



Rapport fra Arbeidspakke 3.2 Supplerende utredning av tidlig innføring av C-DAS, og Arbeidspakke 3.3 Utredning av ruteplaner med sekundoppløsning

Konseptvalg og videre arbeid med automatisk
togfremføring, oppdrag 10-2025

Dokument nr: 2025/105-8

Dato: 12. Juni 2026

Utarbeidet av: Ingar Østerby (red.). Mulighetsstudie og alternativanalyse: Norske tog og Bane NOR. Økonomiske analyser: Øyvind Sunde, Raymond Siiri og Nils Henning Anderssen, Jernbanedirektoratet.	Saksnummer 2025/105
Fagkontroll: Christian Knittler, Hanne Dybwik Kontroll: Tatiana Klougman Godkjent av: Jan Frederik Geiner	Dokumentnummer 2025/105-8
Dato: 12.06.2026 Initial versjon	Versjon 1.0
Endringslogg:	

Innhold

SAMMENDRAG	8
EXECUTIVE SUMMARY IN ENGLISH.....	13
1 INNLEDNING.....	15
1.1 Utredningens formål og mandat.....	15
1.2 Bakgrunn for utredningen	16
1.3 Avgrensninger og forutsetninger	18
1.4 Gjennomføring og medvirkning	20
1.5 Rapportens oppbygging.....	21
2 PROBLEMBESKRIVELSE	22
2.1 Dagens situasjon og utfordringsbilde.....	22
2.2 Forventet utvikling (nullalternativet).....	23
2.3 Underliggende årsaker til problemet.....	23
2.4 Hva tilsier at det offentlige bør iverksette tiltak?	23
2.5 Oppsummering av problembeskrivelsen.....	24
3 BEHOV.....	25
3.1 Metode	25
3.2 Overordnede samfunnsbehov	25
3.3 Behovene til interessenter som bruker jernbanen.....	26
3.4 Behovene til eiere og forvaltere av jernbanen	26
3.5 Behovene til andre interessenter	27
3.6 Interessekonflikter og motstridende behov.....	27
3.7 Oppsummering	27
4 MÅL OG RAMMEBETINGELSER.....	28
4.1 Samfunns mål	28
4.2 Effektmål og indikatorer	28
4.3 Rammebetingelser	30
5 AKTUELLE TILTAK FOR AP. 3.3 TEKNISK OPERATIV RUTEPLAN MED SEKUNDOPPLØSNING 33	
5.1 Bakgrunn - oppdragsbeskrivelse	33
5.2 Kapasitetsfordelingsprosessen og ruteplanlegging	33
5.3 Systemer med grensesnitt til ruteplanleggingsverktøyet	34
5.4 Oppsummering av tiltak	39
6 MULIGHETSSTUDIE FOR AP. 3.2 TIDLIG INNFØRING AV C-DAS – METODE OG PROSESS.....	40
6.1 Metode for tilnærming til infrastrukturen.....	42
6.2 Metode for tilnærming for kjøretøy.....	43
7 MULIGHETSSTUDIE FOR AP. 3.2 TIDLIG INNFØRING AV C-DAS I INFRASTRUKTUREN	45
7.1 Dagens situasjon - Nullalternativet	45
7.2 Kartlegging av mulige tekniske løsninger for infrastrukturen	50
8 MULIGHETSSTUDIE FOR AP. 3.2 TIDLIG INNFØRING AV C-DAS I KJØRETØY	59
8.1 Dagens situasjon – Nullalternativet	59

8.2	Kartlegging av mulige tekniske løsninger for kjøretøy.....	60
8.3	Oppsummering av (reelle) alternative tekniske løsninger.....	72
9	SAMMENSTILLING AV MULIGHETSSTUDIET FOR AP. 3.2 TIDLIG INNFØRING AV C-DAS.....	75
9.1	Null-alternativet	75
9.2	Sammenligningsalternativ og framtidig referansealternativ	76
9.3	Oppsummering av tiltaksalternativ for infrastrukturen	78
9.4	Oppsummering av tiltaksalternativ for kjøretøy	85
9.5	Sammenstilling av tiltaksalternativer og initial grovsiling	97
10	SILING AV TILTAK FOR AP. 3.2 TIDLIG INNFØRING AV C-DAS	107
10.1	Metode og prosess	107
10.2	Grovsiling av tiltak	108
10.3	Finsiling av tiltak.....	112
11	VURDERING AV VIRKNINGER	114
11.1	Kostnader	114
11.2	Kalkyler kostnad og trafikanthytte	116
11.3	Samfunnsøkonomisk analyse (virkninger)	119
11.4	Usikkerhet og risiko.....	125
11.5	Måloppnåelse.....	127
11.6	Fordelingsvirkninger	128
12	ANBEFALING.....	129
12.1	Anbefalt tiltak for Ap. 3.2 Tidlig innføring av C-DAS.....	129
12.2	Anbefalt tiltak for Ap. 3.3 Separat teknisk ruteplan med sekundoppløsning	129
13	FORUTSETNINGER FOR VELLYKKET GJENNOMFØRING	130
13.1	Anbefalt løsning og konkrete oppfølgingsprosjekter	130
13.2	Sammenheng med pågående og planlagte prosjekter	131
13.3	Ansvar, organisering og forvaltningsmessige forhold.....	134
13.4	Usikkerhet og risikoreduserende tiltak.....	138
13.5	Kritiske suksessfaktorer.....	140
14	REFERANSER.....	141
15	OVERSIKT OVER BEGREP OG FORKORTELSER.....	142
16	VEDLEGG.....	147
16.1	Supplerende figurer fra Bane NOR.....	147
16.2	Oppsummering av erfaringsutveksling gjennomført i supplerende utredning	149
16.3	Underlagsrapport for siling av tiltaksalternativer	152
16.4	Underlagsrapport for kostnadsestimat, trafikanthytte og usikkerhetsanalyse	152
16.5	Underlagsrapport for samfunnsøkonomisk analyse av tidlig innføring av førerstøtte	152

Figurer

Figur 1: Dagens utfordringsbilde	22
Figur 2: Transportpolitiske mål for neste NTP 2029-2040	26
Figur 4: Tidslinje for supplerende utredning og KVV-en	30
Figur 5: Systemer og sammenheng i en digitalisert prosess.....	35
Figur 6: Systemer og sammenheng i en digitalisert prosess.....	36
Figur 7: Systemer og sammenheng i en digitalisert prosess.....	37
Figur 8: Konsepter i mulighetsrommet fra KS1-rapporten	40
Figur 9: Mulighetsrommet for tidlig innføring av C-DAS.....	41
Figur 10: Kjøretøytyper fordeles på alternativer	44
Figur 11: Fordeling av systemer for hastighetsovervåkning på det norske jernbanenettet.....	46
Figur 12: Nytt ERTMS Signalanlegg	47
Figur 13: Trafikkstyringsområder som dekkes av hvert trafikkstyringssystem	49
Figur 14: C-DAS i infrastruktur koblet mot Bane NORs systemer	51
Figur 15: Oversikt over SFERA grensesnitt.....	53
Figur 16: Foretrukket bruk av SFERA grensesnitt	60
Figur 17: Oppsett med direkte kommunikasjon	62
Figur 18: Oppsett med indirekte kommunikasjon	63
Figur 19: Sammenligning av sentralisert og desentralisert arkitektur	65
Figur 20: C-DAS som nettbrett.....	67
Figur 21: Eksempelbilder av nettbrettløsninger fra Cubris (til venstre - variant 1) og Knorr-Bremse (til høyre - variant 2).....	68
Figur 22: Den Belgiske løsningen for C-DAS som en app.....	68
Figur 23: FIDO-applikasjonen på nettbrettet plassert rett foran fører.....	69
Figur 24: Skjerm bilde fra C-DAS løsningen til SBB. Foto: SBB	70
Figur 25: «Digital Instructions» (DI) inkluderes som en del av DAS-arkitekturen.....	71
Figur 26: Datamaskin for C-DAS (til venstre) og visning av C-DAS-informasjon på eksisterende førerskjerm (til høyre)	71
Figur 27: Mulig oppsett for integrasjon av C-DAS i eksisterende togsett	72
Figur 28: Figuren viser fordeling av kostnader for konseptene for implementeringsmåter av C-DAS, med bakgrunn kostnadsvurderinger gjennomført ifm. KVV for ATO	83
Figur 29: kostnadsfordeling leveranse/gjennomføring	84
Figur 30: Forventet nåverdi investerings- og driftskostnader. Alle tall i millioner norske kroner (2026).....	115
Figur 31: Nåverdi nytte, nåverdi kostnader og netto nåverdi i scenario ERTMS 1. Alle tall i millioner norske kroner (2026)	122
Figur 32: Nåverdi nytte, nåverdi kostnad og netto nåverdi for scenario ERTMS 4. Alle tall i millioner norske kroner (2026).....	123
Figur 33: Nåverdi nytte, nåverdi kostnad og netto nåverdi for scenario 3. Alle tall i millioner norske kroner (2026).	124
Figur 34: Oversiktsbilde av en helhetlig C-DAS uten ATO.	147
Figur 35: UIC 407-1 basis meldingstyper	147
Figur 36: UIC 407-1 tilleggsmeldingstyper	148

Tabeller

Tabell 1: Leveranser i prosjektet Videre arbeid med automatisk togframføring.....	15
Tabell 2: Systemoversikt.....	38
Tabell 3: Mulige alternative implementeringsmåter.....	43
Tabell 4: Samlet vurdering av teknisk egnethet.....	57
Tabell 5: Samlet vurdering av kostnad og risiko.....	57
Tabell 6: Sammenligning av Connected (C) og Standalone (S) DAS.....	61
Tabell 7: Oppsett med direkte kommunikasjon.....	62
Tabell 8: Oppsett med indirekte kommunikasjon.....	64
Tabell 9: Sammenligning av oppsett med direkte og indirekte kommunikasjonDe to alternativene kan oppsummeres og sammenlignes i en tabell:.....	64
Tabell 10: Vurdering av sentralisert C-DAS arkitektur.....	66
Tabell 11: Vurdering av desentralisert C-DAS arkitektur.....	66
Tabell 12: Sammenligning av sentralisert og desentralisert akitektur.....	67
Tabell 13: Vurdering av sentralisert og desentralisert arkitektur.....	73
Tabell 14: Vurdering av direkte og indirekte kommunikasjon.....	73
Tabell 15: Oppsummering av C-DAS-løsninger om bord.....	74
Tabell 16: Oversikt over ytelsen fra KVVU-en som brukes som referanse for beregning av ytelse i supplerende utredning.	78
Tabell 17: Mulige gjennomføringsalternativer.....	79
Tabell 18: Samlet vurdering av teknisk egnethet.....	80
Tabell 19: Samlet vurdering av egnet gjennomføring.....	81
Tabell 20: Forventet ytelse ved forskjellige teknologier for posisjonering.....	89
Tabell 21: Ytelsesnivå per systemvariant.....	89
Tabell 22: Påvirkning på ytelse ved ulik grad av nettverkstilgang.....	90
Tabell 23: Vurdering av nettdekning langs sporet.....	91
Tabell 24: Installasjon av ombordutstyr.....	93
Tabell 25: Vurdering av C-DAS ombordutstyr for -aktuelle togtyper hos Norske tog basert på gjeldende plan for innfasing og utfasing av togmateriell.....	94
Tabell 26: To aktuelle typer C-DAS-løsninger.....	95
Tabell 27: Oppsummering av alternativene for infrastrukturen.....	98
Tabell 28: Forslag til utrulling av C-DAS til eksisterende togtyper.....	101
Tabell 29: Gruppering etter mulige C-DAS-løsninger.....	102
Tabell 30: Oppsummering av alternativene for kjøretøyene.....	103
Tabell 31: Oppsummering av tiltaksalternativer.....	106
Tabell 32: Hovedkriteriene i evaluering og siling.....	107
Tabell 33: Beskrivelse og verbal evaluering av infrastruktur-alternativene.....	108
Tabell 34: Rangering av infrastruktur – kombinert trafikklys + score. Førermiljø er ikke relevant her.....	109
Tabell 35: Kjøretøy – evaluering med score metode. Risiko er ikke relevant/vurdert.....	109
Tabell 36: Kjøretøy – kombinert trafikklys + score. Risiko er ikke vurdert/relevant.....	110
Tabell 37: Videreførte tiltaksalternativer.....	111

Tabell 38: Oversikt netto nåverdi med rangerte alternativ.....	112
Tabell 39: Resultater usikkerhetsanalyse - Basis, forventet, standardavvik, P50 og P85 for sum av investerings- og driftskostnader. For ERTMS 1. Likt for 5G/FRMCS. Alle tall i mill. kr (2026).....	116
Tabell 40: Resultater usikkerhetsanalyse - Basis, forventet, standardavvik, P50 og P85 for sum av investerings- og driftskostnader. For ERTMS 3. Lik for 5G/FRMCS. Alle tall i mill. kr (2026).....	116
Tabell 41: Resultater usikkerhetsanalyse - Basis, forventet, standardavvik, P50 og P85 for sum av investerings- og driftskostnader. For ERTMS 4. Likt for 5G/FRMCS. Alle tall i mill. kr (2026).....	116
Tabell 42: Resultater trafikanntytte etter usikkerhetsanalyse for scenario 5G/ERTMS-1. Alle tall i mill. NOK (2026)Scenario 5G/ERTMS 1.....	117
Tabell 43: Resultater trafikanntytte usikkerhetsanalyse for scenario 5G/ERTMS-3. Alle tall i mill. NOK (2026)	117
Tabell 44: Resultater trafikanntytte etter usikkerhetsanalyse for scenario 5G/ERTMS-4. Alle tall i mill. NOK (2026).....	118
Tabell 45: Resultater trafikanntytte etter usikkerhetsanalyse for scenario FRMCS/ERTMS-1. Alle tall i mill. NOK (2026)	118
Tabell 46: Resultater trafikanntytte etter usikkerhetsanalyse for scenario FRMCS/ERTMS-3. Alle tall i mill. NOK (2026)	118
Tabell 47: Resultater trafikanntytte etter usikkerhetsanalyse for scenario FRMCS/ERTMS-4. Alle tall i mill. NOK (2026)	118
Tabell 48: Navn på scenarier.....	121
Tabell 48: Oversikt over ikke prissatte virkninger	124
Tabell 49: Forventet endring av kostnadene basert på resultat usikkerhetsfaktorene	126
Tabell 50: Evaluering av mål og rammebetingelser	128
Tabell 51: Ansvarsdeling – oppsummert.....	136
Tabell 52: Leveranser oppsummert.....	136
Tabell 53: Risikoreduserende tiltak.....	139

Sammendrag

Hva er utredningens bakgrunn og mandat?

Utredningen er gjennomført etter Samferdselsdepartementets oppdrag 10 i tildelingsbrevet for 2025, der Jernbanedirektoratet og Bane NOR er bedt om å legge anbefalt konsept fra KVVU for bedre utnyttelse av ERTMS – Automatisk togfremføring (ATO) fra 2023 til grunn for videre arbeid. Retningsvalget er eksplisitt formulert som at sektoren skal «legge alternativ A – Førerstøtte til grunn for videre planlegging av automatisk togfremføring».

Hovedoppgaven fra mandatet er at Jernbanedirektoratet skal videreutvikle kunnskapsgrunnlaget for å etablere mer presise kostnads- og nyttevirksomheter, og dermed bedre kunne vurdere tidspunkt for oppstart av forprosjekt.

Bakgrunnen for denne supplerende utredningen er at KVVU-en fra 2023 identifiserte et betydelig potensial for bedre utnyttelse av ERTMS-investeringen gjennom automatisering, men samtidig anbefalte å avvente videre arbeid til ERTMS-utbyggingen var kommet lengre. I tillegg pekte KS1-behandlingen på et mulighetsrom før ERTMS er bygget ut som bør undersøkes. Etter KVVU-en har også forutsetningene endret seg, særlig knyttet til forsinket framdrift i ERTMS-programmet og tilgang til C-DAS-teknologi i nytt togmateriell. Dette har utvidet handlingsrommet for å vurdere tiltak tidligere i utviklingsløpet.

Denne rapporten beskriver supplerende utredning av tidlig innføring av C-DAS og utredning av teknisk operative ruteplaner med sekundoppløsning.

Hva er problemet og behovene som er avdekket?

Jernbanesystemet er preget av høy kapasitetsutnyttelse, begrenset robusthet og økende kompleksitet. Trafikkvekst kombinert med begrensninger i infrastrukturen gjør at små avvik raskt gir store følgeforsinkelser, og punktligheten forblir sårbar. Samtidig vil etterspørselen øke videre, noe som forsterker utfordringene uten tiltak.

Argumentasjonen viser at problemet er systemisk: det oppstår i samspillet mellom tett trafikk, slitasje på infrastruktur og fragmenterte teknologiske løsninger. Økte krav til klima, kapasitet og effektivitet innebærer at jernbanen må levere mer transportarbeid med bedre ressursutnyttelse.

Behovsanalysen peker på et felles behovsbilde på tvers av interessenter: økt kapasitet, bedre punktlighet og mer effektiv drift. Dette gjelder både brukere, operatører og myndigheter. Den overordnede konklusjonen er formulert som at:

- Det prosjektutløsende behovet 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.

Samlet tilsier dette behov for tiltak som forbedrer systemets samlede ytelse gjennom bedre utnyttelse av eksisterende infrastruktur, støttet av digitalisering og gradvis innføring av teknologi som kan øke kapasitet, punktlighet og effektivitet.

Hva er utredningens mål og rammebetingelser?

Utredningen viderefører målstrukturen fra KVVU-en, og legger til grunn det samme overordnede samfunns målet:

- 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 togframføringen.

Argumentasjonen viser at dette målet fortsatt er gyldig, selv om forutsetningen om fullt utbygd ERTMS er endret i startpunktet for analysen. Målbildet ligger fast, mens utredningen åpner for et nytt trinn i utviklingen med realisering av tiltak før ERTMS er fullt implementert.

Effektmålene konkretiserer dette gjennom tre hoveddimensjoner: bedre kapasitetsutnyttelse og punktlighet, mer effektiv drift og opprettholdt eller forbedret sikkerhet. Disse målene er videreført uendret, og danner et konsistent grunnlag for vurdering av tiltak. Samtidig synliggjøres det målkonflikter, særlig mellom kapasitet, energieffektivitet og sikkerhet, som forutsetter avveininger i videre analyse.

Rammebetingelsene avgrenser handlingsrommet for tiltakene og sikrer at løsningene bidrar til den ønskede utviklingen:

- R1: Løsningen skal gi en bedre utnyttelse av investeringen i ERTMS
- R2: Løsningen skal omfatte automasjon som påvirker togframføringen
- R3: Løsningene kan ikke påvirke samfunnssikkerheten negativt
- R4: Løsningene skal bidra til en bærekraftig utvikling av jernbanen
- R5: Løsningen skal ikke medføre en diskontinuitet i tjenesten når ERTMS innføres på en strekning.

Samlet legger mål og rammebetingelser til grunn en utviklingsretning der tiltak skal bidra til bedre kapasitetsutnyttelse, økt punktlighet og mer effektiv drift, samtidig som sikkerhet og bærekraft ivaretas. Argumentasjonen viser at dette best kan oppnås gjennom en trinnvis tilnærming, der tidlige tiltak må være compatible med beslutningen om innføring av førerstøtte basert på sanntidsdata (C-DAS) over ERTMS og videre trinn mot automatisk togframføring.

Hvilke tiltak er vurdert som aktuelle?

Tiltak vurdert som aktuelle for en teknisk operativ ruteplan med sekundoppløsning (Ap. 3.3)?

Det aktuelle tiltaket i denne delen av utredningen er å innføre en teknisk operativ ruteplan med sekundoppløsning i stedet for dagens minuttbaserte plan. Dette er en forutsetning for å kunne hente ut effekter i form av redusert kjøretid, økt punktlighet og bedre kapasitetsutnyttelse fra førerstøtte og automatisering.

Av mulighetsstudiet fremgår det at det allerede finnes teknisk støtte for ruteplanlegging på sekundnivå i eksisterende systemer, særlig i TPS, men at dette krever tilpasninger i omkringliggende systemer, arbeidsprosesser og datagrunnlag.

Tiltaket innebærer derfor ikke innføring av et nytt system, men en videreutvikling og tilpasning av eksisterende systemportefølje. Flere sentrale systemer må tilpasses for å håndtere og vise ruteplaner med høyere oppløsning, og det stilles økte krav til kvalitet og konsistens i data.

Det er videre et sentralt poeng at tiltaket må gjennomføres helhetlig, slik at både planlegging, trafikkstyring og informasjonsformidling er konsistente. Samtidig skal informasjon til reisende fortsatt presenteres på minutt-nivå, noe som innebærer behov for kontrollert overgang mellom teknisk operativ ruteplan og det som presenteres for de reisende.

Samlet sett konkluderer analysen med at tiltaket er gjennomførbart innenfor eksisterende systemer og gir et nødvendig grunnlag for å realisere gevinster fra førerstøtte og automatisering. Det fremgår at innføring av ATO/C-DAS og operativ ruteplan med sekundoppløsning ikke vil gi vesentlig økt kapasitet, men være et viktig bidrag til å kunne gi mer robuste ruteplaner og bidra til økt punktlighet i togtrafikken.

Tiltak vurdert som aktuelle for tidlig innføring av C-DAS før ERTMS (Ap. 3.2)?

Vurdering av dagens infrastruktur viser at det i praksis finnes én hovedretning for implementering av C-DAS i infrastrukturen, basert på en sentral integrasjonsserver som kobler trafikkstyrings-systemer til tog. Effekten av løsningen er i stor grad avhengig av kvalitet og tilgjengelighet på data fra eksisterende systemer, som er betydelig dårligere enn den vil bli med ERTMS. For å oppnå tilstrekkelig ytelse må det etableres mekanismer for dataintegrasjon, kvalitetssikring og oversettelse mellom ulike grensesnitt, og et stort behov for tilpasninger i trafikkstyrings-systemene. Innføring før full ERTMS-utbygging innebærer økt kompleksitet og kostnader, særlig knyttet til datakvalitet og manglende standardisering. Samtidig konkluderer studien med at løsningen er teknisk gjennomførbar og kan implementeres trinnvis, gitt at nødvendige data- og systemforbedringer prioriteres.

Mulighetsstudien for kjøretøy viser at det finnes flere gjennomførbare løsninger for innføring av C-DAS i kjøretøy, som varierer fra enkle frittstående nettbrettløsninger til fullt integrerte systemer i togene. Valg av løsning innebærer en tydelig avveining mellom kostnad, ytelse og fremtidig utviklingsmulighet, der integrerte løsninger gir best ytelse, mens nettbrettløsninger gir raskere og rimeligere utrulling. Samtidig viser analysen at nye tog, som allerede er utstyrt med C-DAS, gir et potensial for tidlig gevinstrealisering med begrensede tilleggsinvesteringer. Samlet konkluderes det med at kjøretøytiltakene er teknisk modne og kan innføres trinnvis, men at full effekt forutsetter samspill med løsninger på infrastrukturensiden.

Tiltaksbildet består av kombinasjoner av løsninger på to nivåer: infrastrukturløsninger og løsninger i kjøretøy. I sammenstillingen av infrastruktur- og kjøretøyalternativer identifiseres et sett av tekniske og operative tiltaksalternativ som kan realiseres før full ERTMS-utrulling.

Hovedkonklusjonen er at det finnes et reelt mulighetsrom for trinnvis innføring av fører støtte, men at nytten og gjennomførbarheten varierer betydelig mellom alternativene innenfor den, tross alt, begrensede levetiden før ERTMS er fullt utbygd. Tiltakene må vurderes med hensyn til hvordan de kan gi nytte før og etter innføringen av ERTMS for hver delstrekning, samtidig som de må være kompatible med det langsiktige målbildet. Samtidig må løsningene kunne videreføres eller integreres i en fremtidig ERTMS-basert arkitektur. Dette understøtter en strategi der enklere og mer fleksible løsninger kan være mer hensiktsmessige tidlig i utviklingsløpet.

Det legges også vekt på at nytten er størst i områder med høy trafikk, særlig i det sentrale Østlandsområdet, men at disse områdene samtidig har høyest kostnader og størst kompleksitet. Dette gir en tydelig avveining mellom tidlig nytte og investeringsbehov.

Analysen konkluderer med til sammen 26 tiltaksalternativer som gjennomførbare tiltak for tidlig innføring av C-DAS, og som går inn i samfunnsøkonomisk analyse av virkninger.

Hvilke virkninger har tiltaksalternativene?

Vurderingen av virkninger viser at tiltakene samlet gir moderate, men målbare forbedringer i punktlighet og energieffektivitet, samtidig som de ikke gir vesentlig økning i kapasitet isolert sett. Hovedkonklusjonen er at nytten i stor grad oppstår som summen av flere mindre forbedringer i togframføring, planlegging og trafikkstyring, snarere enn gjennom enkeltstående ytelsesløft.

Analysene viser at prissatte virkninger er begrensede i forhold til investeringskostnadene for flere av alternativene, og at samfunnsøkonomisk lønnsomhet derfor er betydelig negativ for de mest omfattende løsningene. Samtidig fremheves det at enklere løsninger, særlig varianter av fører støtte med lavere investeringskostnader, har bedre forhold mellom nytte og kostnad.

De viktigste positive virkningene er knyttet til mer stabil trafikkavvikling, bedre etterlevelse av ruteplan og redusert energiforbruk, mens ikke-prissatte virkninger viser små til moderate

forbedringer i drift og begrenset påvirkning på førermiljø. Samtidig påpekes det at effekten er avhengig av datakvalitet, systemintegrasjon og faktisk operativ bruk.

Usikkerhetsanalysen viser at gjennomføringsrisiko, organisering og teknologisk modenhet er sentrale usikkerhetsdrivere, og at resultatene er følsomme for forutsetninger om utvikling i ERTMS og ny togradio (FRMCS).

For å håndtere sårbarheten overfor eksterne forhold, som utbygging av ERTMS og ny togradio, ble det definert seks scenarier for å beskrive lønnsomhet for tiltaksalternativene med forskjellige betingelser.

Samlet viser den samfunnsøkonomiske analysen at bare ett av de vurderte tiltaksalternativene har beskjeden positiv netto nåverdi, det såkalte Null-pluss alternativet. I dette alternativet får nye kjøretøy førerstøtte av typen S-DAS basert på statiske data og begrenset til de nye togene hvor ombordutstyr er ferdig montert. Ingen av alternativene med førerstøtte av typen C-DAS har positiv netto nåverdi, i hovedsak fordi investeringene i eksisterende infrastruktur er for høye. Resultatet er konsistent over alle scenariene.

Vurderingen av ikke prissatte konsekvenser rokker ikke ved den konklusjonen.

Hvilke tiltak anbefales?

Med utgangspunkt i utredningens konklusjon anbefales følgende:

- Jernbanedirektoratet anbefaler pilotering av førerstøttesystemer innenfor det begrensede omfanget av Null-pluss-alternativet. Planlegging bør starte så fort som mulig, slik at systemene kan tas i bruk så fort de nye togene blir satt i trafikk.

Argumentasjonen viser at omfattende løsninger med høy grad av integrasjon gir større teknisk ytelse, men samtidig innebærer høyere kostnader, større risiko og negativ samfunnsøkonomisk lønnsomhet. En gradvis tilnærming gjør det mulig å realisere nytte tidligere, samtidig som usikkerhet håndteres og kunnskapsgrunnlaget forbedres før videre skalering.

Med utgangspunkt i utredningens konklusjon anbefales følgende:

- Jernbanedirektoratet anbefaler at arbeid med innføring av en separat teknisk operativ ruteplan med sekundoppløsning settes i gang av Bane NOR så raskt som praktisk mulig, og med ferdigstillelse i god tid før C-DAS innføres.

Samlet peker anbefalingen på en strategi der tiltak gjennomføres i et begrenset omfang og bygges ut over tid, slik at løsningene kan tilpasses utviklingen i ERTMS, datatilgang og teknologisk modenhet. Dette innebærer at førerstøtte basert på statiske data etableres som et første steg mot videre automatisering, samtidig som risiko og investeringer holdes på et kontrollert nivå.

Hva er forutsetningene for vellykket gjennomføring?

Det er mange betraktninger rundt hva som skal til for en vellykket innføring av C-DAS. Siden innføring av C-DAS vurderes som en trinnvis utvikling mot økt automatisering av togframføring, favner flere av innspillene til videre arbeid og faser bredere enn bare tidlig innføring av C-DAS.

Innspillene som presenteres her er fanget opp gjennom hele utredningsarbeidet, både underveis i mulighetsstudiet og alternativanalysen, og fra alle deltakerne i denne supplerende utredningen. I grove trekk er innspillene oppsummert i de neste avsnittene.

Anbefalingen for neste fase er todelt med en pilotering av S-DAS-funksjonen og et konkret prosjekt for sekundoppløsning på ruteplaner. Men her foreslår utredningen at omfang av pilotering og forberedende arbeid bør innrettes bredere enn bare å se på S-DAS. Forslaget er å se

grundigere på konkret pilotering og forberedende arbeider for flere av forutsetningene som må på plass for at C-DAS skal virke i neste runde, og flere av dem kan også begynne å gi gevinster allerede før C-DAS er i bruk.

Det pekes på videre arbeid innenfor Europe's Rail med å avdekke nytteeffekter vi fortsatt ikke vet nok om, som kjøretidsgevinster på enkeltspor med automatiserte kryssinger. Jernbane-direktoratet er også engasjert i videre arbeid med ATO og førerløse tog. Direktoratet jobber også parallelt med utredning av innsamling av grunnlagsdata om togframføring for bruk i videre forskning og analyser i framtidige utredninger, som KVV-en pekte på at manglet.

Videre arbeid med hvordan optimalisering av ruteplaner bør gjøres, for å best mulig utnytte effektene av automatisering, er sentralt når forutsetningen med sekundoppløsning er på plass.

Organisering av prosjekt for innføring av C-DAS og forhold til andre parallelle prosjekter er viktige innspill, spesielt i forhold til ERTMS-programmet og tilgang på kompetanse, utbygging av TMS og ombygging av tog. Betraktninger rundt overordnede forvaltningsmessige forhold pekes også på som viktig, relatert både til organisering av roller og ansvar i sektoren og forvaltning av data ved automatisering. Det er kanskje spesielt viktig at Jernbanedirektoratet tar tak i dette siste punktet videre, for å sikre forutsigbarhet og tillit mellom aktørene.

Innspill fra usikkerhetsanalysen peker også på konkrete risikoreduserende tiltak for prosjektet som skal pilotere S-DAS og framtidige prosjekter for innføring av C-DAS.

Det viktigste suksesskriteriet som pekes på til slutt, er at det raskt kommer en avklaring av realistisk framdrift og hvilken prioritering Oslo-området får i utbyggingen av ERTMS og FRMCS. Dette vil være viktig for å gjøre gode valg videre for innføring av C-DAS og videre automatisk togframføring.

Executive Summary in English

This supplementary assessment has been carried out in response to Assignment 10 in the Ministry of Transport's Letter of Allocation for 2025, where the Norwegian Railway Directorate and Bane NOR were instructed to base further work on the recommended concept from the 2023 Conceptual Appraisal (KVU) for improved utilisation of ERTMS – Automatic Train Operation (ATO). The strategic direction is explicitly defined as to “adopt Alternative A – Driver Advisory as the basis for further planning of automatic train operation.”

The main task is to further develop the knowledge base to establish more precise cost and benefit estimates and assess the appropriate timing for initiating a pre-project phase. The background is that the KVU identified significant potential for improved utilisation of ERTMS through automation but recommended postponement until further progresses of ERTMS rollout, while subsequent KS1 review and updated conditions—particularly delays in the ERTMS programme and availability of C-DAS in new rolling stock—have created a basis for earlier implementation.

The Norwegian railway system is characterised by high-capacity utilisation, limited robustness, and increasing complexity, where minor disruptions generate significant secondary delays. The problem is systemic, arising from the interaction of dense traffic, infrastructure constraints, and fragmented technology. The analysis identifies a shared need across stakeholders for increased capacity, improved punctuality, and more efficient operations, expressed as “the needs of key stakeholder groups for capacity, punctuality and safety, and the normative needs for greater value for money and more efficient utilisation of new technology.”

This assessment retains the KVU's overarching objective: “More railway value for money... through better utilisation of the ERTMS investment by means of automation of train operations.” This objective remains valid despite adjusted assumptions, and is operationalised through targets for capacity utilisation, punctuality, efficiency, and safety. The framework conditions require improved ERTMS utilisation, automation affecting train operation, no negative impact on safety, contribution to sustainability, and continuity of C-DAS as a service during ERTMS rollout, supporting a phased development pathway.

Two main categories of measures are identified. The first is introduction of a technical operational timetable with second-level resolution, replacing the current minute-based approach. This is a prerequisite for realising benefits from driver advisory and automation, enabling reduced running times, improved punctuality, and better capacity utilisation. It involves adapting existing systems, processes, and data, and ensuring consistency across planning, traffic management, and passenger information. It is acknowledged that introduction of ATO/C-DAS and a technical operational timetable with second-level resolution will probably not significantly increase capacity but will contribute to more robust timetables and improved punctuality.

The second category concerns early implementation of C-DAS prior to full ERTMS rollout. Infrastructure implementation is based on a central integration server linking traffic management systems and trains, with performance highly dependent on data quality and system integration. This results in increased complexity and cost before ERTMS is fully deployed. On the rolling stock side, solutions range from standalone tablet-based systems to fully integrated onboard systems, with clear trade-offs between cost, performance, and scalability. New trains equipped with C-DAS enable early deployment with limited additional investment.

A total of 26 combined infrastructure and rolling stock alternatives are identified for socio-economic analysis. These must deliver benefits within a limited timeframe before full ERTMS deployment, while remaining compatible with the long-term architecture. Simpler and more flexible solutions are more suitable in early phases, particularly given that benefits are

concentrated in high-traffic areas such as the Oslo region, where implementation costs and complexity are also highest.

The impact assessment shows moderate but measurable improvements in punctuality and energy efficiency, without significant capacity gains in isolation. Benefits arise cumulatively rather than from single measures. Most alternatives show negative net present value due to high infrastructure investment costs. Only the “O+” alternative—new trains equipped with S-DAS based on static data—achieves a marginally positive net present value, while all true C-DAS alternatives remain negative.

The recommended approach is to pilot driver advisory systems within the limited scope of the O+ alternative, with immediate planning aligned to new rolling stock introduction. In parallel, Bane NOR should implement a technical operational timetable with second-level resolution as soon as practicable and in advance of C-DAS deployment. The overall strategy is phased and scalable, allowing alignment with ERTMS rollout, data availability, and technological maturity, with S-DAS as a first step towards further automation.

Successful implementation requires a structured progression towards automation. In addition to pilot implementation and timetable improvements, preparatory work should address conditions necessary for future C-DAS deployment, including data collection, further analysis of benefit potential, and continued development within Europe’s Rail. Timetable optimisation, organisational coordination, and governance of data and responsibilities across stakeholders are critical.

Risk management must focus on technical maturity, data quality, and operational use, while external dependencies such as ERTMS rollout and FRMCS must be treated as framework conditions. The most critical success factor is clarity on the timeline and prioritisation of the Oslo region within ERTMS and FRMCS deployment, as this directly influences decisions on C-DAS implementation and the subsequent pathway towards automated train operations.

1 Innledning

1.1 Utredningens formål og mandat

Samferdselsdepartementet har gjennom oppdrag 10 i tildelingsbrevet for 2025¹ fulgt opp anbefalingen fra Jernbanedirektoratet i KVV for bedre utnyttelse av ERTMS – Automatisk togfremføring (ATO)² høsten 2023, og bedt direktoratet om å løse følgende:

Samferdselsdepartementet ber Jernbanedirektoratet og Bane NOR legge til grunn konsept A - førerstøtte for videre planlegging av automatisk togfremføring. Jernbanedirektoratet bes vurdere tidspunkt for oppstart av forprosjekt automatisk togfremføring. Vurderingen gjøres basert på ERTMS-utbyggingens modenhet. I perioden frem til forprosjektet starter opp skal Jernbanedirektoratet og Bane NOR etablere et datagrunnlag for å oppnå mer detaljerte analyser av kostnader og nytteverdier av alternativ A førerstøtte. Jernbanedirektoratet skal også føre endringslogg i perioden frem til forprosjektet startes opp.

Jernbanedirektoratet tar til følge retningsvalget om å legge alternativ A, med innføring av sanntidsbasert førerstøtte (C-DAS), til grunn for videre planlegging.

Direktoratet har opprettet et prosjekt for å levere på resten av oppdrag 10-2025. Ut ifra oppdragsteksten og KVV-en fra 2023 har prosjektet identifisert tre hovedleveranser med tilhørende arbeidspakker for hver leveranse.

