-9 under har vi oppsummert de ikke-prissatte virkningene for hvert konsept, og våre vurderinger av disse. Samtlige virkninger måles relativt til nullalternativet, som derfor settes med virkning lik null. Effekten på hver enkelt berørte vil variere i hvert konsept avhengig av hvorvidt ATO-teknologien er innstilt for å maksimere kapasitet eller energieffektivitet, noe som vil føre til at de endelige virkningene for hvert konsept vil variere. Antall berørte og enhetsverdien er lik i alle konsepter, og holdes derfor konstant. Flere av virkningene avhenger av hvordan ATO fører til endret togfremføring, og kunne derfor ha blitt belyst gjennom ytterligere simuleringer. Dette er ikke gjort, og det er derfor usikkerhet rundt størrelsen på disse virkningene. Dette gjelder slitasje, komfort og andre trafikale virkninger.

I dagens situasjon foretas det i underkant av 66,7 millioner påstigninger årlig for passasjertransport på jernbane, gitt tall for 2022 (Statistisk sentralbyrå, 2023). Gitt litt over 5,4 millioner innbyggere i Norge i 2022, ble det foretatt omtrent 12,3 turer i året per person (Statistisk sentralbyrå, 2024). Tilsvarende ble det foretatt reiser lik

cirka 3,0 milliarder passasjerkilometer hvert år i 2022, som er lik omtrent 567,6 passasjerkilometer per innbygger (Statistisk sentralbyrå, 2023). Til sammen er det 4 247 km jernbane i Norge per 2022 (Bane NOR, u.å.), og det brukes omtrent 1 982 millioner kroner årlig på vedlikehold av jernbaneinfrastruktur i følge tall fra 2020 (Bane NOR SF, 2022). I tabellene fører vi i noen tilfeller opp ulike verdsettingsfaktorer som sier noe om passasjerers verdsetting av ulike faktorer knyttet til togreiser. Det vil gjerne være nyttig å vurdere disse i forhold til verdsettingsfaktorer for togreiser generelt. For reiser under 70 km er togreiser verdsatt til cirka 130 kr per time, reiser mellom 70-200 km verdsettes til omtrent 194 kr per time, mens reiser over 200 km er verdsatt til 231 kr per time¹³ (Flügel, et al., 2020).

Tabell 8-9 Oversikt over ikke-prissatte virkninger

Ikke-prissatte virkninger	Antall berørte	Enhetsverdi	Påvirkning og samlet samfunnsøkonomisk verdi			
			Konsept A: Førerstøtte (kapasitet)	Konsept A: Førerstøtte (energi)	Konsept B: Selvkjørende tog (kapasitet)	Konsept B: Selvkjørende tog (energi)
Slitasje på jernbanespor	Alle strekninger (4 247 km jernbane)	Ikke direkte anvendbart, men 1 km/t økning i hastighet fører til om lag 16,5 mill. kr i økte vedlikeholds-kostnader per år	Liten negativ/ Ingen	Ingen/ Ubetydelig	Liten negativ/ Ingen	Ingen/ Ubetydelig
Togfremførings-sikkerhet	Alle togpassasjerer (66,7 mill. påstigninger årlig i 2022)	Ingen/ Ubetydelig	Ingen/ Ubetydelig	Ingen/ Ubetydelig	Ingen/Liten negativ	Ingen/Liten negativ
Opplevd trygghet under togfremføring	Alle togpassasjerer (66,7 mill. påstigninger årlig)	Ingen/ Ubetydelig	Ingen/ Ubetydelig	Ingen/ Ubetydelig	Ingen/ Ubetydelig	Ingen/ Ubetydelig
Komfort for reisende	Alle togpassasjerer (66,7 mill. påstigninger årlig)	Verdsettings-faktorer for ombordkomfort gir en verdi på 9,91 kr per reise når komforten øker fra lavest til høyest førerkvalitet	Liten negativ/ Ingen	Liten positiv/ Ingen	Liten negativ/ Ingen	Liten positiv/ Ingen
Andre trafikale virkninger	Alle togpassasjerer (66,7 mill. påstigninger årlig)	Tid ombord verdsettes til mellom 2,2 og 3,9 kr per minutt per passasjer	Liten negativ – Stor positiv	Liten negativ – Stor positiv	Liten negativ – Stor positiv	Liten negativ – Stor positiv

8.7.1 Togfremføringssikkerhet

ATO-teknologi vil kunne påvirke flere sikkerhetsmessige aspekter ved fremføring av togene i både konsept A og B. Sammenhengen mellom økt grad av automatisering og sikkerhet er todelt. På den ene siden kan automatiserte prosesser redusere graden av menneskelige feil, gi bedre beslutningsstøtte og gjøre kommunikasjonen enklere. På den andre siden kan det oppstå utfordringer knyttet til interaksjonen mellom de automatiserte systemene og

¹³ Verdsettelsesfaktorene er oppgitt i 2023-kroner.

mennesker, hvor automatisering kan komme i konflikt med menneskers handlinger. Automatiseringsteknologien kan her påvirke lokførers evne til å være oppmerksom og til stede, samt evne til å sette seg inn i en avvikssituasjon, dersom det skulle oppstå. Det foreligger lite empirisk grunnlag for å vurdere hvilken effekt automatisering har på lokførers oppmerksomhet under togfremføring, eller evne til å handle i en avvikssituasjon.

I forbindelse med togfremføringssikkerhet er automatiseringsparadokset relevant å nevne. Paradokset referer til en situasjon der jo mer et system automatiseres, desto viktigere blir de menneskelige interaksjonene med systemet. Sagt på en annen måte innebærer dette at personene er mindre involvert i driften av systemet, men når involvering først forekommer bli bidraget viktigere. Årsaken til dette henger sammen med hva som skjer dersom et uhell inntreffer. En sentral del av automatiseringsparadokset er her at konsekvensene av et uhell sannsynligvis vil være større uten menneskelig interaksjon (Ajunwa, 2020).

En artikkel av Stene (2018) beskriver risikoen for at lokføreren «kobler ut» dersom fraværet av oppgaver blir for stort. Her legges det vekt på at teknologi som erstatter eller støtter lokføreren kan bli «krykker» for lokføreren. Dette skyldes at ulykker gjerne er sammensatte hendelser, hvor systemene ikke klarer å ta høyde for alle mulige scenarier. Her argumenteres det for at å fjerne den menneskelige faktoren innebærer økt risiko. Artikkelen beskriver videre at det vil være nødvendig med tiltak for å sikre at man er best mulig forberedt på slike uforutsette hendelser. Her nevnes regelmessig trening i hvordan man skal overstyre automatiserte systemer som en sentral aktivitet.

I luftfarten har høy grad av automatisering vært en sentral del av hverdagen i lang tid, gjennom ulike autopilot-løsninger. Evjemo & Johnsen (2019) beskrev at teknologisk utvikling har bidratt til å redusere ulykkesraten i luftfarten. Likevel finner rapporten at en ny type flyulykker har oppstått. Dette knytter seg til ulykker forbundet med tap av kontroll eller situasjonsbevissthet, som følge av en økende grad av automatisering. Chialastri (2012) trekker også fram tap av situasjonsbevissthet som følge av automatisering som et sentralt problem innen luftfarten. Her peker studien på hvordan piloter kan *henge etter* automatiseringssystemets logikk, og er dermed uten evne til å motvirke eventuelle avvik i systemets håndtering av ulike situasjoner. Studien viser også til brukergrensesnittenes design ombord på flyene og den menneskelige interaksjonen med disse automatiserte systemene som en mulig risikofaktor. Mens automatiserte systemer i stor grad gir mer presis informasjon enn analoge systemer, kan konsekvensene av feil i data og systemsvikt øke den kognitive belastningen for pilotene.

Samtidig gir ATO-teknologi mulighet til å forbedre sikkerheten ved togkjøring, selv om det så langt kun er bevist at ATO-teknologi er i overensstemmelse med eksisterende sikkerhetsstandarder. Muligheten til å forbedre sikkerheten kan oppnås ettersom togføreren har støtte fra teknologien gjennom redusert arbeidsmengde og eliminering av menneskelige feil. Dersom sikkerheten øker, kan dette også forbedre den opplevde sikkerheten for individer som bor i nærheten av jernbanen (Poulus, van Kempen, & van Meijeren, 2018).

Med utgangspunkt i funn fra litteratursøk over, har vi inntrykk av at virkningen i konsept A Førerstøtte vil være lik null eller av ubetydelig størrelse, ettersom konseptet innebærer en lav grad av automatisering. Dersom konsept B Selvkjørende tog innføres indikerer tidligere studier at høyere grad av automatisering som frigir togføreren fra selve kjøringen av toget, vil både kunne ha positive og negative virkninger. Empiriske funn fra luftfarten gir imidlertid indikasjoner på at de negative virkningene kan være større, ettersom automatisering har ført til nye problemer knyttet til situasjonsbevissthet. Ettersom togføreren fremdeles vil være til stede ved kjøring av toget i konsept B gir det oss grunn til å tro at de negative virkningene er små eller fraværende i sum. Litteratursøket vi har foretatt har ikke gitt oss inntrykk av at virkningene i hverken konsept A eller B vil variere avhengig av om ATO-teknologien i konseptene er innstilt for å maksimere kapasitet eller energieffektivitet.

8.7.2 Opplevd trygghet

I tillegg til at automatisering av ulike lokføreropp-gaver vil påvirke deres arbeidsbelastning, er det også rimelig å forvente at graden av automatisering vil kunne påvirke passasjerenes opplevde trygghet ombord togene. Det foreligger lite forskning om den opplevde sikkerheten knyttet til automatisering av togfremføring. Likevel fant en teststudie av førerløse (helautomatiserte) skyttelbusser i Tyskland at passasjerenes opplevde sikkerhet i stor grad ble opprettholdt (Nordhoff, Stapel, van Arem, & Happee, 2020). Her beskrev over 80 prosent av deltakerne at sikkerheten opplevdes som ivaretatt mens de reiste med bussen.

(Nordhoff, Stapel, van Arem, & Happee, 2020) viser samtidig at det er forskjell i opplevd sikkerhet blant passasjerene og andre trafikanter. I denne sammenheng ble også fotgjengere og syklister spurt om deres opplevde sikkerhet i nærhet til selvkjørende busser. Til tross for at passasjerene opplevde at sikkerheten var ivaretatt, var andre veibrukere mer skeptiske til bussene. Flere påpekte her at manglende øyekontakt med den menneskelige sjåføren, og manglende tillit til oppførselen til det automatiserte kjøretøyet var særlig viktige usikkerhetsmomenter. Spørreundersøkelsen viste at godt over 70 prosent at fotgjengerne og syklistene ville holde seg unna veien til bussen hadde passert vedkommende. Blant andre veibrukere var manglende signaler og forventning til hvilke valg bussen tar det som skapte usikkerhet. Her la flere fotgjengere vekt på at bruk av visuelle tegn som lys eller lyd ville vært av nytte.

(Lemonnier, Adélé, & Dionisio, 2023) finner fra tidligere forskning at individers inntrykk av automatiserte undergrunnsbaner generelt sett var positive. Imidlertid foretrakk individene transportmiddel kjørt av sjåfører på det tradisjonelle viser, fremfor automatiserte transportmiddel med eller uten personell. Ettersom togførerne er tilstede og er ansvarlig for sikkerheten ved kjøringen av toget i begge konseptene for ATO-teknologi som er vurdert i KVUen, tilsier det og den høyre graden av tillitt til førerløse systemer de overnevnte studiene finner at passasjererne ikke vil oppleve betydelig endring i tryggheten på togreisene i forhold til dagens situasjon dersom konsept A eller B innføres.

Vi vurderer derfor at konseptene ikke innebærer noen samfunnsøkonomiske virkninger på dette punktet.