Tabell 1: Leveranser i prosjektet Videre arbeid med automatisk togfremføring

Hovedleveranser	Beskrivelse av arbeidspakker
1. Oppdatert anbefaling om oppstart av forprosjekt	1.1 Vurdere framdrift og modenhet for oppstart av et forprosjekt basert på reviderte planer for ERTMS-utrulling fra Bane NOR. 1.2 Vurdere konsekvenser av endringer logget i endringslogg, jf. arbeidspakke 2.1. 1.3 Utarbeide anbefaling for oppstart av forprosjekt.
2. Endringslogg	2.1 Føre endringslogg Punktet omfatter en løpende registrering av endringer i loggen fram til forprosjektet starter. 2.2 Avklare forutsetninger for mer detaljerte samfunnsøkonomiske analyser. Punktet omfatter prinsipiell vurdering av å ev. ta inn nye samfunnsøkonomisk aspekter i vurderingene basert på innspill fra Europe's Rail samarbeidet.
3. Etablere bedre datagrunnlag for forprosjektet	3.1 Utrede løpende innsamling av målinger av gjeldende togfremføring. 3.2 Supplerende utredning om mulig tidlig innføring av C-DAS. 3.3 Supplerende utredning for estimering av kostnad for innføring av separat teknisk operativ ruteplan med sekund-oppløsning. 3.4 Undersøke potensialet for reduksjon av framføringstid og energiforbruk på lengre enkeltsporstrekninger med C-DAS/ATO.

¹ Regjeringen: Statsbudsjettet 2025 - Tildelingsbrev til Jernbanedirektoratet (2024)

² Jernbanedirektoratet: Konseptvalgutredning for bedre utnyttelse av ERTMS – Automatisk togfremføring (ATO) (2023) dok.nr. 202200907-26

Hovedoppgaven som departementet peker på i oppdrag 10 er å vurdere egnet tidspunkt for oppstart av forprosjekt for innføring av alternativ A Førerstøtte. Direktoratet har tidligere vurdert at arbeidet med supplerende utredning av tidlig innføring av C-DAS før ERTMS blir stadig mer aktuell. Resultatet fra dette arbeidet kan påvirke tidspunkt for anbefaling om innføring av alternativ A Førerstøtte fra KVVU-en, og vil inngå i en separat helhetlig vurdering overfor Samferdselsdepartementet med anbefaling, jf. leveranse 1.

Denne supplerende utredningen har dermed et mandat for å bidra til kunnskapsgrunnlaget for den helhetlige vurderingen av egnet tidspunkt for oppstart av forprosjekt for innføring av sanntidsbasert førerstøtte (C-DAS), ved å svare ut arbeidspakkene 3.2 Tidlig innføring av C-DAS og arbeidspakke 3.3 Innføring av separat teknisk operativ ruteplan med sekundoppløsning med følgende formål og omfang:

Ap. 3.2 Supplerende utredning av tidlig innføring av C-DAS.

Formålet er å beskrive og vurdere konsekvenser av og aktuelle tekniske løsninger for infrastruktur og ombordutrustning til innføring av sanntidsbasert førerstøtte, og som utnytter forhåndsinstallerte løsninger i nye tog og mulighetsrommet før ERTMS er ferdig bygget ut i hele det norske jernbanenettet.

I etterkant av KVVU-en er det klart at Norske tog får levert nye lokal- og fjerntog med ombordutrustning for C-DAS ferdig montert, og de har forslag til alternative tekniske løsninger som kan gi deler av nytten tidligere til vesentlig lavere kostnad. I tillegg er risikoen vesentlig større for forsinket utrulling av ERTMS, som åpner et større mulighetsrom for tidlig innføring av C-DAS enn vi så under ekstern kvalitetssikring av KVVU-en (KS1)³. Denne delen av utredningen vil videre bli henvist til med «Ap.3.2.»

Ap. 3.3 Supplerende utredning for innføring av en separat teknisk operativ ruteplan med sekundoppløsning.

Formålet er å beskrive og vurdere aktuelle konsekvenser av og tekniske løsninger for innføring av en separat teknisk operativ ruteplan med sekundoppløsning.

Koblingen mellom automasjon og en optimalisert ruteplan med finere oppløsning enn dagens hele minutter har alltid ligget som en forutsetning for å hente ut nytten som ble estimert i KVVU-en. I KVVU-en ble kostnaden vurdert som liten og, kanskje feilaktig, ikke inkludert i basisestimatet. I ettertid ser vi at, hvis vi ikke utreder kostnaden forbundet med dette samtidig med utredning av arbeidspakke 3.2 Tidlig innføring av C-DAS, vil samlet kostnadsbilde kunne bli misvisende. Denne delen av utredningen vil videre bli henvist til med «Ap.3.3.»

1.2 Bakgrunn for utredningen

Strekningsvis implementering av det nye felles-europeiske signalsystemet ERTMS (European Rail Traffic Management System) pågår, og framover er planen at alle signalanleggene på jernbanenettet skal byttes ut. ERTMS omtales ofte som et første trinn i en teknologisk utvikling, og innføring av automatisering i togframføringen kan gi gevinster i form av alt fra økt kapasitet til reduserte driftskostnader. Mer jernbane for pengene gjennom videre utnyttelse av denne investeringen med automatisering har vært omtalt og drøftet i flere studier tidligere, men har ikke blitt helhetlig analysert med formål om å komme fram til et konseptuelt valg for videre utvikling, før Jernbanedirektoratet gjennomførte en konseptvalgutredning (KVVU) for bedre utnyttelse av ERTMS – Automatisk togframføring (ATO) høsten 2023. Hensikten var å gi departementet et

³ Menon/A2/Holte: Ekstern kvalitetssikring (KS1) av KVVU for bedre utnyttelse av ERTMS – automatisk togframføring (ATO) (2024) Rapport nummer F014a

grunnlag for å beslutte om, og i så fall hvilke, automatiske togfremførings-konsepter som er egnet i Norge.

KVU-en vurderte i hvilken grad automatisk togframføring kan bidra til økt kapasitet, redusert forsinkelsesnivå og forbedret energieffektivitet i det norske jernbanesystemet. For både persontrafikk og godstransport kan tiltak som styrker punktlighet og stabilitet i trafikkavviklingen være av vesentlig betydning. Videre analyser vil kunne gi et mer detaljert beslutningsgrunnlag for hvordan økt automatiseringsgrad kan realisere disse potensielle gevinstene og dermed understøtte en mer robust og fremtidsrettet utvikling av jernbanen.

Alternativene som ble analysert under KVU-en var:

- **Nullalternativet (referansealternativet):** hvor det forutsettes det at ERTMS nivå 2 (European Rail Traffic Management System) er ferdig utrullet på hele det norske jernbanenettet, at det finnes et hensiktsmessig og fungerende kommunikasjonssystem og at dagens trafikkstyringssystemer er erstattet av ett enkelt, helhetlig, trafikkstyringssystem (TMS – Traffic Management System).
- **Alternativ A: Førerstøtte:** I dette alternativ får fører løpende sanntidsinformasjon fra et tilkoblet førerveiledningssystem. I referansealternativet forholder fører seg selvstendig til informasjon fra signalsystemet, mens i alternativ A er det et førerveiledningssystem som gir beslutningsstøtte i tillegg. Alternativet kan utgjøre et første trinn i utviklingen av det norske jernbanenettet mot autonome tog
- **Alternativ B Selvkjørende tog:** I dette alternativ undersøkes effekten av selvkjørende tog under overvåkning av fører. For persontog er det også en ombordansvarlig i toget.
- **Alternativ C Førerløse tog:** Hensikten med alternativ C er å vurdere effekten av en løsning der togene er selvkjørende og førerløse

KVU-ens anbefaling var

Det anbefales et konseptvalg som bygger på Alternativ A Førerstøtte

Det anbefales at oppstart av forprosjektfase avventer videre utbygging av ERTMS

Det eneste konseptet som ble vurdert å være samfunnsøkonomisk lønnsomt var alternativ A Førerstøtte. KS1-rapporten kom til samme rangering av konseptene som KVU. KS1-rapporten utfordret imidlertid nytte-beregningene og dermed de samfunnsøkonomiske lønnsomhets-beregningene i KVU, men avviste ikke at dette kunne være lønnsomt.

KVU-en argumenterte at oppstart av forprosjektfasen skulle avvente til videre utbygging av ERTMS var kommet lengre, for å gi tid til å utvikle mer kunnskap og gi større mulighet for å fastlegge en kostnadseffektiv tidsplan for gjennomføring basert på en revidering av Nasjonal Signalplan⁴ som Bane NOR startet i 2023.

KS1-rapporten utfordret også KVU når det gjaldt forutsetningen om at ERTMS er en forutsetning for C-DAS førerstøtte. I forlengelsen av det gjorde KS1 noen anslag på hvor stort nyttepotensiale det kunne være i å implementere C-DAS før ERTMS er utbygd. Dette omfattet anslag på nytten av å innføre C-DAS etappevis etter hvert som ERTMS bygges ut, men også anslag på nytten av å innføre C-DAS før ERTMS (dvs. basert på eksisterende trafikkstyringssystemer). Etter noen grove antakelser om kost og nytte fant Jernbanedirektoratet ut at dette antakelig ikke var lønnsomt.

⁴ Bane NOR: Nasjonal Signalplan 2023 (2023)

Etter KVV-en har Samferdselsdepartementet gjennom tildelingsbrev for 2025 oppdrag 10 bedt Bane NOR og Jernbanedirektoratet legge alternativ A Førerstøtte til grunn for videre planlegging av automatisk togframføring (ATO), basert på anbefalingen fra KVV-en.

Dette oppdraget er også knyttet opp til Jernbanedirektoratets virksomhetsmål nr. 5 «Jernbane-sektoren er innovativ, deler data og utnytter teknologi» som skal svare på det transportpolitiske målet om «Effektiv bruk av ny teknologi» i NTP 2025-2036⁵. Oppdraget harmonerer også med den økte satsingen på bedre punktlighet og mere effektiv ressursutnyttelse på eksisterende jernbane med mindre tiltak kontra større prosjekter for økt kapasitet.

1.3 Avgrensninger og forutsetninger

Utredningen legger til grunn og må forstås i sammenheng med hele behandlingen av KVV for bedre utnyttelse av ERTMS – Automatisk togframføring (ATO) levert høsten 2023 (dok.nr. 202200907-26) og Samferdselsdepartementets retningsvalg om å legge alternativ A Førerstøtte til grunn for videre planlegging.

Begge delene i denne supplerende utredningen, både Ap.3.2 og Ap.3.3, legger derfor til grunn at sluttresultatet etter gjennomføringene av aktuelle tiltaksalternativer utredet her, må samsvare med og bygge opp under forutsetningene i null-alternativet som KVV-en la til grunn for anbefalingen om innføring av sanntidsbasert førerstøtte (C-DAS). Dette er en forutsetning for at muligheten KVV-en pekte på, om innføring av automasjon som en trinnvis utvikling, kan ivaretas og alternativ A fra KVV-en kan innføres på et senere tidspunkt.

Endringen som utredes i Ap.3.3 handler om å beskrive og tilfredsstillende en forutsetning i nullalternativet fra KVV-en, for å kunne hente den estimerte nytten fra denne typen teknologier, en prosessendring med verktøystøtte mer enn et selvstendig teknologitiltak med separat og konkret nytte. Handlingsrommet starter nå og tar egentlig aldri slutt, men fortsetter som forutsetning videre inn i handlingsrommet beskrevet for alle alternativene i KVV-en.

Handlingsrommet eller virkningstiden for tiltaksalternativene fra tidlig innføring av C-DAS i Ap. 3.2 er annerledes. Det er begrenset i tid fram til ERTMS er ferdig rullet ut i hele infrastrukturen. Dette rammer også inn levetiden for tiltaksalternativene og hvordan vi ser på håndtering av restverdier i en samfunnsøkonomisk analyse.

Gjeldende plan for innføring av ERTMS omfatter perioden fram til 2030 (se kap. 7.1.3) og supplerende utredning sitter ikke med noen opplysninger om framdriftsplan for perioden etter 2030. I løpet av høsten 2026 ventes det en oppdatering av planen for innføring av ERTMS etter 2030. Innføring av ny togradio (FRMCS)⁶ for å erstatte dagens GSM-R-nett er ikke besluttet og alternative framdrifter skal vurderes i forprosjekt som er i ferd med å starte. De supplerende utredningene fra oppdraget må derfor også beskrive konsekvenser opp mot forskjellige scenarier for videre utbygging av ERTMS og FRMCS fram til en ny plan foreligger. I vurderingen av tidlig innføring av C-DAS før ERTMS er forskjellige tidsspenn i oppsettet av scenariene for eksterne faktorer som ERTMS og FRMCS utelukkende brukt i den samfunnsøkonomiske analysen for å utforske lønnsomheten til C-DAS. Tidsspennene gjenspeiler ikke sannsynlighet eller antakelser for framtidige beslutninger, eller hva Bane NOR eller direktoratet planlegger for utrulling av disse systemene.

⁵ Regjeringen: Meld. St. 14 (NTP) Nasjonal Transportplan 2025-2036, (2023/2024)

⁶ Jernbanedirektoratet: Konseptvalgutredning FRMCS - Fremtidig togkommunikasjonssystem for jernbane (2023), Dok.nr. 202200895-44

Utredningsinstruksen⁷ og statens prosjektmodell R108/23⁸ sammen med R109/2021⁹ om samfunnsøkonomiske analyser skal også legges til grunn for helheten i arbeidet med supplerende utredninger.

Retningsvalget i oppdraget avgrenser videre utredning i Ap.3.2 til å se på samme type løsninger på samme teknologiske nivå som anbefalingen fra KVVU-en, men med litt andre forutsetninger. Samtidig vurderer vi at alternativ B Automatisk kjøring og C Førerløs kjøring fra KVVU-en er vanskelige og teknologisk urealistiske å frigjøre fra forutsetningen om at ERTMS er ferdig rullet ut, i tillegg til at de vil komme i seinere teknologiske trinn enn alternativ A. De blir dermed ikke relevante å vurdere videre i dette tidlige mulighetsrommet før ERTMS.

Dette vil likevel føre til behov for vurdering av nye tekniske løsningsvarianter for sanntidsbasert førerstøtte innenfor det justerte mulighetsrommet i en oppdatert mulighetsstudie. Tilsvarende vil det føre til en oppdatert alternativanalyse med tilhørende ny vurdering av nytte og kostnader i en ny samfunnsøkonomisk analyse med etterfølgende samlingsprosess for de nye alternativene.

Samtidig endres ikke de grunnleggende utfordringene og rammene utredet i KVVU-en sin problembeskrivelse og interessant- og behovsanalyse av at innføringen av ERTMS endres. Derfor vil det samme samfunns målet og de samme effektmålene fortsatt være gyldige og kan gjenbrukes videre gjennom denne supplerende utredningen. Også rammebetingelsene kan arves fra tidligere KVVU, bortsett fra betingelsen om at ERTMS er ferdig rullet ut i hele infrastrukturen, som er hele premisset for å se på nye alternativer. Dermed er også rammebetingelsene fra Ap. 3.3 omfattet her. Men endret status for ERTMS-utbyggingen og konsekvenser av dette fører til at null-alternativet ser annerledes ut og må beskrives på nytt.

I arbeidet med Ap.3.2 har vi vurdert at beskrivelser og vurderinger av nytte fra C-DAS-systemet som sådan ble tilstrekkelig beskrevet med omfattende simuleringer i KVVU-en, og at eventuelle nye simuleringer ville ha de samme utfordringene som ble erfart i KVVU-en. Dette vil kunne endre seg når resultater fra arbeidspakke 3.1 om innsamling av data om kjøreprofiler og kunnskap fra arbeidspakke 3.4 og arbeid i Europe's Rail er tilgjengelig. Mer detaljerte analyser av togframføring basert på bedre datagrunnlag fra målinger kan gjøres i et forprosjekt, men inntil videre er det ikke behov for nye simuleringer. Det betyr at resultatet fra KVVU-en for ytelsen til alternativ A vil bli betraktet som et referansenivå for alternativanalysen i Ap. 3.2, og at vurdering av ytelsen til nye tiltaksalternativ vurderes relativt til alternativ A. Alternativ A vil derfor bli referert til som et referansealternativ i noen sammenhenger.

Det vil ikke blir gjort direkte sammenligninger av resultater for netto nåverdi mellom supplerende utredning og KVVU-en. Til det er det for lite kunnskap om forskjellen i absolutt ytelse med og uten ERTMS som forutsetning. Men siden ERTMS er en ytre egenskap i referansen, kan vi se bort i fra den effekten ved rangering av alternativer innenfor utredningen.

Andre nye beslutninger som er tatt etter KVVU-en må også vurderes, og i denne sammenhengen er nytten av tiltaksalternativer i Ap.3.2 tett knyttet til trafikantrnytte og eventuelle planlagte endringer i infrastrukturen og togtilbudet i perioden fram til ERTMS er ferdig utbygget. Dette vil i hovedsak påvirke antall reisende på forskjellige strekninger. Ruteplan er derfor en viktig del av null-alternativet. I prinsippet vil endringer i ruteplan også kunne påvirke systemresponsen og sårbarheten for forsinkelser, men for å vurdere alternativer mot hverandre er det viktigste å ha en stabil ruteplan gjennom utredningen. I tillegg er det ikke tidsmessig og økonomisk rom for nye simuleringer nå, og endringene vurderes å ikke påvirke systemresponsen i vesentlig grad.

⁷ Regjeringen: Utredningsinstruksen (2024)

⁸ Regjeringen: Rundskriv R-108 (2023) Statens prosjektmodell

⁹ Regjeringen: Rundskriv R-109 (2021)

1.4 Gjennomføring og medvirkning

Utredningen er gjennomført av Jernbanedirektoratet, unntatt mulighetsstudiet og alternativanalysen. Hele det tekniske underlaget i mulighetsstudiet og de fleste vurderingene i alternativanalysen for systemer om bord i eller knyttet til togene, inkludert kostnadsestimer, er utredet av Norske tog. Det tekniske underlaget og kostnadsestimer i mulighetsstudiet for systemer som henter og presenterer informasjon fra infrastrukturen er utredet av Bane NOR. Denne ansvarsdelingen følger arkitekturinnndelingen fra SFERA-standard¹⁰.

I utarbeidelsen av denne rapporten er det aktivt brukt kunstig intelligens (KI)¹¹ til sammendrag og oppsummeringer fra opprinnelig KVV for bedre utnyttelse av ERTMS – Automatisk togfremføring (ATO) og i strukturering og oppsummeringer internt i denne hovedrapporten og de tilhørende underlagsrapportene. Alle KI-genererte tekster er kvalitetssikret av fagressurser.

Arbeidsgruppen har hatt følgende sammensetning:

- Ingar Østerby, JDIR, Jernbanedirektoratets oppdragsleder
- Øyvind Sunde, JDIR, ansvarlig samfunnsøkonom
- Raymond Siiri, JDIR, prosessansvarlig for usikkerhetsanalyse og ansvarlig for dokumentasjon av silingsprosess.
- Nils Henning Anderssen, JDIR, prosessleder for ikke-prissatte virkninger
- Magnus Nøkleby Pedersen, NorskeTog, oppdragsansvarlig for mulighetsstudie og alternativanalyse for systemer tilhørende togene for begge arbeidspakkene.
- Hege Magnussen, Bane NOR, oppdragsansvarlig for arbeidspakke 3.2.
- Kjell Hoter, Bane NOR, bidragsyter for arbeidspakke 3.2.
- Adis Delalic, Bane NOR, bidragsyter for arbeidspakke 3.2.
- Stig Godejord, Bane NOR, bidragsyter for arbeidspakke 3.2.
- Haakon Haaland Paaske, Bane NOR, bidragsyter for arbeidspakke 3.2.
- Janette Brask, Bane NOR, oppdragsleder for arbeidspakke 3.3
- Jan Harald Dammen, Bane NOR, bidragsyter for arbeidspakke 3.3.

Menon Economics AS har vært utførende konsulent i arbeidet med å utarbeide nyttemodell og utførende konsulent i usikkerhetssimuleringer.

Bane NORs og Norske togs leverandører har også vært rådgivere. I tillegg har representanter for andre jernbaneforvaltninger og operatører gitt verdifulle bidrag.

Følgende andre interessenter har vært involvert i arbeidet konkret med denne supplerende utredningen

- Vy
- SJ Nord
- CargoNet
- OnRail
- Norsk fagskole for lokomotivførere

Prosjektets styringsgruppe i Jernbanedirektoratet har bestått av

- Jan Frederik Geiner, KIB, prosjekteier og leder av styringsgruppa
- Tatiana Klougman, KIB/SKU, prosjektansvarlig
- Åsmund Mæhle, DIT, medlem av styringsgruppa
- Solveig Paule, SSA, medlem av styringsgruppa

Det er ikke etablert en referansegruppe for denne supplerende utredningen.

¹⁰ SFERA UIC IRS 90940 specification – Ed. 2 (2022) Oppdatert UIC IRS 90940 – Ed. 3 er tilgjengelig fra februar 2026.

¹¹ Det er benyttet Microsoft CoPilot sin chat-baserte språkmodell i arbeidet.

Rapporten vil bli foreslått sent på høring til hovedinteressentene.

1.5 Rapportens oppbygging

Dette er en supplerende utredning, som i stor grad legger til grunn og må forstås i sammenheng med hele behandlingen av [KVU for bedre utnyttelse av ERTMS – Automatisk togframføring \(ATO\)](#). Rapporten vil i mange sammenhenger henvise til forskjellige deler av denne KVU-en.

De innledende kapitlene følger Jernbanedirektoratets mal og strukturen i utredningsinstruksen direkte.

Mulighetsstudiet er i praksis fordelt over fire kapitler for å håndtere kompleksiteten med to arbeidspakker og separate bidragsytere for infrastruktur med Bane NOR og kjøretøy med Norske tog. De aktuelle kapitlene er:

5. Aktuelle tiltak for Ap. 3.3 Teknisk operativ ruteplan med sekundoppløsning
6. Mulighetsstudie for Ap. 3.2 Tidlig innføring av C-DAS – Metode og prosess
7. Mulighetsstudie for Ap. 3.2 Tidlig innføring av C-DAS i infrastrukturen
8. Mulighetsstudie for Ap. 3.2 Tidlig innføring av C-DAS i kjøretøy

Alternativanalysen er tilsvarende fordelt over tre kapitler av samme grunn som over, men i praksis er det bare alternativer fra Ap. 3.2 som er behandlet i den fasen:

9. Sammenstilling av mulighetsstudiet for Ap. 3.2 Tidlig innføring av C-DAS
10. Siling av tiltak for Ap. 3.2 Tidlig innføring av C-DAS
11. Vurdering av virkninger for Ap. 3.2 Tidlig innføring av C-DAS

Anbefaling og føringer for videre arbeid er håndtert samlet i kap. 12 og 13 i henhold til malen.

Det er laget underlagsrapporter som er inkludert som vedlegg i kap. 16 for

- Silingsprosessen for alternativene fra alternativanalysen i Ap. 3.2 Tidlig innføring av C-DAS
- Usikkerhetsanalyse
- Samfunnsøkonomisk analyse

2 Problembeskrivelse

Følgende vurderinger er hentet fra *Konseptvalgutredning for bedre utnyttelse av ERTMS – Automatisk togfremføring (ATO)* (Jernbanedirektoratet, 18.09.2023). Den supplerende utredningen gjenbruker KVVU-ens problembeskrivelse som grunnlag for videre analyser av tiltak og konsepter.

Kapittelet identifiserer de sentrale utfordringene i jernbanesystemet og danner grunnlaget for behov, mål og senere konseptvalg.

2.1 Dagens situasjon og utfordringsbilde

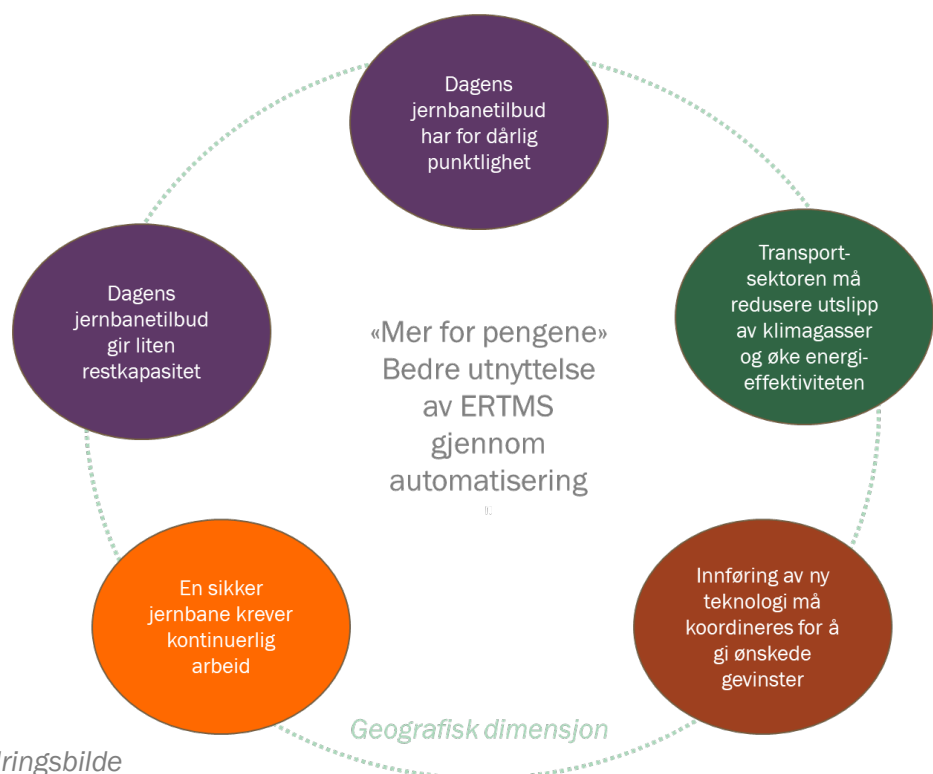
Dagens jernbanesystem er preget av høy kapasitetsutnyttelse, særlig inn mot og i de største byområdene. Etterspørselen etter både person- og godstransport har økt betydelig over tid, og utviklingen har ført til at flere strekninger er nær eller over kapasitetsgrensen. Dette gir liten restkapasitet til å håndtere trafikkvekst eller til å utvikle nye togtilbud.

Den høye kapasitetsutnyttelsen påvirker også punktligheten negativt. Systemet har begrenset robusthet, og selv mindre forstyrrelser kan gi betydelige følgeforsinkelser. Infrastrukturfeil, særlig knyttet til signalanlegg, samt feil på materiell, er viktige årsaker til forsinkelser.

Samtidig er det et behov for at transportsektoren bidrar til å redusere klimagassutslipp og energiforbruk. Selv om jernbanen er en energieffektiv transportform med relativt lave utslipp, er det nødvendig å øke transportarbeidet på bane for å bidra til nasjonale klima- og miljømål.

Jernbanen har et høyt sikkerhetsnivå, men økt trafikk, endret arealbruk og økt aktivitet nær sporet bidrar til et mer komplekst risikobilde. Økt digitalisering av transportsystemet gir samtidig økt sårbarhet for digitale angrep og systemfeil.

Videre er det en strukturell utfordring knyttet til teknologiutvikling. Innføringen av ERTMS skjer uten en helhetlig strategi for automatisering av togframføringen. Dette øker risikoen for ukoordinerte løsninger, manglende standardisering og redusert gevinstrealisering.



Figur 1: Dagens utfordringsbilde

2.2 Forventet utvikling (nullalternativet)

Det forventes at etterspørselen etter jernbanetransport kommer til å fortsette å øke. Uten nye tiltak vil dette forsterke dagens kapasitetsutfordringer, særlig i bynære områder og på strekninger med allerede høy trafikk.

Innføringen av ERTMS vil kunne gi forbedringer i driftsstabilitet og redusere enkelte typer feil, spesielt knyttet til signalanlegg. Samtidig vil systemet ikke i seg selv gi vesentlig økt kapasitet, og enkelte egenskaper ved ERTMS kan også gi mer restriktiv trafikkavvikling. Punktligheten forventes derfor fortsatt å være sårbar, særlig som følge av høy trafikkbelastning og vedvarende utfordringer knyttet til infrastruktur.

Når det gjelder klima og energi, vil økt transportarbeid i transportsektoren generelt føre til økt energibehov, selv om elektrifisering bidrar til lavere utslipp per transportert enhet. Dette understreker behovet for energieffektivisering også i jernbanesystemet.

Risiko knyttet til sikkerhet og digitalisering forventes å øke over tid som følge av mer trafikk, økt kompleksitet og høyere grad av digital integrasjon.

Samlet tilsier dette at dagens utfordringsbilde vil vedvare og forsterkes uten ytterligere tiltak.

2.3 Underliggende årsaker til problemet

De identifiserte problemene har flere underliggende årsaker som virker gjensidig forsterkende.

For det første er kapasitetsutfordringene et resultat av sterk vekst i etterspørsel kombinert med begrensninger i eksisterende infrastruktur. Høy kapasitetsutnyttelse gir mindre fleksibilitet i ruteplanen og reduserer systemets evne til å håndtere avvik. Når marginene i trafikkavviklingen er små, forplanter forsinkelser seg raskt i systemet.

For det andre er punktlighetsutfordringene tett knyttet til infrastrukturens tilstand. Økt slitasje på infrastrukturen og krevende rammer for vedlikehold påvirker punktligheten..

For det tredje er klimautfordringene knyttet til transportsektorens samlede utslipp og energibruk. Jernbanens bidrag til utslippsreduksjon er avhengig av at den kan ta en større del av transportarbeidet, noe som igjen forutsetter økt kapasitet og effektivitet.

For det fjerde endres risikobildet med tettere integrasjon mellom teknologi og drift, samt økt eksponering for digitale trusler.

Også manglende koordinering mellom investering i ERTMS og utvikling av automatiseringsløsninger kan investeringer i ny teknologi gi lavere nytte enn forutsatt.

2.4 Hva tilsier at det offentlige bør iverksette tiltak?

Det er flere forhold som tilsier at det offentlige bør iverksette tiltak.

For det første er jernbanen en sentral del av transportsystemet, og utfordringer knyttet til kapasitet og punktlighet har direkte konsekvenser for mobilitet, næringsliv og samfunnsøkonomi. Markedet alene vil ikke kunne løse disse utfordringene, da de i stor grad er knyttet til felles infrastruktur og systemegenskaper.

For det andre er det et politisk mål å overføre mer transport til jernbane av hensyn til klima og miljø. For å realisere dette må jernbanens kapasitet og konkurransekraft styrkes.

For det tredje er sikkerhet og samfunnssikkerhet et offentlig ansvar. Økt digitalisering og endret risikobilde krever helhetlige tiltak for å opprettholde og videreutvikle sikkerhetsnivået.

For det fjerde er det behov for koordinert utvikling av teknologi, særlig i skjæringspunktet mellom ERTMS og automatisering. Uten offentlig styring er det risiko for fragmentert utvikling, høyere kostnader og lavere måloppnåelse.

Samlet sett tilsier dette at det er behov for strategisk styring og tiltak på nasjonalt nivå for å sikre effektiv ressursbruk og ønsket utvikling av jernbanesektoren.

2.5 Oppsummering av problembeskrivelsen

Problembeskrivelsen viser at jernbanesystemet står overfor et sammensatt utfordringsbilde.

- Etterspørselen etter togtransport er stor, og prognosene viser en videre økning, særlig for godstransport og i flere persontrafikk-markeder. Kapasitetsutfordringene er særlig store inn mot de store byene. Dette gir lite rom for videre tilbudsutvikling, og dette problemet vil bli større over tid.
- 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.
- 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.
- 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
- 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.

3 Behov

I denne supplerende utredning om tidlig innføring av C-DAS er det de samme behovene som ble beskrevet i KVVU-en som skal tilfredsstilles, selv om vi her ser på situasjonen før og under utbygging av ERTMS. Dette kapittelet bygger på behovsanalysen i *Konseptvalgutredning for bedre utnyttelse av ERTMS – Automatisk togfremføring (ATO)* (Jernbanedirektoratet, 18.09.2023).

3.1 Metode

Behovsanalysen er gjennomført med utgangspunkt i tre hovedtyper behov: Normative behov, etterspørselsbaserte behov og operasjonelle behov.

Normative behov er avledet av politiske mål og nasjonale føringer, særlig Nasjonal transportplan og overordnede klima- og miljømål. Etterspørselsbaserte behov er basert på utvikling i transportetterspørsel og forventede trender i samfunnet. Operasjonelle behov er identifisert gjennom en systematisk interessentanalyse, der ulike aktørers behov for ytelse og funksjonalitet i jernbanesystemet er kartlagt.

Interessentanalysen er gjennomført som en strukturert kartleggingsprosess, der både primære og sekundære interesser er inkludert. Resultatene er systematisert for å identifisere felles behov og prioriterte problemområder.

Alternativene som utredes i denne supplerende utredningen vil ikke prinsipielt skille seg fra hvordan behovene blir møtt av anbefalt alternativ A fra KVVU-en. I prinsippet er det samme som anbefalt alternativ A fra KVVU-en, bare med andre tekniske forutsetninger som åpner for større variasjon i hvordan løsningene for infrastrukturen og kjøretøyene kan se ut og yte (se kap. 4 om rammer for mer detaljer). Dette er forhold som er viktigst for eiere og forvaltere av systemene, og påvirker ikke andre grupper enn i KVVU-en, og interessentanalysen som ble gjort i KVVU-en er derfor fortsatt dekkende for supplerende utredning.

3.2 Overordnede samfunnsbehov

De overordnede samfunnsbehovene tar utgangspunkt i nasjonale transportpolitiske mål og krav til bærekraftig utvikling. Det langsiktige målet for transportsektoren da KVVU-en ble gjennomført ble definert i NTP 2025-2036. I arbeidet med neste NTP 2029-2040 er tidsbegrensningen erstattet med målet om å favne hele landet:

NTP 2025-2036: Et effektivt, miljøvennlig og trygt transportsystem i 2050.

NTP 2029-2040: Et effektivt, miljøvennlig og trygt transportsystem i hele landet.

Et sentralt behov er å oppnå «mer jernbane for pengene», som innebærer bedre ressursutnyttelse og økt effekt av allerede vedtatte investeringer, særlig knyttet til ERTMS. Dette innebærer behov for økt kapasitet, bedre punktlighet og mer kostnadseffektiv drift.

Videre er det et behov for effektiv bruk av ny teknologi. Automatisering og digitalisering trekkes frem som sentrale virkemidler for å møte utfordringer knyttet til kapasitet, punktlighet og sikkerhet.

Samfunnets klima- og miljømål innebærer behov for å styrke jernbanens konkurransekraft, slik at en større andel av transportarbeidet kan overføres til bane. Dette forutsetter økt kapasitet og mer effektiv drift.

For arbeidet med neste NTP 2029-2040 har regjeringen besluttet¹² at det skal innarbeides et sjette mål, om en motstandsdyktig transportsektor som bidrar til Norges samlede forsvarsevne. Sammen med nullvisjonen og et overordnet behov for å opprettholde og videreutvikle et høyt sikkerhetsnivå, forsterker dette ytterligere fokus på økt kapasitet, informasjonssikkerhet og robuste digitale løsninger.



Figur 2: Transportpolitiske mål for neste NTP 2029-2040

3.3 Behovene til interessenter som bruker jernbanen

Reisende og vareeiere har behov for et transporttilbud som er pålitelig, effektivt og konkurransedyktig.

For reisende innebærer dette først og fremst behov for god punktlighet og forutsigbare reisetider. De har også behov for tilstrekkelig kapasitet, særlig i perioder med høy etterspørsel, samt konkurransedyktig reisetid og kostnad. I tillegg er trygghet og sikkerhet viktige faktorer, både i objektiv og opplevd forstand.

For vareeiere og godstransportører er pålitelighet og forutsigbarhet i leveransetider avgjørende. Det er også behov for konkurransedyktige transportkostnader og tilstrekkelig kapasitet til å møte etterspørselen. Effektive terminal- og omlastingsløsninger er viktige for å sikre en helhetlig logistikkyltelse.

Felles for disse brukergruppene er behovet for et stabilt og robust transportsystem med høy punktlighet, tilstrekkelig kapasitet og god informasjonsflyt ved avvik.

3.4 Behovene til eiere og forvaltere av jernbanen

For infrastruktureier og operatører er det et sentralt behov å sikre en kostnadseffektiv og robust drift av jernbanesystemet. Dette innebærer behov for løsninger som gir bedre utnyttelse av eksisterende infrastruktur og reduserer behovet for kostbare investeringer.

Det er også et behov for å øke tilgjengelig kapasitet, både for å forbedre punktligheten og for å legge til rette for videre utvikling av togtilbudet.

Videre er det behov for å redusere drifts- og vedlikeholdskostnader gjennom mer effektiv ressursbruk, herunder redusert energiforbruk, mindre slitasje på materiell og infrastruktur, samt mer effektiv bruk av personell.

¹² Regjeringen: Målstruktur for Nasjonal transportplan 2029-2040 (2026), dok.nr.25/5553

For operatørene er det i tillegg et behov for økt konkurranseevne og forutsigbarhet i driften, noe som blant annet forutsetter stabile rammebetingelser og effektive operasjonelle løsninger.

3.5 Behovene til andre interessenter

Andre interessenter, som offentlige myndigheter, naboer, arbeidstakere og samfunnsaktører, har behov som knytter seg til sikkerhet, bærekraft og samfunnsutvikling.