8.7.3 Slitasje på jernbanespor

En annen ikke-prissatt virkning som kan tenkes å forekomme dersom ATO-teknologien innføres, er endring i slitasje – både på jernbaneinfrastruktur og togmateriell. Endringen i slitasje vil avhenge av hvordan ATO er programmert til å kjøre. Dersom ATO er programmert til å maksimere trafikkapasitet, vil dette trolig medføre en relativt «aggressiv» kjøremåte sammenlignet med hva som er tilfellet i dag hvor lokfører selv bestemmer kjøremåte uten ATO (som kan innebære mer variert kjøring blant lokførere sammenlignet med ATO). I motsetning til aggressiv kjørestil kan ATO programmeres til å kjøre «mykt» for å gi lavere energiforbruk, noe som kan tenkes å redusere slitasjen sammenlignet med hva som er tilfellet med dagens teknologi.

KVUen oppgir at det i dag ikke foreligger simuleringer eller estimat på effekten av ATO for slitasje eller slitasjekostnader. Selv om det ikke er gjort simuleringer eller estimat på effekten av ATO på jernbaneinfrastruktur eller togmateriell, er det fare for at en mer aggressiv kjørestil bidrar til økt slitasje og kostnader. Det *må* imidlertid ikke bli slik, da man kan oppnå høyere gjennomsnittshastighet uten at makshastigheten øker, for eksempel gjennom jevnere kjøring. En eventuell merkostnad vil innebære at økt kapasitet og spart kjøretid har lavere lønnsomhet enn hva netto nåverdi av de prissatte virkningene tilsier. Programmering for å oppnå energieffektivisering i kjørestilen vil kunne innebære redusert slitasje, noe som videre vil kunne føre til en energibesparelse. Dette indikerer at denne kjørestilen vil ha høyere lønnsomhet enn hva netto nåverdi av prissatte virkninger tilsier.

Vi har gjort foretatt litteratursøk for å kunne si noe om omfanget av slitasje på jernbanespor avhengig av kjørestil. (Scheepmaker, Willeboordse, Hoogenraad, Luijt, & Goverde, 2020) finner ved vurdering av kjørestrategier at mer miljøvennlige kjørestiler innebærer mindre vedlikeholdskostnader sammenlignet med strategier basert på å maksimere hastighet. Lignende, finner (Alstorm, 2020) ved å bruke en digital tvilling, at ved en relativt «mild» nedbremsingskurve vil det redusere energiforbruket og slitasje på infrastrukturen, mens en relativt «bratt» nedbremsingskurve vil innebære økt hastighet, men også økt slitasje. Det er svært få eller ingen studier som har estimert det prosentvise økningne i vedlikeholdskostnader som følge av aggressiv kjøring. Det er imidlertid et studie av (Jernbaneverket, 2016) som har sett på hvordan vedlikeholdskostnaden øker som følge av høyere hastighet. De stimerte effekten til en 0,84 prosent i økning vedlikeholdskostnader ved en økning i snitthastigheten på 1 km/t. Dette estimatet inkluderer bare korrektiv og forebyggende vedlikehold og ikke kostnader ved behov av fornyelse av jernbane.

Funnene tilsier at ved å benytte ATO-teknologi til å maksimere kapasiteten vil det kunne føre til en økt slitasje på infrastruktur og materiell. Vi vurderer at denne virkningen har ingen til lav negativ virkning, ut ifra hvordan systemt inkorporerer bremsemønster og kjørehastighet under sving, under maksimering av kapasitet, sammenlignet med hvordan en fører ville kjørt. Vi anser det som sannsynlig at eventuell økt slitasje fra høyere gjennomsnittshastighet som følge av ATO-teknologi, vil være lav. I 2020 ble det brukt 1 982 millioner kroner på vedlikehold ifølge (Bane NOR SF, 2022). En 1 km/t økning i hastighet dermed vil lede til 16,5 millioner kroner i økte vedlikeholdskostnader per år, basert på studiet til Jernbaneverket nevnt over. Dette estimatet inkluderer imidlertid ikke fornyelseskostnader.

Vi ser liten grunn til forskjeller mellom Konsept A Førerstøtte og Konsept B selvkjørende tog her, dersom man i Konsept A Førerstøtte oppnår den forsinkelsesreduksjonen, og det kjøremønsteret, som er antatt i simuleringene. Energiinnretningen på konseptene vil antakelig ikke føre til denne merkostnaden i form av økt slitasje. Vi anbefaler derfor at forprosjektet utarbeider bedre forståelse for hvordan de ulike konseptene kan tenkes å påvirke passasjerkomforten, om det påvirker konseptenes lønnsomhet og den optimale avveiningen mellom kapasitet og energi.

8.7.4 Komfort for reisende

Endring i komfort for reisende påvirkes også av programmeringen av ATO. Ved en aggressiv kjørestil vil den raske nedbremsingen og akselerasjon kunne føre til en mindre komfortabel reise for passasjerene sammenlignet med en mykere kjørestil.

I KVUen er det oppgitt at det ikke er gjennomført simuleringer eller beregnet estimater av passasjerers verdsetting av komfort i forbindelse med bruk av disse kjørestilene i Norge. Gitt at det er en sammenheng mellom kjørestil og komfort for reisende, tilsier dette imidlertid at aggressiv kjørestil trolig er mindre lønnsomt sammenlignet med myk kjørestil, i forhold til hva netto nytte basert på prissatte virkninger indikerer. ATO-teknologi innrettet mot kapasitet kan som nevnt maksimere kapasitet og redusere kjøretiden, men for passasjerene vil det kunne gå utover komforten på reisen. Dersom ATO-teknologien er innrettet mot energieffektivisering, vil dette kunne ha positiv innvirkning på de reisendes komfort, men vil til gjengjeld innebære en mindre tidseffektiv reise.

For å vurdere omfanget av virkningen av ulike kjørestiler på komfort for reisende har vi foretatt litteratursøk. (Liu, Wang, & Qu, 2019) finner at komfort hovedsakelig er påvirket av akselerasjon og forandringer i akselerasjon, og i den forbindelse vil det være slik at passasjerene føler seg mindre komfortable dersom togets fart i stor grad akselererer. I en studie av blant annet busspassasjerers etterspørselastisitet av ulike forbedringer ved

bussreiser, finner (Currie & Wallis, 2008) at passasjerene foretrakk jevne reiser sammenlignet med en brå, heller enn en ujevn kjørestil. Studien fant at busspassasjerenes etterspørselastisitet i denne forbindelse var 1,02 prosent, som indikerer en liten, men positiv verdsetting av komfort ved reiser.

Lignende, finner (Veisten, et al., 2020) at kollektivtrafikanteres betalingsvillighet var økende med økt førerkvalitet (for alle typer kollektivreiser), altså bedre evne til å kjøre med jevn fart, rolig kjøring i svinger og «myk» start/bremsing. Selv om betalingsvilligheten er økende, øker den mindre etter hvert som kjørestilen til sjåførene blir bedre. Fra laveste til middels førerkvalitet var betalingsvilligheten 5,63 kr og 4,28 kr fra middels til høyeste førerkvalitet. Fra lavest til høyest førerkvalitet var betalingsvilligheten dermed 9,91 kr.¹⁴ Dersom vi multipliserer dette med antall påstigninger i året, kan disse verdsettingsfaktorene brukes til å beregne et estimat på den samlede betalingsvilligheten for å øke komforten ved reiser, dersom komfortendringen ved ATO hadde vært tilsvarende som den benyttet i verdsettingsstudien.

Komfort for reisende har relativt høy verdi, der økt komfort potensielt kan være verdt 10 kr påstigning/reise. Virkningen kan derfor potensielt være ganske stor, dersom de antatte forsinkelsesreduksjonene krever en langt mer aggressiv kjørestil enn nullalternativet. Ved energiinnretning på konseptene kan passasjerkomforten øke. Vi anbefaler derfor at forprosjektet undersøker nærmere hvordan de ulike konseptene kan tenkes å påvirke passasjerkomforten gjennom endrede akselerasjons- og bremsekurver, og om det påvirker konseptenes lønnsomhet.

8.7.5 Andre trafikale virkninger

Det er en rekke andre virkninger som ikke er fanget opp i simuleringsmodellene. Dette gjelder blant annet effektivitet i enkeltsporkryssinger og redusert togfremføringstid, og hvordan disse kan utløses gjennom optimalisering av ruteplanen. Simuleringene hensyntar heller ikke hvordan konseptene vil kunne påvirke forsinkelser på over 15 minutter.

Det finnes svært lite tilgjengelig data for å underbygge effekten av disse virkningene, og de samles derfor i en felles ikke-prissatt virkning med et oppsidepotensiale, men svært høy usikkerhet.

8.8 Samlet vurdering og rangering av alternativene

Rangeringen av tiltakene etter samfunnsøkonomisk lønnsomhet skal inkludere både prissatte og ikke-prissatte virkninger. I tabellen under presetneres de samlede vurderingene av nytte- og kostnadsvirkningene.

¹⁴ Betalingsvilligheten er oppgitt i 2023-kroner, omregnet fra 2019-kroner gitt 17 prosent prisstigning ved bruk av SSBs priskalkulator, tilgjengelig her: <https://www.ssb.no/kalkulatorer/priskalkulator>. Det bør også nevnes at betalingsvilligheten ikke er estimert for togreiser spesifikt, men samlet for alle typer kollektivreiser. Togreiser utgjør en mindre del av andelen av datagrunnlaget, noe som innebærer at verdsettingsfaktorene kan gi noe feilaktige estimater av betalingsvilligheten for komfort på togreiser.

	Nullalternativ	Konsept A: Førerstøtte		Konsept B: Selvkjørende tog	
			Kapasitet	Energi	Kapasitet
Trafikanter	0	3 682	1 840	3 951	1 996
Trafikantnytte, referanse	0	2 967	1 415	3 159	1 561
Trafikantnytte, overført og nyskapt	0	30	8	35	10
Andre transportmidler (bil, buss, fly)	0	408	188	460	207
Godskunder	0	-55	75	-76	50
Helsevirkninger for gående og syklende, overført fra bil	0	331	154	373	169
Operatører	0	0	0	0	0
Markedsinntekter, persontog	0	771	357	869	393
Offentlig kjøp av persontransport, persontog	0	-541	-399	-598	-441
Endring i drift, avgifter og persontog	0	-230	42	-272	48
Det offentlige	0	-2 121	-2 244	-7 127	-7 262
Endring i avgifter (herunder bom- og fergeavgifter)	0	-48	-22	-54	-25
Endring i vedlikehold av infrastruktur	0	-1 836	-1 839	-5 960	-5 963
Offentlig kjøp av persontransport på tog og buss	0	548	403	606	445
Investeringer	0	-786	-786	-1 719	-1 719
Samfunnet for øvrig	0	-141	-308	-1 108	-1 301
Endring i ulykker	0	34	16	39	18
Endring i støy	0	106	49	120	54
Endring i lokale utslipp	0	137	63	155	69
Endring i CO2-utslipp	0	10	5	12	5
Endring i skattefinansiering	0	-429	-442	-1 433	-1 448
Samfunnsøkonomisk netto nåverdi	0	1 419	-713	-4 283	-6 567
Rangering basert på prissatte virkninger	2	1	3	4	5
Ikke-prissatte virkninger					
Slitasje på jernbanespor	Ingen	Liten negativ/ Ingen	Ingen/ ubetydelig	Liten negativ/ Ingen	Ingen/ ubetydelig
Togfremføringsikkerhet	Ingen	Ingen/ ubetydelig	Ingen/ ubetydelig	Liten negativ/ Ingen	Liten negativ/ Ingen
Opplevd trygghet under togfremføring	Ingen	Ingen/ ubetydelig	Ingen/ ubetydelig	Ingen/ ubetydelig	Ingen/ ubetydelig
Komfort for reisende	Ingen	Liten negativ/ Ingen	Liten positiv/ Ingen	Liten negativ/ Ingen	Liten positiv/ Ingen
Andre trafikale virkninger	Ingen	Liten negativ – stor positiv	Liten negativ – stor positiv	Liten negativ – stor positiv	Liten negativ – stor positiv
Rangering basert på ikke-prissatte virkninger	3	4	1	5	2
Samlet rangering	2	1	3	4	5

Vår vurdering er at det kun er Konsept A Førerstøtte med kapasitetsinnretning som er samfunnsøkonomisk lønnsomt, altså at nyttevirkningene forventes å overstige kostnadsvirkningene. Imidlertid er denne konklusjonen basert på at trafikantnyttens verdsettes med samme metode som er brukt i KVU, og som det diskuteres i kapittel 8.5, bør forprosjektet undersøke trafikantnyttens også med den andre verdsettelsesmetoden før man konkluderer med konseptets lønnsomhet.