Myndighetene har behov for et godt kunnskapsgrunnlag som legger til rette for riktige strategiske beslutninger og effektiv koordinering av investeringer og utviklingstiltak.

Arbeidstakere i sektoren har behov for trygge og forutsigbare arbeidsforhold, samt tilgang til relevant kompetanse i møte med ny teknologi og endrede arbeidsoppgaver.

Lokalsamfunn og naboer har behov for løsninger som ivaretar sikkerhet, begrenser negative konsekvenser av jernbanedrift og legger til rette for lokal utvikling.

Samfunnsaktører som nødetater og forsvar har behov for et robust transportsystem med høy beredskap og sikkerhet, også i krisesituasjoner.

3.6 Interessekonflikter og motstridende behov

Det er flere potensielle interessekonflikter mellom ulike behov.

Et sentralt spenningsforhold er mellom høy kapasitetsutnyttelse og god punktlighet. Økt kapasitet gjennom tettere trafikk kan redusere robustheten i systemet og gjøre det mer sårbart for forsinkelser.

Det kan også være en konflikt mellom kostnadseffektiv drift og behovet for høy sikkerhet og redundans. Tiltak som øker sikkerheten, kan medføre økte kostnader.

Videre kan økt grad av automatisering bidra til mer effektiv drift, men samtidig påvirke behovet for arbeidskraft og kompetanse i sektoren. Dette kan skape utfordringer knyttet til omstilling og arbeidsmarked.

Det er også potensielle konflikter mellom ulike brukergrupper, for eksempel mellom godstrafikk og persontrafikk, som konkurrerer om begrenset kapasitet i infrastrukturen.

3.7 Oppsummering

Behovsanalysen viser at det er et sett av gjennomgående og gjensidig forsterkende behov på tvers av interessentgrupper.

For brukerne av jernbanen er hovedbehovene knyttet til pålitelighet, forutsigbarhet og konkurransekraft. For eiere og operatører handler behovene om effektiv drift, kostnadskontroll og bedre utnyttelse av infrastrukturen. For øvrige interessenter er behovene særlig knyttet til sikkerhet, bærekraft og samfunnsmessige hensyn.

Samlet peker behovsanalysen på at tiltak som kombinerer økt kapasitet, bedre operasjonell effektivitet og høy sikkerhet vil være avgjørende for å møte utfordringene i jernbanesystemet og realisere overordnede samfunnsmål.

Arbeidet i KVV for bedre utnyttelse av ERTMS – Automatisk togfremføring (ATO) konkluderte med følgende:

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

4 Mål og rammebetingelser

4.1 Samfunns mål

Dette kapitlet bygger på målstrukturen i Konseptvalgutredning for bedre utnyttelse av ERTMS – Automatisk togfremføring (ATO) (Jernbanedirektoratet, 18.09.2023).

Samfunns målet i KVVU-en tar utgangspunkt i det prosjektutløsende behovet, som er knyttet til kapasitetsutfordringer, punktlighet og sikkerhet i jernbanesystemet, samt behovet for mer effektiv bruk av ny teknologi.

Følgende samfunns mål fra KVVU-en er fortsatt lagt til grunn:

«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 togframføringen.»

Samfunns målet innebærer at allerede vedtatte investeringer i ERTMS skal gi størst mulig nytte gjennom videre utvikling og effektivisering. Målet om «mer jernbane for pengene» avgrenses ikke til én type gevinst, men omfatter flere dimensjoner:

- Økt infrastrukturkapasitet og bedre utnyttelse av kapasiteten
- Forbedret punktlighet og robusthet i trafikkavviklingen
- Mer effektiv drift av togtilbudet
- Redusert energibruk og slitasje på materiell og infrastruktur
- Opprettholdt eller forbedret sikkerhetsnivå

Samfunns målet reflekterer også et bredere politisk mål om å utvikle transportsystemet i en bærekraftig retning, der jernbanen skal ta en større del av transportarbeidet.

Når vi i denne supplerende utredningen ser bort i fra forutsetningen fra KVVU-en om at ERTMS skal være til stede i hele infrastrukturen, så gjelder dette bare forutsetningen i startpunktet i null-alternativet. Målsituasjonen er fortsatt den samme når tiltakene eventuelt er gjennomført, og det tilfredsstilles gjennom at supplerende utredning ser på anbefalt alternativ A fra KVVU-en som et framtidig referansealternativ. Utredningen forholder seg til at ERTMS etableres parallelt og er en del av rammebetingelsene i mulighetsrommet vi skal se på seinere i utredningen. Denne supplerende utredningen ser uansett på de vurderte alternativene som mulige skritt på veien fram mot retningsvalget som Samferdselsdepartementet har lagt som premiss i oppdragsteksten jf. kap. 1.1, om innføring av sanntidsbasert førerstøtte som en videreutvikling av ERTMS.

4.2 Effektmål og indikatorer

Effektmålene konkretiserer hvordan samfunns målet skal operasjonaliseres. De er strukturert slik at de dekker de viktigste dimensjonene av måloppnåelse: kapasitet og punktlighet, effektiv drift og sikkerhet. Dette vil være helt overlappende mellom supplerende utredning og den opprinnelige KVVU-en.

Det er definert tre hovedmål fra KVVU-en som dekker de sentrale behovene som er identifisert i kapittel 3, og som gir et samlet rammeverk for å vurdere alternative løsninger. For hvert effektmål definerte KVVU-en indikatorer som skal gjøre det mulig å vurdere måloppnåelse på en systematisk måte.

Effektmål E1:

Bedre utnyttelse av infrastrukturkapasiteten til utvikling av togtilbudet og økt punktlighet

Hovedindikatoren er redusert tidsbruk i togframføringen. Dette inkluderer både:

- Reduksjon i forsinkelser
- Reduksjon i togfølgetid (tidsavstand mellom tog)

Redusert tidsbruk kan bidra til bedre punktlighet gjennom større marginer i ruteplanen, og kan samtidig gi grunnlag for økt kapasitet dersom tidsgevinstene er tilstrekkelig store.

Effektmål E2: En mer effektiv drift av togtilbudet

Hovedindikatoren er redusert ressursbruk, som omfatter:

- Redusert energiforbruk
- Redusert behov for bemanning
- Redusert slitasje og vedlikeholdsbehov

Effektiviseringsgevinster forventes å komme som summen av flere mindre forbedringer i hele togproduksjonen, fra planlegging og trafikkstyring til selve togframføringen.

Effektmål E3: Bedre sikkerhet for alle som ferdes på og ved jernbanen

Indikatorene er delt i to:

- Reduksjon i uønskede hendelser (objektiv sikkerhet)
- Opprettholdt opplevd trygghet (subjektiv sikkerhet)

Automatisering forventes å bidra til økt sikkerhet gjennom mer konsistent og raskere reaksjon i systemene, men det er samtidig viktig at tiltak ikke reduserer passasjerenes opplevde trygghet.

I KS1 ble bruken av effektmål E3 og indikatoren «Reduksjon i uønskede hendelser» problematisert. Vi tenker at så lenge vi har Null-visjonen for antall drepte og hardt skadde, vil dette alltid være et mål. I supplerende utredning vil de forskjellige alternativene ha svært liten eller ingen påvirkning på dette effektmålet. I praksis er sikkerhetsnivået for KVVU-ens alternativ A det samme som i dagens situasjon, slik at E3 med tilhørende indikatorer er uproblematisk å videreføre her.

4.2.1 Målkonflikter

Det eksisterer flere potensielle målkonflikter mellom effektmålene.

En sentral målkonflikt er mellom kapasitet og energieffektivitet. Økt kapasitetsutnyttelse gjennom mer aggressiv kjøring og tettere trafikk kan føre til økt energiforbruk, mens energieffektiv kjøring forutsetter lavere hastigheter og større marginer i ruteplanen.

Det er også en målkonflikt mellom effektiv drift og opplevd trygghet. Høyere grad av automatisering, særlig ved reduksjon av ombordpersonell, kan gi betydelige effektiviseringsgevinster, men samtidig påvirke passasjerenes trygghetsfølelse negativt.

Videre kan det oppstå målkonflikter mellom kostnadseffektivitet og sikkerhet, der tiltak som styrker sikkerheten kan medføre økte investerings- og driftskostnader.

Disse målkonfliktene innebærer at det må gjøres avveininger mellom ulike typer måloppnåelse i vurderingen av alternative løsninger.

4.2.2 Prioritering av effektmålene

Effektmålene er ikke likeverdige, og det er gjort en implisitt prioritering av måloppnåelse.

Effektmål E1, knyttet til kapasitet og punktlighet, fremstår som det mest sentrale, da dette både adresserer de viktigste problemene i dagens situasjon og har størst betydning for samfunnsøkonomisk nytte.

Effektmål E2, knyttet til effektiv drift, er et viktig støtteperspektiv, særlig knyttet til kostnadseffektivitet og ressursutnyttelse.

Effektmål E3, knyttet til sikkerhet, utgjør en grunnleggende forutsetning for alle tiltak. Det legges til grunn at sikkerhetsnivået minst skal opprettholdes, og helst forbedres.

Samlet innebærer dette en prioritering der kapasitet og punktlighet er førende for vurderingene, innenfor en ramme der sikkerhet skal ivaretas og effektiv drift skal bidra til å realisere gevinster.

4.3 Rammebetingelser

Dette kapitlet bygger på rammebetingelser og avgrensninger som er definert i Konseptvalgutredning for bedre utnyttelse av ERTMS – Automatisk togfremføring (ATO) (Jernbanedirektoratet, 18.09.2023).

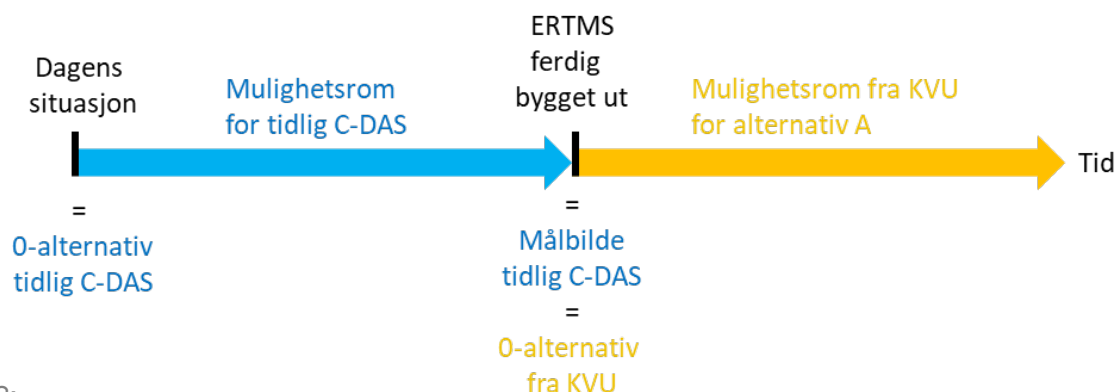
De definerte rammebetingelsene fra KVVU-en er supplert med relevante deler fra mulighetsstudiet i KVVU-en som faktisk ble benyttet som rammer, avgrensninger og føringer, slik direktoratets maler legger opp til. I praksis henter dette også opp innholdet i kommentarer til rammebetingelsene fra KS1-behandlingen av KVVU-en. I tillegg er det utredet en ny rammebetingelse for denne supplerende utredningen.

Strukturen i denne supplerende utredningen er litt annerledes enn i KVVU-en, og rekkefølge og nummerering på rammebetingelsene er derfor endret i forhold til KVVU-en.

4.3.1 Rammebetingelser utledet av mål

I den opprinnelige KVVU-en var det en grunnleggende rammebetingelse at utviklingen skulle ta utgangspunkt i den allerede besluttede innføringen av ERTMS som nytt signalsystem på det norske jernbanenettet. Alle vurderte tiltak forutsatte derfor at ERTMS var ferdig implementert, og at videre utvikling skulle skje gjennom bedre utnyttelse av denne investeringen. Formålet med denne supplerende utredningen er nettopp å undersøke hvilke løsninger som kan være aktuelle før eller uavhengig av full ERTMS-utbygging, og dermed identifisere tiltak som kan gi tidlige gevinster i forhold til behovene.

Men målsituasjonen er fortsatt den samme når tiltakene eventuelt er gjennomført, og det tilfredsstilles gjennom at supplerende utredning ser på anbefalt alternativ A fra KVVU-en som et



Figur 3:
Tidslinje for supplerende utredning og KVVU-en

framtidig referansealternativ, og at forutsetningene fra KVV-en for alternativ A tilfredsstilles i målbildet for supplerende utredning.

Dette innebærer for det første at det er relevant å beholde de rammebetingelsene KVV-en utledet, basert på bestillingen fra supplerende utredning og samfunns målet fra KVV-en.

- **R1. Løsningen skal gi en bedre utnyttelse av investeringen i ERTMS**
- **R2. Løsningen skal omfatte automasjon som påvirker togframføringen**

Dette innebærer at handlingsrommet utvides sammenlignet med KVV-en, ved at det også kan vurderes løsninger som helt eller delvis kan realiseres uten ERTMS og dermed fases inn før ERTMS er fullt implementert, og løsninger som kan gi selvstendige forbedringer i kapasitet, punktlighet eller effektivitet uavhengig av ERTMS

Den supplerende utredningen legger dermed til grunn et mer åpent og trinnvis utviklingsperspektiv, der både kortsiktige og langsiktige løsninger kan vurderes i sammenheng.

Samtidig videreføres også de overordnede målene om at tiltak skal bidra til bedre ressursutnyttelse, økt kapasitet, forbedret punktlighet og høy sikkerhet.

4.3.2 Rammebetingelser utledet av normative behov

Basert på normative behov identifiserte KVV-en også to andre sentrale føringer for vurderingen av hva som vil være aktuelle løsninger for videre analyse:

- **R3. 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. Denne rammebetingelsen innebærer at selv om automatisering kan gi gevinster, må nødvendige tilleggstiltak vurderes for å sikre at risikonivået ikke øker.

- **R4. 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.

4.3.3 Rammebetingelser utledet av operative behov

Argumentasjonen i kapittel 4.3.1 medfører også at forutsetningen om ERTMS er til stede eller ikke vil endres underveis i mulighetsrommet, og at de aktuelle alternativene må kunne forholde seg til endringen underveis, selv om målbildet forutsetter ERTMS i infrastrukturen.

For å møte hovedbehovene knyttet til pålitelighet og forutsigbarhet definert i kapittel 3 Behov, er det behov for en ny rammebetingelse:

- **R5. Løsningen skal ikke medføre en diskontinuitet i tjenesten når ERTMS innføres på en strekning**

4.3.4 Avgrensning av mulighetsrommet

Mulighetsrommet for en tidlig innføring av førerstøttesystemer avgrenses for infrastrukturen både av hvilket trafikkstyringssystem som finnes i dagens situasjon på en aktuell strekning, og planlagt utbyggingsrekkefølge og framdrift for ERTMS.

På kjøretøysiden er det særlig tre punkter som påvirker vurderingene man gjorde den gang:

1. Premontert C-DAS på nytt togmateriell hos Norske tog er nevnt i konseptvalgutredningen for ATO, men ble ikke tatt med i kostnadsvurderingene den gang. Det reelle behovet for C-DAS-investeringer til togmateriellet vil derfor kunne være noe lavere enn det man regnet på i KVVU-en, da det vil være færre togsett som krever nyinvestering.
2. C-DAS-systemene på nye tog benytter et annet dataformat, SFERA, enn det KVVU ATO la til grunn. Dette muliggjør at C-DAS også kan brukes på ATC-2-strekninger og gjør at man ikke må ha ERTMS som forutsetning for å ta i bruk C-DAS. Samtidig vil bruk av SFERA som datagrensesnitt for C-DAS kunne medføre et endret kostnadsbilde på infrastruktursiden sammenlignet med grensesnitt for ERTMS og ATO.
3. Nasjonal signaplan har endret seg og utrulling av ERTMS har blitt ytterligere forsinket, noe som gjør det enda mer aktuelt å se på alternative C-DAS-løsninger som kan tas i bruk før ERTMS er på plass. På togsiden vil C-DAS være tilgjengelig på et tidlig tidspunkt da det i Norske togs prosjekter for nyanskaffelser allerede er flere togsett med premontert C-DAS under produksjon. Første lokaltog (N05) er planlagt satt i trafikk i slutten av 2026.

Gitt dagens situasjon ville nullalternativet på kjøretøysiden i KVVU-en inkludert C-DAS med støtte for bruk på ATC-2-strekninger på alle nye persontog som Norske tog har under anskaffelse

Kombinasjonen av krav til sikkerhet, bærekraft og effektiv ressursbruk innebærer at tiltak må vurderes helhetlig, der gevinster veies opp mot kostnader og risiko.

Samlet legger rammebetingelsene grunnlaget for en strukturert videre analyse av alternative konsepter, der ulike nivåer av automatisering og systemutvikling sammenliknes med hensyn til måloppnåelse og samfunnsøkonomisk nytte mot nullalternativet og referansen fra KVVU-en.

5 Aktuelle tiltak for Ap. 3.3 Teknisk operativ ruteplan med sekundoppløsning

All tekst og alle figurer i underkapitler til dette kapittelet er utarbeidet innenfor arbeidspakke 3.3 av Bane NOR, som også beskriver seg selv som «foretaket». Noen steder er det lagt til mindre tilleggsbetraktninger eller presiseringer fra Jernbanedirektoratet, for å utfylle i henhold til Utredningsinstruksen eller konteksten til denne supplerende utredningen.

5.1 Bakgrunn - oppdragsbeskrivelse

Direktoratet skal supplere grunnkalkylen i KVV ATO med å utrede kostnader for å etablere en separat teknisk operativ ruteplan med sekundoppløsning i tillegg til avgangstider på minuttnivå som kommuniseres til de reisende. Planleggingsmessig er det et mål å ha én ruteplan med høy oppløsning, og ut ifra den generere en forenklet ruteplan for de reisende. Operativt må relevante systemer kunne håndtere den økte oppløsningen.

Tiltaket er en forutsetning for å kunne hente ut nytte i ruteplanleggingen i form av reduserte reisetider og togfølgetider, som bidrar til reduserte forsinkelser og økt punktlighet, eller økt kapasitet og bedre togtilbud fra kjøretidsgevinster som forskjellige automasjonsløsninger kan gi. Dette ble også beskrevet i KVV for bedre utnyttelse av ERTMS – Automatisk togfremføring (ATO) (Jernbanedirektoratet, 18.09.2023).

I den grad det finnes relevante alternative løsninger skal Direktoratet følge utredningsinstruksen, og vil trenge beskrivelse av alternative løsninger, i tillegg til beskrivelse av en løsning med dagens fjernstyrings- og informasjonssystemer og en løsning etter innføring av ERTMS. Foretaket skal blant annet beskrive nærmere (listen er ikke uttømmende):

- Hvilke muligheter/begrensninger som ligger i dagens tekniske systemer som f.eks. TPS, FIDO og publiksumsinformasjonssystemer.
- Hva kreves av utvikling av de tekniske systemene for å håndtere ruteplaner på sekundnivå.
- Mulighet/begrensninger ved bruk av ATO/C-DAS i kapasitetsfordelingsprosessen.
- Utarbeide et kostnadsestimat for ev. utvikling av de tekniske løsningene.

5.2 Kapasitetsfordelingsprosessen og ruteplanlegging

Bane NOR har siden 2013 brukt et ruteplanleggingsverktøy som heter TPS. Verktøyet er levert av selskapet Hacon, som er en del av Siemens-gruppen. Verktøyet dekker taktisk (årlig) og operativ (daglig) ruteplanlegging. Enheten Kapasitetsstyring i Bane NOR er ansvarlig for kapasitetsfordelingsprosessen og sørger for planlegging av den årlige ruteplanen, ad-hoc ruter og dag til dag ruter. TPS inneholder en digital modell av jernbanenettverket og infrastrukturen. I verktøyet kan man i dag utarbeide kjøretidsberegninger som er basert på hastighetsprofiler og topologi fra Banedata, med muligheter for å legge til et fast prosentvis påslag i kjøretidene, som i dag er på 4%.

Alle ruteplaner i TPS konstrueres i dag på minuttnivå. Verktøyet har allerede funksjonalitet inkludert som gir Bane NOR muligheten å sette opp verktøyet slik, at alle togruter konstrueres med en oppløsning på sekundnivå. Dette kan endres ved enkel konfigurasjon i systemet.

Bane NOR har gjennom KAP-programmet adressert utfordringer i dagens kapasitetsfordelingsprosess og bl.a. satt i verk tiltak for å sikre kontroll på infrastrukturforutsetninger som påvirker kapasiteten. For å kunne gå over til en operativ ruteplan med oppløsning på sekundnivå vil det være en viktig forutsetning at verktøyet har korrekt data i infrastruktur- og togmodellene.

For å kunne håndtere ruteplan med oppløsning på sekundnivå må flere rapporter endres til å vise faktiske tider, grafer må justeres i visningsmodus med mulighet for å slå på/av sekunder. Dette vil påvirke både ruteplanleggere og togledere. Overfor de reisende må rutetider beholdes med dagens visning med minutt.

Det er behov for å få mer detaljert informasjon og kunnskap om den reelle kjøretiden for togmateriellet, for å få bedre datakvalitet på kjøretidsberegningen og det vil være nødvendig å videreutvikle verktøyet for å få inn funksjonalitet som håndtere kryssingsmuligheter mer automatisk.

I tillegg vil det ved å gå fra minutter til sekunder være en mulighet for at noe av robustheten i rutene reduseres på noen strekninger. På andre strekninger, hvor det i dag er mer marginale marginer, kan det gi mulighet for økt robusthet. Målet er å få bedre kontroll over tidsmarginene over hele rutetabellen. Derfor er det viktig at ruteplanleggerne får en grundig opplæring for å sikre at robustheten i rutene blir opprettholdt eller blir bedre. Det må også vurderes om det vil være fornuftig å øke det prosentvise påslaget i kjøretidene ved en eventuell overgang til operativ ruteplan på sekundnivå.

Kapasitetsfordelingsprosessen er i endring i hele Europa. EU har forslått en ny kapasitetsforordning, gjeldende fra desember 2030, som forventes publisert i løpet av 2026. Denne vil ikke påvirke en eventuell innføring av operativ ruteplan på sekundnivå,

Samarbeid med Trafikkverket

Ved planlegging av ruter for grenseoverskridende trafikk må rutene samkjøres med Trafikkverket. I dag brukes det ruteplaner med minutter. Det må avklares om det er behov for å lage ruter med sekunder for disse spesifikke rutene eller om det vil være akseptabelt å beholde minutter.

5.3 Systemer med grensesnitt til ruteplanleggingsverktøyet

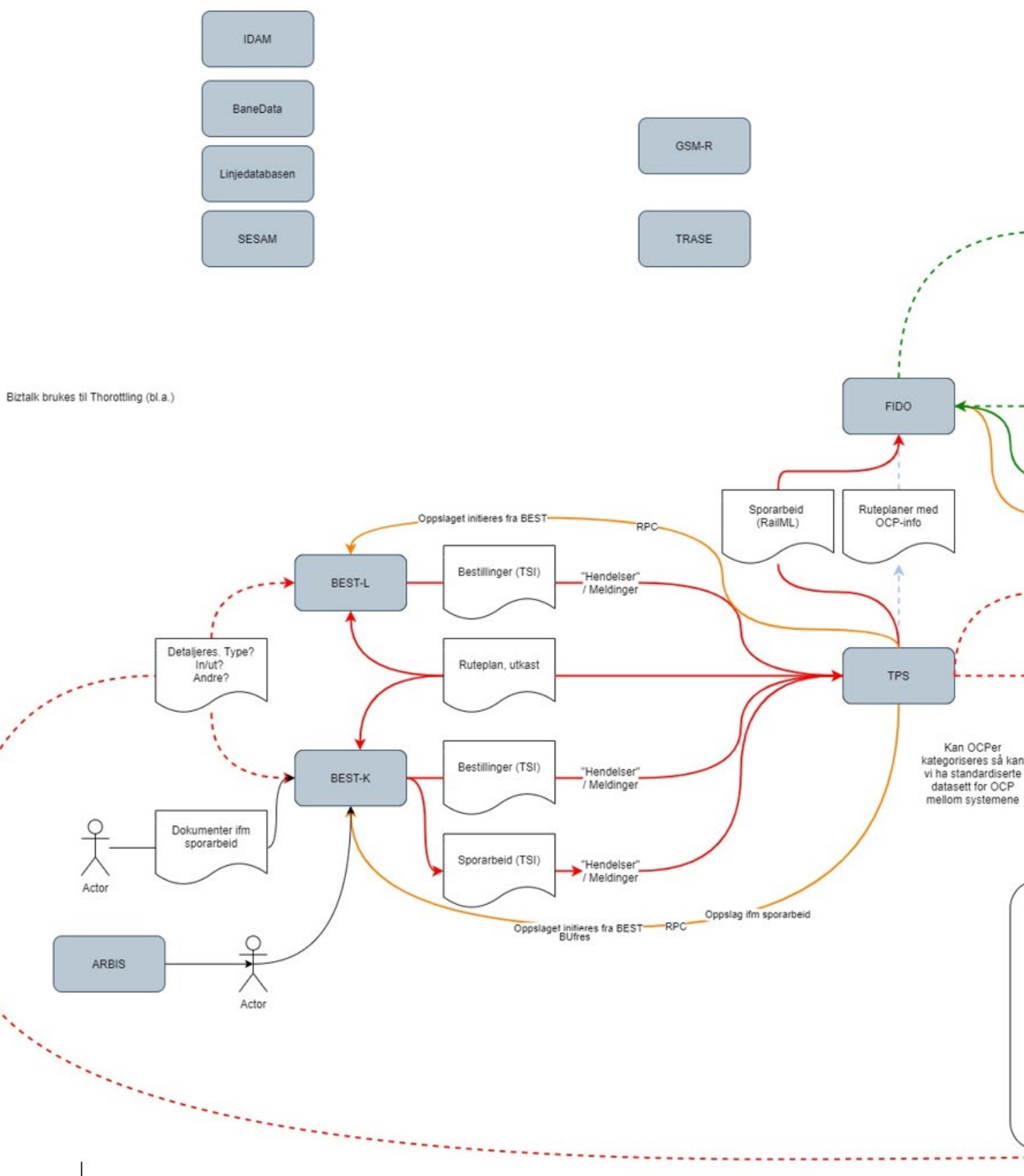
Det er flere IKT systemer som mottar eller avgir informasjon om ruteplaner fra TPS, se figur på de tre neste sidene over systemer og sammenheng i en digitalisert prosess.

BEST-L og BEST-K

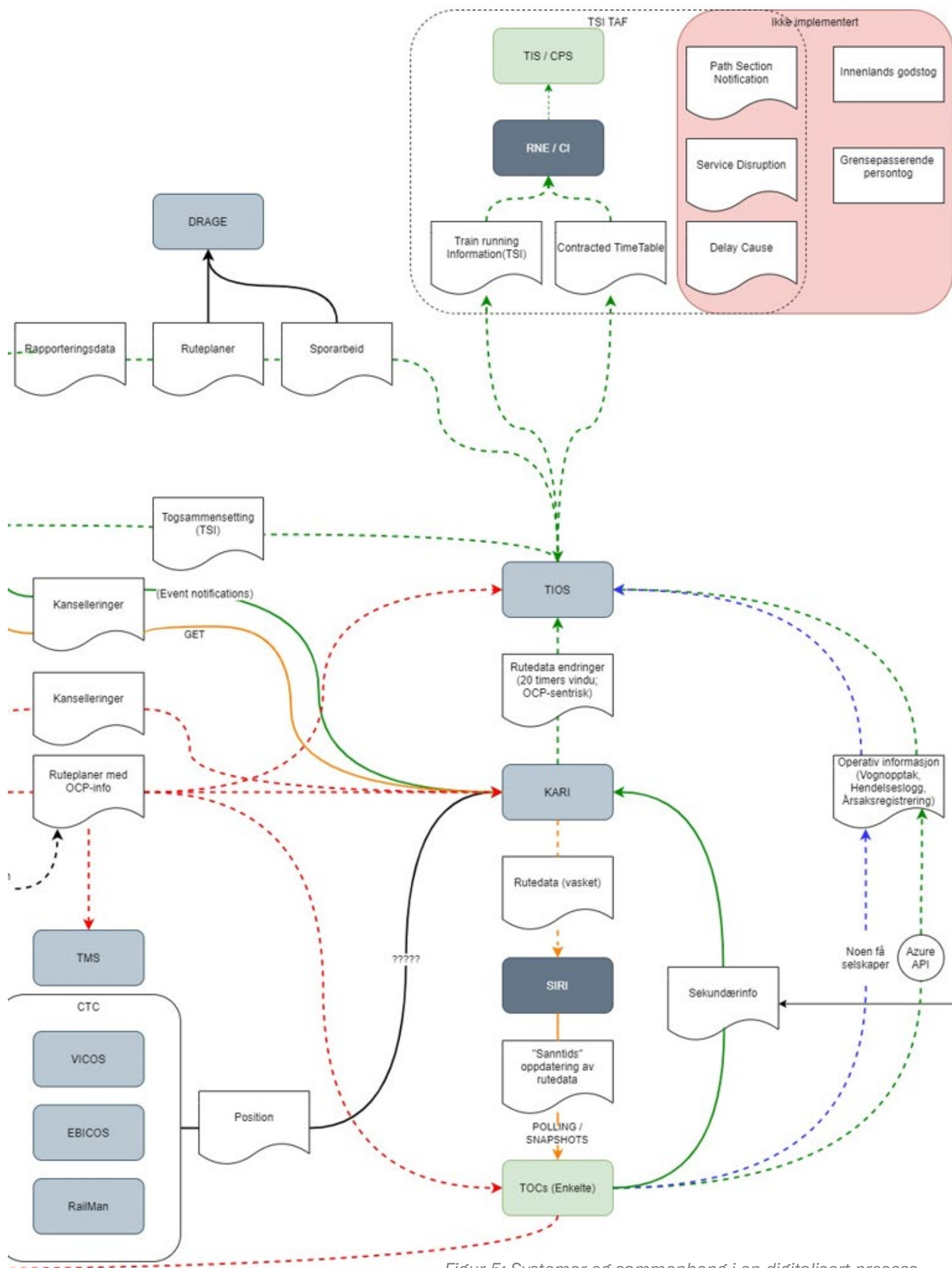
Verktøy for å søke om infrastrukturkapasitet. I årlig prosess benyttes BEST-L og for ad-hoc benyttes BEST-K. Verktøyene inneholder de(n) ruten(e) som jernbaneforetakene søker. Bane NOR sin vurdering er at disse verktøyene må tilpasses ruteplaner på sekundnivå.

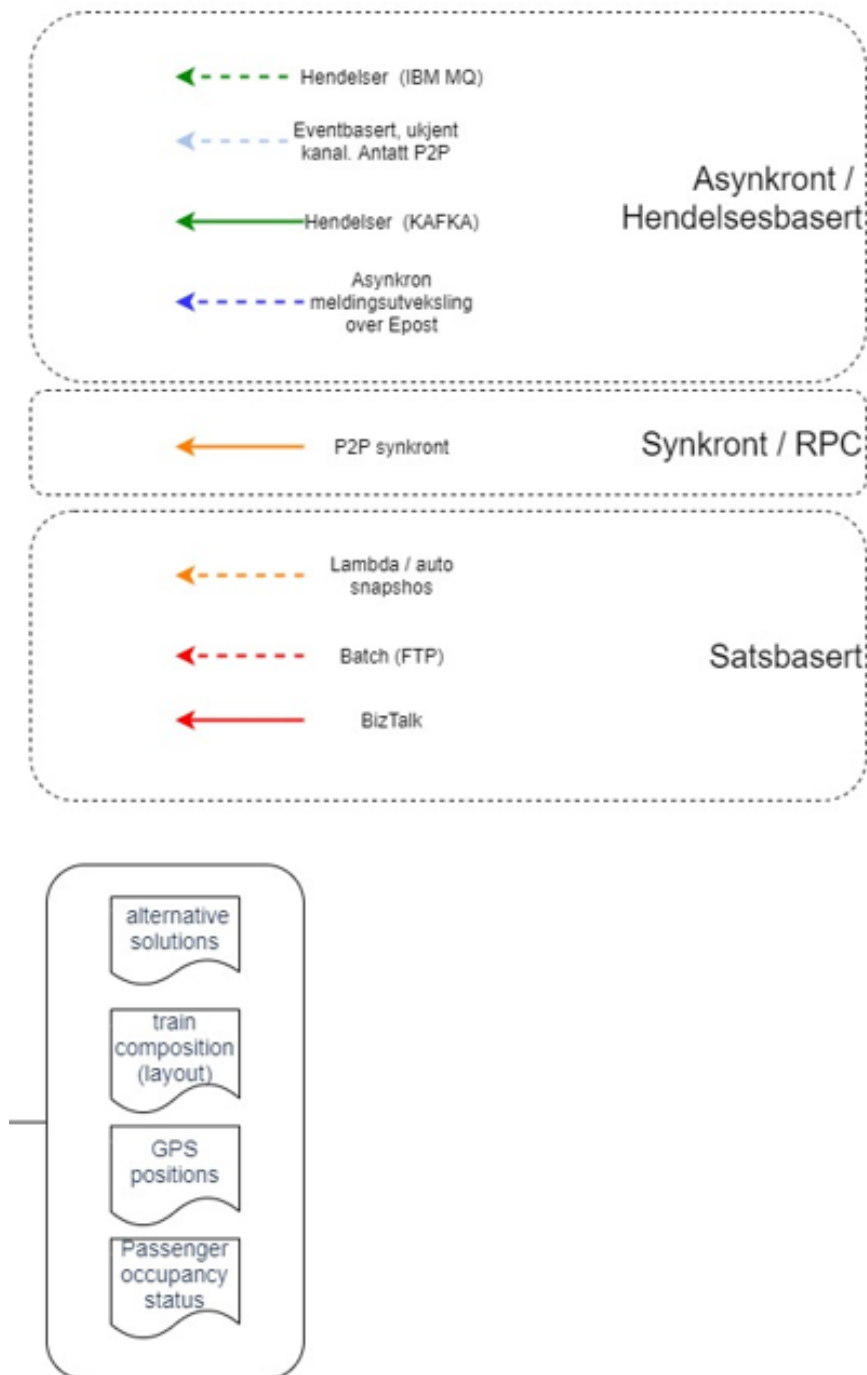
FIDO

System for operative kunngjøringer om togfremføring, skilting og arbeider i eller ved spor. Data på sekundnivå kan allerede i dag overføres til systemet og det ligger mulighet for å vise ruteplan på sekund-nivå i dagens system. Det må imidlertid gjøres nødvendige tilpasninger for at ruteplan på sekund-nivå vises i systemet, og det må tilpasses at sekunder inkluderes når informasjon sendes til KARI.



Figur 4: Systemer og sammenheng i en digitalisert prosess





Figur 6: Systemer og sammenheng i en digitalisert prosess

KARI

Kunde- og trafikkinformasjonsystem som gir sanntidsoppdatering til togpassasjerer og jernbaneforetak. Togrutene leses inn med sekunder, men det vises kun i minutter i kanaler som er tilgjengelig for togpassasjerer. I oppdatert togrute er avgangstid angitt i sekunder, men den viser kun minutter. Det finnes heller ikke lenger «gain time» eller innkjøringstid på stasjonen (minstop). Om det er behov for å sette avrundingsregler kan det være nødvendig å gjøre tiltak. Det må testes og verifiseres mer inngående om endringer til systemet er nødvendig.

TIOS

Operativ trafikk informasjon som inneholder planlagt og virkelig kjørt produksjon. Inneholder dagens ruteplaner på sekund-nivå.

TMS

Er fjernstyringssystemet for ERTMS. Planlegger og styrer togtrafikken i sanntid. Fra TPS overføres det RailML-filer med ruteplan på sekund-nivå.

VICOS

Et fjernstyringssystem (CTC) som overvåker og styrer signalanlegg, sporveksler og togveier. Det viser i sanntid informasjon om togposisjoner og tekniske tilstander. Systemet skal på sikt skiftes ut og erstattes av TMS. Fra TPS overføres det ruteplaner på sekund-nivå.

EBICOS

Er fjernstyringssystemet (CTC) som gir trafikkleider mulighet til å fjernstyre signaler, sporveksler og togveier. Systemet oppdateres manuelt og leser ikke maskinelle ruteplaner. Det påvirkes ikke av ruteplan detaljeringen da det er rekkefølgen på toggangen som er avgjørende. Systemet skal på sikt skiftes ut og erstattes av TMS. Per i dag vil det ikke være aktuelt å utvikle en løsning for å kunne lese ruteplan på sekund-nivå.

RailManager

Et fjernstyringssystem (CTC) som overvåker og styrer signalanlegg, sporveksler og togveier. Det viser live informasjon togposisjoner og tekniske tilstander. Systemet leser inn filer fra TPS på sekund-nivå.

Oppsummering

Tabellen nedenfor viser oversikt over systemer og deres mulighet for å tilpasses til ruteplan med sekunder inkludert kostnadsestimer.

Tabell 2: Systemoversikt

SYSTEM	Utviklingsbehov	Kostnadsestimat (2025 kroner)
TPS	Kan endres ved enkel konfigurasjon i systemet. Tilpasninger for grafer, rapporter m.m. må vurderes nærmere	Ca. 8 mill NOK (utviklingskost) + 30% SLA-kost/år
BEST-K / BEST-L	Disse verktøyene må tilpasses ruteplaner på sekundnivå.	Ca. 2 mill NOK + 10% vedlikeholdskost/år
FIDO	Det må gjøres nødvendige tilpasninger for at ruteplan på sekund-nivå vises i systemet, og det må tilpasses at sekunder inkluderes når informasjon sendes til KARI.	Ca. 1 mill NOK + 10% vedlikeholdskost/år
KARI	Det må testes og verifiseres mer inngående om endringer til systemet er påkrevd.	Ca. 6 mill NOK + 30% SLA-kost/år
TIOS	Inneholder dagens ruteplaner på sekund-nivå.	
TMS	Fra TPS overføres det RailML-filer med ruteplan på sekund-nivå.	
VICOS	Fra TPS overføres det ruteplaner på sekund-nivå.	
EBICOS	Systemet oppdateres manuelt og leser ikke maskinelle ruteplaner. Systemet skal på sikt skiftes ut og erstattes av TMS. Per i dag vil det	

	ikke være aktuelt å utvikle en løsning for å kunne lese ruteplan på sekund-nivå.	
Rail Manager	Systemet leser inn filer fra TPS på sekund-nivå.	

5.4 Oppsummering av tiltak

Med henvisning til utredningsinstruksen har ikke Bane NOR vurdert alternative løsninger. Innføring av ATO/C-DAS og operativ ruteplan med sekundoppløsning vil fullt ut kunne løses innenfor den systemporteføljen Bane NOR i dag besitter. Andre løsninger vil ikke kunne oppnå bedre nytte, bare tilføre større kostnader.

For Bane NOR vil det være mulig å innføre ruteplan med sekundoppløsning både med dagens fjernstyringssystemer og ERTMS i fremtiden. Dagens vurdering er at overgang til ERTMS vil ikke medføre ekstra utviklingskostnader. Det vil imidlertid kreve en del forberedelser for å verifisere at alle systemer er og blir tilpasset til dette og gjøre de nødvendige utviklingsoppgavene. Det vil derfor kreve 2-3 år fra det gis et eventuelt varsel om at ruteplaner ønskes utarbeidet på sekund-nivå, til at en løsning kan iverksettes. Samtidig må Bane NOR ha dekning for de ekstra kostnadene dette vil innebære.

Bane NOR sin vurdering er at innføring av ATO/C-DAS og operativ ruteplan med sekundoppløsning ikke vil gi økt kapasitet, men være et viktig bidrag til å kunne gi mer robuste ruteplaner og bidra til økt punktlighet i togtrafikken. Nytteaspektet fra Bane NOR sin side er knyttet til følgende punkter:

- Økt robusthet og punktlighet i bynære områder og sentrale Østlandsområdet med dobbeltspor
- Benytte buffertid der det gir økt nytte / forbedring. Gjerne i form av mer reelle stasjonsopphold
- Kan bidra til mer stabil fletting av linjer inn mot felles stasjon for å holde flyt og robusthet
- Viktig at godstrafikken holder sine ruteleier i områder med tett trafikk

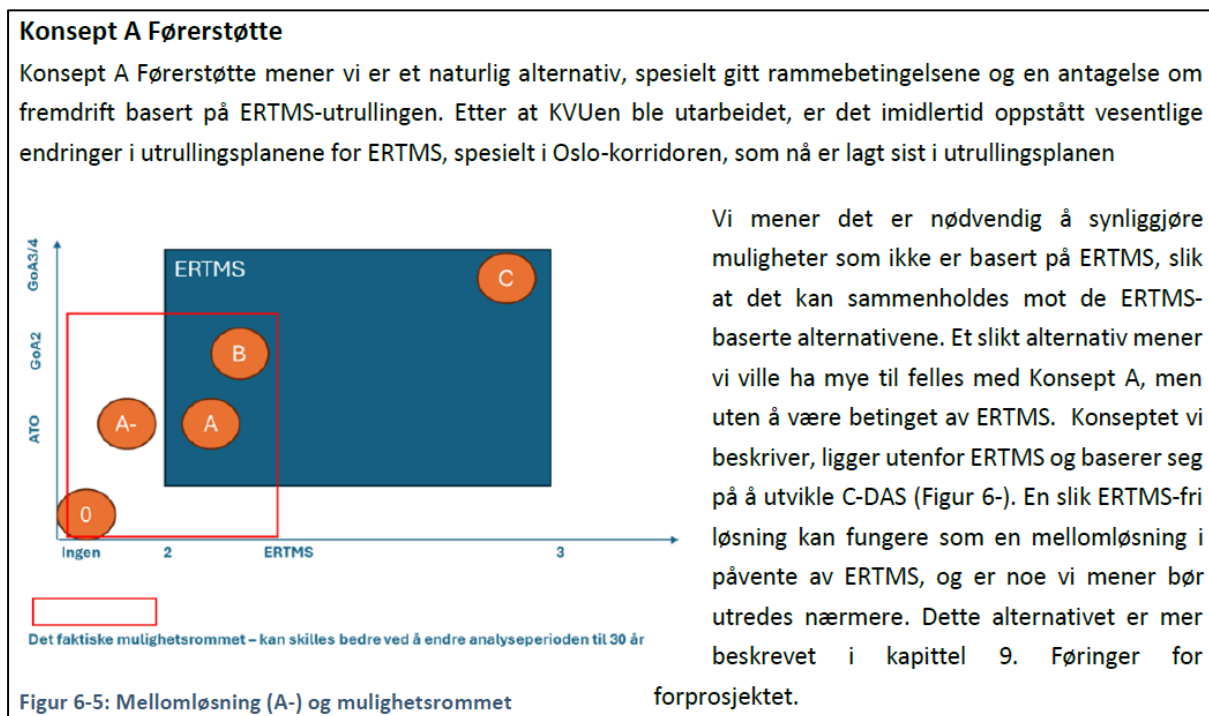
For å kunne gå over til en operativ ruteplan med oppløsning på sekundnivå vil det være en viktig forutsetning at planleggingsverktøyet TPS har korrekt infrastruktur og riktig data i togmodellene. Dette jobber Bane NOR allerede med å få på plass gjennom KAP-programmet og DIM-prosjektet. Datakvalitet på statiske og dynamiske data for C-DAS vurderes og beskrives i arbeidet med arbeidspakke 3.2. i de neste kapitlene.

Det er vanskelig å kvantifisere utviklingskostnadene nøyaktig på nåværende tidspunkt uten å forespørre om konkrete priser fra leverandører og utviklingsmiljøer, men basert på erfaringsdata mener vi at kostnadsestimatene skal kunne ligge innenfor +/- 25%.

Kostnaden var ikke del av basisestimatet for konseptene i KVV-en eller noen annen utredning. Denne supplerende utredningen legger derfor den samlede kostnaden til i basisestimatet for alle infrastrukturalternativer utredet i arbeidspakke 3.2, slik at kostnaden blir tatt hensyn til for å kunne hente ut nytte fra en eventuell tidlig innføring av C-DAS.

6 Mulighetsstudie for Ap. 3.2 Tidlig innføring av C-DAS – Metode og prosess

I kvalitetssikringen av KVVU-en, KS1, så ekstern kvalitetssikrer (EKS) på hvordan alternative konsepter som ble utredet møtte behov og hvor godt de fylte ut mulighetsrommet som rammene definerte. Et viktig resultat fra den prosessen var at de etterlyste et nytt konsept som ble kalt A minus (A-) med litt andre rammer enn KVVU-en og som utfordret den tekniske begrensningen om konseptene som en videreutvikling av ERTMS, og at ERTMS skulle være til stede i hele infrastrukturen før konseptene skulle realiseres. EKS formulerte det slik:



Figur 7: Konsepter i mulighetsrommet fra KS1-rapporten

Figuren fra EKS illustrerer godt hvor konsept A- befinner seg i forhold til de andre konseptene fra KVVU-en. I KVVU-en ble også 0-alternativet definert innenfor ERTMS-rammen, siden utbygging allerede var i gang, men EKS mente det ville gi et bedre bilde hvis 0-alternativet var utenfor rammen.

I denne supplerende utredning av tidlig innføring av C-DAS i Ap. 3.2 er det nettopp A minus-konseptet vi skal beskrive. Men det er et stor «MEN». Skulle KVVU-en gjort en full sammenligning innenfor og utenfor ERTMS-rommet samtidig med et felles null-alternativ, måtte KVVU-en tatt hensyn til kapasitetseffektene av ERTMS, noe som KVVU-en påpekte mangler underlagsdata for å beskrive. Som beskrevet i kap. 1 Innledning, blir det å skaffe til veie et bedre datagrunnlag utredet i arbeidspakke 3.1 i Jernbanedirektoratets prosjekt, utenfor denne utredningen. For å kunne beskrive konsept A-minus, ser vi på konseptet i et selvstendig mulighetsrom. Det er begrenset av rammebetingelsene av den aktuelle situasjonen som gjelder for et null-alternativ uten ERTMS, og tidsrommet er begrenset av utbyggingen av ERTMS fram til forutsetningene fra KVVU-en er etablert med ERTMS ferdig bygget ut.

Dette mulighetsrommet er komplekst og endres hele tiden gjennom virkeperioden, og varigheten for virkeperioden er udefinert, så lenge det ikke finnes en plan for innføring av ERTMS fram til

ferdigstillelse. Det er derfor nødvendig å se på flere alternativer innenfor rammen av A minus-konseptet, og virkninger av forskjellige tekniske realiseringer, skaleringer og endring over tid.

ID	Banestrekning	Parsell	Startår	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+10	+11
1	Gjøvikbanen	Roa – Gjøvik	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
2	Nordlandsbanen	(Grong) – Bodø	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
3	Vestfoldbanen	(Drammen) – Tønsberg	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
4	Bergensbanen	(Hønefoss) – Arna	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
5	Flåmsbana	Myrdal – Flåm	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
6	Rørosbanen	(Hamar) – Røros – (Støren)	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
7	Solørbanen	(Kongsvinger) – (Elverum)	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
8	Dovrebanen	Eidsvoll – Åkersvika	VICOS 1	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
9	Ofofbanen	Narvik – Bjørnfjell	RailManage	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
10	Nordlandsbanen	(Trondheim) – Grong	RailManage	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
11	Meråkerbanen	(Hell) – Riksgrensen	Ingen	Ingen	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
12	Østfoldbanen	(Oslo) – (Ski)	EBICOS	EBICOS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
13	Dovrebanen	Åkersvika – Hamar	VICOS 1	VICOS 1	VICOS 1	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
14	Gjøvikbanen	(Oslo) – (Roa)	VICOS 1	VICOS 1	VICOS 1	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
15	Kongsvingerbanen	(Lillestrøm) – (Charlottenberg)	VICOS 1	VICOS 1	VICOS 1	VICOS 1	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
16	Randsfjordbanen	(Hokksund) – (Hønefoss)	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
17	Roa–Hønefossbanen	(Roa) – (Hønefoss)	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
18	Bratsbergbanen	Skien – (Nordagutu)	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
19	Sørlandsbanen	(Hokksund) – Stavanger	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
20	Tinnosbanen	(Hjuksebo) – Notodden	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
21	Arendalsbanen	(Nelaug) – Arendal	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
22	Vestfoldbanen	(Tønsberg) – (Skien)	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
23	Østfoldbanen	Sandbukta – Moss – Såstad	VICOS 1	VICOS 1	VICOS 1	VICOS 1	VICOS 1	VICOS 1	VICOS 1	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
24	Dovrebanen	(Hamar) – Trondheim	RailManage	RailManage	RailManage	RailManage	RailManage	RailManage	RailManage	RailManage	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
25	Dovrebanen	Stavne – Leangen	RailManage	RailManage	RailManage	RailManage	RailManage	RailManage	RailManage	RailManage	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
26	Raumabanen	(Dombås) – Åndalsnes	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	Ingen	ERTMS	ERTMS	ERTMS
27	Østfoldbanen	(Ski) – Kornsjø (V linje)	VICOS 1	VICOS 1	VICOS 1	VICOS 1	VICOS 1	VICOS 1	VICOS 1	VICOS 1	VICOS 1	VICOS 1	ERTMS	ERTMS
28	Østfoldbanen	(Ski) – Sarpsborg (Ø linje)	EBICOS	EBICOS	EBICOS	EBICOS	EBICOS	EBICOS	EBICOS	EBICOS	EBICOS	EBICOS	ERTMS	ERTMS
29	Bergensbanen	Arna – Bergen og Hønefoss stasjon	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2
30	Drammenbanen	Nationaltheatret - Drammen	VICOS 1	VICOS 1	VICOS 1	VICOS 1	VICOS 1	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
31	Spikkestadbanen	Spikkestad - (Asker)	VICOS 1	VICOS 1	VICOS 1	VICOS 1	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
32	Sørlandsbanen	Hokksund - (Drammen)	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	VICOS 2	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
33	Hovedbanen	Oslo - (Eidsvoll)	VICOS 1	VICOS 1	VICOS 1	VICOS 1	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS
34	Gardermobanen	Gardermoen - (Eidsvoll)	VICOS 1	VICOS 1	VICOS 1	VICOS 1	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS	ERTMS

KVU alternativ A

Figur 8: Mulighetsrommet for tidlig innføring av C-DAS

Illustrasjonen over viser mulighetsrommet for ett av flere mulige scenario for ERTMS-utbygging, for perioden fram til rammebetingelsene er endret så mye at de møter situasjonen der KVU-en startet. Mulighetsrommet begrenses av:

- Start-situasjonen er 2030, når dagens fastlagte plan for utbygging av ERTMS er gjennomført. Denne situasjonen antar vi er fast.
- Utrullingen følger en annen mulig prioritering av rekkefølge av strekninger enn Nasjonal Signalplan fra 2023. Denne prioriteringen innser vi kan endres.
- Utrullingen av ERTMS varer i 10 år eller mer før ferdigstillelse. Denne tidsperioden antar vi kan endres.

Supplerende utredning har definert 6 scenarier for å beskrive lønnsomheten til alternativene innenfor konsept A minus.

For å åpne det nye mulighetsrommet er firetrinnsmetodikken benyttet. Metodikken innebærer en strukturert prosess der en først vurderer løsninger som reduserer behovet for tiltak, for så å vurdere om det finnes løsninger som gir mulighet for optimalisering av dagens infrastruktur. Deretter vurderes aktuelle mindre tiltak, før større investeringer vurderes. Metoden gir et bredt tilfang av mulige løsninger og sikrer at også mindre tiltak eller grep for optimalisering av dagens infrastruktur videreføres til analysefasen. Mulighetsstudiet omfatter også dokumentasjon av løsninger, slik at løsninger som siles vekk også er sporbare.

6.1 Metode for tilnærming til infrastrukturen

6.1.1 Begrensninger

En innføring av C-DAS gir lavere investeringskostnader enn et høyere automasjonsnivå (ATO GoA2), siden den bygger delvis på eksisterende infrastruktur, kan iverksettes gradvis og ikke nødvendigvis behøver integrasjon i eksisterende togmateriell. Dette gjør C-DAS til et kostnadseffektivt tiltak som kan gi rask gevinst i form av energibesparelser og bedre punktlighet. I tillegg er løsningen skalerbar og kan fungere som et første steg mot fremtidig ATO, slik at man får nytte av teknologien tidlig, samtidig som man begrenser risiko og kostnader. Denne utredning avgrenser seg til å vurdere forskjellige tilnærminger til å implementere C-DAS før ERTMS er utbygd på hele jernbanenettet.

Et system som C-DAS krever utstyr både i togmateriell og infrastruktur.

C-DAS kan implementeres i togmateriell på forskjellige måter, fra frittstående til hel-integrert. Nytt togmateriell kommer med C-DAS fra fabrikk, mens eldre togmateriell enten må benytte frittstående enheter (type nettbrett) eller bygges om for å integrere systemet.

Kostnader relatert til C-DAS i togmateriell er knyttet til:

- C-DAS integrasjonsserver (for togmateriell)
- Frittstående C-DAS løsninger (lavest kost).
- Integrerte C-DAS løsninger (best ergonomi), hvorav noen kan videreutvikles til ATO-løsninger.

For infrastrukturen vil C-DAS kreve en sentral dataintegrasjonsserver som kommuniserer med togoperatørenes C-DAS om bord i tog. For at C-DAS skal fungere er det behov for både statiske infrastrukturdata og sanntidsdata fra trafikkstyringssystemene til Bane NOR i integrasjonsserveren.

De vesentligste kostandene for C-DAS på infrastruktursiden kan relateres til:

- C-DAS integrasjonsserver (for infrastruktur)
- Utvikling av og integrasjon med eksisterende trafikkstyringssystemer
- Kvalitetssikring av og implementering av infrastrukturdata
- Drift og vedlikehold av nytt C-DAS delsystem

C-DAS integrasjonsserver i infrastrukturen vil ha tilsvarende dataomfang og dataformat som også kreves for ATO. Det vurderes derav som formålstjenlig at integrasjonsserveren på infrastruktursiden integreres, slik at den kan ivareta C-DAS for hele jernbanenettet som en tjeneste til togselskapene.

6.1.2 Metode

4-trinns metodikken, som er introdusert i mulighetsstudiet i KVVU for ATO, er en strukturert tilnærming for å vurdere tiltak som omfatter:

1. Påvirke transportbehov og valg av transportmiddel (f.eks. redusere reisebehov).
2. Optimalisere eksisterende infrastruktur (bedre utnyttelse av dagens system).
3. Små investeringer (mindre tiltak som gir stor effekt).
4. Store investeringer (ny infrastruktur eller teknologi).

Metoden sikrer at vurderingen starter med de minst kostbare og mest effektive tiltakene før større investeringer vurderes. Denne tilnærmingen ble lagt til grunn i arbeidet med KVV for ATO, hvor den samfunnsøkonomiske analysen viste at C-DAS gir positivt nytte/kost-forhold.

Denne rapporten anvender en tilsvarende metodikk for å prioritere innføringen av C-DAS i det norske jernbanesystemet. Det innebærer en vurdering av implementeringskostnader for C-DAS i tog og infrastruktur opp mot forventet effekt.

Basert på vurderingene i KVV for ATO antas C-DAS å ha størst effekt der trafikk tettheten er høyest, eksempelvis i det sentrale Østlandsområdet, hvor andelen kollektivreisende er størst. Samtidig vil det i dette området gå flere år før ERTMS er fullt utbygd, noe som medfører høyere investeringsbehov for å realisere nytteeffektene. Dette skyldes blant annet manglende sanntidsdata fra eksisterende trafikkstyringssystemer og infrastrukturdata med lavere presisjon. I tillegg vil en slik tilnærming kreve utrusting av et stort antall tog med C-DAS innenfor en relativt kort tidsperiode for å oppnå ønsket effekt.

Dersom man legger til grunn et lavest mulig investeringsbehov ved implementering av C-DAS, og derav fokuserer på strekninger hvor ERTMS allerede er utbygd, vil dette i første omgang omfatte banestrekninger med begrenset trafikk tetthet og relativt liten utstrekning. Nytteeffekten vil derfor være begrenset i innledende faser.

En annen tilnærming for å implementere C-DAS kan være å enten prioritere visse banestrekninger eller togtyper. De mest aktuelle togtyper med hensyn til effektuttak av en investering i C-DAS vil være lokaltogsett som kjører i Østlandsområdet, og tilsvarende for lokaltogstrekninger som L1 og L2. Dette er strekninger med mange reisende og hyppige avganger. Dermed vil effektuttaket relatert til innføring av C-DAS kunne tas ut relativt tidlig.

Med bakgrunn i 4-trinns metodikken og hensynet til å balansere investeringskostnader opp mot nytteeffekt, så kan implementering av C-DAS antakelig kunne vurderes iht. det som er angitt i tabellen nedenfor.

Tabell 3: Mulige alternative implementeringsmåter

Alt.	Ta i bruk C-DAS på	Positiv nytte tidlig	Kostnad
1	Strekninger med ERTMS	Lav	Lav
2	Dedikerte banestrekninger	Midlere	Midlere/Høy
3	Dedikerte togtyper	Midlere	Midlere/Høy
4	Det sentrale Østlandsområdet	Høy	Høy

6.2 Metode for tilnærming for kjøretøy

6.2.1 Begrensninger

Rammebetingelsene tolkes og detaljeres til å utgjøre disse praktiske begrensningene for alternativene og variantene som utforskes i denne utredningen:

- Variantene må kunne brukes på dagens infrastruktur og være alternativer som kan brukes i drift før ERTMS er innført på alle strekninger.
- Variantene må være realistiske og mulige å ta i bruk på dagens togmateriell, der noen varianter vil passe bedre på noen togtyper enn andre.
- Variantene må kunne brukes videre ved utskiftning av signalsystem fra ATC-2 til ERTMS.

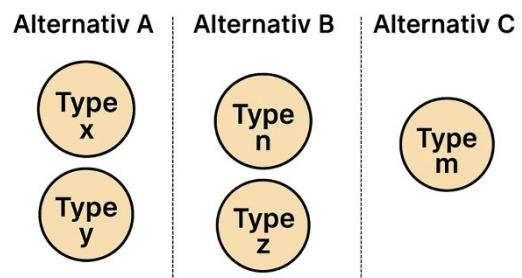
6.2.2 Metode

Metoden brukt i mulighetsstudien tar utgangspunkt i å identifisere og kartlegge tekniske løsninger for C-DAS innenfor de gitte rammene. Det legges vekt på å finne alternativer som er gjennomførbare og realistiske, og som allerede er utprøvd i andre land eller gjennom andre prosjekter. Dette innebærer å vurdere ulike tekniske løsninger som kan fungere på dagens infrastruktur, samt på kjøretøymateriellet som finnes i den norske togflåten.

De aktuelle alternativene fra mulighetsstudien tas med videre til alternativanalysen. Her gjøres det en vurdering av hvilke kjøretøytyper det er mest hensiktsmessig å utstyre med C-DAS, sett i sammenheng med pågående prosjekter som ERTMS, samt den gjenværende levetiden til eksisterende togmateriell. Dette gir grunnlag for å definere omfanget av hvilke kjøretøy og togtyper som må inngå i kostnadsanalysen.

I tillegg vurderes ulike C-DAS-varianter for de aktuelle kjøretøytypene, hvor både nytte, kostnader og fremtidig gjenbruk til ATO inngår i vurderingen. På denne måten sikres det at valgte løsninger ikke bare er teknisk og økonomisk hensiktsmessige, men også rustet for videre utvikling til nyere teknologi og gradvis overgang til ERTMS med mulighet for ATO. Det legges også vekt på C-DAS-løsninger som kan rulles ut raskt og effektivt slik at nytteverdien kan tas ut tidlig.

De ovennevnte trinnene resulterer i kjøretøyspakker, der ulike togtyper fordeles på de anbefalte C-DAS-alternativene.



Figur 9: Kjøretøytyper fordeles på alternativer

7 Mulighetsstudie for Ap. 3.2 Tidlig innføring av C-DAS i infrastrukturen

All tekst og alle figurer i underkapitler til dette kapittelet er utarbeidet innenfor arbeidspakke 3.2 av Bane NOR, som også beskriver seg selv som «foretaket». Noen steder er det gjort mindre justeringer, tilleggsbetraktninger eller presiseringer fra Jernbanedirektoratet, for å utfylle i henhold til Utredningsinstruksen eller konteksten til denne supplerende utredningen.

7.1 Dagens situasjon - Nullalternativet

7.1.1 Digital infrastruktur og førerstøtte

Bane NOR står midt i en stor digital transformasjon i norsk transporthistorie. Moderniseringen handler ikke bare om å bytte ut gammelt utstyr, men om å skape et helhetlig og sammenkoblet digitalt økosystem som gjør jernbanen mer robust, mer effektiv og bedre rustet for fremtiden. Innføringen av ERTMS er selve ryggraden i denne prosessen. Ved å erstatte et fragmentert og utdatert signalsystem med én nasjonal digital standard, åpner Bane NOR for sentralisert styring, færre feilkilder og muligheten for mer automatisering og smartere trafikkregulering.

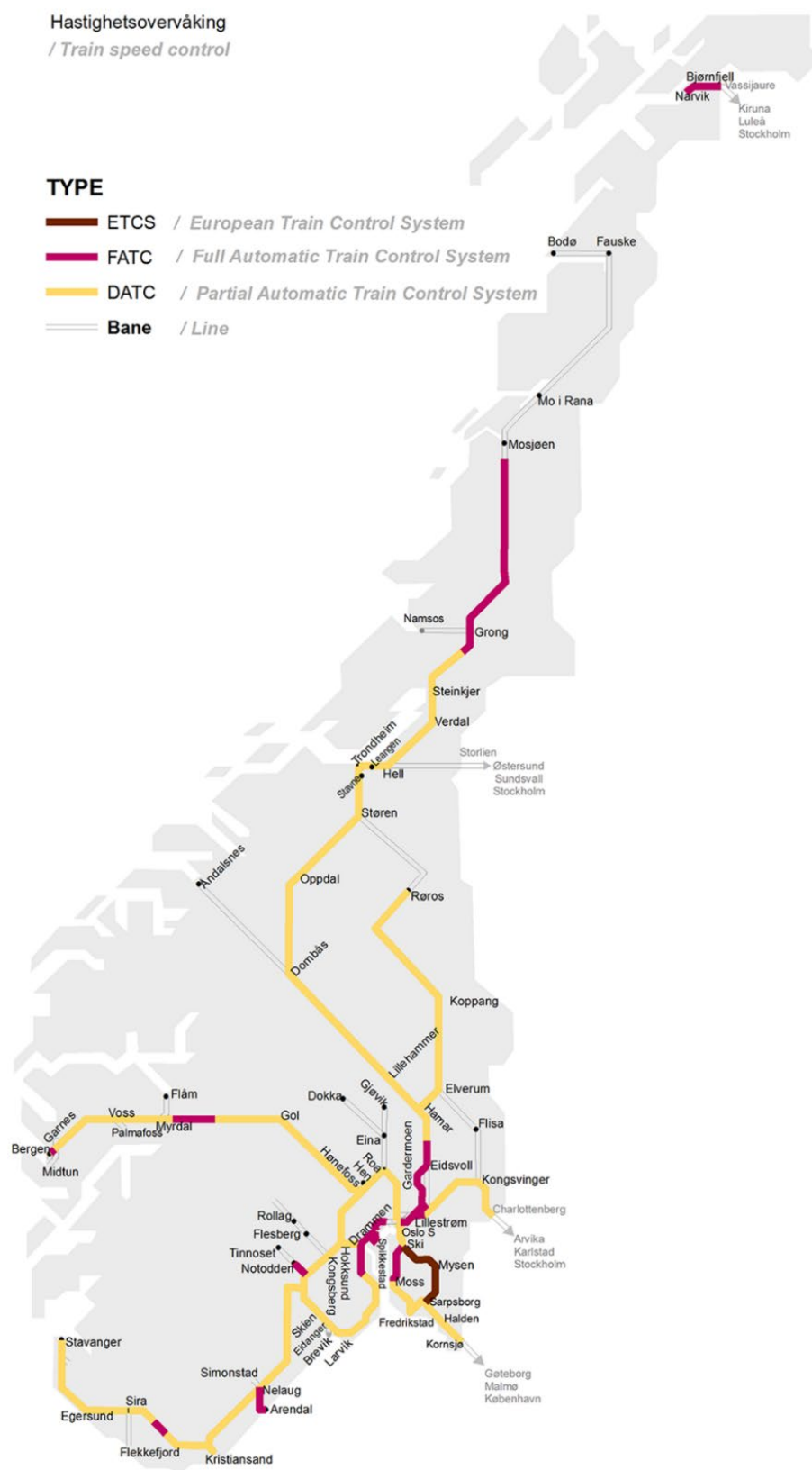
I denne utviklingen passer C-DAS naturlig inn som et av verktøyene som gjør den digitale jernbanen operativ i førerhverdagen. Mens ERTMS etablerer den teknologiske plattformen, gir C-DAS lokføreren et konkret, sanntidsbasert beslutningsstøtteverktøy. Systemet mottar kontinuerlige oppdateringer fra trafikklelsen og gir føreren råd om optimal hastighet og kjøreprofil, slik at togene følger planen mest mulig presist. Dette er avgjørende i et jernbanenett der punktlighet er et av de fremste målområdene i Bane NORs konsernstrategi. En mer stabil og forutsigbar trafikkavvikling gjør hverdagen enklere både for passasjerer og godsaktører, og C-DAS bidrar direkte til dette ved å redusere unødvendige stopp og skape bedre flyt i trafikken.

Samtidig vil C-DAS bidra til Bane NORs grønne satsing. Strategien løfter frem behovet for å redusere klimapåvirkningen fra transportsektoren, og energieffektiv drift er en viktig del av dette. C-DAS gir føreren mulighet til å kjøre jevnere og unngå unødige akselerasjoner og bremsinger. Erfaringer fra internasjonale leverandører viser at dette kan gi betydelige energibesparelser. Dette passer godt inn i Bane NORs mål om et «grønt taktskifte», der teknologiske løsninger skal redusere både utslipp og slitasje på infrastrukturen. Færre harde innbremsinger og en jevnere kjøreprofil innebærer også mindre belastning på både tog og spor, noe som igjen støtter Bane NORs ambisjon om mer forutsigbar drift og lavere vedlikeholdskostnader.

Digitaliseringsprogrammet handler også om bedre bruk av data, og her fyller C-DAS en viktig rolle. Bane NOR fremhever at økt datainnsamling, bedre dataflyt og mer faktabasert beslutningstaking er avgjørende for å modernisere jernbanen. C-DAS er et aktivt bindeledd mellom togene og trafikkstyringen. Systemet mottar ikke bare oppdatert informasjon, men sender også data tilbake som kan styrke reguleringen og analysene trafikklelsen gjør. Sammen med ERTMS og sensorteknologi på både tog og anlegg bidrar C-DAS til et mer transparent og selvregulerende jernbanesystem, der avvik oppdages tidligere, prognoser blir bedre, og beslutninger kan tas raskere og mer presist.

Til slutt er C-DAS en del av det større målet Bane NOR formulerer som «Mer på skinner setter mindre spor». Dette innebærer at jernbanen skal være et mer attraktivt valg for både mennesker og gods, og da må infrastrukturen være driftssikker, miljøvennlig og effektiv. C-DAS bidrar på alle disse områdene: det øker punktligheten, reduserer energiforbruket, bedrer trafikkinformasjonen og styrker samspillet mellom fører og trafikklelse. Sammen med de store strukturelle endringene som ERTMS og digitaliseringen innebærer, er C-DAS en viktig brikke.

7.1.2 Signalanlegg og hastighetsovervåking



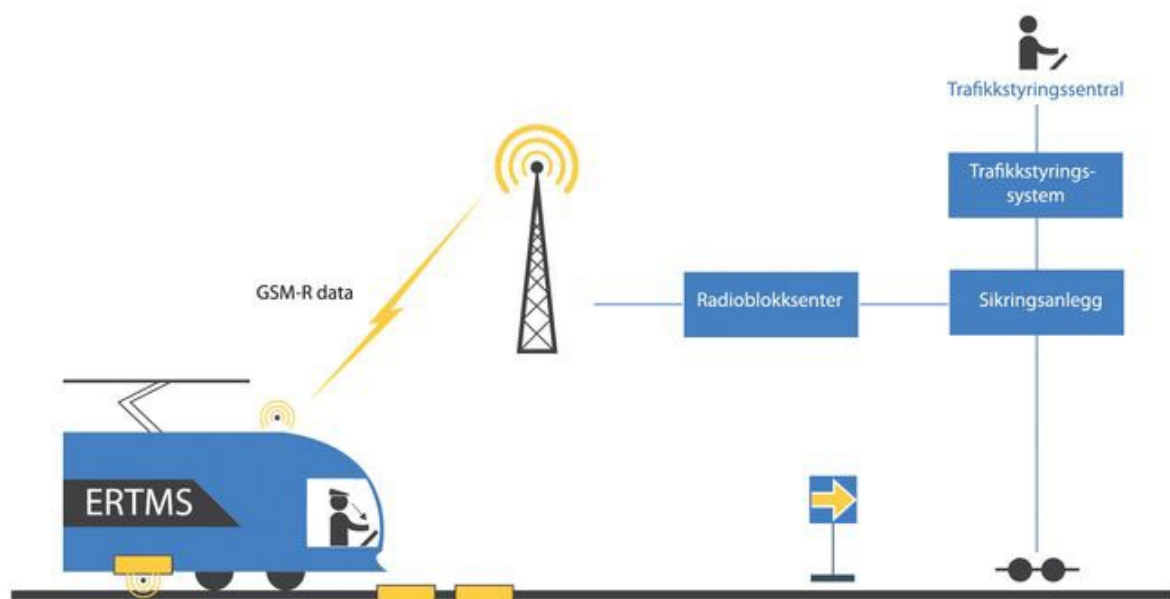
Figur 10: Fordeling av systemer for hastighetsovervåking på det norske jernbanenettet

Det norske jernbanenettet har per nå fire forskjellige nivåer for trafikkstyring/overvåkning av togtrafikken. De fire nivåene er vist i figuren nedenfor.

7.1.3 ERTMS (European Rail Traffic Management System)

ERTMS er et felleseuropeisk signalsystem som ivaretar både signalering og hastighetsovervåkning. Systemet vil suksessivt tas i bruk på det norske jernbanenettet. Per 2026 er ERTMS Level 2 tatt i bruk på Østfoldbanens Østre linje og Gjøvikbanen (Roa-Gjøvik). Vestfoldbanen fra Drammen til Tønsberg (Sem) vil tas i bruk med ERTMS Level 2 i løpet av 4. kvartal 2026, og Nordlandsbanen (Grong-Bodø) følger i 2027. Deretter kommer henholdsvis Bergensbanen i 2029 i og Røros-/Solørbanen i 2030.

For at tog skal kunne trafikkere på strekninger med ERTMS må togene utrustes tilsvarende med ny datautrustning om bord for å kunne kommunisere med, og overvåkes av signalanlegget. I tillegg utrustes de med STM (Specific Transmission Module) for å kunne kjøre på strekninger med ATC. Togmateriell som kjører på hhv. Østfoldbanens Østre linje og Gjøvikbanen (Roa-Gjøvik) er ombygget med ERTMS og STM. Ombygging av togmateriell til etterfølgende banestrekninger som skal få ERTMS er pågående.



Figur 11: Nytt ERTMS Signalanlegg

I 2030 vil i størrelsesorden 25% av jernbanenettet (ca.1100km) være utrustet med ERTMS, og togmateriell utrustes fortløpende med nytt datautstyr for å kunne kjøre på strekninger som tar i bruk det felleseuropeiske signalsystemet.

7.1.4 ATC (Automatic Train Control)

Strekninger som er fjernstyrte og ikke utrustet med ERTMS, benytter konvensjonelle signalanlegg og ATC som system for hastighetsovervåkning. Det finnes fortsatt også strekninger på jernbanenettet med begrensede tekniske barrierer benevnt strekning med togmelding.

7.1.5 Trafikkstyringssystemer

Bane NOR bruker fire systemer for styring og overvåking av jernbanetrafikken i Norge. Alle systemene gir togleder mulighet til å overvåke og styre sikringsanlegg, signaler og togbevegelser, men de har ulik teknologisk bakgrunn, bruksområder og brukergrensesnitt.

De fire systemene er.

TMS

- Leverandør: Hitachi
- Brukes ved: TSS Øst, men på sikt vil det benyttes i alle trafikkstyringssentraler ettersom ERTMS tas i bruk.
- Type: Fjernstyringssystem med høy grad av integrasjon

VICOS

- Leverandør: Siemens
- Brukes ved: TSS Øst, Sør-Vest, Drammen, m.fl.
- Type: Fjernstyringssystem med høy grad av integrasjon

EBICOS

- Leverandør: Bombardier/Alstom
- Brukes ved: Bl.a. ERTMS Østfoldbanen østre linje og NSB 77-anlegg i Oslo-området
- Type: Eldre generasjon fjernstyringssystem, med noe grad av fornyelse.

Rail Manager

- Leverandør: ABB / Hitachi Energy
- Brukes ved: TSS Nord (Nordlands-, Rørosbanen m.m.)
- Type: Eldre generasjon strekningsbasert fjernstyringssystem, med begrenset mulighet for utvikling av systemet.