Forutsetningene for simuleringene er tilnærmet like mellom Konsept A Førerstøtte og Konsept B Selvkjørende tog, som gjør at trafikantnyttens kun er 6-8 % høyere i Konsept B. I tillegg krever begge samme personell om bord på toget, men Konsept B krever betydelig større investerings- og driftskostnader. Ut fra disse forutsetningene er det ikke overraskende at Konsept B gir lavere lønnsomhet enn Konsept A.

De vurderte ikke-prissatte virkningene viser at Konsept A Førerstøtte med energiinnretning kommer best ut, som følge av lavere forventet slitasje på jernbanespor og opprettholdt togfremføringssikkerhet. Likevel er ingen av de anslåtte virkningene store nok til å påvirke rangeringen av konseptene.

8.9 Fordelingsvirkninger

Den klare majoriteten av nyttevirkningene [93-99 %] kommer fra trafikale endringer i Østlandsområdet. Dette følger av to årsaker:

- 1. Effekten av tiltakene er jevnt over større på Østlandsområdet enn utenfor.** Simuleringene er gjort for å etterligne effekten de ulike tiltakene ville hatt både på det sentrale østlandsområdet og utenfor. Jevnt over viser resultatene at Østlandsområdet får større reduksjoner i forsinkelser i absolutte tall (sekunder/minutter). Samtidig er det også her den gjennomsnittlige forsinkelsestiden er størst i utgangspunktet.
- 2. Befolkningstettheten og persontogtrafikken er størst i dette området.** Selv om nyttevirkningene hadde vært jevnt fordelt over hele tognettet, ville den samlede nytten vært vesentlig større på østlandsområdet, rett og slett som en følge av at det er flere trafikanter og togavganger her enn i landet for øvrig.

Ettersom tiltakene ikke forventes og gi noen betydelig overført og nyskapt trafikk, vil mesteparten av nyttegevinstene oppleves av de som allerede reiser med tog. Det er også verdt å merke at de fleste nyttevirkningene kun oppleves av de som faktisk bor og ferdes i områder med togtransport. Personer med lengre avstand til tognettet vil i liten grad oppleve nytte av tiltakene, med unntak av den forventede reduksjonen i CO₂-utslipp. Samtidig vil hele befolkningen påvirkes av kostnadssiden i form av økt skattebyrde og skattefinansieringskostnader.

8.10 Anbefalt konsept og styringsmål for investeringskostnader

Basert på resultatene fra alternativanalysen, anbefaler vi Konsept A Førerstøtte med kapasitetsinnretning, med anbefalt styringsmål på 1 370 millioner 2023-kroner inkl. mva.

Som det er redegjort for gjennom alternativanalysen, er imidlertid denne konklusjonen basert på resultater med stor usikkerhet. I tillegg er det lang tid til antatt driftsstart i 2034, og det er utfordrende å spå hva den reelle nåsituasjonen vil være på det tidspunktet. Avhengigheten til ERTMS-prosjektet gir en ytterligere risiko, da eventuelle utsettelse og forsinkelser vil gi konsekvenser for konseptets lønnsomhet.

Kvalitetssikrer anbefaler derfor at det gjøres grundige undersøkelser for å redusere de mange usikkerhetene i analysen og bekrefte konseptets samfunnsøkonomiske lønnsomhet så tidlig som mulig. Vi ser det også som hensiktsmessig å utsette oppstart av forprosjekt til det er nødvendig.

8.11 Muligheter for tidligere uthenting av nytte

Som det diskuteres videre i kapittel 9, anbefaler vi i tillegg at man umiddelbart undersøker muligheten for å tidlig ta ut nytte av teknologien i Konsept A Førerstøtte gjennom en ERTMS-uavhengig mellomløsning som senere kan migreres til den ERTMS-baserte løsningen som er utredet i KVV. Vi har i forbindelse med kvalitetssikringen utarbeidet en overordnet vurdering over de mulige gevinstene som kan hentes ut ved en slik løsning.

Analysen er gjort med to innretninger: Én der førerstøtte innføres på strekninger *uten* ERTMS, og én der førerstøtte innføres løpende på strekninger *med* ERTMS. Gevinstpotensialet kan illustreres med følgende figur – der nytten ved tidligere innføring av førerstøtte med og uten ERTMS oppstår på henholdsvis høyre og venstre side av diagonalen.

Figur 8-10: Foreløpig tidslinje for utbygging av ERTMS og eksisterende fjernstyringssystemer. Rød = ERTMS utbygget, Grønn = VICOS fjernstyringssystem, Blå = EBICOS fjernstyringssystem, Skravert = RailManager eller uten fjernstyring

Strekning	Parsell	Andel av årlig antall linjeavganger	År													
			24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34			
Gjøvikbanen	Roa – Gjøvik	5 %	24													
Nordlandsbanen	(Grong) – Bodø	1 %	24	25												
Vestfoldbanen	(Drammen) – Tønsberg	5 %		25												
Bergensbanen	(Hønefoss) – Arna	2 %			26											
Flåmsbana	Myrdal – Flåm	1 %			26											
Rørosbanen	(Hamar) – Røros – (Støren)	2 %				27										
Solørbanen	(Kongsvinger) – (Elverum)	0 %				27										
Dovrebanen	(Eidsvoll) – Åkersvika	4 %				27										
Ofotbanen	Narvik – Bjørnfjell	0 %					28									
Nordlandsbanen	(Trondheim) – Grong	1 %					28									
Meråkerbanen	(Hell) – Riksgrensen	1 %					28									
Østfoldbanen	(Oslo) – (Ski)	16 %						29								
Dovrebanen	(Åkersvika) – Hamar	3 %						29								
Gjøvikbanen	(Oslo S) – Roa	6 %						29								
Kongsvingerbanen	(Lillestrøm) – (Charlottenberg)	4 %						29								
Randsfjordbanen	(Hokksund) – (Hønefoss)	1 %						29								
Roa–Hønefossbanen	Roa – (Hønefoss)	2 %						29								
Bratsbergbanen	Skien – (Nordagutu)	2 %							30							
Sørlandsbanen	(Hokksund) – Stavanger	2 %							30							
Tinnosbanen	(Hjuksebø) – Notodden	2 %							30							
Arendalsbanen	(Nelaug) – Arendal	2 %							30							
Vestfoldbanen	(Tønsberg) – Skien	5 %							30							
Østfoldbanen	Sandbukta – Moss – Såstad	6 %							30							
Dovrebanen	(Hamar) – Trondheim	1 %								31						
Dovrebanen	Stavne – Leangen	2 %								31						
Raumabanen	(Dombås) – Åndalsnes	1 %								31						
Østfoldbanen	(Ski) – Kornsjø (Ø/V linje)	5 %									32					
Bergensbanen	Arna – Bergen og Hønefoss stasjon	5 %														34
Oslo-korridoren	Oslo-korridoren	12 %														34

En eventuell gevinst av innføring av førerstøtte *uten* ERTMS avhenger av at fjernstyringssystemene VICOS (grønne ruter) og EBICOS (blå ruter) kan justeres for å håndtere det aktuelle førerstøttesystemet. Vi forutsetter at strekninger med RailManager og strekninger uten fjernstyringssystemer (skraverte), ikke er egnet til å innføre førerstøtte før ERTMS. Med disse forutsetningene finner vi at 93 prosent av alle passasjertogavganger er på

parseller som støtter ombygging til førerstøttesystemer, og at 45 prosent av denne trafikken først får ERTMS fra og med 2030. Gitt at adopsjonsraten for førerstøttesystemer tilsvarer 80 prosent av Norske Togs togpark fra 2025, vil innføring av ERTMS-uavhengig førerstøtte gi et gevinstpotensiale til en samlet nåverdi på 770 millioner kroner. Dette tilsvarer en gjennomsnittlig årlig gevinst per parsell på 9,2 millioner kroner (udiskontert).

En tilsvarende analyse for løpende innføring av førerstøttesystemer på strekninger med ERTMS (forutsatt full adopsjon for persontog), gir et samlet gevinstpotensiale på 820 millioner kroner i nåverdi. Dette tilsvarer en gjennomsnittlig årlig gevinst per parsell på 10 millioner kroner.

Jo senere en strekning har planlagt innføring av ERTMS, desto mer utsatt er innføringen for eventuelle forsinkelser. Oslo-korridoren står for en vesentlig andel av de samlede passasjertogavgangene, og en eventuell utsettelse av innføring av ERTMS her vil dermed kunne gi store konsekvenser for gevinstpotensialet i både Konsept A, og en mellomløsning med løpende innføring av førerstøtte på ERTMS-strekninger. Samtidig er det vanskelig å garantere at en mellomløsning *uten* ERTMS vil følge de rette standardene og ha korrekt innretning til å fungere også når ERTMS innføres – som gir en viss risiko for at man kan bli nødt til å gjennomføre tilsvarende investeringer to ganger. Med andre ord er det usikkerhetsmomenter ved begge disse mellomløsningene som må undersøkes nærmere før en eventuell beslutning tas – men de mulige gevinstene er likevel store for begge løsninger.

Det er viktig å understreke at disse beregningene *ikke* tar for seg kostnadsaspektet ved de to mellomløsningene, da vi ikke har hatt tilstrekkelig grunnlag for å vurdere dette. Målet med analysen er å illustrere hvorvidt det kan være verdt å undersøke ulike løsninger for tidlig innføring av førerstøtte – som det basert på gevinstpotensialet ser ut til å være.

9 Føringer for forprosjektfasen

KVU anbefaler at videre arbeid med en forprosjektfase utsettes til utbygging av ERTMS er kommet lengre, blant annet for å kunne basere seg på et større kunnskapsgrunnlag. KVU har valgt å behandle strategi for gjennomføring kun i grove trekk. Vår vurdering er at føringene, spesielt avhengigheter til andre prosjekter, kontraktstrategi og prosjekteksterne forhold som underlag for konseptvalg burde vært utviklet til et nivå som gir fagdepartementet et fullverdig grunnlag for styring av forprosjektfasen. Om mulig bør det identifiseres en mellomløsning, som kan være en migreringsvei frem mot Konsept A, i påvente av ERTMS og for tidlig utnyttelse av løpende investeringer (C-DAS og ERTMS-prosjektet).

9.1 Grensesnitt til andre prosjekter

Prosjektet beskriver behov for koordinering med utrulling av ERTMS og spesielt med tidspunkt for utrulling i Oslo-området. Det er ikke beskrevet hva slags avhengighet som er identifisert; om det er samtidig idriftsetting, oppstart etter ferdigstilt ERTMS-utrulling eller tilpasset banestrekning for banestrekning. Fra øvrige deler av KVU går det frem at anbefalt konsept forutsetter at ERTMS er implementert. Prosjektet har vist til muligheter for gradvis implementering koblet til strekningsvis utrulling, uten at det er tatt inn i KVU. Vår vurdering er at avklaring på dette punkt er nødvendig for hensiktsmessig oppfølging av konsept A. En vurdering av ledetider for beslutninger og utvikling i tilstøtende prosjekter, og kanskje spesielt delleveranser i ERTMS, vil være nyttig for departementets styring.

Fremdriften i ERTMS-utrulling kan ikke regnes som sikker. Ny nasjonal signalplan innebærer en utsettelse på om lag 6 år av ERTMS i Oslo-korridoren i forhold til tidligere planer. Videre utvikling kan også bli gjenstand for ytterligere forsinkelser. Første banestrekning er fremdeles ikke satt i drift, som gjør prognoser om ERTMS-prosjektets sannsynlige leveransetakt fremover usikre. Vi anbefaler at det gjøres en vurdering av risiko i avhengigheten til ERTMS. En slik vurdering kan omfatte:

- En usikkerhetsanalyse av ERTMS-prosjektets forventede ferdigstillelsesdato basert på kvantitative metoder som inntjent verdi og produktivitetsestimater
- En analyse av hvordan et scenario med betydelig forsinket oppstart av Konsept A Førerstøtte vil påvirke samfunnsøkonomisk lønnsomhet.