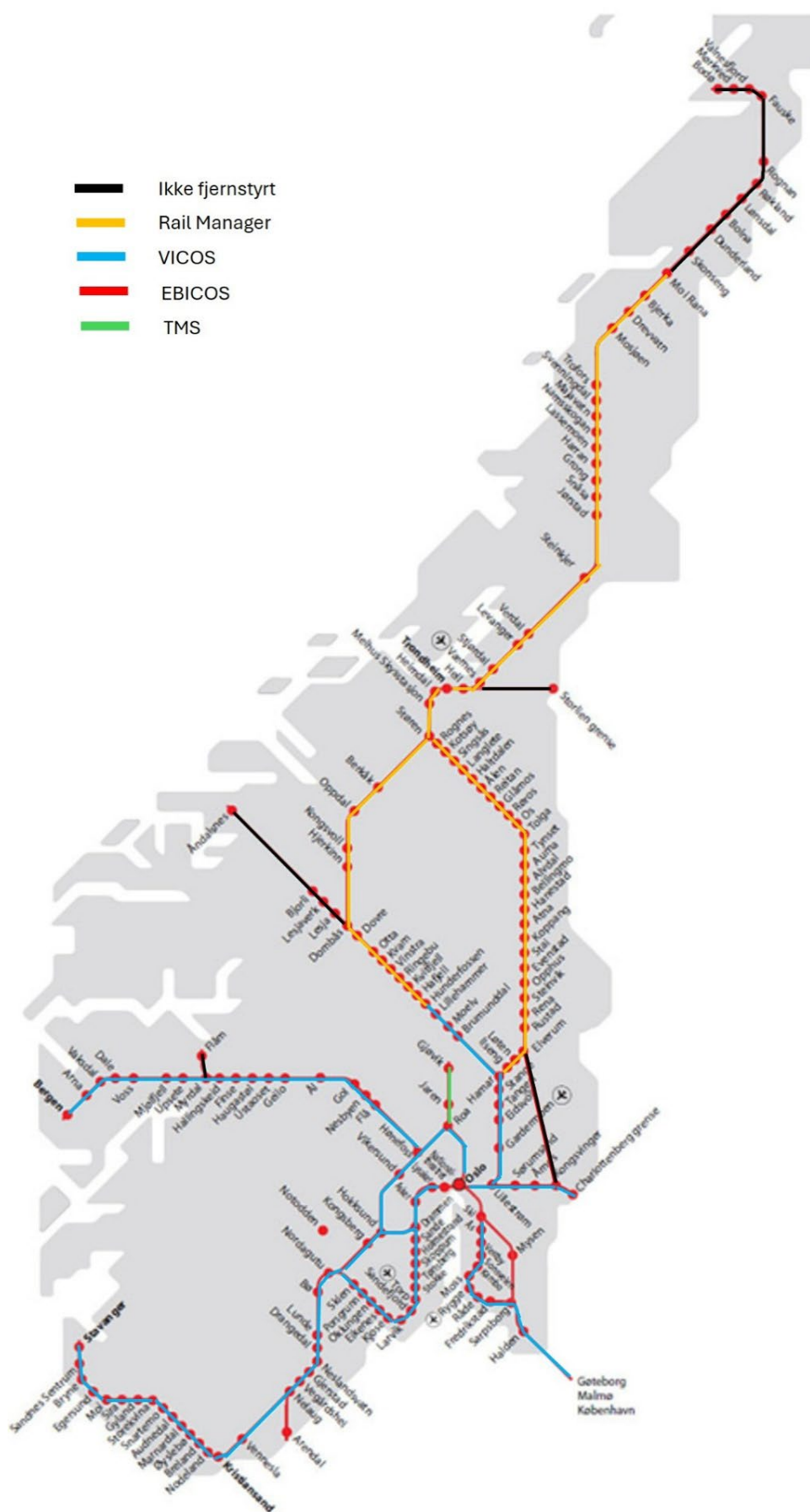
Systemenes hovedfunksjoner

- Overvåking og manøvrering av sikringsanlegg på fjernstyrte strekninger
- Automatfunksjoner for trafikkavvikling
- Tognummerbetjening
- Integrasjon med tog-radio, ruteplan, publikumsinformasjon og elkraftsystemer
- Brukes via operatørplasser med flere skjermer og visuell indikering

Trafikkstyringssystemene benyttes i spesifikke områder og kun tognummer overføres mellom systemene. Ingen av systemene har en overordnet planleggingsfunksjon med dynamisk ruteplan som er nødvendig for å realisere C-DAS.

7.1.6 Førerstøttesystemer (C-DAS)

Det er per 2026 ikke tatt i bruk førerstøttesystemer på togmateriell i Norge, men nytt togmateriell som anskaffes av Norske Tog leveres med denne type teknologi. Bane NOR har per nå ingen infrastruktursystemer som støtter bruken av denne type teknologi, noe som også var bakgrunnen for konseptvalgutredningen for førerstøtte (KVU for ATO).



Figur 12: Trafikkstyringsområder som dekkes av hvert trafikkstyringssystem

7.2 Kartlegging av mulige tekniske løsninger for infrastrukturen

7.2.1 C-DAS i infrastruktur

Infrastrukturdelen av C-DAS fungerer som en form for port eller meldingsformidler mellom trafikkstyringssystemer og C-DAS i kjøretøy. Det er kun en aktuell teknisk løsning for C-DAS i infrastruktur, men implementeringen kan gjøres gradvis avhengig av hvordan man vekter nytte/kost.

Datagrunnlaget fra C-DAS-infrastrukturen kan variere avhengig av hvilket trafikkstyringssystem som brukes. Dersom inn-dataene har lavere kvalitet eller mangler informasjon, må C-DAS-løsningen i infrastrukturen kompensere ved å implementere mer funksjonalitet for datakonvertering eller beregning av kjøreprofil.

For at C-DAS skal levere en riktig kjøreprofil er det avhengig av statusinformasjon fra signalanlegget, noe som forutsetter at trafikkstyringssystemet lever informasjon om status fra signalanlegg.

Selv om man antar at det vil benyttes IP-basert grensesnitt mellom trafikkstyringssystem og C-DAS i infrastruktur, vil høyere kommunikasjonslag sannsynligvis variere (for eksempel client-server tilkoblinger versus publiser-subscriber arkitekturer, ulike dataformater etc.).

Det må forutsettes at C-DAS i infrastruktur kan tilkobles et tredjeparts trafikkstyringssystem. Dersom C-DAS i infrastruktur kan gjenbruke ferdig validert data fra andre systemer reduseres arbeidesomfanget siden dataen ikke må valideres på nytt.

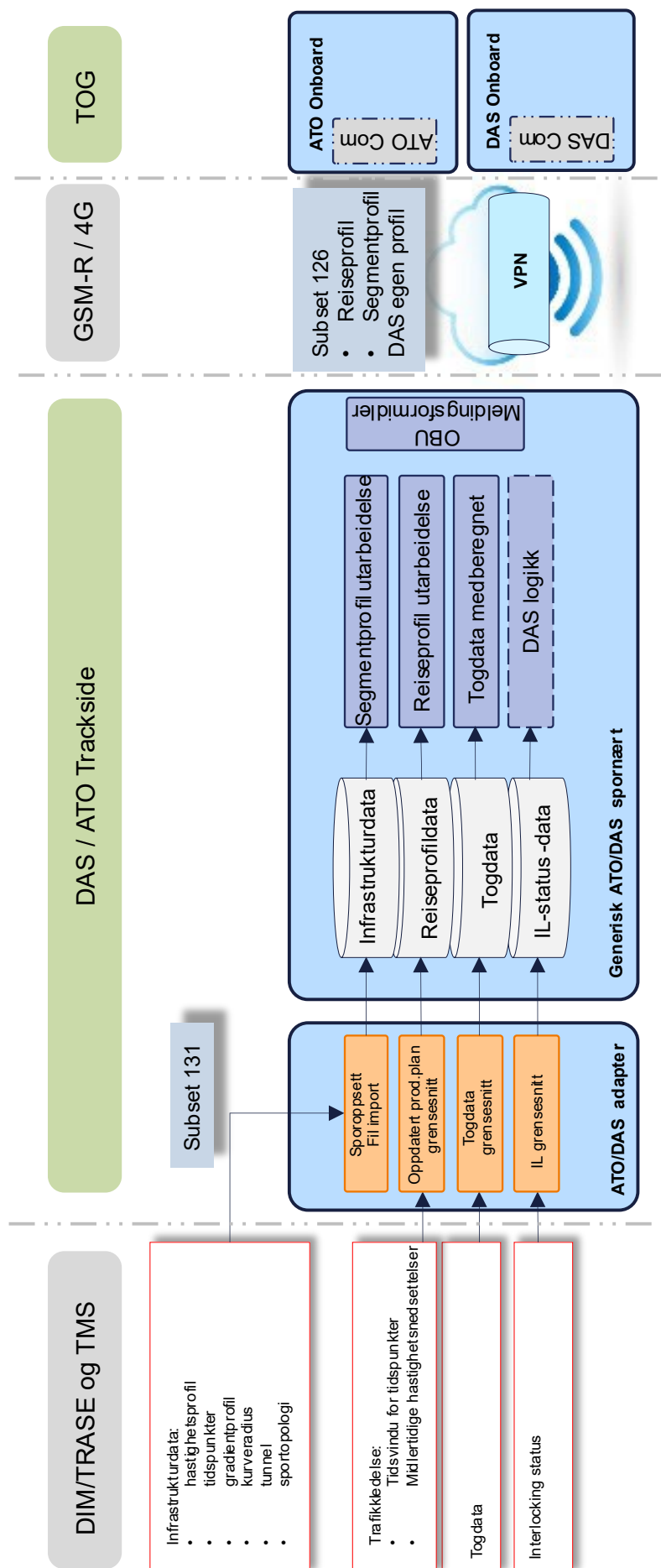
Subset-131 (TSI CCS¹³) har fortsatt relativt lav modenhet, og det kan derav være behov for en adapter mellom trafikkstyringssystemet og C-DAS i infrastruktur hvor en digital infrastruktur modell (DIM) kan levere tilleggsdata.

Statiske infrastrukturdata og sanntidsdata, som inneholder dynamisk ruteplandata vil måtte overføres til C-DAS i tog på et elektronisk lesbart format.

Sikring av rett kvalitet på infrastruktur og sanntidsdata er enklere i en ERTMS-infrastruktur enn i en infrastruktur med konvensjonelle systemer som ikke er avhengig av høy datakvalitet. Disse forhold vil måtte vurderes mht. hvordan man ønsker å implementere C-DAS og kan også påvirke nytte/kostvurderinger for dette.

Figuren under viser hvordan C-DAS i infrastruktur kan kobles mot Bane NORs systemer. Informasjonen som kreves fra trafikkstyringssystemet vises på venstre side

¹³ Europeiske kommisjonen: TSI CCS – Technical Specification of Interoperability – Command Control and Signalling. Se lenke i kap. 14 Referanser.



Figur 13: C-DAS i infrastruktur koblet mot Bane NORs systemer

7.2.2 Nødvendig funksjonalitet i C-DAS infrastruktur:

- Toveis utveksling av data med trafikkstyringssystemet, dvs. ruteplaner og togposisjoner
- Data fra trafikkstyringssystemet må samsvare med Subset 126 (TSI CCS)
- Distribusjon av JP og SP til C-DAS om bord i tog.
- Distribusjon av C-DAS data til nettbrett og/eller DMI (Driver Machine Interface) for C-DAS i tog
- Opprettholde kommunikasjonsforbindelsen til tog
- Vedlikehold av et register over tilkoblede tog, togets individdata samt hvordan disse mapper mot identifikatorer brukt av trafikkstyringssystemer (f.eks. konvertering av et kjøretøy-ID til et operativt tognummer)
- Tilby ulike administrasjonsfunksjoner (brukeradministrasjon, nettverkskonfigurasjon, håndtering av sertifikater, administrasjon av oppdateringer, vedlikeholdsfunksjoner etc.)
- Tilby funksjoner for statusovervåkning (for eksempel tilkoblede kjøretøy, tilkoblingsstatus osv.)
- Levere diagnosedata

For datautveksling mellom C-DAS i infrastruktur og i tog kan det offentlige radionettet (2G/3G/4G/5G) eller det dedikerte jernbaneradionettet GSM-R benyttes.

7.2.3 Grensesnitt og krav til datautveksling

Ytelsen til C-DAS-systemet er avhengig av kvaliteten og tilgjengeligheten på kommunikasjonsforbindelsen mellom C-DAS i infrastruktur og i tog. Offentlige nett (UMTS eller LTE) i Norge har god kapasitet, dekning og tilgjengelighet for dette. GSM-R kan også benyttes, men dette kommunikasjonssystemet har begrenset kapasitet.

For datautvekslingen med trafikkstyringssystemet kan flere grensesnittkomponenter være implementert i C-DAS infrastruktur:

- Grensesnitt for import og konvertering av infrastrukturdata til det generiske C-DAS formatet
- Grensesnitt for kjøreprofil, tidspunkter og midlertidige hastighetsbegrensninger
- Grensesnitt for togs egenskaper (f.eks. togtyper, ATP-systemer, togets lengde, ytelse osv.)
- Grensesnitt til trafikkstyringssystem for overføring av status fra signalanlegg.
- Grensesnitt mellom trafikkstyringssystemer og C-DAS i infrastruktur og C-DAS i tog.

Erfaring fra andre prosjekter i Europa viser at tilgjengelighet og god kvalitet på infrastrukturdata er nødvendige for en vellykket prosjektgjennomføring. I mange tilfeller er nøyaktigheten i eksisterende data ikke tilstrekkelig for å oppnå god ytelse av C-DAS. Av denne grunn bør innsamling og kvalitetssikring av infrastrukturdata påbegynnes så tidlig som mulig. Standardiserte grensesnitt vil bestemme omfanget av datautveksling mellom C-DAS i infrastruktur og C-DAS i tog.

7.2.4 Infrastrukturdata

Dersom man skal sikre en velfungerende C-DAS løsning er man avhengig av infrastrukturdata med høy kvalitet som benyttes for kjøreprofil. Manglende kvalitet på data kan føre til ineffektiv kjøring og redusere nytten av C-DAS.

Følgende krav stilles:

- kompletthet
- Konsistens
- Standardiserte dataformater

Data for kjøreprofil omfatter:

- Topologi
- Geometri
- Hastighetsgrenser
- Signalsystem-objekter
- Stasjoner og stoppunkter

Konvensjonelle signalanlegg og hastighetsovervåkningssystemer har ikke behov for en så høy grad av datakvalitet som ERTMS og C-DAS. Det vil være ressurskrevende å sikre infrastrukturdata med rett kvalitet for et C-DAS på strekninger med konvensjonell signalteknologi.

Spesifikk infrastrukturdata for ERTMS har høy kvalitet og kan gjenbrukes for C-DAS uten vesentlig økt ressursbruk.

7.2.5 Digital Infrastruktur modell

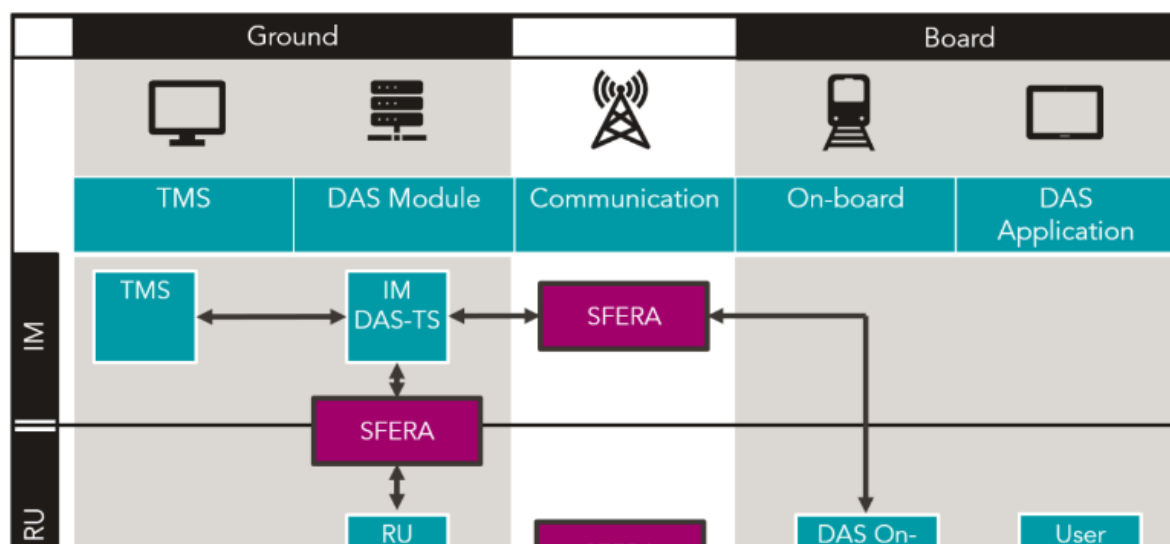
Digital infrastrukturmodell (DIM) skal levere en delbar, komplett og sporbar digital representasjon av jernbaneinfrastrukturen på oppdrag gitt av Jernbanedirektoratet.

Tjenesten tilrettelegger for deling av sammenstilt data i ulike formater, både internt mellom divisjoner og eksternt i sektoren. DIM vil støtte både planlegging og operasjonelle trafikkformål, og bidrar til økt presisjon i datagrunnlaget for analyser knyttet til spesifikke brukstilfeller. Tjenesten skal også bidra til en felles forståelse av infrastrukturobjekter og egenskaper. En av målsettingene med DIM er å levere et pålitelig datagrunnlag for å modellere digital tvilling av infrastrukturen.

DIM vil kunne bidra til økt datakvalitet for C-DAS på strekninger med konvensjonelle signalanlegg.

7.2.6 Grensesnitt for C-DAS mellom infrastruktur og tog

Et fungerende C-DAS består av ulike komponenter både i infrastruktur, for overføring, og om bord i tog. SFERA-protokollen (Smart communications For Efficient Rail Activities)¹⁴ definerer retningslinjer for håndtering av datautveksling med C-DAS.



Figur 14: Oversikt over SFERA grensesnitt

¹⁴ SFERA UIC IRS 90940 specification – Ed. 2 (2022) Oppdatert UIC IRS 90940 – Ed. 3 er tilgjengelig fra februar 2026

SFERA spesifiserer kun grensesnitt. Figuren ovenfor (fra SFERA_90940_DAS) viser alle C-DAS delsystemer med deres grensesnitt. Figuren viser om grensesnittene er standardisert i IRS 90940 eller hvorvidt de kan defineres av jernbaneforetakene.

Trafikkstyringssystem (TMS) fungerer som datakilde for å beregne sanntids ruteplaner som videresendes til C-DAS i infrastruktur.

C-DAS i infrastruktur etablerer kommunikasjonen til togoperatørene sin C-DAS, enten i deres infrastruktur (RU DAS-TS) eller direkte til C-DAS i tog (On Board).

En togoperatørs C-DAS server er en valgfri løsning mellom C-DAS i infrastruktur og C-DAS i tog. Med hensyn til interoperabilitet anbefales det å bruke SFERA-protokollen for dataoverføring mellom togoperatørens C-DAS server og C-DAS i tog.

En felles datamodell er definert for bruk på alle forbindelser, men noen differensierte valg er gjort for kommunikasjonslagene, gitt deres ulike natur:

- For server-til-server-kommunikasjon (C-DAS i infrastruktur til /fra C-DAS hos togoperatør) vil kommunikasjonslaget som overfører SFERA-meldingene etableres gjennom de felles grensesnittene til IM og RU.
- For andre forbindelser som gjelder kommunikasjon med C-DAS i tog er et spesifikt SFERA-kommunikasjon-lag designet, ved bruk av standardprotokoller etablert for IoT-bruksområder. Norske Tog har i sin rapport om C-DAS løsninger konkludert med at denne kommunikasjonsløsningen bør benyttes for C-DAS.

SFERA kan brukes med enhver nettverkstilkobling som støtter TCP/IP.

Se figurer med utfyllende informasjon under 16.1 Vedlegg.

7.2.7 Trafikkstyringssystemer

Bane NOR beveger seg mot én felles fremtidig løsning gjennom TMS (Traffic Management System) ifm. ERTMS-programmet, som etter planen skal erstatte alle eksisterende trafikkstyringssystemer.

De tre eldre trafikkstyringssystemene Bane NOR benytter i dag VICOS, EBICOS og Rail Manager, må videreutvikles for å kunne støtte en velfungerende C-DAS løsning med hensyn til de data dette systemet behøver for å generere sanntidsdata.

I dagens fjernstyringssystemer planlegger hver enkelt togleder for sist område, denne planen er på et papir som ikke kan deles, med innføring av en elektronisk dynamisk toggraf vil planlegging løftes på et overordnet nivå der alle aktørene kan følge og jobbe for å nå en felles plan.

Dette er en forutsetning for at kjøreråd fra C-DAS til førere henger sammen med en gjeldende ruteplan. Elektronisk dynamisk toggraf er planlagt levert med TMS, men det er usikkert når denne leveransen kommer i forhold til et ønske om tidlig nytte fra C-DAS.

TMS

TMS er Bane NORs nye, landsdekkende trafikkstyringssystem som utvikles som en integrert del ved innføringen av ERTMS.

Systemet er i bruk på Gjøvikbanen, og vil gradvis tas i bruk på flere strekninger etter hvert som ERTMS tas i bruk ut og med gradvis økende funksjonalitet. TMS vil også utvikles for å kunne levere sanntidsdata til systemer som C-DAS.

TMS er utviklet for å gi:

- Mer effektiv trafikkavvikling: Automatisering av planlegging og styring gir bedre utnyttelse av kapasiteten.
- Bedre avvikshåndtering: Systemet gir bedre datagrunnlag og raskere samhandling, noe som reduserer konsekvensene ved forsinkelser og driftsavvik.
- Økt sikkerhet: Alle strekninger kan styres fra alle trafikkstyringssentraler, som gir økt robusthet og fleksibilitet i driften.
- Forbedret informasjonsflyt: Bedre data gir bedre og raskere informasjon til passasjerer og operatører.
- Digital og papirløs arbeidsflate for togleder: Et moderne grensesnitt erstatter manuelle og papirbaserte prosesser.

Hitachi er leverandør av det nye trafikkstyringssystemet, og systemet er kravstilt til å levere sanntidsdata til C-DAS. I og med at dette inngår i leveransen som gjennomføres i regi av ERTMS-programmet, antas ingen ytterligere kostnad forbundet med dette. Men det vil være en kostnad for integrasjon mellom TMS og C-DAS i infrastruktur.

TMS var planlagt for å erstatte dagens fjernstyringssystemer allerede tilbake i 2022. Utviklingen av TMS systemet er forsinket og fokuserer nå først på å få på plass grunnleggende fjernstyringsfunksjonalitet for styring av ERTMS strekninger. Basert på den utviklingstakten Hitachi har for dette systemet, så kan det antas at en løsning for sanntidsdata kan være på plass rundt 2030.

I og med at utviklingen av TMS er pågående som et eget prosjekt under ERTMS-programmet, så forventes det ikke vesentlig behov for å øke antall ressurser med hensyn på sanntidsdata, men det kan være behov en viss økning ifm. integrasjon mellom TMS og C-DAS TS.

VICOS

Siemens dokumentasjon viser at VICOS OC-familien er modulær, skalerbar og laget for integrasjon av nye funksjoner, inkludert automatisering og eksterne systemer.

VICOS støtter:

- åpne grensesnitt for integrasjon av nye funksjoner og eksterne systemer
- moduler med ulike automatiseringsnivåer
- fremtidig utvidelse av både funksjonalitet og infrastrukturtilkoblinger

Det finnes ingen tekniske barrierer mot å utvide VICOS med:

- sanntids ruteplan (automatisk generering og oppdatering)
- sanntids dispatch (automatisk konflikthåndtering og optimalisering)

VICOS benyttes av mange Jernbaneforetak og har derfor en langsiktig utvikling av systemet.

Trafikkstyringssystemet ble tatt i bruk i 1997 samtidig som Gardermobanen sto ferdig. Systemet har hatt en kontinuerlig utvikling både teknisk og funksjonelt siden det ble tatt i bruk, og styrer per i dag store deler av jernbanenettet i Sør-Norge.

Siemens er leverandør av trafikkstyringssystemet VICOS. Leverandøren har et produkt under utvikling som kan støtte det å levere sanntidsdata til C-DAS eller ATO-løsninger. Bane NOR har per nå ingen kontrakt for å videreutvikle VICOS med hensyn på sanntidsdata.

Tidlig innføring av C-DAS vil gi størst nytte i områder med stor trafikk tetthet. Det sentrale østlandsområdet har størst trafikk tetthet på jernbanen og er styrt av VICOS. Hvis man skal få størst nytte tidlig fra C-DAS må VICOS videreutvikles til å kunne levere sanntidsdata.

Kostnaden forbundet med dette kan antas tilsvarende som angitt for en videreutvikling av TMS for sanntidsdata som angitt i KVV for ATO, og det vil også være en kostnad for integrasjon mellom TMS og C-DAS i infrastruktur.

En utvikling og integrasjon av et nytt delsystem for sanntidsdata kan antas å ha en varighet på minimum 2 år fra kontraktsinngåelse. I tillegg vil det være behov for integrasjon mot C-DAS i infrastruktur, og det antas at en løsning for sanntidsdata kan være på plass rundt 2030.

EBICOS

EBICOS er et eldre generasjons trafikkstyringssystem, men har dispatch-lignende funksjoner som brukes i andre land. Trafikkverket i Sverige er hovedbruker av dette systemet og sørger for mesteparten av utviklingen for systemet.

EBICOS ble første gang tatt i bruk i 1977 samtidig som nytt signalanlegg på Oslo Sentralstasjon ble tatt i bruk. Systemet har hatt en kontinuerlig oppdatering/fornyelse siden det ble tatt i bruk, men ingen store evolusjoner mht. funksjonalitet siden 1992 når Automatisk Togledelse (ATL) ble tatt i bruk.

Systemet styrer Oslo S, Skøyen, Lodalen og Follo-/Østfoldbanen til Ski, samt Østfoldbanenes Østre linje.

Etter at trafikkverkets stoppet utviklingen av neste generasjons trafikkstyringssystem kan det antas noe mer videreutvikling av EBICOS og som muligens kan innbefatte sanntidsdata for en C-DAS løsning.

EBICOS kan videreutvikles, men plattformen vurderes ikke som egnet for større endringer siden:

- Systemet benyttes av få infrastrukturforvaltere
- Bane NOR er i ferd med å ta i bruk et nytt landsdekkende trafikkstyringssystem
- EBICOS er utviklet av Bombardier, som nå er kjøpt opp av Alstom og har derfor en uklart framtid.

Det er per nå ingen videreutvikling av EBICOS i regi av Alstom med hensyn på å kunne levere sanntidsdata til en C-DAS løsning, og Bane NOR har ingen kontrakt med leverandør med hensyn på dette.

Kostnaden forbundet med dette kan antas tilsvarende som angitt for en videreutvikling av TMS for sanntidsdata som angitt i KVV for ATO, og det vil også være en kostnad for integrasjon mellom TMS og C-DAS i infrastruktur.

For at EBICOS skal kunne levere sanntidsdata kan det antas en varighet på minimum 4 år fra kontraktsinngåelse. I tillegg vil det være behov for integrasjon mot C-DAS i infrastruktur. En løsning for sanntidsdata kan derav tidligst antas ferdigstilt i 2030.

Rail Manager

Trafikkstyringssystemet har et funksjonelt brukergrensesnitt for manuell togledelse og enkel automatisering, men mangler i dag avansert sanntids ruteplanlegging.

Dersom systemet utvides med prediktive algoritmer, konflikteteksjon, dataintegrasjon fra Banedata og regelmotorer for automatisk avvikshåndtering, vil Rail Manager i prinsippet kunne levere sanntids trafikkstyring og dynamiske ruteplaner.

Systemet ble tatt i bruk i 1990 samtidig som Rørosbanen ble fjernstyrt. trafikkstyringssystemet har hatt en kontinuerlig utvikling på teknisk side, men ingen store endringer mht. funksjonalitet. Systemet styrer per i dag i hovedsak deler av Nordlands- og Rørosbanen.

Rail Manager kan videreutvikles, men plattformen vurderes ikke som egnet for større endringer siden det krever betydelig videreutvikling, spesielt på algoritme og dataintegrasjonssiden.

Hitachi er leverandør av trafikkstyringssystemet Rail Manager. Leverandøren har ingen produkt under utvikling som kan støtte det å levere sanntidsdata til C-DAS, og Bane NOR har ingen kontrakt med leverandør med hensyn på dette.

Kostnaden forbundet med dette kan antas tilsvarende som angitt for en videreutvikling av TMS for sanntidsdata som angitt i KVV for ATO, og det vil også være en kostnad for integrasjon mellom TMS og C-DAS i infrastruktur.

Leverandør har per nå ingen utviklingsmiljø for systemet, og også meget begrenset med ressurser for å håndtere dette selv i daglig drift/endringer. Det er derav stor usikkerhet om det i det heletatt er mulig å gjennomføre en videre utvikling av systemet.

Tabell 4: Samlet vurdering av teknisk egnethet

System	Tekniske forutsetninger	Egnethet for sanntids ruteplan	Egnethet for trafikkstyring	Kommentar
TMS	Moderne, modulær, åpne grensesnitt			Best egnet; arkitektur designet for utvidelser
VICOS	Moderne, modulær, åpne grensesnitt			Best egnet; arkitektur designet for utvidelser
EBICOS	Har dispatch-bruk internasjonalt			Tekniske muligheter finnes, men plattformen er aldrende
Rail Manager	Eldre teknologi og enkel teknologi,			Svært begrenset mulighet for utvikling. Leverandør uten utviklingsmiljø

Tabell 5: Samlet vurdering av kostnad og risiko

System	Kostnad	Risiko mht. framdrift	Risiko mht. ressursbehov	Kommentar
TMS				Løsning under utvikling, del av ERTMS-programmets leveranse
VICOS				Løsning under utvikling, eget prosjekt må opprettes, inngå avtale med leverandør
EBICOS				Løsning finnes ikke, eget prosjekt må opprettes, inngå avtale med leverandør
Rail Manager				Løsning finnes ikke, eget prosjekt må opprettes, inngå avtale med leverandør

Alle trafikkstyringssystemene Bane NOR besitter kan i prinsippet videreutvikles til å støtte sanntids ruteplan og trafikkstyring. En videreutvikling av VICOS, EBICOS og Rail Manager med integrasjon av et nytt delsystem for sanntidsdata vil måtte settes opp som egne prosjekter med dedikerte ressurser. Et C-DAS system krever både sanntidsdata og kjøreprofil.

Derav må det i tillegg til ressurser for prosjektgjennomføringen mht. anskaffelse, utvikling og integrasjon, så må det tilgjengeliggjøres ressurser for å ta fram infrastrukturdata. Data fra eksisterende infrastruktur har en langt lavere kvalitet enn ERTMS-relaterte infrastrukturdata, noe som kan gi en lavere nytteverdi av C-DAS.

VICOS vurderes som best egnet for en slik videreutvikling, Rail Manager har en moderne nok plattform til å utvikles, mens EBICOS er det systemet med størst teknisk aldring og dermed lavest fremtidig egnethet.

Kostnader og risiko mht. framdrift og ressursbehov tilsier at TMS er den mest rasjonelle veien å gå mht. et velfungerende C-DAS. Men dette systemet blir kun realisert for å styre/kontrollere ERTMS-strekninger, og derav vil effekten av en tidlig-implementering av C-DAS være begrenset til når strekninger tas i bruk med ERTMS.

Av de eksisterende trafikkstyringssystemer så er en videreutvikling av VICOS den mest realistiske plattformen, dette fordi leverandøren allerede har et produkt under utvikling, men også grunnet leverandørens ressurspool for denne type oppgaver.

EBICOS kan følge som en god nummer to med riktig satsing, men det er usikkerhet om hvorvidt leverandøren ønsker å gå videre med en videreutvikling av systemet iht. hva Bane NOR har behov for.

Rail Manager benyttes kun av Bane NOR og leverandør har ingen utviklingsmiljø så dette vurderes som en ikke-realistisk vei å gå.

8 Mulighetsstudie for Ap. 3.2 Tidlig innføring av C-DAS i kjøretøy

All tekst og alle figurer i underkapitler til dette kapittelet er utarbeidet innenfor arbeidspakke 3.2 av Norske tog. Noen steder er det lagt til mindre tilleggsbetraktninger eller presiseringer fra Jernbanedirektoratet, for å utfylle i henhold til Utredningsinstruksen eller konteksten til denne supplerende utredningen.

8.1 Dagens situasjon – Nullalternativet

Norske tog har i dag to kontrakter for leveranse av nye togsett over de neste årene for å erstatte eldre og utgående togmateriell. Kontrakten for leveranse av nye lokal- og regiontog ble signert med Alstom i 2021, mens kontrakten for anskaffelse av nye fjerntog ble signert med Stadler i 2023. I begge prosjektene leveres togsettene med ERTMS og C-DAS ferdig installert fra fabrikk:

- **Lokaltog- og regiontog, N05 og N06** (togprodusent: Alstom)

Alstom-togene utstyres med et C-DAS-system utviklet av Hitachi (Cubris Greenspeed) og er tilsvarende det DSB får levert til sine nye tog i Danmark. C-DAS-leveransen er utviklet i henhold til SFERA-standarden for datautveksling mot landsiden. Systemet utstyres på 55 togsett med mulighet for utvidelse til flere ved avrop av opsjoner i kontrakten (totalt 200 togsett ved full leveranse).

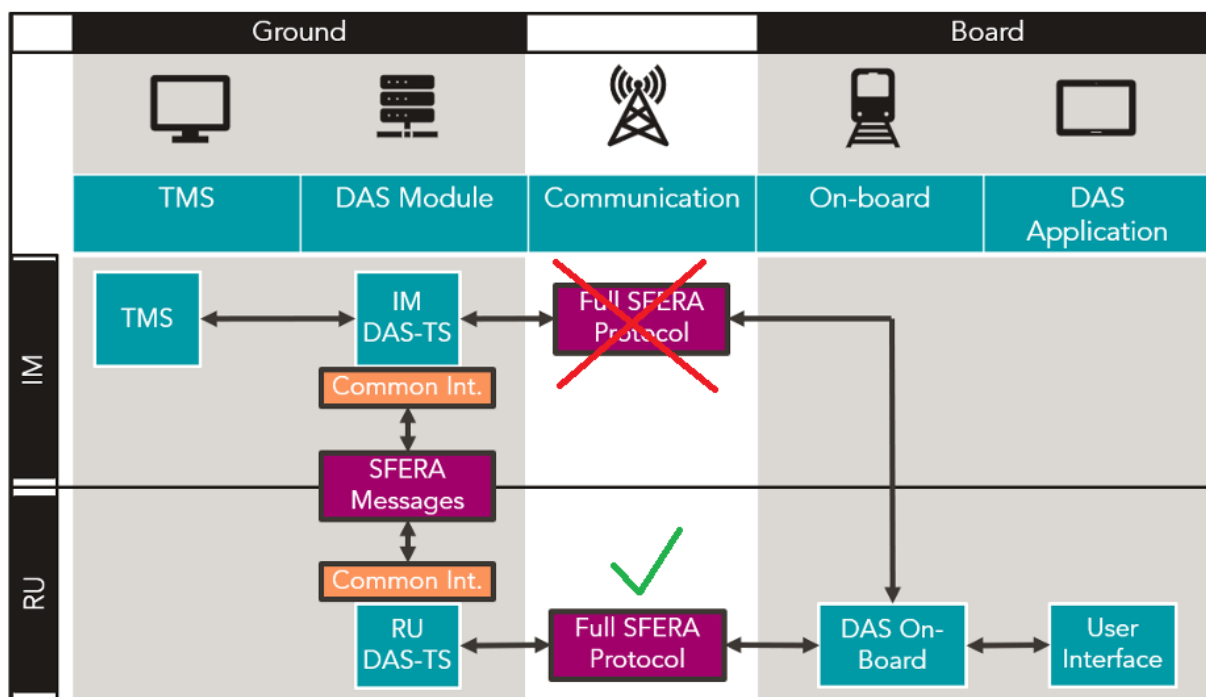
C-DAS-systemet er integrert med kjøretøystyringen (TCMS) og viser kjøreanvisninger til fører på IDU-skjermen som er installert i førerbordet. C-DAS-systemet får informasjon om «tillatt hastighet» fra ERTMS-systemet ombord. C-DAS-systemet fra Hitachi støtter bruk av «adaptiv cruise control» og semiautomatisk kjøring ved at kjøretøystyringen automatisk regulerer hastighet etter C-DAS-systemets anbefaling. Merk at dette kun er mulig på ERTMS-utstyrte linjer hvor ERTMS-systemet ombord sender «tillatt hastighet» til C-DAS og kan kun aktiveres av fører når togets hastighet er over 30 km/t.

- **Fjerntog, N10** (togprodusent: Stadler)

For nye fjerntog er Stadler leverandør av det fullintegrerte C-DAS-systemet. Dette utstyres på 17 togsett (basiskontrakt) med mulighet for flere ved avrop av opsjoner for leveranse av flere togsett (totalt 50 til 83 togsett ved full leveranse).

I likhet med Alstom-togene, er også C-DAS på nye fjerntog integrert med kjøretøystyringen og viser kjøreanvisninger til fører på IDU-skjerm i førerbordet. C-DAS-enheten til Stadler har også støtte for «adaptiv cruise control» som funksjon, men leverandøren ønsker ikke å aktivere dette før ERTMS-systemet ombord er oppgradert med grensesnitt for ATO (jf. TSI CCS 2023 og ETCS baseline 4). Dagens ERTMS-system installert i norsk togmateriell har en systemversjon som følger ETCS Baseline 3.6.0. Leverandøren har bekreftet at C-DAS-enheten kan oppgraderes med ny programvare for ATO hvis dette blir aktuelt på et senere tidspunkt.