KVUen beskriver også hvordan utvikling av standardisering og kunnskap i regi av EU (bl.a. Europe's Rail) vil gi bedre underlag for beslutninger om ATO, i skrivende stund forventet omkring 2027. I en vurdering av nye teknologier vil man måtte ta hensyn til at flere mulige løsningskomponenter vil kreve økt båndbredde i kommunikasjonskanalene. FRMCS, basert på kommersielle 5G mobilnett, antas å erstatte GSM-R som kommunikasjonsbærer for ERTMS og øvrig togkommunikasjon innen ferdigstillelse, selv om en betydelig overlappende drift kan påregnes. Derfor må også grensesnitt til prosjekt FRMCS håndteres i et forprosjekt for A.

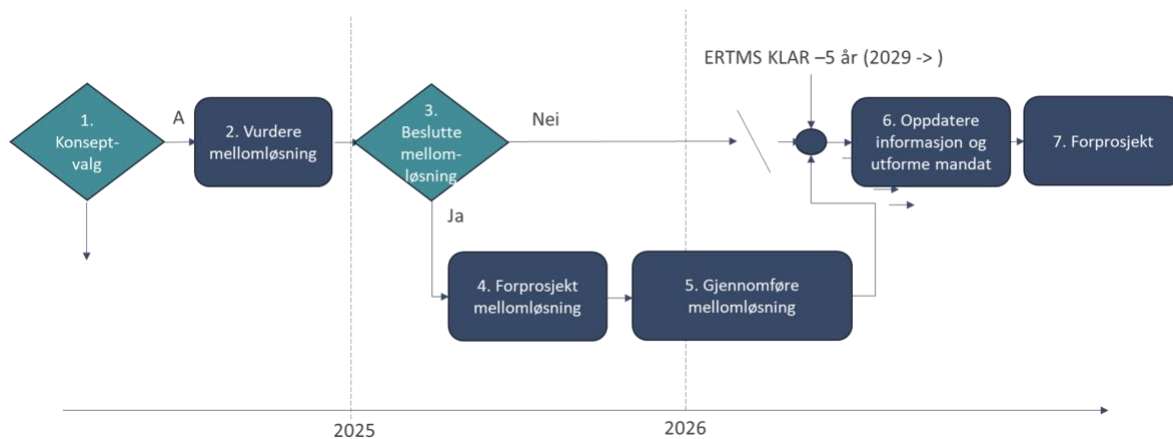
9.2 Beslutningsstrategi

Selv om KVU anbefaler å starte forprosjektet på et senere tidspunkt, er det ikke gjort noen vurdering av fordeler og ulemper med å ta konseptvalg på et senere tidspunkt.

Vi anbefaler at valg av konsept A gjøres nå. Som vi har redegjort for i kapittel 8, er konsept A det eneste lønnsomme konseptet, og valget av A vil ha en koordinerende effekt overfor sektoren. Imidlertid tilsier

teknologiske muligheter, standardisering og fremdrift i ERTMS-prosjektet at det så raskt som mulig bør undersøkes om nytten fra C-DAS kan hentes ut tidligere, i påvente av at ERTMS-prosjektet ferdigstilles. Konkret ser vi for oss at det kan finnes en mellomløsning med ERTMS-fri C-DAS som over tid migreres til den ERTMS-baserte løsningen i konsept A Førerstøtte.

Figur 9-1 Anbefalt beslutningsstrategi



Vi anbefaler derfor følgende beslutningsprosess for å sikre at prosjektet utvikles optimalt, slik det også er vist i Figur 9-1.

1. **Beslutte konsept A Førerstøtte.** Dette gir en tydelig retning og sikrer synkronisering av teknologier frem mot realisering. Beslutningen begrenser også utfallsrommet for en mellomløsning for å øke mulighet for en kostnadseffektiv migrering til ERTMS-basert C-DAS (konsept A).
2. **Utrede mellomløsning førerstøtte (C-DAS) uten ERTMS** på hele eller deler av banenettet i påvente av ERTMS. Dette gir mulighet for tidlig utnyttelse av løpende investeringer (C-DAS, ERTMS mm) og frikobler investeringens gevinstuttak fra ERTMS-prosjektet. Vår anbefaling er at det utredes en migreringsvei frem mot ERTMS-basert C-DAS (slik utredet i konsept A), ikke som en erstatning. Vurderingen bør også identifisere de faktorer som kan påvirke oppstart forprosjekt for ERTMS-basert C-DAS og eventuelle videre valg i en mellomløsning. Eksempler på dette er: fremdrift ERTMS-realiserings, teknologiutvikling og standardisering av C-DAS, ATO, FRMCS og andre styrende teknologier og løsninger, og initiativer i øvrige deler av sektoren. Disse faktorene må løpende overvåkes. Forprosjektet også bør identifisere og tallfeste flere samfunnsøkonomiske virkninger, se kapittel 9.4 under.
3. **Beslutte om mellomløsning skal velges** og forprosjekt igangsettes. Departementene må vurdere nødvendig omfang av kvalitetssikring før denne beslutningen, for eksempel gjennom en supplerende analyse.
4. **Forprosjekt for mellomløsningen og eventuell kvalitetssikring.**
5. **Gjennomføre mellomløsningen.** Fortløpende vurdere mulighet for migrasjon til ERTMS-basert C-DAS
6. **Mandat forprosjekt ERTMS-basert førerstøtte.** Status på ERTMS-prosjektet må fortløpende overvåkes. Når det er tilstrekkelig forutsigbart at ERTMS nivå 2 vil være ferdigstilt innen 5 år, kan forutsetningene for konsept A, herunder SØA og status på en eventuell mellomløsning, oppdateres og mandat utformes.
7. **Forprosjekt ERTMS-basert førerstøtte.** Dersom den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av konseptet ikke er bekreftet, bør det gjøres som del av forprosjektet før endelig investeringsbeslutning tas.

De utredede konseptene bør betraktes som teknologiprojekter basert på svært flyktige premisser for vurdering av nytte- og kostnadsvirkninger. Det lange løpet fra KVVU til gjennomføring, gjør det hensiktsmessig å legge opp til en mulig exit i forprosjektet gjennom en oppdatering av premissene for og den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av konseptvalget. Departementene kan vurdere om det skal legges inn før oppstart forprosjekt eller tidlig i forprosjektet.

For konsept A, samt tidlig førerstøtte uten ERTMS, gjelder ikke de samme strenge krav til sikkerhet som for eksempel ETCS; det er antatt Safety Integrity Level 0 (SIL 0), det vil si ingen spesifikke krav. Sammen med langt mindre komplekse anskaffelser og trolig begrenset utbredelse, bør prosjektet kunne planlegges og gjennomføres til første applikasjon på kortere tid enn de 8 år det er beregnet kostnader for.

9.3 Kontraktstrategi og organisering av forprosjektet

9.3.1 Kontraktstrategi

Det vises i KVVUen til at signalteknisk infrastruktur for ATO allerede inngår som opsjon i ERTMS-kontrakten. Hvorvidt anbefalt konsept vil resultere i en anskaffelse eller ikke burde vært redegjort for i KVVU, siden det vil ha stor innflytelse på omfang og innretning av forprosjekt. Hva opsjonen innebærer av muligheter og forpliktelser er kjent informasjon på tidspunktet for utredningen og burde vært vurdert som en del av KVVU, spesielt fordi det er vesentlig for vurdering av eventuelt tidlig involvering av leverandør.

Det bør klargjøres hvordan eksisterende avtaler for trafikkstyringssystemer, signal og ombordutstyr griper inn i prosjektets muligheter for kontraktstrategi. Bane NOR må for TSI CSS-prosjekter varsle togselskapene 5 år før det iverksettes. Om aktørene på selvstendig grunnlag ønsker å delta i endringsarbeidet, er ikke 5-årsfristen til hinder.

For Konsept A Førerstøtte vil det være en risiko for monopolistisk prising ved eventuell forhandling om oppgradering av TMS. Dette gjelder ombordenheter med ny funksjonalitet og nye grensesnitt dersom løsningene går ut over opsjoner allerede definert i ERTMS-kontraktene. Det bør derfor klargjøres hvilke reservasjonspriser som bør forutsettes basert på nyttevurderingene, spesielt for kjøretøymodeller som har kort gjenværende levetid eller liten utbredelse.

Vi anbefaler at tidlig involvering av nøkkelaktører gjøres i forprosjektet.

9.3.2 Organisering og styring av forprosjektet

Med forprosjektet mener vi her både forprosjekt for konsept A og tilsvarende aktiviteter knyttet til eventuelle mellomløsning frem mot endelig realisering.

Eierstyring

For å sikre en vellykket gjennomføring av forprosjektet er det viktig at det planlegges for en aktiv eierstyring med fokus på å:

- Sikre og videreføre den gode kontinuiteten i personavhengige relasjoner og samarbeid mellom prosjektet, eier og leverandør.
- Sikre at det store koordineringsbehovet mellom Jernbanedirektoratet, Bane NOR, Norske Tog og togoperatørene blir styrt og ivaretatt.

- Sikre at nøkkelpersoner fra KVVU-arbeidet blir med videre til forprosjektet.
- Sikre god balanse mellom behov og effektmål
- Sikre styrte og planlagte prosesser for kompetanseoverføring gjennom hele prosjektløpet.
- Sikre god kommunikasjon og interessenthåndtering, i første rekke mellom togoperatørene (person- og godstog) og Bane NOR.
- Videreføre og lære av erfaringer gjort i tilsvarende prosjekter på områder som organisering og rapporteringslinjer.
- Arbeide videre med effektmålene og gjøre de mest mulig målbare og etterprøvbare i forhold til en nåsituasjon, og at det etableres en tidsplan for realisering av effektmålene som bidrag i å sikre operativ styring av gjennomføringsprosjektet.
- Styre prosjektet med bruk av endringslogg mellom KS1 og KS2.

Prosjektorganisering

Prosjektet følger retningslinjene for digitaliseringsprosjekter i Staten (Finansdepartementet 2020). Arbeidet bør gjennomføres som en integrert prosess hvor Jernbanedirektoratet er prosjekteier. KVVUen har ikke kommet med direkte føringer til hvordan forprosjektet bør organiseres, men vi anbefaler at det etableres en styringsgruppe ledet av prosjekteier samt en referansegruppe med primærinteressenter. Mest sentralt er at prosjektorganisasjonen som skal etableres må samle relevante aktører i jernbanesektoren, med formål om å få til en koordinert prosjektgjennomføring. KVVUen peker på at prosjektorganisasjonen må besitte tverrfaglig kompetanse, ved at sentrale aktører som Bane NOR, Norske Tog og togoperatørene – person og gods (som interessenter), er representert i forprosjektet. Bane NOR skal overta eierskapet til de sentraliserte løsningene når valgte konsept er realistert og må i tillegg til nøkkelpersoner fra KVVU-arbeidet, delta med personer som skal være ansvarlig for løsningene fremover. Vi forutsetter at roller og ansvar i forprosjektet detaljeres og beskrives i det sentrale styringsdokumentet for forprosjektet.