I begge prosjektene foregår tog-til-land-kommunikasjonen (mellom DAS On-Board ↔ RU DAS-TS) over kommersielt 4G/5G-telenett med redundante modem og SIM-kort fra ulike teleoperatører for best mulig dekning. Begge systemene støtter SFERA-standarden og har følgende, forenklede arkitektur for datautveksling:



Figur 15: Foretrukket bruk av SFERA grensesnitt

I begge prosjektene er serveren benevnt RU DAS-TS plassert i et datasenter gjennom avtaler med togprodusentene. Konseptene til leverandørene forutsetter at infrastrukturforvalter tilbyr data om infrastruktur og togets rute (Journey Profile og Segment Profile jf. SFERA) gjennom en IM DAS-TS-server, mens serveren RU DAS-TS forvalter data relatert til kjøretøyet (Train Characteristics jf. SFERA). Dette er tilsvarende oppsett med samme protokoll som Trafikverket og DSB innfører i Sverige og Danmark. Dette vil bidra til at togenes C-DAS-systemer er kompatible for bruk også i Sverige og Danmark, noe som er særlig aktuelt for fjerntog som N10.

8.2 Kartlegging av mulige tekniske løsninger for kjøretøy

8.2.1 Førerstøttesystemer med statisk og dynamisk data

Det finnes to hovedtyper av førerstøttesystemer:

- C-DAS (Connected – Driver Advisory System) bruker eksterne datakilder for å gi sanntidsinformasjon og oppdatert veiledning til togfører.
- S-DAS (Standalone - Driver Advisory System) opererer som en autonom enhet og baserer seg på statisk data som kun endres ved planlagte endringer i ruteplanen. S-DAS er derfor betydelig mer begrenset i sin evne til å tilpasse seg endrede forhold underveis, som avvik fra ruteplan og midlertidige saktekjøringer.

Erfaringer gjort fra NSB sin S-DAS-test på FLIRT-togene i 2014 er at det forekommer såpass mye avvik fra statisk ruteplan i Oslo-området at DAS-systemet bør være «connected» for å få oppdatert data om ruteplan underveis. Et «connected» førerstøttesystem gjør at både fører og togleder får et felles bilde av den gjeldende ruteplanen og at fører får kjøreanvisninger basert på det faktiske trafikkbildet. Dette påvirker potensielle gevinster som økt punktlighet og redusert energiforbruk.

For fjerntog og godstog, og ved kjøring på lengre strekninger der det er færre stopp underveis, kan det likevel være gevinster å hente ved bruk av S-DAS. Dette vil først og fremst være i form av redusert energiforbruk. Fra leverandør er det anslått at man kan oppnå opptil 5 – 10 % i redusert

energiforbruk med S-DAS. På toppen av dette vil man kunne redusere forbruket ytterligere med 5 – 10 % ved bruk av C-DAS. Under utprøving av et S-DAS-system på Jærbanen i 2015 viste man at man også kunne oppnå positive effekter på kjøretid med lokaltog. Her oppnådde man i gjennomsnitt ca. 40s tidligere avgang og ca. 30s tidligere ankomst med førerstøttesystem som baserte seg på statiske data.

I arbeidet med å undersøke ulike tekniske løsninger har det blitt forutsatt at C-DAS er det foretrukne alternativet (fremfor S-DAS) da dette er DAS-varianten som inngår i utredningen «Tidlig innføring av C-DAS» og som tidligere ble vurdert i KVV ATO. Funksjonsnivået som en S-DAS-løsning gir vil likevel kunne gjøre seg gjeldende som en fallback-løsning for et C-DAS-system i følgende situasjoner:

- I en overgangsperiode før sanntidsinformasjon fra infrastrukturforvalter er tilgjengelig. Dette kan særlig være aktuelt for togtyper der C-DAS allerede er montert, som ved nyanskaffelser.
- For kjøring på deler av en toglinje dersom sanntidsinformasjon ikke er tilgjengelig for hele strekningen. Dette kan bli et alternativ dersom man ruller C-DAS gradvis ut på jernbanenettet i Norge.
- For kjøring i områder der det ikke er nettdekning langs jernbanen eller man opplever midlertidige utfall.

Tabell 6: Sammenligning av Connected (C) og Standalone (S) DAS

Egenskap	S-DAS (Standalone DAS)	C-DAS (Connected DAS)
Oppdatering av data	Data lastes ned kun ved start av reisen. Ingen løpende oppdateringer.	Har kontinuerlig kommunikasjon med landsidesystemer og får sanntidsoppdateringer.
Ytelse	Kan gi energioptimal kjøring og noe tidsbesparelse, men reagerer ikke på endringer i trafikkbildet underveis. Fører må selv håndtere endringer som oppstår grunnet forsinkelser.	Tilpasser hastighetsprofilen fortløpende ved endringer i trafikkbildet. Systemet mottar informasjon om avvik og oppdaterer kjøreråd dynamisk for å unngå unødvendige stopp og konflikter.
Førerstøtte	Øker førerstøtte og kalkulerer råd for fører. Begrenset verdi ved forsinkelser og uforutsette endringer.	Øker førerstøtte, spesielt ved uforutsette endringer.
Egnethet	Primært på linjer der det er mindre avvik og endringer fra planlagt ruteplan.	Alle strekninger. Får størst effekt ut av tilgang på sanntidsdata på linjer der det ofte forekommer mye avvik fra planlagt ruteplan.

8.2.2 Datautveksling til C-DAS i tog (direkte/indirekte)

Ved innføring av C-DAS på eksisterende infrastruktur kan man distribuere data fra infrastrukturens side til ombordsystemene på to forskjellige måter. De to arkitekturene er bygd opp av fire moduler:

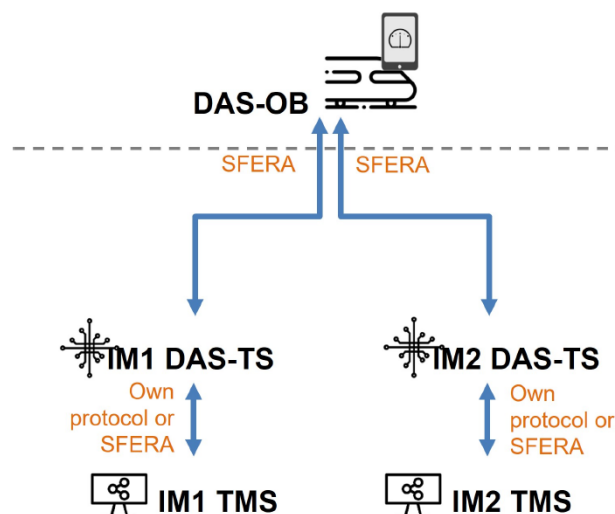
- **TMS:** TMS drives av infrastrukturforvalter og er datakilden som trengs for at et C-DAS-system skal fungere. Systemet beregner og oppdaterer ruteplaner for tog, og sender disse videre til IM DAS-TS på et valgfritt format. Begrepet TMS brukes her i vid betydning og inkluderer alle underliggende systemer som trengs for å innhente infrastrukturdata og periodisk oppdatert ruteplan.
- **IM DAS-TS:** Dette er modulen som håndterer datakommunikasjonen mot RU DAS-TS (indirekte oppsett) eller direkte mot DAS-OB (direkte oppsett). IM DAS-TS kan være en integrert del av TMS. Modulen sender og mottar data på SFERA-format fra DAS-systemet ombord i togene.
- **RU DAS-TS:** RU DAS-TS er en valgfri mellomliggende server mellom IM DAS-TS og togets DAS-OB. Når den brukes, håndterer den forbindelsen mellom infrastrukturens side og ombordsystemet. For å sikre interoperabilitet anbefales det at SFERA-protokollen benyttes for datakommunikasjon mellom RU DAS-TS og DAS-OB.
- **DAS-OB:** DAS-modulen ombord i togene. Sender og mottar informasjon fra RU DAS-TS (indirekte oppsett) eller IM DAS-TS (direkte oppsett) på SFERA-format.

Modulene kombineres for å danne arkitekturen til et direkte eller indirekte serveroppsett.

1. Direkte oppsett: IM DAS-TS ↔ DAS-OB

I et direkte oppsett sendes data fra infrastrukturforvalterens DAS-TS rett til ombordsystemet (DAS-OB). All nødvendig informasjon distribueres uten mellomledd, og eventuelle avbrudd håndteres av ombordsystemet ved å bruke data som allerede er lagret ombord. Dette gir en enkel

Figur 16: Oppsett med direkte kommunikasjon



arkitektur med få komponenter, men robustheten avhenger av stabil kommunikasjon mellom infrastrukturens systemer og toget.

Tabell 7: Oppsett med direkte kommunikasjon

Fordeler	Ulemper
• Færre komponenter gir enklere arkitektur og mindre kompleksitet. • Ingen mellomledd som kan introdusere forsinkelser eller feilkilder.	• Mindre fleksibilitet dersom flere RU-er eller ulike leverandørløsninger skal integreres (kompatibilitet).

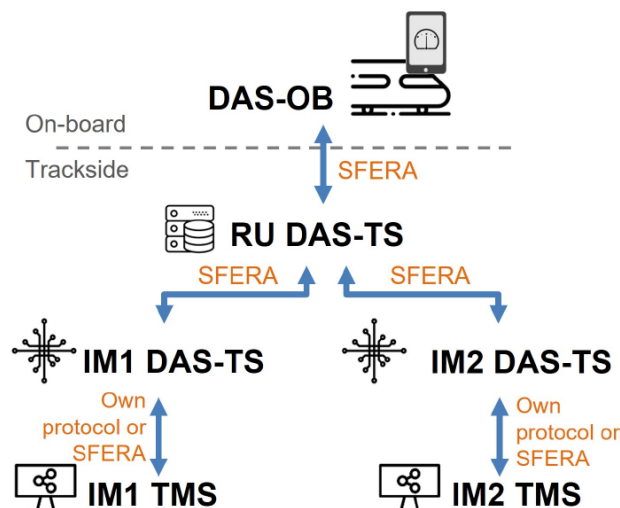
- Raskere ende-til-ende dataflyt.
- Direkte oppsett egner seg godt for C-DAS-C (sentralisert førerstøttesystem) hvor man sentraliserer alle DAS-kalkulasjoner og all databehandling hos infrastrukturforvalter.
- Gir et forskjellig oppsett fra Sverige og Danmark med tanke på interoperabilitet.
- Stiller høyere krav til teknisk løsning hos infrastrukturforvalter som må håndtere flere typer data og håndtere mer data.
- Mindre påvirkningsmuligheter for togoperatører og ingen direkte tilgang på data sendt tilbake fra ombordsystemene.

2. Indirekte oppsett: IM DAS-TS ↔ RU DAS-TS ↔ DAS-OB

I et indirekte oppsett går data først via RU DAS-TS før de sendes videre til DAS-OB. RU DAS-TS fungerer som et mellomledd uten egen databehandling eller mellomlagring av infrastrukturdata. Løsningen gir økt fleksibilitet, spesielt når flere operatører eller ulike leverandørløsninger skal samhandle.

Arkitekturen er særlig nyttig når operatør eller togeier (RU) ønsker innsyn i data som sendes fra togene, eksempelvis for analyser, drift eller kvalitetsoppfølging. Oppsettet kan også være nyttig dersom infrastrukturforvalter (IM) ikke ønsker direkte nettverkskommunikasjon med togsystemene av hensyn til IT-sikkerhet, eller togeier ønsker full kontroll på kommunikasjonskanalen inn til systemer i sine tog. Oppsettet gir togeier bedre kontroll over dataflyten og åpner for at operatør kan legge til funksjonalitet etter egne behov. Det gjør det også

Figur 17: Oppsett med indirekte kommunikasjon



mulig for operatør eller togeier å påvirke spesifikke C-DAS-parametere og tilpasse hvilke data som sendes til ombordsystemet.

I det indirekte oppsettet har man utvidet arkitekturen med mellomleddet RU DAS-TS. Dette leddet kan ha følgende funksjoner:

- Sikre og autentisere tilkoblingen fra DAS-OB i togene, og formidle og videresende data mellom DAS-OB i togsettene og IM DAS-TS hos infrastrukturforvalter
- Rulle ut ny programvare til C-DAS i togene via «over-the-air»-oppdateringer

- Hente ut info om systemversjoner fra DAS-OB per togindivid og togflåte, og status på systemer og tjenester som er nødvendige for DAS-funksjonen
- Håndtere togdata («train characteristics») som brukes av C-DAS, som fysisk informasjon (lengde, vekt) og togegenskaper (traksjon og bremsekraft)
- Sikre full kompatibilitet mellom DAS-OB i togene og infrastrukturen, også der leverandørspesifikke parametere benyttes (f.eks. «Network Specific Parameters» jf. SFERA-protokollen)

Tabell 8: Oppsett med indirekte kommunikasjon

Fordeler	Ulemper
RU DAS-TS fungerer som et fleksibelt mellomledd som muliggjør kompatibel integrasjon mellom flere operatører (RUer), leverandører og infrastrukturforvalter. Bedre egnet ved behov for interoperabilitet. Bedre datakontroll og tilgangsstyring for togeier/operatør. Mulighet for å standardisere grensesnittet mot IM DAS-TS nært opptil SUBSET-126 (ATO).	Mer kompleks arkitektur med flere komponenter og flere mulige feilkilder. Økte driftskostnader for operatører som eventuelt må anskaffe RU DAS-TS-server selv. Mindre sentralisert styring for infrastrukturforvalter.

Tabell 9: Sammenligning av oppsett med direkte og indirekte kommunikasjon De to alternativene kan oppsummeres og sammenlignes i en tabell:

Egenskap	Direkte	Indirekte
Data-behandling	Direkte transport fra IM DAS-TS til DAS-OB	RU DAS-TS videresender data sendt mellom IM DAS-TS og DAS-OB
Kompleksitet	Lav	Moderat - et ekstra lag i arkitekturen
Fleksibilitet	Mindre fleksibel, stiller strengere krav til kompatibelt grensesnitt for DAS-OB	Bedre støtte for flere forskjellige operatør- og leverandørløsninger
Datakontroll	Infrastrukturforvalter kontrollerer all data som blir sendt til og fra DAS-OB	Operatør er en del av distribusjonsskjeden og kan hente ut informasjon direkte fra DAS-OB
IT-sikkerhet	Færre grensesnitt og dermed mindre angrepsflate, men avhengighet av direkte kobling og sertifikatutveksling mellom IM og tog	Flere komponenter og grensesnitt krever strengere sikkerhetskontroll, men muliggjør bedre isolasjon mellom IM, RU-systemer og andre togsystemer i togsettene
Egnet for	Enkle systemer med én RU eller et felles nasjonalt DAS-OB-system, begrenset behov for operatørinnsyn eller systemtilpasninger etter	Miljøer med flere RU-er, behov for datadeling, ekstra funksjonalitet eller ulike leverandørplattformer, større

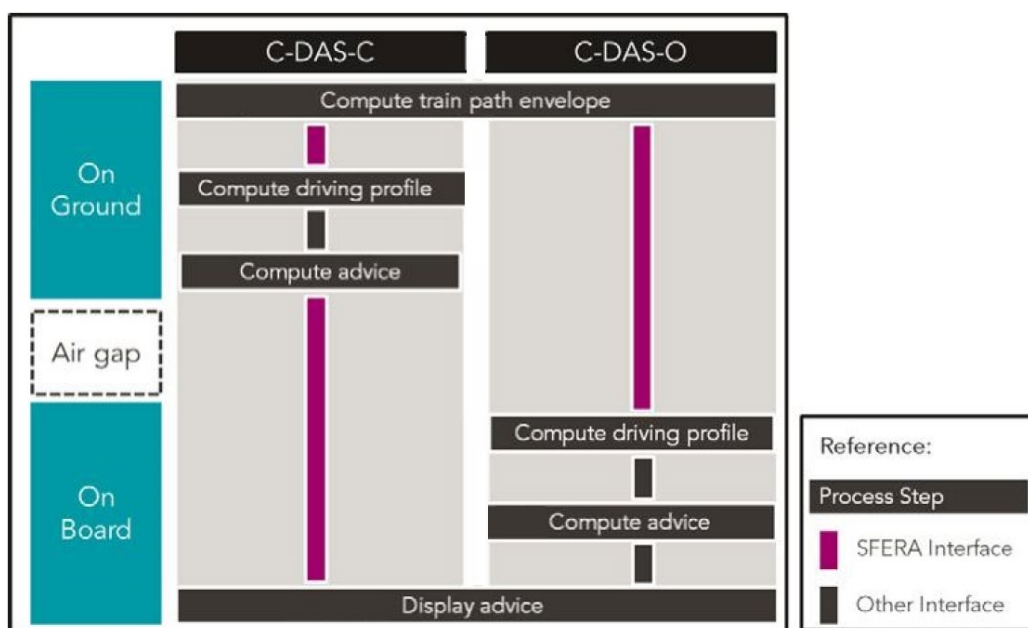
leverandør og operatørbehov, mindre anskaffelser

anskaffelser og driftsavtaler for RU DAS-TS

Det vurderes som mest hensiktsmessig å benytte et indirekte oppsett, ettersom dette ligger nærmest ATO arkitekturen og reduserer behovet for å utvikle flere tilpassede grensesnitt hos Bane NOR. Antall nødvendige serveroppsett (RU DAS TS) avhenger av hvor mange ulike leverandørløsninger som tas i bruk. For å unngå kompatibilitetsutfordringer som kan forsinke tidlig innføring av C-DAS og virke negativt på ytelsen, bør RU DAS TS tilpasses den om bord-løsningen som benyttes i togene. Dersom man gjennomfører en større anskaffelse av om bord-system fra én leverandør, vil en nasjonal RU DAS TS kunne understøtte hele denne løsningen. Dersom togene utstyres med ombordsystemer fra flere forskjellige leverandører, vil det være hensiktsmessig å etablere en egen RU DAS TS som er dedikert til disse systemene.

8.2.3 Sentralisert og desentralisert førerstøttesystem

C-DAS som system kan deles inn i de to hovedvariantene C-DAS-C og C-DAS-O hvor motoren til førerstøttesystemet er lagt enten sentralt på landsiden (C-DAS-C) eller desentralisert i togene (C-DAS-O). Dette oppsettet er vist i figuren under:



Figur 18: Sammenligning av sentralisert og desentralisert arkitektur

1. C-DAS-C — «C-DAS with Centralised intelligence»

Den anbefalte kjørehastigheten til hvert tog beregnes på landsiden og vises til fører gjennom «klienten» på nettbrettet i toget. C-DAS-C benytter en sentralisert arkitektur der all beregning av kjøreråd utføres på landsiden. Ombordsystemet fungerer primært som en mottaker og presentasjonsenhet.

Hovedpunkter:

- Kjøreanvisninger (hastighetsprofiler, tidspunkter, kjørestrategi) beregnes sentralt og sendes til toget.

- Stiller strengere krav til at C DAS TS beregner togenes posisjon for å kunne gi korrekte råd.
- Ombordsystemet (C DAS OB) viser kun rådene til fører og gjør ingen beregninger.
- Egner seg godt der infrastrukturforvalter ønsker tett kontroll på førerstøttesystemet, og der kommunikasjonen er stabil og med lav forsinkelse.

Tabell 10: Vurdering av sentralisert C-DAS arkitektur

Fordeler	Ulemper
• Sentralisert kontroll gir god koordinering mot trafikkplan (RTTP) og konfliktløsning. • Mindre krav til ombordutstyr og mindre kompleksitet i togene.	• Avhengig av kontinuerlig kommunikasjon med lav forsinkelse i dataoverføring. • Større belastning og kompleksitet på landsidesystemene for C-DAS.

2. C-DAS-O — «C-DAS with Onboard intelligence»

Motsatsen til C-DAS-C er C-DAS-O hvor kjørebefalingene beregnes lokalt hos fører i toget. C DAS O står for en desentralisert arkitektur der toget selv beregner kjøreanvisninger basert på operative data mottatt fra infrastruktur.

Hovedpunkter:

- Ombordsystemet (C DAS OB) mottar «rammebetingelser» (ruteprofil, timing vinduer, segmentprofiler) fra landsiden (C DAS TS).
- Beregning av kjøreanvisninger gjøres ombord i toget.
- Ombordsystemet har vanligvis et satellittbasert posisjonssystem (GNSS) og kan operere med større toleranse for forsinkelse i kommunikasjonen med landsiden.
- Egnet der togeier og operatører har ansvar for egne C-DAS-løsninger, mens infrastrukturforvalter kun leverer data fra sine systemer.

Tabell 11: Vurdering av desentralisert C-DAS arkitektur

Fordeler	Ulemper
• Større robusthet og mindre avhengig av kontinuerlig kommunikasjon med lav forsinkelse. • Mer fleksibelt for togeiere og operatører som fritt kan velge eget ombordutstyr. • SFERA fokuserer hovedsakelig på C-DAS-O ettersom dette samsvarer med ATO-modellen og gjør SFERA og ATO-protokollene konsistente med hverandre.	• Krever mer kompleksitet ombord (systemutvikling og posisjoneringsdata). • Større risiko for variasjon i ytelse mellom ulike C-DAS-løsninger på forskjellige tog.

De to variantene kan oppsummeres og sammenlignes i en tabell:

Tabell 12: Sammenligning av sentralisert og desentralisert akitektur

Egenskap	C-DAS-C	C-DAS-O
Beregning av kjøreråd	Utføres sentralt av landsideserver	Utføres lokalt ombord i toget
Krav til posisjon	God nøyaktighet i togdeteksjon og posisjonering på landsiden	Posisjonering (GNSS og odometri) utføres nøyaktig lokalt i toget
Kommunikasjonskrav	Liten forsinkelse, stabil link	Tåler høyere forsinkelse i dataoverføring
Om bord-kompleksitet	Svært lav (kun visning av kjøreråd)	Middels (algoritmeberegninger i tog)
Fordel	Optimal sentral koordinering, alle tog får konsistente råd basert på samme planlagte trafikkmønster.	Robust og fleksibel, lik arbeidsfordeling tog - landside som ATO. Bedre fallback-løsninger ved bortfall av mobildekning, og drar nytte av odometri lokalt i togene.
Typisk bruk	Der infrastrukturforvalter ønsker å enkelt rulle ut C-DAS til togtrafikken og har full kontroll på kjøreanvisninger og beregninger.	Der operatør eller togeier ønsker kontroll på ombordløsningen og utformingen, samt større nøyaktighet på kjøreråd og økt robusthet

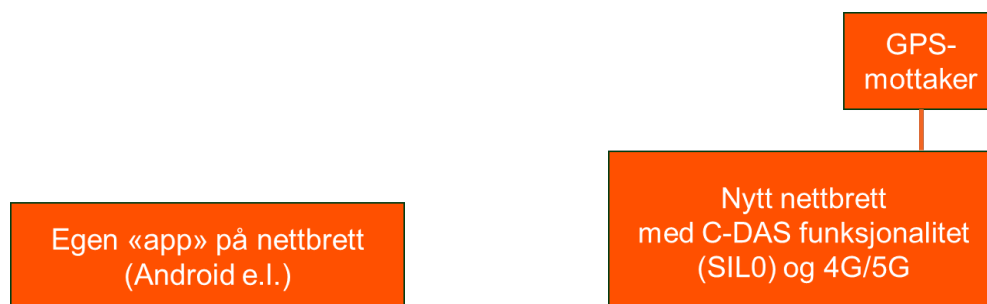
8.2.4 Implementeringstyper for kjøretøy

Følgende alternativer har blitt kartlagt for implementasjon av C-DAS i kjøretøyene:

Alternativ A: C-DAS som frittstående nettbrett

I Alternativ A blir C-DAS-informasjonen tilgjengelig for fører gjennom å innføre et ekstra nettbrett i førerrommet. Ut fra tilgjengelige produkter hos ulike leverandører kan man dele alternativ A inn i to varianter:

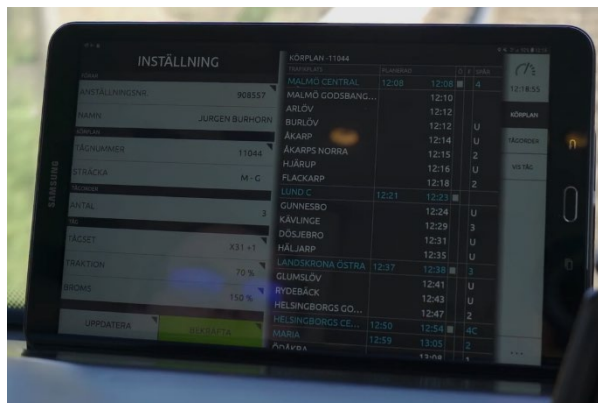
1. Vanlig, kommersielt nettbrett (Android, IOS, o.l.) som kjører en C-DAS-app eller C-DAS-klient i nettleser
2. Nettbrett fra leverandør som er utviklet spesifikt for C-DAS



Figur 19: C-DAS som nettbrett

Variant 2 kan suppleres med kabellisse for montasje av en enkel GPS-antenne på innsiden av førervinduet. Dette vil kunne gi bedre mottaksforhold for GPS sammenlignet med variant 1. I variant 2 har også nettbrettet fast strømtilførsel. Alternativ A har ingen videre integrasjon mot andre systemer i kjøretøyet. Begge variantene krever at nettbrettet har innebygd modem med SIM-kort for datakommunikasjon ut av toget. Alternativt kan nettbrettet kobles opp til togets Wi-Fi for dataoverføring i de togtypene der Wi-Fi er tilgjengelig.

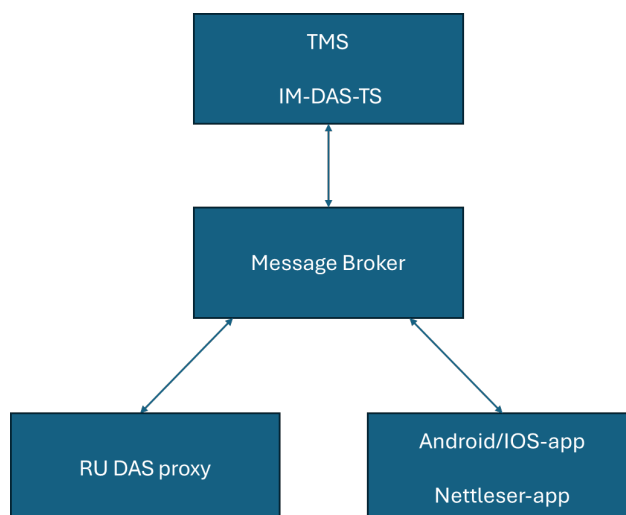
Alternativ A er fleksibel når det gjelder plassering og montasje av nettbrettet i førerrommet. Valg av skjempl plassering for en slik løsning bør gjøres i samråd med førere og ut fra ledig plass på førerbordet.



Figur 20: Eksempelbilder av nettbrettløsninger fra Cubris (til venstre - variant 1) og Knorr-Bremse (til høyre - variant 2).

I Belgia har Infrabel valgt å tilby DAS til operatører gjennom en web-app, en Android-app (tilgjengelig i Playstore) og distribusjon av data til operatørenes egne DAS-servere- og løsninger.

Dette oppsettet er skissert i figuren nedenfor:

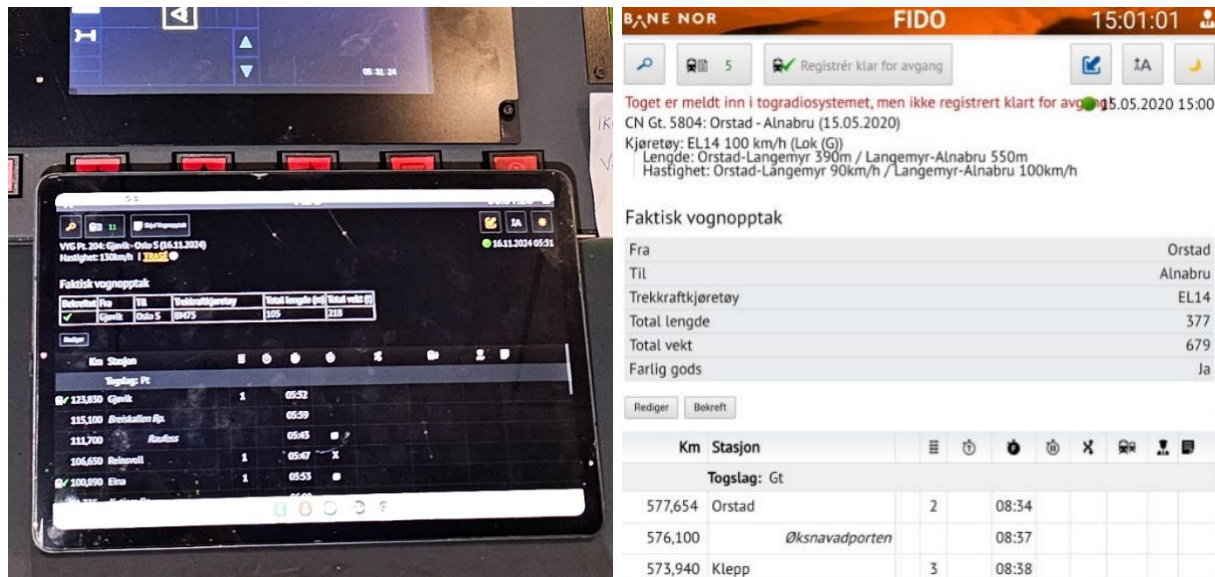


Figur 21: Den Belgiske løsningen for C-DAS som en app

Infrabel sin løsning er en C-DAS-C-løsning der den anbefalte kjørehastigheten til hvert tog beregnes på landsiden og vises til fører gjennom «klienten» på nettbrettet i toget.

Alternativ B: C-DAS på førers eksisterende nettbrett (FIDO)

I alternativ B er det foreslått å bruke førers eksisterende nettbrett til C-DAS-applikasjon. Dette nettbrettet brukes i dag ene og alene til FIDO. FIDO vises i dag på nettbrettet i form av en enkel nettside som gir fører informasjon om ruter og driftsoperative kunngjøringer distribuert fra Bane NOR. Fører bruker nettbrettet til å kvittere for alle relevante kunngjøringer.



Figur 22: FIDO-applikasjonen på nettbrettet plassert rett foran fører

For gjenbruk av eksisterende nettbrett har man to varianter:

1. Videreutvikling av FIDO til å vise C-DAS-informasjon.
2. Egen C-DAS-applikasjon som erstatter FIDO.

Et slikt alternativ der man kombinerer C-DAS med annen informasjon fra infrastrukturforvalter har blitt utviklet av SBB i Sveits («Lokpersonal Electronic Assistant» og «Adaptive Lenkung»). SBB har inkludert informasjon om ruteplan med sanntidsinformasjon, reguleringer, signalbilde, saktekjøringer og kjøreanvisninger i samme brukergrensesnittet for fører. I Sveits er dette systemet i bruk på 2000 tog, noe som gir dem en energibesparelse på 200 000kWh per dag. Anbefalt kjørehastighet blir beregnet i SBB sine landsidesystemer basert på togenes signalpasseringer som gir en oversikt over togenes posisjon. Fører blir informert om nye kjøreanvisninger gjennom et enkelt lydvarsel.

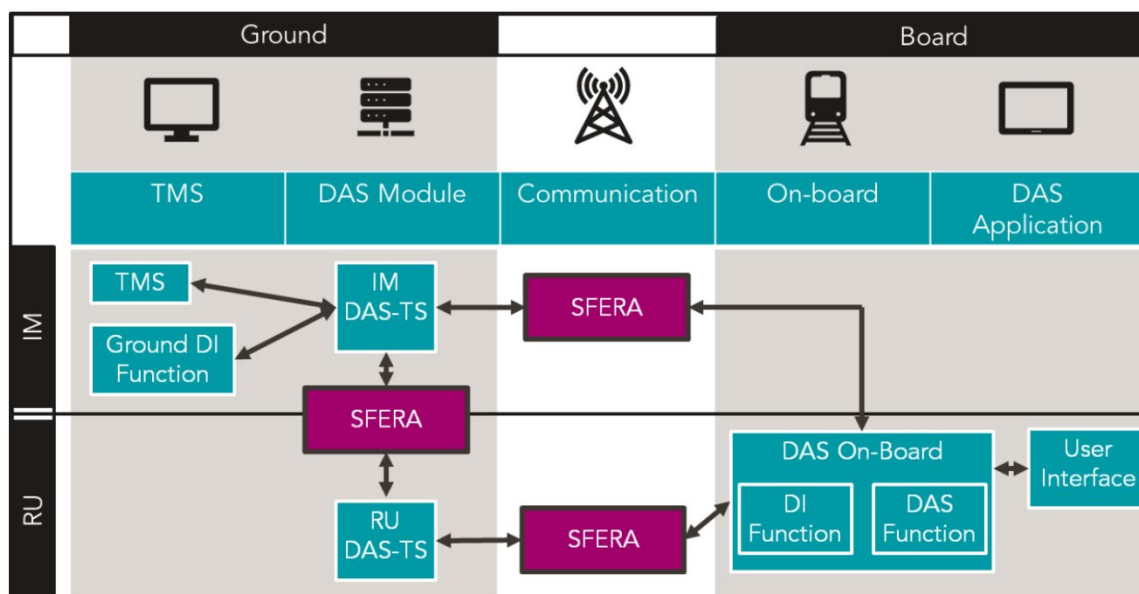
	km	-	+	AE		Olten	R150	PRO	An	Ab	13:19:42 21.03.23
	35.6	3	6	1308		Rupperswil	140 155	155	125	(13:17:2)	S0B 2368 ADL
Home	40.8	3	6			Aarau GB 257 10	155	155	125	(13:19:5)	
Tour	41.5	9	0	1308	sms	Aarau	155 140	150	125	(13:20:2)	
Fahren	42.9 51.3	5	8			Wöschnau via Eppenbergtunnel	150	160	125	(13:21:0)	-00:01:36
Formulare	43.9 45.4 46.8 48.0					→ Via Schönenwerd					Manövrieren
Dokumente	48.5 45.7 44.1	1	6	(1312)		Block S352/452 Block S353/453 Block S354/454					
Private Dokumente	42.9 39.3	1 5	4 7			Däniken	130	125	125	(13:23:4)	
				R 1304 #		Block S304/404/504/604					
						Dulliken		125	125	(13:25:0)	
	40.1					Olten	120 90	140	140	13:28:0 13:36:0	
						→ via Aarburg-O					
						Kurve Ausf	115				
						via Bornertunnel					

Figur 23: Skjerm bilde fra C-DAS løsningen til SBB. Foto: SBB

Ved valg av dette alternativet må det sikres at en slik løsning er i samsvar med «Førers regelbok» (Bane

NOR) og at C-DAS-informasjonen ikke kommer i konflikt eller tar fokus vekk fra dagens FIDO-informasjon. Med nettbrett er det også mulig å ha såkalt «split-view» for visning av FIDO i nettleser på ene siden og visning av C-DAS-applikasjon på den andre. Dette har likevel ikke blitt vurdert til å være et realistisk alternativ da begge applikasjonene vil kunne få en trunkert visning som kompliserer brukergrensesnittet mot fører.

I den sammenheng kan det nevnes at UIC har pågående arbeid for å inkludere «Digital Instructions» som en del av SFERA-protokollen. Hensikten med dette arbeidet er å erstatte skriftlige formularer og muntlige beskjeder med digitaliserte instruksjoner som leses og kvitteres ut av fører. Dette er planlagt inkludert i kommende versjon 3 av IRS 90940 (SFERA). C-DAS-leverandøren til nye lokaltog jobber med å videreutvikle sin løsning for å støtte denne SFERA-versjonen.



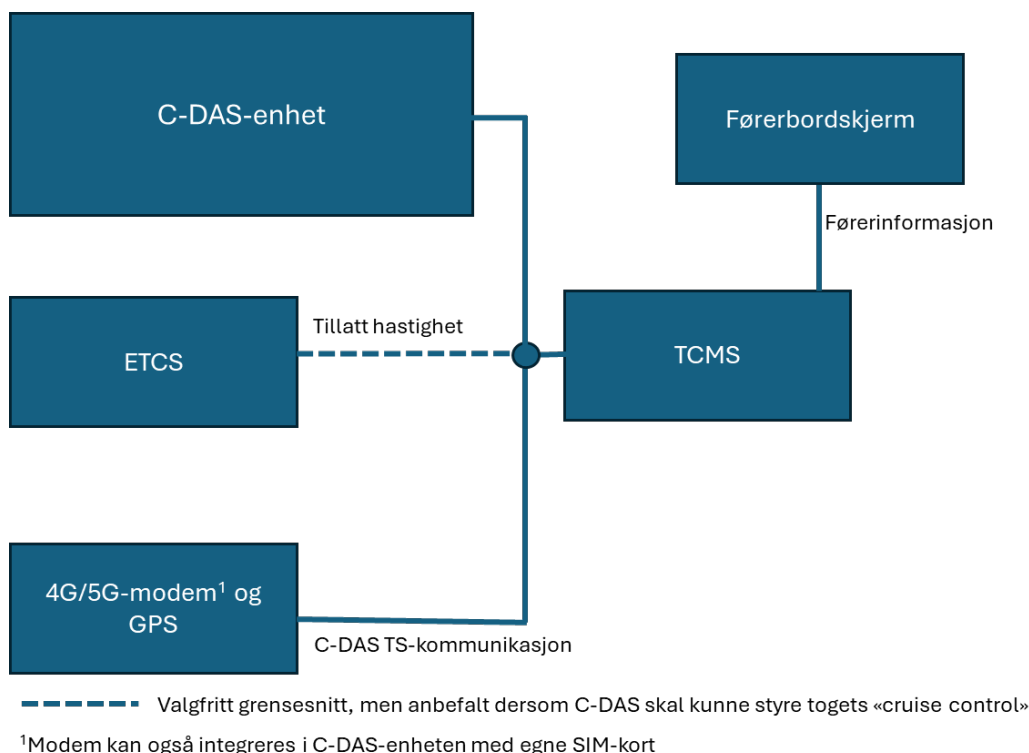
Figur 24: «Digital Instructions» (DI) inkluderes som en del av DAS-arkitekturen

Alternativ C: C-DAS som integrert løsning

I Alternativ C vises C-DAS-informasjonen til fører på eksisterende skjermer (IDU) som er integrert i førerbordet. Dette tilsvarer C-DAS-løsningene som leveres på nye lokaltog (N05/06) og fjertog (N10). Dette begrenser den fysiske installasjon til en standard industriell datamaskin som kjører programvaren til C-DAS-systemet. For nye lokaltog måler datamaskinen 30x14x6cm og kan enkelt plasseres inn i et teknisk skap i togsetteet. Basert på Norske togs erfaring vil grad av integrasjon variere hos C-DAS-leverandørene. En integrert C-DAS er koblet til nettverket på toget for å sende informasjon til førerskjerm og motta data fra tilkoblet landsideserver via togets eksisterende modem. Videre kan man implementere grensesnitt mot ERTMS ombordsystemet og kjøretøystyringen for «adaptiv cruise control». En illustrasjon av C-DAS som et integrert system i toget er vist i figuren under:



Figur 25: Datamaskin for C-DAS (til venstre) og visning av C-DAS-informasjon på eksisterende førerskjerm (til høyre)



Figur 26: Mulig oppsett for integrasjon av C-DAS i eksisterende togsett

Ved endringer på togets eksisterende systemer og ved innføring av nye må det vurderes hvorvidt endringen vil påvirke kjøretøysgodkjenning. Etter dialog med leverandører og fagpersonell har det blitt konkludert med at en C-DAS integrert med kjøretøystyringen sannsynligvis ikke vil fremtvinge en oppdatert godkjenning. Det vil først være behov for oppdatert godkjenning dersom løsningen integreres mot ERTMS ombordsystemet ettersom dette krever oppdatert systemkonfigurasjon for ERTMS.

De integrerte løsningene som Norske tog er kjent med følger et standardisert datagrensesnitt (SFERA) for datautveksling mot en landsideserver. Kjøreanvisninger beregnes lokalt ombord i toget (C-DAS-O) likt som i modellen for ATO. Etter dialog med C-DAS-leverandøren til fjerntog har det blitt avklart at deres system kan oppgraderes med programvare for ATO slik at man kan gjenbruke maskinvaren for C-DAS.

8.3 Oppsummering av (reelle) alternative tekniske løsninger

8.3.1 Sentralisert og desentralisert C-DAS

Utredningen har sett på to mulige arkitekturer for C-DAS, der man plasserer logikken enten i togsettene eller på landsiden. I en C-DAS-O-arkitektur er utregning av kjøreanbefalinger gjort lokalt av C-DAS-systemet i togsettene, mens det i en C-DAS-C-løsning gjøres sentralt gjennom en landsideserver.

C-DAS-O er den anbefalte C-DAS-varianten, og er spesielt foretrukket ved implementasjon av integrert C-DAS ettersom dette ligger tett opp mot ATO og legger til rette for en fremtidig overgang.

C-DAS-C ansees som en aktuell løsning ved valg av nettbrett. Varianten kan derfor være aktuell for togmateriell som ikke vil ha fremtidig oppgradering mot ATO og for enklere utrulling av C-DAS til kjøretøy hos mindre operatører.

Tabell 13: Vurdering av sentralisert og desentralisert arkitektur

Løsning	Ytelse	Passer for	Kommentar
C-DAS-O (desentralisert)	★★★★★	Integrerte C-DAS-løsninger på nyere togmateriell	Robust ved dekningsutfall, arbeidsfordeling som ligner ATO-strukturen
C-DAS-C (sentralisert)	★★★	Nettbrettløsninger	Enklest og raskest å rulle ut til togene, mindre nytte uten S-DAS-funksjon å falle tilbake på og mindre fremtidsrettet med tanke på ATO.

8.3.2 Indirekte og direkte oppsett

Det finnes to mulige veier som dataen kan gå mellom C-DAS-systemene i togene og på infrastrukturen, der dataen enten overføres direkte til toget uten mellomledd (direkte oppsett) eller via en mellomserver (indirekte oppsett).

Direkte oppsett fungerer godt der man ønsker lav kompleksitet og rask utrulling, men det skalerer dårlig til mange operatører eller ved blanding av leverandørløsninger i togene. Selv om det gir en svært enkel arkitektur, innebærer det også begrenset fleksibilitet for operatører og kjøretøyseier. Det enkle oppsettet gir en mer sentralisert styrt løsning, og fjerner behovet for driftsavtaler- og oppfølging av en mellomserver.

Indirekte oppsett er det mest skalerbare alternativet, spesielt hvis C-DAS skal brukes på flere ulike togtyper med forskjellige leverandørløsninger. Samtidig medfører det økt kompleksitet i arkitekturen, men gir operatørene langt større fleksibilitet gjennom bedre datatilgang, kontroll over kommunikasjon og mulighet for å legge til funksjonalitet etter egne behov. Oppsettet gir også et grensesnitt mot systemene til infrastrukturforvalter (IM DAS-TS) som vil være svært likt et fremtidig oppsett for ATO.

Tabell 14: Vurdering av direkte og indirekte kommunikasjon

Egenskap	Direkte oppsett	Indirekte oppsett
Teknisk gjennomførbarhet	★★★	★★★★★
Kompleksitet	Lav	Moderat
Fleksibilitet	Lav	Høy
Passer best for	C-DAS-C (nettbrett, enkle om bord-løsninger) - sentralt styrt C-DAS	C-DAS-O (integrerte løsninger) - forskjellige ombordleverandører

8.3.3 Teknisk løsning ombord

Det har blitt definert tre forskjellige alternativer for innføring av C-DAS til eksisterende togmateriell. Alle alternativene er i bruk i andre europeiske land og er derfor vurdert som aktuelle for alternativanalysen. De alternative tekniske løsningene for togmateriell er:

Alternativ A: C-DAS som frittstående nettbrett

C-DAS som frittstående nettbrett innebærer å installere et separat nettbrett i førerrommet som viser kjøreanvisninger uten å gjøre integrasjon mot togets eksisterende systemer. Løsningen baserer seg på bruk av innebygd modem i nettbrettet og GPS for posisjonering. Løsningen er fleksibel å montere og enkel å ta i bruk.

Alternativ B: C-DAS på førers eksisterende nettbrett (FIDO)

C-DAS på førers eksisterende nettbrett (FIDO) innebærer å gjenbruke operatørenes nettbrett som i dag fungerer som grensesnitt mot FIDO. Dette kan enten gjøres ved å videreutvikle FIDO til å vise C-DAS-data eller ved å erstatte dagens FIDO med en C-DAS-applikasjon som også inkluderer FIDO-informasjon. Løsningen er kostnadseffektiv ettersom man gjenbraker eksisterende nettbrett, men krever avklaringer mot Bane NOR og gjeldende regelverk for å unngå konflikt med dagens FIDO-funksjonalitet.

Alternativ C: C-DAS som integrert løsning

C-DAS som integrert løsning innebærer at systemet installeres som en fast del av toget og med kjøreanvisninger gitt eksisterende førersskjermer. Løsningen har tilgang til tognettverket for å hente ut odometridata og kommuniserer til landsiden via togets egne modem. Et integrert C-DAS-system krever involvering av togleverandør for nødvendig konfigurasjonsarbeid på systemene i toget. Integrerte løsninger kan støtte bruk av semiautomatisert kjøring («adaptiv cruise control») og fremtidig oppgradering til ATO.

Disse alternativene kan oppsummeres i en tabell som viser

- grad av integrasjon med andre systemer i kjøretøyene
- omfang av utviklingsjobb
- hvor lett løsningene kan skaleres til bruk på ulike togtyper og rulles ut til flere kjøretøy
- hvor nøyaktige kjørebefalingene er
- hvilke togtyper alternativene passer best til.

Tabell 15: Oppsummering av C-DAS-løsninger om bord

Implementerings-type	Integrasjons-nivå	Utvikling	Skalérbarhet	Nøyaktighet	Egnet for
Frittstående nettbrett	Ingen	Lite	Middels til høy	Middels til høy	Rask utrulling på eldre togmateriell
Eksisterende nettbrett (FIDO)	Ingen	Høy	Høy	Middels til lav	Store blandede togflåter
Integrert C-DAS	Høy	Middels til høy	Lav	Høy	Nyere togmateriell

9 Sammenstilling av mulighetsstudiet for Ap.

3.2 Tidlig innføring av C-DAS

9.1 Null-alternativet

Nullalternativet beskriver utviklingen i jernbanesystemet dersom det ikke gjennomføres nye tiltak utover allerede vedtatte og pågående investeringer i infrastruktur, materiell og digitalisering. Dette nullalternativet bygger på beskrivelser av dagens situasjon for digital infrastruktur, trafikkstyring og togframføring, og tar utgangspunkt i forventet utvikling, jf. kapittel 2.2.

Det norske jernbanesystemet er i en overgangsfase med gradvis modernisering. ERTMS innføres strekningsvis og eksisterer parallelt med konvensjonelle signalanlegg og ATC. Dette gir en fragmentert teknologisk situasjon, med flere systemer for hastighetsovervåkning og trafikkstyring i drift samtidig. Samtidig forventes etterspørselen etter jernbanetransport å øke. Uten nye tiltak vil dette forsterke kapasitetsutfordringene, særlig i bynære områder og på strekninger med høy trafikk.

Trafikkstyringen er i dag basert på flere systemer (TMS, VICOS, EBICOS og Rail Manager) med ulik funksjonalitet og begrenset samordning. Systemene mangler helhetlig, dynamisk ruteplanlegging, som er en forutsetning for avansert førerstøtte og automatisert togframføring. Punktligheten forventes derfor fortsatt å være sårbar, særlig som følge av høy trafikkbelastning og begrensninger i infrastrukturen.

Digitaliseringen av jernbanen pågår parallelt. Økt bruk av data, sensorer og integrerte systemer gir bedre overvåkning og beslutningsstøtte. Innføringen av ERTMS kan bedre driftsstabiliteten og redusere enkelte feil, særlig i signalanleggene. Samtidig gir ikke ERTMS i seg selv vesentlig økt kapasitet, og enkelte egenskaper kan føre til mer restriktiv trafikkavvikling. Potensialet for automatisering og optimalisering blir derfor i liten grad realisert uten ytterligere tiltak.

På kjøretøysiden tas det i bruk nytt materiell med ERTMS og førerstøttesystemer (C-DAS). Disse løsningene er i dag i begrenset operativ bruk, fordi nødvendig støtte på infrastrukturen mangler. C-DAS representerer dermed en ubrukt kapasitet: teknologien finnes i togene, men gevinstene tas i liten grad ut.

Kommunikasjon mellom tog og land skjer via kommersielle mobilnett (4G/5G). Den tekniske arkitekturen for datadeling er i stor grad etablert, og legger til rette for framtidig førerstøtte og automatisering. Uten organisatoriske og tekniske tilpasninger vil effekten imidlertid være begrenset. Samtidig vil økt trafikk, høyere kompleksitet og mer digital integrasjon gi et mer krevende risikobilde, både operativt og innen informasjonssikkerhet.

Når det gjelder klima og energi, vil økt transportarbeid føre til høyere energibehov. Jernbanen er energieffektiv sammenlignet med andre transportformer, men det er fortsatt behov for tiltak som gir mer effektiv drift. I nullalternativet realiseres dette potensialet i begrenset grad.

Samlet innebærer nullalternativet at jernbanesystemet moderniseres gradvis, men innenfor et fragmentert teknologisk og operasjonelt system. Dagens utfordringer vedvarer og kan forsterkes, og potensialet for forbedringer i kapasitet, punktlighet og energieffektivitet blir i liten grad tatt ut uten nye tiltak.

9.1.1 Kostnad og nytte i nullalternativet

I nullalternativet ligger det ingen vedtatt politikk eller igangsatte aktiviteter som direkte påvirker kostnads- eller nyttebildet for innføring av tidlig C-DAS eller alternativ A Førerstøtte fra KVV-en. Det betyr at det blir ikke borte noen kjente utgifter ved å vente på at nullalternativet utvikler seg, og det kommer heller ikke ny nytte uten tiltak eller redusert nytte fra utredete tiltak ved å vente.

Det kan være at kapasiteten i infrastrukturen endres ved innføring av ERTMS og at mulighetsrommet for nytte fra C-DAS og ATO blir mindre opp mot den perfekte kjøreprofilen etter ERTMS, men det finnes ingen detaljerte estimer på det. Kravet til ERTMS-programmet er at kapasiteten ikke skal bli dårligere enn på etableringstidspunktet for effektpakke E11 ERTMS. Det er derfor ingen dokumenterte holdepunkter for å estimere hverken redusert eller økt nytte-potensiale for C-DAS på grunn av innføringen av ERTMS i seg selv.

Hvis det i framtiden aksepteres høyere kapasitetsutnyttelse på dagens infrastruktur er det sannsynlig at det vi føre til flere konflikter i trafikken og gi økte forsinkelser. Økt transportbehov i framtiden tilsier en utvikling av togtilbudet, men det er ingen politikk som tilsier at det skal skje på bekostning av punktligheten.

Nullalternativet medfører dermed implisitt ingen kjente kostnader og ingen kjent endring av nytte, og netto nåverdi er dermed også null i nullalternativet.

9.1.2 Forskjeller fra nullalternativet i KVV-en

Nullalternativet i den opprinnelige KVV-en la til grunn en framtidig situasjon der ERTMS nivå 2 var fullt utbygd på hele jernbanenettet, trafikkstyringen var samlet i ett system, og kommunikasjonen var helhetlig og velfungerende. Dette var et normativt og framtidsrettet referansebilde.

I denne supplerende utredningen er nullalternativet basert på en mer realistisk, trinnvis utvikling, i tråd med kapittel 2.2. Det innebærer at:

- ERTMS er under innføring og eksisterer sammen med eldre systemer
- trafikkstyringen er fragmentert og basert på flere løsninger
- førerstøttesystemer i tog i liten grad er tatt i bruk operativt
- digital infrastruktur og dataflyt er under utvikling, men ikke fullt integrert
- kapasitets- og punktlighetsutfordringer vedvarer og kan forsterkes

Nullalternativet i denne utredningen har dermed et lavere modenhetsnivå enn i KVV-en, og reflekterer faktisk utviklingstakt og systemstatus.

Dette har betydning for vurderingen av tiltak. Når utgangspunktet er dagens situasjon, blir potensialet for tidlige gevinster større, særlig gjennom trinnvis innføring av førerstøtte og automatisering.

9.2 Sammenligningsalternativ og framtidig referansealternativ

Alternativ A Førerstøtte var konseptet som ble anbefalt i KVV-en, og innebærer innføring av C-DAS som gir togføreren kontinuerlig, sanntidsbasert beslutningsstøtte under togframføringen. Systemet mottar oppdatert informasjon om ruteplan, trafikkavvikling og infrastruktur, og gir anbefalinger om optimal hastighet og kjøremønster.

Førerstøtten skal bidra til at togene følger planlagt rute mer presist, med færre unødvendige stopp og jevnere kjøring. Dette gir bedre flyt i trafikken og reduserer forsinkelser. Samtidig legger løsningen til rette for mer energieffektiv drift gjennom mindre akselerasjon og bremsing.

Alternativet innebærer ikke automatisert togframføring. Føreren beholder det operative ansvaret, og systemet fungerer som et støtteverktøy. Dette gjør løsningen relativt enkel å innføre sammenlignet med høyere grader av automatisering.

Alternativ A kan også utgjøre et første trinn i en videre utvikling mot mer avansert automatisering av togframføringen.

Forventede effekter

Alternativ A gir moderate, men robuste effekter på sentrale målområder:

- **Punktlighet og regularitet:** Bedre etterlevelse av ruteplan gir reduksjon i forsinkelser og mer stabil trafikkavvikling.
- **Kapasitet:** Effekten er indirekte, gjennom bedre utnyttelse av eksisterende kapasitet, ikke gjennom økt fysisk kapasitet eller flere togavganger.
- **Energieffektivitet:** Jevnere kjøring gir redusert energiforbruk og mindre slitasje på materiell og infrastruktur.
- **Driftseffektivitet:** Små forbedringer i flere deler av driftssystemet gir samlet sett en effektiviseringsgevinst.

Effektene er i stor grad avhengige av hvordan systemet tas i bruk operativt, særlig hvor godt det integreres med trafikkstyring og ruteplanlegging.

Forutsetninger og betingelser

KVU-en legger til grunn flere sentrale forutsetninger for at Alternativ A skal gi ønsket effekt:

- **ERTMS som teknologisk plattform:** Alternativet forutsetter at ERTMS er implementert og gir tilgang til nødvendig informasjon om togbevegelser og tillatt hastighet.
- **Integrert trafikkstyring:** Det forutsettes etablert et helhetlig trafikkstyringssystem (TMS) som kan gi oppdatert og presis informasjon til togene i sanntid.
- **Kommunikasjonssystem:** Det må eksistere en robust og pålitelig kommunikasjon mellom tog og land (for eksempel gjennom fremtidige kommunikasjonssystemer for jernbane).
- **Tilpasning av ruteplan:** For å realisere gevinster må ruteplanleggingen tilpasses bruk av førerstøtte, blant annet gjennom mer presise tidsmarginer og bedre koordinering.
- **Operativ implementering:** Gevinstene er avhengige av at førerne bruker systemet aktivt og at organisasjonen tilpasser arbeidsprosesser og opplæring.
- **Trinnvis innføring:** Løsningen kan implementeres gradvis og tilpasses utviklingen i øvrige systemer.

Samlet vurdering i KVU-en

KVU-en konkluderer med at Alternativ A gir den beste balansen mellom nytte, kostnad og risiko.

Alternativet har relativt lave investeringskostnader og kan gi målbare forbedringer i punktlighet og energieffektivitet. Samtidig innebærer det lav kompleksitet og begrenset teknologisk risiko, sammenlignet med løsninger med høyere grad av automatisering.

Alternativ A er det eneste av de analyserte konseptene som vurderes som samfunnsøkonomisk lønnsomt, særlig når gevinster knyttet til redusert kjøretid og forbedret punktlighet realiseres.

Alternativ A som referanse for ytelse i supplerende utredning

Nytten beskrevet i KVU-en for alle konseptene forutsatte at hele infrastrukturen er bygget ut med C-DAS over ERTMS og at alle tog blir utstyrt med den samme C-DAS løsningen om bord med nye dedikerte nettbrett. Simuleringene i KVU-en viste at alternativ A Førerstøtte ga en viss reduksjon i antall forsinkelsesminutter for de reisende.

Denne ytelsen settes opp som referanse for supplerende utredning og defineres til 100% ytelse.

Tabell 16: Oversikt over ytelsen fra KVVU-en som brukes som referanse for beregning av ytelse i supplerende utredning.

Område	Tidspunkt	Gj. sn. forsinkelse i nullalternativet (minutter)	Effekt Konsept A (% av nullalternativ)	Effekt Konsept B (% av nullalternativ)
Østlandsområdet	I rush	1,19	-17 %	-19 %
Østlandsområdet	Utenfor rush	1,08	-22 %	-24 %
Utenfor Østlandet	I rush	0,76	-14 %	-2 %
Utenfor Østlandet	Utenfor rush	0,71	-19 %	-8 %
Gods	Hele døgnet	0,48	-27 %	-13 %

Ytelsen til de forskjellige løsningene og kombinasjonene i denne supplerende utredningen beskriver i hvor stor grad de oppfyller samme ytelse i prosent som den definerte referansen fra alternativ A fra KVVU for ATO. Hvis en løsning i supplerende utredning yter 60%, vil det si at den yter 0,6 ganger den referanseytelsen som ble analysert fram for alternativ A i KVVU for ATO. Hvis en løsning yter 100%, vil det si at den yter likt med referanseytelsen som ble analysert fram for alternativ A i KVVU for ATO.

Estimater for nytten for de forskjellige konseptene utredet i KVVU-en kom fra simuleringer utført i KVVU-en. Det ble tidlig klart at det i denne supplerende utredningen ikke var rom for å gjøre nye simuleringer. Tidlig innføring av C-DAS vurderer derfor forskjellige faktorer som i hovedsak skalerer ned nytten simulert i KVVU-en, som redusert datakvalitet, redusert nettdekning, endret funksjonsnivå på ombordutrustning for forskjellige togtyper, redusert antall kjøretøy som blir utrustet og redusert geografisk omfang i infrastrukturen basert på produksjonsområder.

Tilbudskonsept, rutemodell og tilhørende kjøretøydisponering tilsier hvor mange reisende som vil få glede av forbedringene som C-DAS kan medføre i forskjellige områder og på forskjellige toglinjer. Nytteten ligger i akkumulerte tidsverdier for de reisende. Det legges opp til å kjøre SAGA-modellen, som baseres på kostnad og nytte beregnet etter usikkerhets-samlingen. Det benyttes en regnearkmodell som beregner trafikantnytte for ett tiltaksalternativ av gangen. Se videre i kap. 11 om samfunnsøkonomiske beregninger.

9.3 Oppsummering av tiltaksalternativ for infrastrukturen

For å kunne ta i bruk C-DAS på det norske jernbanenettet er det to forhold det må fokuseres på. Det er implementering av C-DAS i infrastruktur og C-DAS i togmateriell.

For C-DAS i infrastruktur er det kun én teknisk løsning som er vurdert reell og egnet for formålet, men den kan implementeres i forskjellige steg og i forskjellig omfang. Denne løsningen vil også i framtiden kunne støtte bruk av ATO.

9.3.1 C-DAS i infrastruktur

C-DAS i infrastruktur er detaljert beskrevet i avsnitt 7.2. Den fungerer som en form for port eller meldingsformidler mellom trafikkstyringssystemer, herunder TMS og togmateriell.

Selv om dataene fra C-DAS i infrastruktur er statiske kan dataene variere med typen trafikkstyringssystem. Avhengig av kvaliteten på dataen må C-DAS i infrastruktur implementere mer eller mindre funksjonalitet for datakonvertering eller beregning av togbevegelser.

Med bakgrunn i anbefalinger gitt i KVV for ATO, så er en tilsvarende løsning også i denne rapporten vurdert som det eneste reelle alternativet for infrastrukturen av C-DAS.

En sentral C-DAS på infrastrukturen vil omfatte et system som kan tilby anbefalt kjørehastighet til samtlige tog som opererer på det norske jernbanenettet (as-a-service). Den sentrale infrastrukturen av systemet kan også videreutvikles til å håndtere ATO. Systemet kan implementeres og tas i bruk gradvis avhengig av hvilken strategi som velges, basert på nytte/kostvurderinger.

Dersom man legger til grunn et lavest mulig investeringsbehov ved implementering av C-DAS, og derav fokusere på strekninger hvor ERTMS allerede er utbygd, vil dette i første omgang omfatte banestrekninger med begrenset trafikk tetthet og relativt liten utstrekning. Nytteeffekten vil derfor være begrenset i innledende faser.

En annen tilnærming for å implementere C-DAS kan være å enten prioritere visse bane-strekninger eller togtyper. De mest aktuelle togtyper med hensyn til effektuttak av en investering i C-DAS vil være lokaltogsett som kjører i Østlandsområdet, og tilsvarende for lokaltogstrekninger som L1 og L2. Dette er strekninger med mange reisende og hyppige avganger, så derav vil effektuttaket relatert til innføring av C-DAS kunne tas ut relativt tidlig.

Tar man utgangspunkt i 4-trinns metodikken med hensyn på å balansere investeringskostnader opp mot nytteeffekt, vil implementering av C-DAS kunne påbegynnes/gjennomføres som alternativene angitt i tabellen nedenfor.

Tabell 17: Mulige gjennomføringsalternativer

Alt.	Ta i bruk C-DAS på	Positiv nytte tidlig	Kostnad
1	Strekninger med ERTMS	Lav	Lav
2	Dedikerte banestrekninger	Midlere	Midlere/ Høy
3	Dedikerte togtyper	Midlere	Midlere/Høy
4	Det sentrale Østlandsområdet	Høy	Høy

9.3.2 Vurderte og forkastede alternativer for C-DAS i infrastrukturen

For å kunne realisere et velfungerende C-DAS så der det noen absolutte forutsetninger som må legges til grunn.

Forutsetningene

Følgende forutsetninger legges til grunn for et velfungerende C-DAS:

1. Tilgjengeliggjøre Sanntidsdata fra trafikkstyringssystem som basis for å generere sanntidsdata
2. Tilgjengeliggjøre Infrastrukturdata som basis for å generere kjøreprofil.
3. Etablere en sentral C-DAS integrasjonsserver som har til oppgave lagre, evaluere og oversende sanntidsdata og kjøreprofil til kjøretøy.

Vurdering av løsninger for sanntidsdata

Sanntidsdata må hentes fra trafikkstyringssystemene til Bane NOR, og det er per i dag 4 forskjellige systemer som benyttes. Det er kun et av disse som per nå vil bli videre utviklet til å kunne levere sanntidsdata, og det er det nye landsdekkende trafikkstyringssystemet TMS. Det å gå videre med det nye trafikkstyringssystemet TMS som grunnlag for sanntidsdata for C-DAS vil være den minst kostnads- og ressurskrevende løsningen.

For eventuelt å få ut nytten av C-DAS tidligere enn ERTMS, mht. å kunne levere sanntids-data, så er VICOS det eneste systemet som er vurdert realistisk for en slik videreutvikling. Dette med hensyn på teknisk modenhet og leverandørens ressurspool.

EBICOS følger som nummer to med riktig satsing, men det er usikkerhet om hvorvidt leverandøren ønsker å gå videre med en videreutvikling av systemet iht. hva Bane NOR har behov for. Rail Manager benyttes kun av Bane NOR og leverandør har ingen utviklingsplan for systemet så dette vurderes som en urealistisk vei å gå.

Vurdering av løsninger for infrastrukturdata

ERTMS-signalanlegg vil inneholde infrastrukturdata av høy kvalitet (nøyaktighet), samt at alle data nødvendige for C-DAS finnes i systemet. Disse data er verifisert og kan benyttes direkte videre i et system som C-DAS (eller ATO).

Dersom man skal få tilsvarende nøyaktighet av infrastrukturdata før ERTMS, vil dette være en omfattende og ressurskrevende jobb både med hensyn på å ta fram, vaske og sortere data iht. behovet for en velfungerende C-DAS løsning.

Vurdering av C-DAS integrasjonsserver

ERTMS-kontrakten inneholder en opsjon for en C-DAS integrasjonsserver som anbefales benyttet. Fordelen med å benytte opsjonen er at leveransen er regulert av eksisterende kontrakt og at det er samme leverandør som også leverer ERTMS-signalanlegget, med hensyn på korrekte infrastrukturdata som skal implementeres i C-DAS serveren.

Alternativt må man gå ut i markedet med ny forespørsel, noe som krever at det må legges ned et større arbeid med hensyn på kravstilling, forhandlinger, etc. før en løsning kan landes.

Tabell 18: Samlet vurdering av teknisk egnethet

System	Tekniske forutsetninger	Egnethet for sanntids ruteplan	Egnethet for trafikkstyring	Kommentar
TMS	Moderne, modulær, åpne grensesnitt			Best egnet; arkitektur designet for utvidelser
VICOS	Moderne, modulær, åpne grensesnitt			Best egnet; arkitektur designet for utvidelser
EBICOS	Har dispatch-bruk internasjonalt			Tekniske muligheter finnes, men plattformen er aldrende

Rail Manager	Eldre teknologi og enkel teknologi,			Svært begrenset mulighet for utvikling. Leverandør uten utviklingsmiljø
--------------	-------------------------------------	--	--	---

Tabell 19: Samlet vurdering av egnet gjennomføring

System	Tekniske forutsetninger	Egnethet for sanntids ruteplan	Egnethet for trafikkstyring	Kommentar
TMS-kontrakt	NA	NA		Sanntidsdata er en del av leveransen
ERTMS-kontrakt	NA		NA	Løsning under utvikling, eget prosjekt må opprettes, inngå avtale med leverandør
ERTMS-kontrakt Opsjon 23		NA	NA	Løsning finnes ikke, eget prosjekt må opprettes, inngå avtale med leverandør

Kostnadsvurdering

Kostnadsestimatet for denne supplerende utredningen tar utgangspunkt i kostnadsestimatet gitt i forbindelse med KVV ATO. Kostnader beskrives videre i kap. 11.2.

For alternativene gitt i denne utredningen legges følgende forutsetninger/behov til grunn:

- Anskaffelse av C-DAS integrasjonsserver i infrastruktur for innsamling av nødvendige data, og beregne optimal kjøreprofil for tog og formidle dette til C-DAS i tog.
- Oppgradering av ett eller flere trafikkstyringssystemer for leveranse av sanntids ruteplan til C-DAS integrasjonsserver.

Følgende kostnadselementer inngår i kostnadsestimatet:

Anskaffelseskostnader:

- C-DAS i infrastruktur (integrasjonsserver)
- Sanntids ruteplan for trafikkstyringssystemer
 - TMS
 - VICOS 1 (øst)
 - VICOS 2 (sør/vest)
 - EBICOS
 - Rail Manager

Gjennomføringskostnader:

- C-DAS i infrastruktur
- TMS
- VICOS 1 (øst)
- VICOS 2 (sør/vest)
- EBICOS
- Rail Manager

Kostnadsestimatet for anskaffelse, utvikling, integrasjon og installasjon av C-DAS i infrastruktur er basert på kostnad gitt i KVV ATO for ATO i infrastruktur.

Kostnadsestimat for anskaffelse, utvikling og integrasjon av sanntids ruteplan er tilsvarende for samtlige trafikkstyringssystemer (TMS, VICOS, EBICOS og Rail Manager), og basert på kostnad gitt i KVV ATO for TMS.

Ressursbruk ved å legge inn infrastrukturdata i C-DAS integrasjonsserver for alle strekninger uten ERTMS antas å være 40 FTE.

Kostnadsestimatet tar utgangspunkt i tall fra KVV ATO i 2023-kroner, som er indeksregulert til 2025-kroner.

Driftskostnader:

For nye sanntids ruteplanfunksjoner i trafikkstyringssystemene (TMS, VICOS, EBICOS og Rail Manager) antas de å ikke medføre vesentlige økninger i driftskostnader. Begrunnelsen for dette er at funksjonaliteten i hovedsak innebærer utvidelse av eksisterende systemkapabilitet. Dette innebærer at det ikke innføres nye systemkomponenter som krever egen drift, og at eventuelle kostnader i stor grad vil inngå i eksisterende forvaltningsrutiner for hvert trafikkstyringssystem.

Driftskostnadene for C-DAS i infrastruktur for infrastrukturforvalter (Bane NOR) antas å være på nivå med kostnadene for alternativ A: Førerstøtte, slik disse er beskrevet i KVV for ATO.

Kostnadene fremgår av KVV for ATO, side 42.

Gjennomføringstid:

Den supplerende utredningen angir følgende mulige gjennomføringsalternativer:

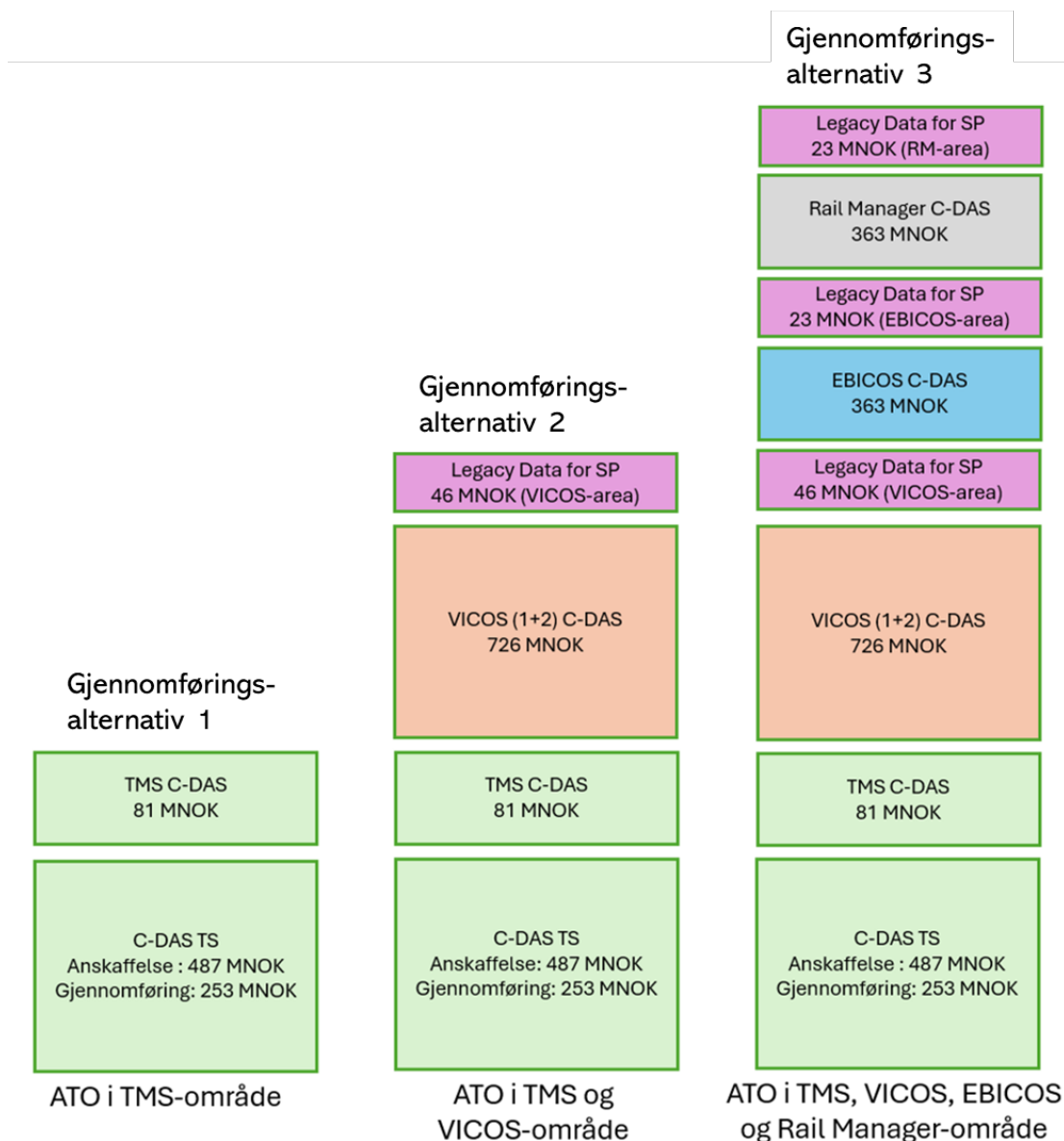
1. C-DAS i infrastruktur anskaffes og C-DAS tas i bruk ettersom strekninger ferdigstilles med ERTMS. Dette alternativet bryter med forutsetningen om «tidlig nytte» men gir den mest kostnadseffektive implementeringen av C-DAS.
2. C-DAS i infrastruktur anskaffes og C-DAS tas i bruk tidlig på områder kontrollert av VICOS trafikkstyringssystem da dette omfatter store deler av jernbanenettet hvor «tidlige nytte» kan forventes. Strekninger som ferdigstilles med ERTMS tas inn i C-DAS fortløpende ettersom disse ferdigstilles.
3. C-DAS i infrastruktur anskaffes og C-DAS tas i bruk tidlig på områder kontrollert av VICOS, EBICOS og Rail Manager trafikkstyringssystem, noe som omfatter store deler store deler av jernbanenettet (også deler hvor «tidlige nytte» kan forventes). Strekninger som ferdigstilles med ERTMS tas inn i C-DAS fortløpende ettersom disse ferdigstilles.

I kostnadskalkylen for implementering av C-DAS er kostnadene for konsept A fordelt utover mot 2038 på en måte som samsvarer med effektpakken E13C.