De viktigste problemstillingene og risikoforhold som vi mener bør ha særlig fokus i forprosjektfasen er:

1. **Fremdrift i ERTMS-prosjektet.** Dersom mellomløsning(er) velges, er ERTMS-prosjektets fremdrift viktig for å vurdere lønnsomheten i prosjektet. Det må klarlegges hvilken kostnad som påløper ved migrasjon til ERTMS-basert C-DAS ved ERTMS-utrullingens slutt. Overvåkning av fremdriften er nødvendig for å forberede oppstart av selve forprosjektet dersom det ikke velges en mellomløsning. Vi anbefaler at fremdriften og usikkerhet i denne vurderes ved kvantitative og kvalitative metoder.
2. **Status for teknologiutvikling og standardisering både for ATO og FRMCS.** Over tid vil ATO-teknologier være både modne og tatt inn i standardisering og regulatoriske rammeverk. Lønnsomheten til konsept A og en eventuell migrasjon til A fra mellomløsning, vil være sterkt påvirket av fremdriften på standardisering og regulering.
3. **Utviklingen av iniativer i den norske jernbanesektoren med hensyn til fornyelse av togsett og interesse for C-DAS og DAS.** Flere av aktørene er utenfor direkte kontroll for staten og bør derfor holdes tett til den valgte strategien. Vi anbefaler at dette blant gjøres med en referansegruppe inntil forprosjektet kommer opp med en eksplisitt anbefaling om ordninger for koordinert implementasjon også utenfor statsforetakene.
4. **Inngåelse av nye nærliggende kontrakter** i statsforetakene bør koordineres med prosjektet.

9.4 Optimalisering av samfunnsøkonomisk lønnsomhet

Forprosjektet bør identifisere og tallfeste flere samfunnsøkonomiske virkninger. I KVVU er det gjennomført simuleringer som viser potensial for reduksjon av følgeforsinkelser. Det er imidlertid flere virkninger som ikke er beregnet.

Forprosjektet bør søke å kvantifisere gevinster ved mer effektiv kryssing på enkeltspor og legge en plan for hvordan disse gevinstene kan hentes ut i drift.

Det kan også være mulig å realisere redusert **togfremføringstid** i kombinasjon med optimalisert ruteplan. Her kan det ligge gevinster både i en ruteplan med sekundoppløsning, og en ruteplan som er optimalisert for ATO-basert togfremføring. Å revidere ruteplanen er imidlertid et omfattende arbeid, og vårt inntrykk er at dette ikke er noe som vil gjøres av ATO-prosjektet. Forprosjektet bør imidlertid identifisere potensialet for gevinster ved en mer optimalisert ruteplan, slik at gevinstene kan tas høyde for, og tas ut, når andre på et tidspunkt skal utarbeide ny ruteplan.

Forprosjektet bør også tallfeste kostnadene knyttet til økt **slitasje på infrastrukturen**, gevinstene ved **tilbakeført energi** ved oppbremsing og ulemper ved **reduisert komfort** ved mer aggressiv togfremføring. Å kvantifisere disse gjør det mulig å identifisere tydeligere avveininger mellom aggressiv og myk kjørestil og å optimalisere konseptets innretning.

Det er flere kritiske antakelser i trafikksimuleringene, særlig knyttet til usikkerheter i nullalternativet, førerbidrag, akselerasjons- og bremsekurver, se kapittel 8.1.6. Her bør prosjektet identifisere bedre hovedantakelser og gjøre følsomhetsberegninger med ulike antakelser. **Forprosjektet må verifisere at konseptets samfunnsøkonomiske lønnsomhet fortsatt står seg** under disse mer realistiske virkningsberegningene.

Forprosjektet bør utarbeide en analyse av lønnsomheten av konsept A Førerstøtte i et scenario der forsinkelser i ERTMS-prosjektet får virkning på oppstartstidspunktet for ATO, sammen med en usikkerhetsanalyse med hensyn til ferdigstillelsesdato for ERTMS.

Forprosjektet må utarbeide en tydelig gevinstrealiseringsplan. Slik vi ser det, er følgende de kritiske punktene i årsaks-virkningskjeden som må til for at konseptet skal gi de ønskede gevinstene:

1. **C-DAS-løsningen må besitte og formidle informasjon** slik som forutsatt. Systemet må altså *etableres*, det må *besitte sanntidsinformasjon* om plasseringen til alle tog, og det må kunne *formidle* denne sammen med råd om togfremføringen til *flest mulig lokomotiver*.
2. **Systemet må gi råd** som legger til rette for høyest mulig gevinster. Forprosjektet må derfor legge en plan for å identifisere hvordan algoritmene kan finjusteres for å maksimere gevinstene. En god del jobb kan gjøres i simuleringer i forkant, men noe må antakelig erfares gjennom fysisk testing.
3. **Lokfører må følge rådene** for at de identifiserte gevinstene skal realiseres. Forprosjektet må derfor legge en plan for å sikre at flest mulig lokførere benytter systemet og følger rådene. Her må det sannsynligvis benyttes en kombinasjon av pålegg, økonomiske incentiver og opplæring, rettet både mot togselskaper og mot lokførere. Virkemidlene vil antakelig måtte være ulike mot godsoperatører, persontransportoperatører på trafikkavtale og persontransportoperatører uten trafikkavtale.

Forprosjektet må legge en plan for å sikre at alle disse oppfylles.

9.5 Suksessfaktorer, fallgruver og tilrådninger

9.5.1 Tilrådninger til forprosjekt og gjennomføring

Det er viktig at man i forprosjektet jobber aktivt med å redusere de usikkerhetene som er innenfor prosjektets kontroll.

Suksessfaktorer
Identifisere og håndtere mulige konflikter på ressurser og avtaler mellom forprosjektet for konsept A og en eventuelt mellomløsning.
Sikre tverrfaglig kompetanse også i mellomfasen, før forprosjektet starter.
Om mulig identifisere mellomløsning, som kan være en migreringsvei frem mot Konsept A i påvente av ERTMS og for tidligutnyttelse av løpende investeringer (C-DAS og ERTMS-prosjektet).
Sikre involvering av nøkkelaktører i forprosjektfasen.
Se på muligheten for å gjenbruke ATO-løsninger (ombordutstyr, trackside og TMS) i overgangen til ERTMS dersom en mellomløsning rulles ut før konsept A.
Vurdere muligheten for innebygd C-DAS-løsning om bord i togene som senere kan oppgraderes til GoA2/GoA3-4 (Grades of Automation).
Det bør innhentes mer kunnskap om inngangsverdier og forutsetninger for trafikksimuleringene og det bør gjennomføres sensitivitetsanalyser av disse.
Ikke-prissatte virkninger bør i det minste utredes nøyer og i tråd med gjeldende retningslinjer og veiledere. Helst bør det forsøkes å innhente ytterligere data som kreves for å prissette flere av disse.
Forprosjektet må verifisere at konseptets samfunnsøkonomiske lønnsomhet fortsatt står seg.

Fallgruver
At løsningen blir for omfattende og ikke gir nytte før alt er på plass.
For tette avhengigheter til andre prosjekter.
At det ikke er dialog mellom Norske Tog og prosjektet.
At fokus på å etablere mellomløsninger øker risiko for å feile på de tunge investeringene i sektoren, f.eks. ERTMS prosjektet
At det ikke er konsensus om hvilke virkninger man forventer av tiltakene (mange og svært små forsinkelsesreduksjoner, som i sin tur reduserer <i>risikoen</i> for større forsinkelser – men det er ikke grunnlag for å forvente at tiltakene vil ha noen effekt på større forsinkelser i seg selv)

9.5.2 Tilrådninger til departementene

Tabell 10 Våre viktigste råd til departementene

Nr.	Råd	Referanse
1	Om mulig identifisere en mulig mellomløsning, som kan være en migreringsvei frem mot Konsept A i påvente av ERTMS og for tidligutnyttelse av løpende investeringer (C-DAS og ERTMS-prosjektet).	9.5.1
2	Vår anbefaling er at det i forprosjektet for konsept A, som kan måtte vente over 5 år på oppstart, gjøres en oppdatering av premissene for den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av konseptvalget og at denne bekreftes.	9.2
3	Prosjekteier må sikre at det store koordineringsbehovet mellom Jernbanedirektoratet, Bane NOR, Norske Tog og togoperatørene blir styrt og ivaretatt i forprosjektet. Vi viser til kapittel 9.3.2 Organisering og styring av forprosjektet der vi anbefaler at Bane NOR, Norske Tog og togoperatørene – person og gods, er representert i forprosjektet.	9.3.2

4	Sikre at nøkkelpersoner fra KVVU-arbeidet blir med videre til forprosjektet.	9.3.2
5	Sikre involvering av nøkkelaktører i forprosjektfasen.	9.5.1
6	Sikre god kommunikasjon og interessenthåndtering, i første rekke mellom togoperatørene (person- og godstog) og Bane NOR.	9.3.2
7	Videreføre og lære av erfaringer gjort i tilsvarende prosjekter på områder som organisering og rapporteringslinjer.	9.3.2
8	Forprosjektet bør utarbeide en analyse av lønnsomheten av konsept A i et scenario der forsinkelser i ERTMS-prosjektet får virkning på oppstartstidspunktet for ATO, sammen med en usikkerhetsanalyse med hensyn til ferdigstillelsesdato for ERTMS.	9.3.2, 9.4
11	Det må klarlegges hvilken kostnad som påløper ved migrasjon til ERTMS-basert C-DAS ved ERTMS-utrullingens slutt. Vi anbefaler at fremdriften og usikkerhet i migrasjonen vurderes ved kvantitative og kvalitative metoder.	9.3.2
12	Sikre styrte og planlagte prosesser for kompetanseoverføring gjennom hele prosjektløpet.	9.3.2
13	Forprosjektet må utarbeide en tydelig gevinstrealiseringsplan	9.4
14	Krav til SSD. Vi anbefaler at styring og verifikasjon av forhold som skaper forutsetninger for gjennomføringsfasen, herunder betingelser gitt i andre prosjekter (ERTMS og andre), eksplisitt bør stilles som krav til SSD.	

10 Referanser

- Ajunwa, I. (2020). *The Paradox of Automation as Anti-Bias Intervention*. Hentet fra *Cardozo Law Review* 41(1), 1671-1742: https://scholarship.law.unc.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1490&context=faculty_publications
- Alstom. (2020, 22. juli). *Digital Twins and driverless shunting: the future is now*. Hentet fra Alstom: <https://www.alstom.com/press-releases-news/2020/7/digital-twins-and-driverless-shunting-future-now>
- Bane NOR SF. (2022). *Påslag: Metodikk og beregninger av påslag for den minste pakken med tjenester*. Hentet fra Bane NOR: https://networkstatement.banenor.no/lib/exe/fetch.php?media=ns2024:paslag_ns2024_november_2023.pdf
- Bane NOR. (u.å.). *Jernbanen i tall*. Hentet fra Bane NOR: <https://www.banenor.no/om-bane-nor/jernbanen-i-tall/>
- Chialastri, A. (2012). Automation in Aviation. I F. Kongoli, *Automation*. Intech Open.
- Currie, G., & Wallis, I. (2008). *Effective ways to grow urban bus markets – a synthesis of evidence*. Hentet fra *Journal of Transport Geography*, 16(1), 419-429: https://geography.upol.cz/soubory/lide/hercik/SE Dop/Effective_ways_to_grow_urban_bus_markets_a_synthesis_of_evidence.pdf
- Evjemo, T. E., & Johnsen, S. O. (2019). *Lessons Learned from Increased Automation in Aviation: The Paradox Related to the High Degree of Safety and Implications for Future Research*. Hentet fra Proceedings of the 29th European Safety and Reliability Conference (ESREL), 1-8: https://doi.org/10.3850/978-981-11-2724-3_0925-cd
- Finansdepartementet. (2021). *Perspektivmeldingen 2021*. Finansdepartementet.
- Flügel, S., Halse, A. H., Hulleberg, N., Jordbakke, G. N., Veisten, K., Sundfør, H. B., & Kouwenhoven, M. (2020). *Verdsetting av reisetid og tidsavhengige faktorer: Dokumentasjonsrapport til Verdsettingsstudien 2018-2020*. Hentet fra TØI rapport 1762/2020, 1-133: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=53108>
- Jernbanedirektoratet. (2023). *Dokumentasjon av SAGA V2.8*. Jernbanedirektoratet.
- Jernbaneverket. (2016). *Estimering av kostnadsdrivere for vedlikehold ved jernbanen*. Hentet fra Dokumentasjonsrapport 08.2016, 1-10: <https://www.jernbanedirektoratet.no/content/uploads/2023/11/estimering-av-vedlikeholdskostnader-jernbanen.pdf>
- Lemonnier, A., Adélé, S., & Dionisio, C. (2023). *Acceptability of autonomous trains with different Grades of Automation by potential users: a qualitative approach*. Hentet fra *Travel Behaviour and Society*, 33(1): <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2023.100641>
- Liu, K.-w., Wang, X.-C., & Qu, Z.-h. (2019). *Research on Multi-Objective Optimization and Control Algorithms for Automatic Train Operation*. Hentet fra *Energies*, 12(20): <https://doi.org/10.3390/en12203842>

- Nordhoff, S., Stapel, J., van Arem, B., & Happee, R. (2020). *Passenger opinions of the perceived safety and interaction with automated shuttles: A test ride study with 'hidden' safety steward*. Hentet fra *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 508(1), 508-524: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.05.009>
- Poulus, R., van Kempen, E., & van Meijeren, J. (2018). *Automatic Train Operation: Driving the Future of Rail Transport*. Hentet fra TNO Innovation for life: <https://www.semanticscholar.org/paper/Automatic-train-operation.-Driving-the-future-of-Poulus-Kempen/d166a905ca3a8c8ad929312766dad4b1f63526d8>
- Scheepmaker, G. M., Willeboordse, H. Y., Hoogenraad, J. H., Luijt, R. S., & Goverde, R. M. (2020). *Comparing train driving strategies on multiple key performance indicators*. Hentet fra *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 13(1), 1-26: <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2019.100163>
- Statistisk sentralbyrå. (2023). *04780: Gods- og persontransport med jernbane, etter transporttype, statistikkvariabel og år*. Hentet fra [Statistikk]: <https://www.ssb.no/statbank/table/04780/tableViewLayout1/>
- Statistisk sentralbyrå. (2024). *07459: Alders- og kjønnsfordeling i kommuner, fylker og hele landets befolkning (K) 1986 - 2024*. Hentet fra [Statistikk]: <https://www.ssb.no/statbank/table/07459/>
- Stene, T. M. (2018). *Automation of the Rail – Removing the Human Factor?* I S. Haugen, A. Barros, C. Gulijk, T. Kongsvik, & J. E. Vinnem, *Safety and Reliability – Safe Societies in a Changing World*. CRC Press.
- TØI. (2020). *Verdsetting av reisetid og tidsavhengige faktorer*. Transportøkonomisk Institutt.
- Veisten, K., Flügel, S., Halse, A. H., Fearnley, N., Sundfør, H. B., Hulleberg, N., & Jordbakke, G. N. (2020). *Kollektivtrafikanterens verdsetting av universell utforming og komfort*. Hentet fra TØI-rapport 1757/2020, 1-80: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=53005>
- Woudt, C. v. (2023). *ATO HRN simulation studies (presentasjon, upublisert)*. Nederlandse Spoorwegen.

11 Vedlegg Usikkerhetsanalyse - Vurderinger for estimatusikkerhet og usikkerhetsfaktorer

11.1 Estimatusikkerhet

K4 C-DAS																				
Definisjon	<p>Kostnadsposten omfatter nødvendige elementer for sanntids førerveiledningssystem om bord på toget (C-DAS står for Connected – Driver Advisory System). Det er forutsatt eksisterende FRMCS eller GSM-R, og at det ikke er behov for integrasjon mot kjøretøyets eksisterende styringsdatamaskin.</p>																			
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Konsept A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C-DAS</td> <td></td> <td>174 903 056</td> </tr> <tr> <td>K4 C-DAS</td> <td></td> <td>174 903 056</td> </tr> <tr> <td>Nettbrett HW</td> <td>pr kjøretøy</td> <td>70 840 656</td> </tr> <tr> <td>Installasjon serie</td> <td>pr kjøretøy</td> <td>90 000 000</td> </tr> <tr> <td>C-DAS FoC (utvikling og installasjon)</td> <td>pr kjøretøy</td> <td>14 062 400</td> </tr> </tbody> </table>		Konsept A			C-DAS		174 903 056	K4 C-DAS		174 903 056	Nettbrett HW	pr kjøretøy	70 840 656	Installasjon serie	pr kjøretøy	90 000 000	C-DAS FoC (utvikling og installasjon)	pr kjøretøy	14 062 400
Konsept A																				
C-DAS		174 903 056																		
K4 C-DAS		174 903 056																		
Nettbrett HW	pr kjøretøy	70 840 656																		
Installasjon serie	pr kjøretøy	90 000 000																		
C-DAS FoC (utvikling og installasjon)	pr kjøretøy	14 062 400																		
	<p>Installasjon serie og C-DAS FoC: første individ har en større kompleksitet. Når man først har fastsatt dette vil det gå enklere og det blir et billigere og mindre komplekst.</p>																			
Generelle utfordringer	<p>Må operere med én type C-DAS fordi man anser det som for komplisert med ulike. Vet ikke hvor godt det er koblet til de andre delene av systemet. Er en del systemgrensesnitt.</p> <p>Antallet leverandører har blitt redusert kraftig. Det er også en kraftig kostnadsøkning å utruste togene. Har ikke sett noen prisreduksjoner. Integrasjon medfører ofte kompleksitet, og driver kostnadene mer enn først antatt.</p> <p>Det er ikke kartlagt hvordan grensesnittene ser ut. Tror integrasjon blir dyrere enn hva som ligger til grunn i estimatet på grunn av økt kompleksitet.</p> <p>Det har vært utfordrende å få tak i gode referansepriser: dette er fordi det er veldig nytt og det var svært grove estimat fra leverandørene. Dette medfører en høy usikkerhet i prisestimatene.</p> <p>Leverandørene er selv usikre på hva det kommer til å koste. Standarder er ny, ERTMS-standarder er ny, mye som er endret i teknologien. Tror ikke det er mer nøyaktige referansepriser i markedet i dag enn det som ligger til grunn.</p>																			
Dagens situasjon	<ul style="list-style-type: none"> - Nye lokaltog er kjøpt inn med C-DAS. Det betyr at C-DAS installasjonen kan nedjusteres. - Antallet er basert på det som ligger i referansen. 																			

	<ul style="list-style-type: none"> - Man vil ha serieinstallasjon på hvert tog, men vil ha en tilleggskostnad på FOC. - Lagt til én type arbeid når det kommer til installasjon. Har en balanse mellom det å kjøpe det ferdig og det å installere det. Vil bli den tilsvarende kostnaden. Skiller ikke på integrering eller installasjon i togene fra før. - Frittstående nettverk blir den øvre rammen på hva man er villig til å betale for det. - Hadde en forespørsel ute i markedet om hva man kan anta. Er usikre kostnadsposter. Har sett på erfaringsprosjekter. - Nettbrett: krever noe installasjon og plass i togene for installasjon. - Totalitet i togparken: Kostnad til ERTMS ligger hos Bane Nor. Hatt det i bakhånd når man har estimert også for dette prosjektet. 		
Antagelser	<p>Det er forutsatt 22 FoC-kjøretøy (First of Class) i tillegg til 425 øvrige kjøretøy. Estimert basert på markedsinformasjon, også kalt Request for informasjon (RFI), samt erfaringstall fra togeier.</p> <p>Forutsetter eksisterende FRMCS eller GSM-R.</p> <p>Kostnadsposten er kun aktuell for Konsept A.</p>		
Estimat	Håper	Mest sannsynlig	Frykter
Vurdering A	<p>-50 %</p> <p>Mindre omfattende installasjoner fordi man kan gjenbruke C-DAS i norske tog. Kan redusere kostnaden. Gjelder spesielt den fysiske installasjonen, og ikke i SW. Kan få noe reduserte kostnader for FoC-kostnaden. Har allerede plass som medfører at man kan redusere kostnaden noe.</p> <p>Tog tar høyde for fremtidige system slik at det er enklere å installere.</p> <p>Lavere pris enn det som er hentet inn fra RFI. Konkurransautlysning kan gi lavere kostnader enn det som ligger inne.</p>	Som estimert.	<p>+40%</p> <p>Mer omfattende installasjoner på grunn av integrasjonen i eksisterende togpark.</p> <p>Referanseprisen reflekterer ikke selve produktet og prisen øker.</p> <p>Må ha flere oppgraderinger før man får tatt det i bruk.</p>

K5 ATO Trackside																					
Definisjon	<p>Kostnadsposten omfatter dataenhet som skal sørge for at informasjonen fra trafikkstyringssystemet kan gi informasjon om infrastruktur, spor og rute til C-DAS eller ATO Onboard. Enheten installeres i et sentralt beliggende datasenter. Det er det samme systemet som ligger til grunn for alle konsepter. Det ligger til grunn ett system med to datasenter for å ivareta georedundans og oppetid. Estimater omfatter både system og datasenter. Videre er det forutsatt at ATO Trackside kommuniserer med C-DAS iht. TSI for å unngå dobbel investering ved evt. oppgradering senere.</p> <p>Estimatet omfatter installasjon, utvikling og integrasjon av ATO Trackside, samt oppgradering av TMS.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th>A</th> <th>B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">K5 ATO Trackside</td> <td>487 336 044</td> <td>487 336 044</td> </tr> <tr> <td>ATO System - 1</td> <td>stk</td> <td>9 098 448</td> <td>9 098 448</td> </tr> <tr> <td>Utvikling og integrasjon ATO-TS</td> <td>System - 1 stk</td> <td>196 237 596</td> <td>196 237 596</td> </tr> <tr> <td>Oppgradering TMS</td> <td>System - 1 stk</td> <td>282 000 000</td> <td>282 000 000</td> </tr> </tbody> </table> <p>Ligger til grunn det samme systemet for begge konsepter.</p>			A	B	K5 ATO Trackside		487 336 044	487 336 044	ATO System - 1	stk	9 098 448	9 098 448	Utvikling og integrasjon ATO-TS	System - 1 stk	196 237 596	196 237 596	Oppgradering TMS	System - 1 stk	282 000 000	282 000 000
		A	B																		
K5 ATO Trackside		487 336 044	487 336 044																		
ATO System - 1	stk	9 098 448	9 098 448																		
Utvikling og integrasjon ATO-TS	System - 1 stk	196 237 596	196 237 596																		
Oppgradering TMS	System - 1 stk	282 000 000	282 000 000																		
Generelle utfordringer	Flere systemer som skal kommunisere sammen med ulike leverandører, det kan bli komplekst.																				
Dagens situasjon	<p>TMS kan levere ATO (sanntidsinformasjon) til et ATO-infrastruktursystem. Det er et eget system og vil inneholde sanntids ruteplandata og i tillegg legge inn annen informasjon i forhold til hvordan togene skal operere på en gitt strekning.</p> <p>Oppgradering TMS: har et grunnsystem som i prinsippet har et kart over Norge.</p> <p>I kontrakten fra TMS: ligger inne et krav om at det skal kommunisere. Men vet at når to systemer skal kommunisere med hverandre er det utfordrende fordi man ofte må gjøre justeringer i de to systemene.</p> <p>Det vil ikke være SIL-nivå på dette arbeidet.</p>																				
Antagelser	<p>Estimat basert på RFI fra leverandør og egne erfaringstall. Informasjonsutvekslingssystemet må være likt på tvers.</p> <p>Oppdatert med erfaringstall fra Bane Nor, med hensyntatt kompleksitet for grensesnitt.</p>																				

	Benyttet andre kontrakter for å gjøre en benchmarking på dette arbeidet.		
Estimat	Håper	Mest sannsynlig	Frykter
Vurdering A	-50% Mindre omfattende å oppgradere TMS enn forventet, og mindre komplekse integrasjoner mellom systemene.	Som estimert.	+50% Komplekst å etablere en god integrasjon mellom C-DAS og ATO. Et ekstra grensesnitt som skal håndteres.
Vurdering B	Tilsvarende som konsept A.	Som estimert.	Tilsvarende som konsept A.

K6 ATO Onboard															
Definisjon	<p>Kostnadsposten omfatter komplett leveranse av datamaskin og system som installeres på toget for at det skal kunne kjøre automatisk, herunder hardware, installasjon, test og APIS (Approval to Put In Service). Omfatter også oppgradering av programvare for togkontrollovervåkingssystemet, også kalt Train Control Monitoring System (TCMS).</p> <table border="1" data-bbox="464 1041 1197 1303"> <thead> <tr> <th></th> <th></th> <th>B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>K6 ATO Onboard</td> <td>-</td> <td>1 066 958 000</td> </tr> <tr> <td>ATO-OB (komplett pr HW+Inst+Test+APIS) togsett</td> <td>-</td> <td>1 045 108 000</td> </tr> <tr> <td>Oppgradering av TCMS SW pr togsett</td> <td>-</td> <td>21 850 000</td> </tr> </tbody> </table> <p>Estimat for togparken (425 tog) basert fra WSP og prisobservasjoner: HW = 1MSEK, Inst = 0,5MSEK, Test + APIS = 0,2MSEK</p> <p>Antar valuta fra NOK til SEK lik 1,0</p>					B	K6 ATO Onboard	-	1 066 958 000	ATO-OB (komplett pr HW+Inst+Test+APIS) togsett	-	1 045 108 000	Oppgradering av TCMS SW pr togsett	-	21 850 000
		B													
K6 ATO Onboard	-	1 066 958 000													
ATO-OB (komplett pr HW+Inst+Test+APIS) togsett	-	1 045 108 000													
Oppgradering av TCMS SW pr togsett	-	21 850 000													
Generelle utfordringer	<p>Maskinen som legges til grunn eksisterer ikke i dagens marked, det er foreløpig bare en spesifikasjon. Er derfor svært usikre tall som ligger til grunn i estimatene.</p> <p>Det er utfordrende å forberede og planlegge for disse komponentene, for når det først kommer en installasjon har mye endret seg at det har vært bortkastet midler på forberedelse til hva som faktisk er nødvendig når noe skal installeres.</p>														
Dagens situasjon	<p>Må endre på togets styring og må inn i ERTMS-biten som overvåker togets hastighet og posisjon. Får en helt annen type integrasjon og en helt annen kompleksitet. Togene er også lenger ute av produksjon.</p>														

	<p>Skal inn i ERTMS-systemet. Må opp med nye sikkerhetsbevis for systemet. Gir både kostnader for det som skal inn i toget, men også det som er rundt.</p> <p>Jobben er å få inn datautstyr med tilhørende grensesnitt.</p> <p>Måler det opp mot ERTMS-kostnaden om hva den koster for å få en benchmarking opp mot disse kostnadene. Der ligger det inne konkrete kostnader fra kontrakten. Benyttet som underlag for å se mot forholdet til hva som ligger inne i en ERTMS-installasjon og hva som kom ut fra tilbudene. En ATO-installasjon bør ikke overgå en ERTMS-installasjon. Om hvorvidt det er halvparten er vanskelig å si fordi man må inn med noen andre typer grensesnitt.</p> <p>Enklere med ATO fordi man trenger ikke inn på de samme sikkerhetsnivået som man må på med ERTMS. Skal heller ikke under togene, legge kabel mellom førerrom, etc. Er en del forutsetninger som medfører at ERTMS har en høyere kostnad og risiko enn ATO.</p> <p>Skal også integreres mot togenes egne styringssystem. Må kunne kommunisere med systemene for at man skal kunne gi riktig informasjon til togene. Man skal også styre togene her, i tillegg til å gi informasjon.</p> <p>Mye mer komplekst enn hva som er i C-DAS. Usikkerheten er større.</p>		
Antagelser	<p>Det er forutsatt at ATO Onboard er kompatibel med ERTMS, og kostnad for oppdatering av ERTMS er ikke medregnet.</p> <p>Det er forutsatt 22 First Of Class (FoC) kjøretøy i tillegg til 425 øvrige kjøretøy.</p>		
Estimat	Håper	Mest sannsynlig	Frykter
Vurdering B	<p>-40 %</p> <p>Usikkerhet i pris og kompleksitet.</p> <p>Større usikkerhetsbilde enn for kostnadspost K4.</p>	Som estimert.	<p>+ 60 %</p> <p>Usikkerhet i pris og kompleksitet.</p> <p>Større usikkerhetsbilde enn for kostnadspost K4.</p>

K7 Gjennomføringskostnad	
Definisjon	<p>Kostnadsposten omfatter kostnader knyttet til planlegging, anskaffelse og gjennomføring av prosjektet. Bane NOR, leverandører og entreprenør(er) sine byggherrekostnader knyttet til prosjektering, forespørsel, anskaffelse, utvikling, pilotinstallasjon etc. er også omfattet av posten.</p> <p>Gjennomføringskostnader for Konsept A er ikke knyttet til ATO Onboard, men C-DAS.</p>

	<p>Gjennomføringskostnader er estimert iht. overordnet plan for gjennomføring for de enkelte konseptene, anslått ressursbehov (årsverk) fordelt på kjerneaktivitetene og estimer per år/per ressurs.</p> <p>Det er ikke medtatt kostnader til Safety Case. Det er forutsatt Safety integrity level (SIL) 0-nivå, men med enkelte elementer på SIL 2-nivå.</p>																							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>K7 Gjennomføringskostnader</td> <td>387 072 000</td> <td>499 968 000</td> </tr> <tr> <td>7 Gjennomføringskostnader Sikringstiltak</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8 Gjennomføringskostnader ATO Trackside</td> <td>253 440 000</td> <td>253 440 000</td> </tr> <tr> <td>9 Gjennomføringskostnader ATO Onboard</td> <td>52 992 000</td> <td>165 888 000</td> </tr> <tr> <td>10 Gjennomføringskostnader TMS</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Upgrade</td> <td>80 640 000</td> <td>80 640 000</td> </tr> </tbody> </table>				A	B	K7 Gjennomføringskostnader	387 072 000	499 968 000	7 Gjennomføringskostnader Sikringstiltak			8 Gjennomføringskostnader ATO Trackside	253 440 000	253 440 000	9 Gjennomføringskostnader ATO Onboard	52 992 000	165 888 000	10 Gjennomføringskostnader TMS			Upgrade	80 640 000	80 640 000
	A	B																						
K7 Gjennomføringskostnader	387 072 000	499 968 000																						
7 Gjennomføringskostnader Sikringstiltak																								
8 Gjennomføringskostnader ATO Trackside	253 440 000	253 440 000																						
9 Gjennomføringskostnader ATO Onboard	52 992 000	165 888 000																						
10 Gjennomføringskostnader TMS																								
Upgrade	80 640 000	80 640 000																						
Generelle utfordringer																								
Dagens situasjon	<p>Aktivitetene trenger ikke å begynne samtidig, det er en forskyvning av aktivitetene.</p> <p>Frem til nå har det blitt levert flere C-DAS systemer enn ATO. Mer modent leverandørmarked for C-DAS enn det er for ATO.</p>																							
Antagelser	<p>Fra man får en konseptvalgbeslutning så kan man igangsette arbeid, men det er ikke før etter en investeringsbeslutning, da begynner man aktiviteten med spesifikasjon.</p>																							
Estimat	Håper	Mest sannsynlig	Frykter																					
Vurdering A	<p>-30%</p> <p>Mindre organisasjon og mindre kompleks anskaffelse som skal koordineres og styres, dette gir potensiale for mer effektiv prosjektorganisasjon.</p> <p>Større oppside enn B.</p>	<p>Som estimert.</p> <p>Ligger til grunn 125 FTE.</p>	<p>+ 30%</p> <p>Prosjektet forsinkes slik at gjennomføringskostnadene økes, mer komplekst enn antatt som driver kostnadene opp.</p>																					
Vurdering B	<p>-20%</p> <p>Tilsvarende som konsept A, men mer komplekst prosjekt gir mindre potensiell oppside.</p>	<p>Som estimert.</p> <p>Ligger til grunn 143 FTE.</p> <p>Mer komplekst enn A fordi det er mer komplekst med ATO. Større ombygginger.</p>	<p>+30%</p> <p>Tilsvarende usikkerhet som konsept A.</p>																					

		Estimert høyere antall FTE for å ta høyde for kompleksitet.	
--	--	---	--

11.2 Usikkerhetsfaktorer

U1 Eierstyring			
Definisjon	Faktoren uttrykker eiers evne til å styre prosjektet fra i dag og frem til prosjektet er avsluttet. Herunder ligger det føringer, beslutningsevne og prioriteringer.		
Generelle utfordringer	<ul style="list-style-type: none"> - Lange beslutningsprosesser er en usikkerhet i prosjektet. Det er en erfaring om at det er lange beslutningslinjer og at prosessene er tidkrevende. Dette kan også medføre at det kan komme endringer underveis i gjennomføringsperioden, da det tar lang tid før prosjektet har en beslutning å forholde seg til. - Det er også mange pågående initiativer i sektoren, og det er viktig at eier har en helhetlig oversikt over alle initiativene slik at de ikke lager unødvendige støy for hverandre. - Mange pågående prosjekter og det vil være vesentlig at direktoratet kan gi nødvendig informasjon til prosjektet om pågående arbeider som vil påvirke prosjektet, både med hensyn på fremdrift og omfang. - Utydelig ansvarsfordeling og eierstyring. - Eierstyring av ERTMS og Norske tog 		
Dagens situasjon	<ul style="list-style-type: none"> - Det er et ønske fra eier sin side om at dette prosjektet realiseres, og derfor kan det være en prioritert satsning hos eier slik at beslutningsprosesser er effektive. 		
Antagelser	Ingen større omorganiseringer og endringer i styringslinjer i JD / Bane Nor / Norske Tog.		
Estimat	Håper	Mest sannsynlig	Frykter
Vurdering A	-10 % Effektiv eierstyring hvor riktige beslutninger blir tatt til rett tid slik at prosjektet har forutsigbare rammer i prosjektgjennomføringen.	Som estimert.	+ 15% Utydelig eierstyring og forsinkede beslutningsprosesser. Koordinering uteblir og sentral informasjon blir ikke formidlet til prosjektet.

			Tilleggsbestillinger kan også drive kostnad, spesielt langt ut i prosjektgjennomføringen.
Vurdering B	Samme vurdering som konsept A.	Som estimert.	Samme vurdering som konsept A.

U2 Rammebetingelser og grensesnitt	
Definisjon	Faktoren uttrykker den påvirkningen endringer i lover og regler, forskrifter og kravspesifikasjoner kan ha på prosjektet. Herunder gjelder spesielt utrulling av ERTMS som setter føringer for utformingen av prosjektet, FRMCS og sikkerhetskrav.
Generelle utfordringer	<ul style="list-style-type: none"> - Prosjektet er avhengig av fremdriften på ERTMS og at det ferdigstilles i henhold til besluttede planer. Dette prosjektet båndlegger mye av ressurskapasiteten i Bane NOR og hos systemleverandører. Prosjektet er derfor både avhengig av teknologien som ERTMS realiserer, men også at ressurser tilgjengeliggjøres slik at man får nødvendig kompetanse inn i prosjektorganisasjonen. Dersom man får forsinkelser i ERTMS-utrulling vil dette forplante seg inn i dette prosjektet. ERTMS vil bli prioritert da man er avhengig av utrulling for å få realisert nytten. - Det er et pågående standardiseringsarbeid i denne sektoren, blant annet fra EU. Det er uvisst hvordan dette arbeidet vil kunne påvirke prosjektet og den investeringsbeslutningen som Norge evt. skal ta. Det kan medføre en risiko for at det er nødvendig å gjøre om på prosjektet da det er mye pågående arbeider og det fremdeles er lenge til prosjektet skal starte utrulling. - Spesifikasjonene for ATO er ganske nye, og det er forventet at disse vil kunne endre seg en del ganger før prosjektgjennomføringen. - Kan komme endringer i de felleseuropeiske standarder TSI CCS. Kan for eksempel endres flere ganger slik at man må tilpasse løsninger og gjøre om. Kan påvirke kostnader. <p>Det er enda ikke etablerte bransjestandarder, noe som gjør kostnadsestimatenes relevans utfordrende å validere.</p> <p>Erfaringer fra andre prosjekt har vist at man har tatt en beslutning på løsning fordi man ikke kan vente på standarder, og når standarden kommer påløper det store ombyggingskostnader for å gjøre løsningene kompatible med standard.</p>
Dagens situasjon	<p>TSI – Må gi beskjed til togselskapene (operatører) at endringer må meldes fra 5 år. Viktig for gjennomføringsplanen og når beslutning må tas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Norske tog er i gang med å erstatte deler av togparken sin. Det kan være at flere av togene krever mindre ombygging enn hva som er forutsatt i estimatene, og at togene er utrustet med mer av utstyret enn det som er antatt slik at man ikke trenger å gjøre de samme investeringene som det som ligger til grunn i estimatene.

Antagelser	<ul style="list-style-type: none"> - Det er lagt til grunnarbeider i hele togparken - ERTMS og FRMCS må på plass før man kan igangsette dette prosjektet. 		
Estimat	Håper	Mest sannsynlig	Frykter
Vurdering A	-10 % Mindre omfattende arbeid knyttet til ombygging grunnet arbeidet som gjøres med ERTMS-utrulling og andre systemer som er i nye tog som bestilles inn.	Som estimert.	+15 % Nye standarder, krav og ferdigstilt ERTMS-utrulling medfører endringer som vil drive kostnad.
Vurdering B	-10%	Som estimert.	+20 % Økt usikkerhet enn konsept A da konseptet mer komplekst med blant annet flere grensesnitt, flere krav, spesifikasjoner og standarder som utarbeides for ATO.

U3 Marked	
Definisjon	Kapasitet og konkurransesituasjon i markedet på konkurransetidspunktet, konjunkturer utover markedsmiddel, blant annet knyttet til innsatsfaktorer og transportpriser.
Generelle utfordringer	Det er et umodent marked på flere av elementene, det er derfor svært usikkert hvordan markedssituasjon vil se ut når man skal hente inn tilbud på komponentene som foreløpig ikke er spesifisert.
Dagens situasjon	<ul style="list-style-type: none"> - Det er relativt lenge til man skal ut i markedet og hente priser. Det ligger til grunn dagens markedspriser for ATO og det er gjort en rimelighetsbetraktning på prisene. Men det er usikkert hvordan de vil se ut langt fram i tid. Det kan både være vanskelig å få tak i systemene grunnet høy etterspørsel, men det kan samtidig komme til flere leverandører som kan levere produkter slik at prisene holdes nede. - Ser en utvikling mot mer standardisering som kan gi flere leverandører og økt konkurranse. Dette kan redusere prisene noe. - Det er flere som nå bygger på ERTMS, ATO og TSI CCS. Hastigheten på ombyggingen i Europa er begynt å øke, noe som kan gi erfaringsoverføring og bedre marked.
Antagelser	Benyttet tilsvarende formel som prosjektets egen usikkerhetsanalyse.

	Markedsusikkerheten er estimert ved hjelp av Concept-formel: $\pm 6\% \cdot N (1/2)$, hvor N er antall år mellom estimattidspunkt og kontraktstildeling. Det forutsettes likt tyngdepunkt for kontraktssinnngåelser i ca. 2030 for alle konseptene. 7 år fra 2023 gir $\pm 16\%$ markedsusikkerhet.		
Estimat	Håper	Mest sannsynlig	Frykter
Vurdering A	-16%	Som estimert.	+16%
Vurdering B	-16%	Som estimert.	+16%

U4 Aktører, interne brukere og øvrige interessenter

Definisjon	Faktoren uttrykker usikkerhet knyttet til krav/støy fra brukere og interessenter kan ha på prosjektet (krav om endring, støy som trenerer gjennomføring). Herunder inngår også evt. påvirkning fra lokførereres fagforening og andre interesseorganisasjoner.		
Generelle utfordringer	<ul style="list-style-type: none"> - Endringsvillig organisasjon / Endringsmotstand i egen organisasjon - Usikkerhet i form av hvor stor inngripen teknologien medfører i lokførereres arbeidshverdag, og hvordan dette blir tatt imot. Vil være avgjørende om man ser på teknologien som en forbedring som gir gevinster, fremfor u hensiktsmessige forstyrrelser i arbeidet. 		
Dagens situasjon	I begge konseptene vil det være lokførere om bord og følgelig er det antatt at passasjerers opplevelse av turen ikke vil endres i forhold til dagens situasjon.		
Antagelser	Opplæring for lokførere er hensyntatt i form av usikkerhet i driftskostnader og ligger ikke inne som en egen investeringskostnad.		
Estimat	Håper	Mest sannsynlig	Frykter
Vurdering A	-3 % Endringsvillig organisasjon og fagforening og lokførere som ser muligheter.	Som estimert.	+5 % Endringsmotstand i egen organisasjon, sterk fagforening som motsetter seg endringer som teknologien medfører.
Vurdering B	-3 % Tilsvarende som konsept A.	Som estimert.	+8 % Noe mer usikkerhet enn konsept A da det er en større inngripende i lokførerens ansvar og utførelse av arbeidsoppgaver. Dette kan

			medføre større motstand fra blant annet fagforeninger.

U5 Prosjektorganisasjon- og gjennomføring			
Definisjon	Faktoren uttrykker usikkerhet knyttet til prosjektorganisasjonens evne til å planlegge og styre prosjektet på en god måte, samt dens evne til å håndtere og samarbeide med kontraktsparter, herunder også endringshåndtering. Faktoren uttrykker også usikkerhet i prosjektorganisasjonens evne til å holde på nøkkelpersonell gjennom hele prosjektgjennomføringen, og i stort sikre kompetanse, kvalitet og kontinuitet i hele prosjektet.		
Generelle utfordringer	<ul style="list-style-type: none"> - Det er et komplekst system prosjektet skal styre i. Det er mange aktører som skal inn og mange sentrale aktiviteter som må gjøres i riktig rekkefølge og til riktig tidspunkt. Det er mye som skal på plass for å få en optimal gjennomføring – som kostnadsestimatene i stort reflekterer. - Det er en usikkerhet hvor godt prosjektet klarer å håndtere installasjonen om bord av ATO i togene og hvor godt man lykkes å koordinere leverandørene. Det er leverandører knyttet til tog, ERTMS og ATO. Alle disse tre skal kommunisere med hverandre og dette kan ta tid og skape utfordringer. Det vil være sentralt hvordan prosjektet klarer å koordinere og følge opp disse tre. - Prosjektets evne til å planlegge installasjoner ved midtlivsoppgradering. Det ligger ikke inne kostnader for erstatningstog. Dette vil potensielt drive kostnader dersom installasjonene ikke gjøres parallelt med øvrige oppgraderinger av toget. - Det vil være sentralt at prosjektet lykkes med å utarbeide gode og gjennomtenkte spesifikasjoner slik at systemene kan konsolideres raskt og på en hensiktsmessig måte. 		
Dagens situasjon	Bane Nor har opparbeidet seg relevant kompetanse og erfaring fra utrulling av ERTMS. Dette kan bidra til en god prosjektgjennomføring dersom kompetansen også videreføres inn i dette prosjektet med god teknisk kompetanse.		
Antagelser			
Estimat	Håper	Mest sannsynlig	Frykter
Vurdering A	-15 % Prosjektorganisasjonen har god kapasitet og kontinuitet med riktig kompetanse gjennom hele prosjektgjennomføringen. Prosjektet evner å hente ut	Som estimert.	+ 20 % Lite kapasitet og kontinuitet i gjennomføringen, med manglende kompetanse. Dette gjelder spesielt

	erfaring og kompetanse fra relevante prosjekt i jernbanesektoren (ERTMS). Det er tilstrekkelig kapasitet i organisasjonen.		jernbaneteknisk kompetanse.
Vurdering B	-15 % Tilsvarende oppside som konsept A.	Som estimert.	+25 % Noe mer usikkerhet enn konsept A, da det er et mer komplekst prosjekt og flere systemer som skal konsolideres, mer underlag som utarbeides.

U6 Modenhet i underlag og teknologisk utvikling	
Definisjon	Faktoren uttrykker den usikkerheten som ligger i prosjektunderlagets detaljnivå og modenhet. Løsningsvalg og teknisk usikkerhet kan både bidra til høyere og lavere kostnader. Faktoren uttrykker også den påvirkning teknologisk utvikling kan ha på prosjektet. Faktoren skal dekke hvordan disse elementene kan påvirke kostnaden utover det som er tatt høyde for i estimatusikkerheten. Faktoren dekket også muligheter for optimalisering av konsepter, spesielt siden det er relativt lenge til konseptet potensielt skal realiseres.
Generelle utfordringer	<ul style="list-style-type: none"> - Det er langt frem før prosjektet skal igangsettes, og det er mye teknologisk utvikling innen dette fagområdet. Dette kan påvirke prosjektets utforming og kan påvirke kostnadene dersom det må gjøres større endringer eller at prosjektet blir en del annerledes enn det som er planlagt for. - Nordisk infrastruktur vil kreve andre typer algoritmer for å kunne styre/gi gode råd. Det vil kunne ta tid å bygge opp algoritmer. - Det kan ta lenger tid å bygge om togene enn hva som er forutsatt. Det er stor forskjell i togparkene og hva som kreves for ombygging. - Spesifikasjonene må være svært gjennomtenkte og bearbejdet slik at systemene kan konsolideres effektivt og på en hensiktsmessig måte.
Dagens situasjon	<p>Endringer i ERTMS som gir endringer i software. Det er et moment man har lite kontroll over.</p> <p>Standardiseringen kan gjøre arbeidet enklere.</p> <p>Det er pågående lignende initiativer i resten av Europa. Ettersom det er et stykke frem i tid vil man kunne lære av erfaringer fra andre land i Europa.</p> <p>Mer kjent teknologi med C-DAS. Togene kommer allerede med denne teknologien.</p>

Antagelser			
Estimat	Håper	Mest sannsynlig	Frykter
Vurdering A	-10 % Løsningsoptimalisering gir kostnadsbesparelser.	Som estimert.	+15 % Mer kompliserte løsninger enn antatt vil drive kostnader opp. Behov for endringer, og manglende integrasjoner og kompatibilitet.
Vurdering B	-20 % Teknologisk utvikling innenfor ATO vil kunne redusere kostnadene.	Som estimert.	+ 20% Mer komplisert løsning med ATO og mer umodent underlag enn A.

U7 Leverandørens gjennomføringsevne			
Definisjon	Leverandørens evne til å levere i henhold til avtalte spesifikasjoner, pris og tid.		
Generelle utfordringer	<ul style="list-style-type: none"> - Det er flere leverandører som skal inn i togene. Det er usikkert knyttet til dette, for eksempel om man blir enige om hvordan spesifikasjoner skal tolkes, og om man gjør endringer i arbeidet som vil kunne påvirke andre systemer. 		
Dagens situasjon	<p>Strategisk prising fra leverandører. Det er lenge til man skal forplikte seg til et innkjøp, og derfor gir de svært grove estimater slik at det ikke må forplikte seg eller gi en for stor forventning til et innkjøp.</p> <p>Leverandøren ser utviklingen og begynner tidlig å legge til rette for dette arbeidet slik at togene allerede er fysisk tilrettelagt for systemer.</p> <p>Ulike leverandører med sine systemer som skal kommunisere med hverandre. Dette kan drive kostnader dersom det blir utfordrende å få de ulike systemene til å prate sammen. Her vil standardiseringen være sentralt.</p> <p>Kan tolke spesifikasjon ulike – hva som egentlig skal endres for å integrere systemene. Ingen vil endre.</p>		
Antagelser			
Estimat	Håper	Mest sannsynlig	Frykter

Vurdering A	-10% Optimalisere leveranse, gjennomføring og installasjon. Effektiv leveransegjennomføring	Som estimert	+15% Leverandøren leverer ikke i henhold til avtalte krav/spesifikasjoner.
Vurdering B	-10% Tilsvarende som konsept A.	Som estimert.	+20% Større usikkerhet da det er mer kompleksitet i leveransen med ATO og mer umoden løsning som gir økt usikkerhet om leverandøren leverer i henhold til avtalte krav.