For konsept B og C er kostnadene for TMS fordelt omtrent likt som i konsept A. Kostnadene for EBICOS, VICOS og Rail Manager i konsept B og C er estimert og fordelt etter beste evne over en treårsperiode fra 2027 til 2030. Hensikten er å sikre at tidlig innføring av C-DAS gjennomføres tidnok til at nytteverdien blir størst mulig.

Figurforklaring for figuren nedenfor:

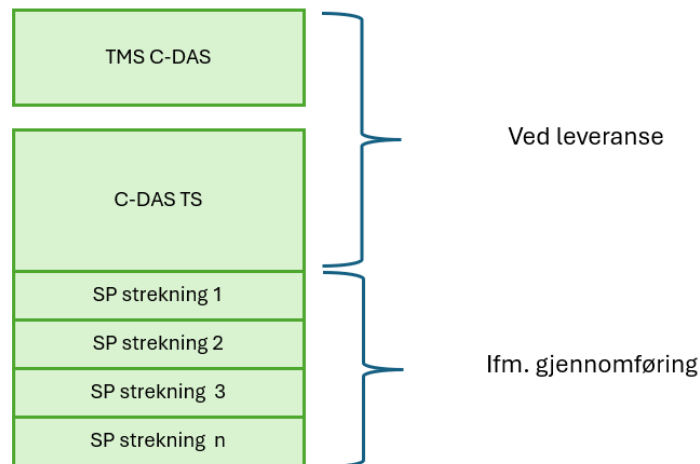
- Grønn: C-DAS integrasjonsserver i infrastruktur og tilpasning i nytt Trafikkstyringssystem.
- Oransje: tilpasning av Trafikkstyringssystem VICOS (1+2)
- Blå: tilpasning av Trafikkstyringssystem EBICOS
- Grå: tilpasning av Trafikkstyringssystem Rail Manager
- Lilla: ta fram, vaske og sortere data for en velfungerende C-DAS løsning.



Figur 27: Figuren viser fordeling av kostnader for konseptene for implementeringsmåter av C-DAS, med bakgrunn kostnadsvurderinger gjennomført ifm. KVVU for ATO

Ved innføring av C-DAS på strekninger med ERTMS, som er utgangspunktet i KVVU ATO, vil det være en leveranse kostnad som inntreffer de 2-4 første årene av et C-DAS integrasjonsprosjekt. I tillegg vil gjennomføringskostnader inntreffer ettersom strekninger med ERTMS ferdigstilles og hvor C-DAS integrasjonsserver populære med data for Kjøreprofil. Gjennomføringskostandene vil da fordele seg iht. utrullingsplanen for ERTMS.

For en tidlig implementering av C-DAS bør gjennomføringskostnadene være langt mer konsentrert, mest sannsynlig innenfor en 4-års periode, fordi man ønsker å ta ut effekten av C-DAS så tidlig som mulig, og før ERTMS er ferdigstilt. Ved en tidlig implementering av C-DAS må det forventes relativt store kostnader relatert til å ta fram infrastrukturdata med rett kvalitet for en velfungerende C-DAS.



Figur 28: kostnadsfordeling leveranse/gjennomføring

Oppsummering gjennomføringsalternativ 1:

C-DAS implementering følger ERTMS-utrullingene.

Alternativet baserer seg på gjeldende kontrakter for ERTMS-programmet vedrørende C-DAS i infrastruktur og på nyanskaffelser av togmateriell i regi av Norske Tog med hensyn på C-DAS integrert i dette togmateriellet ifm. leveransen, og alternativt utrustes eksisterende togmateriell med en nettbrettløsning for C-DAS eller de bygges om med en integrert løsning.

Alternativet antas å ha lav nytte i oppstart, men høyest nytte når alle strekninger er utrustet med ERTMS. Alternativet vil ha lavest kostnad og lavest usikkerhet. Den lave kostnaden og usikkerheten relatert til høy datakvalitet på strekninger med ERTMS og nytt Trafikkstyringssystem som har krav til å kunne tilby sanntidsdata.

Oppsummering gjennomføringsalternativ 2:

C-DAS implementering utføres på alle strekninger, med ERTMS og i tillegg på utvalgte strekninger med konvensjonelle signalanlegg

Alternativet baserer seg på gjeldende kontrakter for ERTMS-programmet vedrørende C-DAS, men krever også oppgradering av det eksisterende Trafikkstyringssystemet VICOS.

Implementering av C-DAS i togmateriell utføres i regi av Norske Tog, hvor tog som nyanskaffes kommer med en integrert C-DAS løsning, mens et utvalg av eksisterende togmateriell utrustes med en nettbrettløsning.

Alternativet antas å ha høy nytte, men også høy kostnad og høy usikkerhet. Den høye kostnaden og usikkerheten relatert til dårlig datakvalitet på strekninger med konvensjonelle signalanlegg og re-design av eksisterende VICOS trafikkstyringssystem for å kunne tilby sanntidsdata.

Oppsummering gjennomføringsalternativ 3:

C-DAS implementeres på alle strekninger, med ERTMS og konvensjonelle signalanlegg

Alternativet baserer seg på gjeldende kontrakter for ERTMS-programmet vedrørende C-DAS, men krever også oppgradering av eksisterende Trafikkstyringssystemer VICOS, EBICOS og Rail Manager.

Implementering av C-DAS i togmateriell utføres i regi av Norske Tog, hvor tog som nyanskaffes kommer med en integrert C-DAS mens alt eksisterende togmateriell utrustes med en nettbrettløsning.

Alternativet antas å ha høyest nytte, kost og usikkerhet. Den høye kostnaden og usikkerheten relatertes til dårlig datakvalitet på strekninger med konvensjonelle signalanlegg og re-design av alle eksisterende trafikkstyringssystemer for å kunne tilby sanntidsdata.

9.4 Oppsummering av tiltaksalternativ for kjøretøy

Fra mulighetsstudien er det funnet tre reelle implementeringsalternativer for C-DAS i kjøretøy:

- Alternativ A – Frittstående nettbrett
- Alternativ B – C-DAS på førers eksisterende FIDO-nettbrett
- Alternativ C – Integrert C-DAS

Alternativene vil i alternativanalysen bli vurdert basert på ytelse, nytte, kostnader, teknisk gjennomførbarhet, skalering og egnethet for utrulling til togflåten.

9.4.1 Vurdering av kostnader for alternativene (investering, drift og levetid)

Kostnadsstrømmene for de ulike alternativene er satt opp i vedlagt Excel-ark («Kostnadsstrøm-c.xlsx»). Dette kapittelet oppsummerer kostnadstallene fra Excel-arket og forsøker å fremheve kostnadsdriverne for de ulike alternativene. Det er delt opp i utviklingskostnader for programvareutvikling og kostnader knyttet til fysisk maskinvare (HW) for hvert alternativ.

Alternativ A: Frittstående nettbrett

- Utviklingskostnader (programvare):

Kostnader knyttet til utvikling av C-DAS-applikasjon til nettbrettet vil være den samme uavhengig av hvor mange kjøretøy som løsningen rulles ut på. Til forskjell fra alternativ C, vil det ikke være behov for utvikling av grensesnitt mot andre systemer i toget. Det vil heller ikke være behov for involvering av togprodusent for nødvending konfigurasjonsarbeid. Dette virker reduserende på utviklingskostnadene for alternativ A.

Alternativ A vil være basert på ferdig hylleware med enklere tilpasninger i brukergrensesnitt mot fører og utvikling av datagrensesnitt mot Bane NOR.

- HW-investering:

Investeringskostnaden for Alternativ A tar høyde for at man ikke kan velge nettbrett fritt, men at man kjøper et kompatibelt produkt fra en leverandør som støtter C-DAS-applikasjonen/programvaren som skal installeres.

Maskinvareinvesteringen her vil være nettbrettet som C-DAS-programvaren kjører på og som fungerer som grensesnitt mot fører. Dette leveres som et produkt fra leverandør. Det vil være to enheter per tog, én til hvert førerrom. Installasjonen i toget, for eksempel montering på toppen av førerbordet, er vurdert som en enklere jobb. Det er anslått at dette vil ta maks 2 timer.

- Oppsett av landside C-DAS server for operatør eller togflåteeier (RU C-DAS-TS)

Kostnad for etablering av servere vil avhenge av valgt landsidearkitektur ved en nasjonal C-DAS-utrulling. I et oppsett der man bruker en RU C-DAS-TS-server for å håndtere kjøretøysdata og systemoppdateringer, er det knyttet en etableringskostnad for servertjenesten. Investering i RU C-DAS-TS-server er inkludert i oppsatt kostnadsstrøm for alternativ A. Kostnaden er skalert for å håndtere hele den aktuelle togflåten.

Alternativ B: Integrasjon i førers eksisterende nettbrett (FIDO)

Ved bruk av førers eksisterende nettbrett vil investeringskostnaden ligge i utvikling og leveranse av en C-DAS-applikasjon. Det vil ikke være noen investeringskostnad knyttet til selve nettbrettet da denne kan leveres gjennom operatørens eksisterende leasingavtale for elektronisk utstyr. Kostnader vil være begrenset til utvikling og drift av C-DAS-applikasjonen.

- Utviklingskostnader:

Alternativ C vil i likhet med alternativ B kreve en del utvikling, men har ingen integrasjon mot togssystemene og derav ingen utviklingskostnader knyttet til dette. Isteden vil det påløpe kostnader for integrasjon mot Bane NORs IT-systemer for å hente ut FIDO-data. Løsningen der man kombinerer C-DAS og FIDO vil ikke kunne basere seg på en eksisterende hyllevareløsning. Utviklingskostnadene fra alternativ B er derfor benyttet videre for å estimere utviklingskostnader for alternativ B:

Utviklingskostnadene vil være uavhengig av hvor mange togsett og togtyper man utstyrer med denne C-DAS-løsningen.

- HW-investering:

I dette alternativet gjenbraker man eksisterende nettbrett som førerne i dag bruker til visning av FIDO. Det er derfor ikke behov for investering i nye nettbrett eller annen maskinvare til togene. Ettersom det i dette alternativet ikke innføres ny HW i togsettene, vil det heller ikke påløpe installasjonskostnader ved utrulling av denne C-DAS-løsningen.

- Oppsett av server (RU C-DAS-TS)

Kostnad for etablering av servere vil avhenge av valgt landsidearkitektur ved en nasjonal C-DAS-utrulling. For alternativ B er det antatt at back-end-serveren etableres og driftes hos Bane NOR, slik oppsettet for FIDO-løsningen er i dag.

Alternativ C: Integrert løsning

- Utviklingskostnader (programvare):

I en integrert løsning vil programvaren måtte tilpasses togets grensesnitt. Det vil i tillegg måtte gjøres nødvendig konfigurasjonsjobb av togprodusent for at C-DAS-systemet skal kunne bruke togets eksisterende nettverksløsning. Kostnaden vil variere basert på togtype og tilgjengelig dokumentasjon for eksisterende tekniske grensesnitt, der nyere togtyper vil ha lavere utviklingskostnader sammenlignet med eldre togmateriell.

Utviklingskostnadene vil være uavhengige av hvor mange togsett man utstyrer C-DAS-løsningen med innenfor samme togtype. Det vil tilkomme ekstra utviklingskostnader dersom en integrert C-DAS-løsning skal installeres på forskjellige togtyper.

- HW-investering:

Maskinvareinvesteringen for Alternativ C vil være en standard industriell datamaskin som C-DAS-programvaren kjører på. Det vil være behov for én enhet per togsett. Eksisterende skjermer gjenbrukes til å vise C-DAS-informasjon. Det vil derfor ikke være investeringskostnader knyttet til skjermer.

Det er anslått at det vil ta maks 5 timer å installere C-DAS i toget. Dette omfatter installasjon av HW, programvare, ny konfigurasjon og kontrolltest av ferdigstilt installasjon.

- Oppsett av server (RU C-DAS-TS)

Kostnad for etablering av servere vil avhenge av valgt landsidearkitektur ved en nasjonal C-DAS-utrulling. I et oppsett der man bruker en RU C-DAS-TS-server for å håndtere kjøretøysdata og

systemoppdateringer, er det knyttet en etableringskostnad for servertjenesten. Kostnaden er basert på erfaringstall. Kostnaden er skalert for å håndtere hele den aktuelle togflåten.

Driftsavtaler

Det vil være nødvendig med en driftsavtale for drift av server, patching av C-DAS-systemet ombord i togene, nødvendige oppdateringer på landsiden (RU C-DAS-TS), ivareta IT-sikkerheten i løsningen og distribuere ut systemoppgraderinger til togene.

Kostnad for driftsavtale er medregnet i kostnadsstrømmene for alle alternativene. Prisen angitt i tabellen over er brukt for alle alternativene.

Ettersom C-DAS har kommunikasjon med landsidesystemer over kommersielt mobilnett, vil det også påløpe kostnader for dette. Datapakkene som utveksles er relativt små i størrelse, men vil like fullt medføre økt databruk for togflåten. I alle C-DAS-alternativene er det antatt at man vil gjenbruke operatørenes eksisterende avtaler for SIM-abonnement..

Levetid og reinvesteringer

- Alternativ C: Integrert løsning

For alternativ C er levetiden til maskinvaren beregnet ut fra MTBF i databladet for en standard C-DAS HW-enhet. Reinvesteringskostnadene vil derfor være nokså lave ettersom den lange levetiden vil begrense behovet for utskiftning av maskinvare. Det er antatt at maskinvaren på et tidspunkt vil bli «obsolete» og erstattet av et annet tilsvarende produkt. Dette kan påvirke reinvesteringskostnaden.

- Alternativ A og B: Nettbrett

I alternativ B er levetiden beregnet ut fra forventet levetid for et standard nettbrett. Her vil nettbrettleverandørenes støtte for systemoppdateringer sette en begrensning på levetiden. Det er derfor forventet at man må bytte ut nettbrettet hvert 5 – 7 år.

Reinvesteringskostnaden for alternativ A vil inngå i togoperatørenes eksisterende IT-avtaler og er derfor ikke kalkulert inn i kostnadsstrømmen. Det vil være en investering operatørene uansett vil måtte gjøre uavhengig av C-DAS. Ved bruk av leverandørspesifikk skjerm, som en jernbanegodkjent TFT-skjerm, er beregnet levetid satt til 10 år. Det er denne levetiden som har blitt brukt for å kalkulere reinvesteringskostnader for alternativ A.

I den oppsummerende tabellen under er det antatt at C-DAS-systemet skal brukes ut FLIRT-togenes mulige levetid (150 kjøretøy for alle alternativene) og at prosjektoppstart er i 2027. Den økonomiske levetiden for FLIRT-togene er frem til 2042 - 2053, der de eldste togsettene fases ut i 2042 og de nyeste i 2053. Man har derfor brukt 25 år for å kalkulere reinvesteringskostnader for alle alternativene for å gi et likt sammenligningsgrunnlag.

Reinvesteringskostnadene påvirkes av prosjektets antatte levetid. Med en levetid opp mot 2050 vil dette drive opp kostnadene for alternativ A, da det for dette alternativet må reinvesteres to ganger.

Personalkostnader for Norske tog

Det er estimert 1 årsverk fra Norske tog fordelt over det første og andre året til jobb med kontraktsutforming og oppfølging av testaktiviteter etter kontraktsignering. Det er antatt at det vil ta to år fra oppstart av prosjektet til C-DAS installeres i tog og kostnader for driftsoppfølging begynner å løpe. For driftsoppfølging mot leverandør er personalkostandene til Norske tog antatt å utgjøre 5% av et årsverk (8 timer i måneden). Dette omfatter månedlige statusmøter og oppfølging mot leverandør ved nødvendige systemoppdateringer, lik den oppfølgingen man har av driftsavtaler for andre systemer i togene.

Oppsummering av alternativene (enhetskostnad)

For å sammenligne de forskjellige alternativene har det blitt beregnet en enhetskostnad der totalkostnaden (investeringer, reinvesteringer og driftskostnader) er fordelt på antall togsett. Oppsummert vil alternativ B være den mest økonomisk lønnsomme løsningen ved innføring av C-DAS til mange kjøretøy.

9.4.2 Vurdering av nytte for alternativene

Odometri og posisjonering

Odometri benyttes av ulike systemer i toget for å estimere posisjonen til toget og beregne hastighet og akselerasjon. Målingene hentes ut fra hjulsensorer, gyroskop, akselerometre og satellittbaserte posisjoneringssystemer (GNSS). I vurderingen av nytteverdien til de ulike alternativene er det lagt vekt på grad av integrasjon og mengden data C-DAS-løsningene kan hente fra togets interne systemer. En integrert løsning (alternativ C) vil ha tilgang til mer nøyaktige odometridata, basert på GPS og et stort antall tachometere, noe som øker presisjonen i kjørebefalingene.

I hvilken grad dette har praktisk betydning avhenger av førerens evne og mulighet til å følge foreslått kjørehastighet. Det vil uavhengig av odometriløsning ligge en begrensning i at fører ikke kan overvåke instruksjonene på C-DAS-skjermen kontinuerlig. Eventuelle avvik i odometrimålinger antas å ha større konsekvenser for automatiserte systemer som ATO enn for C-DAS.

Den største ytelsesforskjellen mellom nettbrettløsninger (alternativ A) og integrerte løsninger (alternativ C) oppstår ved kjøring i tunneler eller områder med ustabil GPS-dekning. Under slike forhold vil en integrert løsning dra nytte av mer nøyaktig og pålitelig odometridata direkte fra toget, sammenlignet med algoritmisk beregning i nettbrettløsninger. Dette aspektet er særlig relevant i områder med hyppige stopp og store variasjoner i kjøretid, eksempelvis Oslotunnelen.

På nåværende tidspunkt foreligger det begrenset statistikk og data som belyser den faktiske ytelsesforskjellen mellom nettbrettløsninger og integrerte løsninger for et tilfelle som Oslotunnelen. Algoritmer og odometriteknologi er i stor grad leverandørspesifikk, hvilket innebærer at ytelsen ved tap av GPS-signal varierer etter produktvalg og hvor lenge systemet går uten oppdatert GPS-data. Dette reflekterer erfaringene fra ERTMS, der nøyaktigheten av estimert hastighet og posisjon i stor grad påvirkes av leverandør og produkttype.

Erfaringen fra Sveits er at det er mulig å oppnå gevinster fra et C-DAS-system også uten GPS-posisjonering. Her baserer man seg på bruk av togdeteksjon i eksisterende signalsystem for å hente ut informasjon om hvor togene befinner seg. Dette vil i teorien fungere best der det er høyest tetthet av sporfelt og akseltellere, men hyppigheten i oppdatering av posisjon vil naturligvis også avhenge av fremføringshastighet på den aktuelle strekningen.

Ytelse og tilgjengelighet kan sammenlignes i en tabell der odometrisystemet til ERTMS brukes som referanse ettersom ERTMS-data lå til grunn for simuleringene av ATO-variantene i KVV ATO. Posisjonsnøyaktigheten for ERTMS er antatt å være 5 meter pluss 5 % av avstanden fra siste leste balisegruppe på ERTMS-strekninger.

Tabell 20: Forventet ytelse ved forskjellige teknologier for posisjonering

	Togdeteksjon	GNSS	Kjøretøysodometri (TCMS)	GNSS + akselerometer	ERTMS
Ytelse	50%	90%	95%	90%	100%
Tilgjengelighet	100%	90%	100%	95%	100%

Som tabellen viser, vil ytelse og tilgjengelighet være høyest for C-DAS på eksisterende linjer ved uthenting av data fra kjøretøyet (TCMS). I en isolert vurdering av ytelse basert på odometri vil derfor en integrert C-DAS-løsning (alternativ C) være det anbefalte alternativet. Ytelsen er lavest ved bruk av togdeteksjon (sporfelt og akseltellere), som er en mulighet for uthenting av posisjonsdata i en sentralisert C-DAS-løsning (alternativ B) der beregninger gjøres sentralt.

Ytelse basert på integrasjonsnivå, tilgang på sanntidsdata og nettverksdekning

Ytelsen til C-DAS-systemet i kjøretøyene vil påvirkes av datakvalitet fra infrastrukturen, integrasjonsnivå i kjøretøyene og nettverksdekning for tilgang til oppdaterte data. Estimert ytelse for de forskjellige variantene er estimert og beskrevet i tabellene nedenfor:

Tabell 21: Ytelsesnivå per systemvariant

Kombinasjoner	Beskrivelse	Relativ ytelse
Ingen C-DAS (referanse)	Dagens situasjon uten førerstøttesystem.	0%
S-DAS	Før sanntidsdata, eller som fallback ved utfall av nettdekning. Energibesparelse, men liten effekt på forsinkelser. Nytte er svært avhengig av strekning og trafikkbylde.	5 - 20%
C-DAS (nettbrett eller integrert) på linjer med Vicos/Ebicos	Bruker dynamiske data på eksisterende ATC-linjer. Forventet effekt på energibesparelse og forsinkelser. Nytte er avhengig av tilgjengelighet og nøyaktighet på sanntidsinformasjon fra de ulike infrastrukturene.	50 - 70%
C-DAS (nettbrett) på ERTMS	Bedre datakvalitet (anbefalt alternativ fra KVV ATO) og bedre infrastrukturene. Positiv effekt på energiforbruk og forsinkelser som vist gjennom simuleringer i KVV ATO.	100%
C-DAS (integrert) på ERTMS	Bedre datakvalitet med nytt trafikkstyringssystem. Cruise Control-integrasjon gir større grad av automatisering og fremføring som ligger tettere opp mot ATO.	100 - 110%
ATO ("Grade of Automation 2")	Alternativ B fra KVV ATO. Kjørestil som ligger tett opptil optimal hastighetsprofil. Toget fremføres automatisk mellom stasjoner ved aktivering av fører.	130%

Som vist i tabellen, vil bruk av integrert C-DAS (alternativ C) være anbefalt dersom man ser på ytelse isolert sett.

Tabell 22: Påvirkning på ytelse ved ulik grad av nettverkstilgang

Nettverkstype	Forventet tilgjengelighet / ytelse	Beskrivelse
FRMCS (5G)	100%	Implementasjon og tidslinje fortsatt usikker, og er dermed ikke aktuell for dataoverføring ved en tidlig innføring av C-DAS. FRMCS ¹⁵ er på sikt ventet å gi god dekning og kapasitet langs hele jernbanenettet, også for bruk av C-DAS.
Kommersielle 4G/5G-nett	100% ved full dekning	Brukes i dagens C-DAS-implementasjoner. Nettilgang varierer med dekning langs linjen og da spesielt tunneler.
GSM-R	100% tilgjengelighet	Krever TSI-godkjenning av radioutstyret. GSM-R er i dag forbeholdt sikkerhetskritiske systemer. Teknologien er ventet byttet ut med FRMCS og GSM-R-utstyr til tog vil bli faset ut. GSM-R er derfor lite aktuelt for bruk til C-DAS.
Kommersielt nett i tunneler	100% ytelse ved tilgjengelighet Tilgjengelighet varierer	Nye tunneler, som Blixtunnelen, er utstyrt med radioutstyr som gir god dekning og kapasitet. Eldre tunneler, gjerne i mer rurale strøk som langs Bergensbanen, har dårlig med dekning. Her vil eventuelt C-DAS-systemet kunne yte som et S-DAS-system, og er ikke antatt å være et stort problem ettersom trafikken er mindre tett på slike fjerntogstrekninger og behovet for hyppige oppdateringer av ruteplansdata er mindre. I Osloområdet er kapasiteten særlig begrenset i Romeriksporten og i tunnelene fra Lysaker til Lier. Her vil passasjerer oppleve mobilnettet som for tregt til å støtte mange vanlige digitale tjenester og dermed oppfattes som dekningshull ¹⁶ . Det er ikke kartlagt hvordan kapasiteten i disse tunnelene kan påvirke dataoverføringen til C-DAS.

Alle C-DAS-alternativene er avhengig av nettilgang for å sende og motta data. Det anbefales å bruke kommersielt mobilnett til dette formålet. Utgjengelighet på nettilgang i sentrale strøk er først og fremst ventet å kunne skje i tunneler. En sentralisert C-DAS-løsning hvor odometriberegninger og beregning av kjøreanvisninger skjer lokalt i ombordsystemet, vil gi best ytelse i tunneler og bruk av alternativ A og alternativ C vil derfor være anbefalt her.

- Jernbanedirektoratets vurdering av nettdækning langs sporet

Målinger av dekningen til kommersiell 5G-nett i forbindelse med KVV for bedre nettdækning¹⁶ på forskjellige banestrekninger viser ganske stor variasjon i resultater. For å vurdere effekten av dette i forbindelse med vurdering av nytte for C-DAS, har vi gjort en forenklet overføring av gjennomsnittlige dekningstall for strekningene som ble vurdert i KVV for FRMCS til gjennomsnittlige dekningstall for strekningsparsellene for ERTMS-utbygging jf. Nasjonal

¹⁵ Jernbanedirektoratet: Konseptvalgutredning FRMCS - Fremtidig togkommunikasjonssystem for jernbane (2023), Dok.nr. 202200895-44

¹⁶ Jernbanedirektoratet: KVV - Bedre nettdækning langs jernbanen (2020)

Signalplan fra 2023¹⁷. Disse dekningstallene er videre fordelt på de forskjellige fjernstyringsområdene strekningene hører til jf. Network Statement¹⁸ fra Bane NOR, for å vurdere effektene ved en tidlig innføring av C-DAS. Siden det er store variasjoner i dekning mellom tettbygde områder eller langs store veier, og øde strekninger uten nærliggende veitrafikk, så har vi også gjort et grovt estimat av fordeling av antall reisende for linjer som kjører over flere områder. Det er også fordelt antall reisende som er «offer» for hhv. lav og høy dekningsgrad, der variasjonen er stor innenfor hvert fjernstyringsområde. Ut ifra dette er det regnet en gjennomsnittlig dekning fordelt på andel passasjerer for hvert fjernstyringsområde, se tabellen nedenfor.

Tabell 23: Vurdering av nettdækning langs sporet

	EBICOS området	VICOS 1 området	VICOS 2 området	VICOS samlet	ERTMS området per 2030	FRMCS – alle områder
5G dekning lav	-	65 %	59 %	59 %	-	
5G dekning høy	-	91 %	96 %	96 %	-	
5G dekning, gjennomsnitt korrigert for andel reisende	83 %	88 %	87 %	87 %	86 %	100%

I praksis viser det seg at dekningsgraden fordelt etter andel passasjerer er omtrent den samme for alle områder, og for å forenkle analysene videre er det brukt et felles nytt fast gjennomsnitt på dekningsgrad for alle reisende på 86% i scenarier som bruker kommersielle nett.

- Effektiv utrulling av C-DAS til togene

Nytten av de ulike alternativene avhenger også av hvor raskt en løsning kan implementeres. Jo tidligere C-DAS distribueres til togene, desto raskere kan man oppnå ønskede effekter. Effekten vil øke med antall tog som har C-DAS installert. Med dette som grunnlag fremstår nettbrettløsninger som en effektiv metode for rask utrulling til togsettene, slik at effektene kan realiseres på kort tid. Den samlede nytteverdien påvirkes også av togsettenes levetid:

- For togsett med kort forventet levetid fremstår en frittstående C-DAS-variant (alternativ A og B) som mest hensiktsmessig, da denne enkelt kan installeres og realiseres på kort tid.
- For togsett og lokomotiver med lang gjenværende levetid anbefales installasjon av en integrert løsning (alternativ C) for å dra nytte av togets eksisterende systemer (for odometri, tog-land-kommunikasjon, førerskjerm etc.) og for å eventuelt tilrettelegge for fremtidig oppgradering til ATO. Eldre materiell som fases ut før utrulling av ERTMS vil ikke dra nytte av eventuell fremtidig støtte for ATO.

9.4.3 Vurdering av teknisk gjennomførbarhet

Omfang av utviklingsjobb

Det eksisterer allerede mange C-DAS-produkter på markedet og stor nyutvikling er derfor ikke ansett som nødvendig. Nødvendig utviklingsjobb er derfor antatt begrenset til mindre tilpasninger

¹⁷ Bane NOR: Nasjonal Signalplan 2023 (2023)

¹⁸ Bane NOR: Network statement 2026 (2025)

for kjøretøystypen, tilpasning til norsk infrastruktur og datagrensesnitt mot Bane NOR, tilpasning av skjermbilde etter førernes ønsker og andre tilpasninger basert på tilbakemelding fra norske førere og operatører. I en integrert C-DAS-løsning må togets nettverk og togets skjermer konfigureres og tilpasses C-DAS-systemet av henholdsvis nettverksleverandør for togtypen og togprodusenten selv.

Basert på erfaring fra leverandører er det antatt ett år med programvareutvikling uansett ombordløsning. Utviklingstiden er beregnet fra leverandør mottar spesifikasjon eller «dummy data» fra Bane NOR, til man har en validert programvare som er klar for installasjon i tog. Det er her forutsatt at man har tilstrekkelig eksisterende dokumentasjon som beskriver dagens FIDO-grensesnitt for effektiv utvikling av en ny FIDO-løsning i alternativ B. Det vil være større risiko og usikkerhet i estimert utviklingstid for alternativ B, som er en mer spesifikk norsktilpasset løsning, sammenlignet med alternativ A og C. Med tanke på risiko knyttet til utvikling er derfor alternativ A og C foretrukne alternativer.

Omfang av integrasjon

Siden alternativ A og B ikke innebærer integrasjon mot øvrige systemer i toget, er det ikke nødvendig å vurdere gjennomførbarheten for disse alternativene utover selve utviklingsarbeidet og installasjonen i togene. For Alternativ C må det vurderes hvor omfattende man ønsker å gjøre integrasjonen og hva som lar seg gjennomføre på eksisterende togmateriell:

- Visning av C-DAS-informasjon på eksisterende førerskjermer krever utvikling fra togprodusent.
- Integrasjon mot kjøretøystyringen (TCMS) krever programvareendringer, inkludert støtte for at togene kan ta imot C-DAS-anbefalinger (for adaptiv cruise control) og implementering av grensesnitt iht. ATO SUBSET-139 for senere ATO-oppgradering.
- Dataoverføring fra tog til land forutsetter tilpasninger i togprodusentens programvare, ettersom nettverksoppsett (f.eks. på FLIRT) må omkonfigureres. Eget modem for C-DAS er mulig, men lite ønskelig fordi det introduserer nye kommunikasjonsveier inn mot kjøretøystyringen.
- ERTMS-integrasjon for å hente ut hastighetsbegrensninger (*tillatt linjehastighet*) på ERTMS-linjer krever ytterligere tilpasninger, enten via oppgradering til en ERTMS-versjon som støtter ATO-grensesnitt eller en enklere konfigurasjonsoppdatering (antatt kostnad på 10 MNOK per togtype). Begge løsninger krever oppdatert kjøretøysgodkjenning og må utføres av leverandøren til dagens ERTMS-system i togene.

Togprodusenten må involveres for å utføre flere av disse modifikasjonene. I første omgang vil det være hensiktsmessig å begrense omfanget til visning av C-DAS-informasjon på førerskjerm, uthenting av odometerdata fra kjøretøystyringen (TCMS) og overføring av data over eksisterende tog-land-forbindelse. Videre bør både C-DAS-systemet og kjøretøystyringen (TCMS) klargjøres for adaptiv cruise control. Modifikasjoner på ERTMS-systemet i toget er ikke nødvendig for å ta i bruk C-DAS, og bør eventuelt samkjøres med andre fremtidige oppgraderinger (f.eks. FRMCS) som vil kreve oppdatert kjøretøysgodkjenning.

Påvirkning på gjeldende godkjenning av togtypen

Ved endringer på systemer i togene må det utføres en analyse av eventuell påvirkning på sikkerhetskritiske funksjoner. Signifikante endringer vil utløse et behov for en vesentlighetsvurdering. Etter erfaringsutveksling med leverandører og operatører er det ikke ventet at noen av C-DAS-alternativene vil påvirke kjøretøysgodkjenningen. C-DAS vurderes som er komfortsystem og faller inn under kategori 15 (1) b «change without new approval», definert i Kommisjonens gjennomføringsforordning (EU) 2018/545 av 4. april 2018 om praktiske

ordninger for tillatelsesprosessen for jernbanekjøretøyer og kjøretøytyper i henhold til Europaparlaments-og rådsdirektiv (EU) 2016/797.

Ved integrasjon av C-DAS mot ERTMS-ombordsystemet, og ved eventuell fremtidig oppgradering til ATO, vil det være behov for oppdatert kjøretøysgodkjenning. Det er ønskelig å samkjøre slike type oppgraderinger for å redusere nødvendig autorisasjonsarbeid. Integrasjon mot ERTMS-systemet ombord er derfor foreslått satt på vent til ERTMS-systemet må oppdateres med en nyere systemversjon.

9.4.4 Vurdering av skaleringer for alternativene

Installasjonstid for C-DAS i tog

Nettbrettløsning (alternativ A og B) vil være å anse som det mest effektive alternativet tidsmessig da maskinvaren er begrenset til et enkelt nettbrett. Ved installasjon av C-DAS med integrert maskinvare (alternativ C), vil togprodusent og nettverksleverandør på toget være involvert for å gjøre nødvendig tilpasninger i eksisterende konfigurasjon. Installasjon av ny programvare og konfigurasjon gjøres normalt sett i løpet av togets vanlige driftspauser. Installasjon av maskinvare for C-DAS er heller ikke vurdert til å være mer omfattende enn at det lar seg gjennomføre i løpet av en driftspause.

Tabell 24: Installasjon av ombordutstyr

Alternativ	Beskrivelse	Tidsbruk ved installasjon	Avhengigheter
A – Frittstående nettbrett	Nettbrett montert i førerrommet. Ingen integrasjon mot togsystemer.	Rask - kun fysisk montering (i løpet av driftspause).	Ingen
B – C-DAS på førers eksisterende nettbrett (FIDO)	Gjenbruk av førernes FIDO-nettbrett	Svært rask - ingen fysisk installasjon i tog	Ingen
C – Integrert C-DAS-maskinvare	Fast installert maskinvare og installasjon av ny konfigurasjon	Rask – fysisk montering og installasjon av ny konfigurasjon i driftspauser.	Krever involvering fra togprodusent og nettverksleverandør.

Aktuelle togtyper for innføring av C-DAS

Som utgangspunktet vil det være ønskelig med C-DAS på så mange tog som mulig for å oppnå full effekt av teknologien. Men dette vil også øke kostnader knyttet til anskaffelse og driftsavtaler. Det er i tabellen nedenfor gjort en vurdering av hvor aktuelt C-DAS vil være for hver togtype hos Norske tog. Denne vurderingen er basert på gjeldende plan for innfasing og utfasing av togsett, hvilke linjer togene trafikkerer og med en antagelse om at det må settes av tid til å utvikle DAS-grensesnitt hos infrastrukturforvalter.

Tabell 25: Vurdering av C-DAS ombordutstyr for -aktuelle togtyper hos Norske tog basert på gjeldende plan for innfasing og utfasing av togmateriell

Togtype	Vurdering	Antall kjøretøy	Aktuell
Type 69	Planlagt faset ut over de neste fem årene. Blir erstattet fortløpende av nye lokaltog. Fort kort resterende levetid. Ikke aktuell for C-DAS.	35	Nei
Type 70	Planlagt faset ut i løpet av de tre neste årene. Ikke aktuell for C-DAS.	6	Nei
Type 71	Blir ombygd med ERTMS og er planlagt brukt frem til 2033. Nettverk og systemer er gamle Bombardier-systemer som kompliserer integrasjon. Type 71 er aktuell for installasjon av en frittstående C-DAS (nettbrett).	15	Ja
Type 72	Det pågår nødvendige oppgraderinger for å kunne forlenge levetiden til disse kjøretøyene. Brukes i dag på Jærbanen og L1. Ikke planlagt oppgradert med ERTMS. En frittstående C-DAS-løsning (nettbrett) kan være aktuelt dersom landsidesystemer for C-DAS (IM C-DAS TS) blir tilgjengelig innen rimelig tid før togene fases ut. Togene brukes i dag i lokaltrafikken i Oslo og er derfor høyaktuelle for C-DAS.	36	Ja
Type 73	Type 73 er planlagt erstattet fortløpende av nye fjerntog i tidsrommet 2030 – 2035. Kan være aktuelt med installasjon av en frittstående C-DAS (nettbrett), spesielt på 73A-togsettene som skal leve lengst.	20	Ja
Type 92	Faset ut og ikke aktuelle for C-DAS.	8	Nei
Type 93	Planlagt faset ut rundt 2030. Erstattet av nye fjerntog. Brukes i dag på strekningene Hamar – Trondheim og Nordlandsbanen hvor punktlighetsproblemene er mindre prekære enn på Østlandet. Ikke aktuell for C-DAS.	15	Nei
Di4	Planlagt erstattet av nye fjerntog rundt 2030. Brukes på Nordlandsbanen hvor punktlighetsproblemene er mindre prekære enn på Østlandet. Ikke aktuell for C-DAS.	4	Nei
Ei18	Planlagt erstattet av nye fjerntog i 2029. Lokomotivene brukes i dag kun på fjerntogstrekninger og vil ha liten innvirkning på hovedfunnet fra KVUen om økt punktlighet.	16	Nei
Type 74/75/76	Utgjør største delen av togtrafikken på Østlandet. Togsettene er høyst aktuelle for C-DAS og vil senere kunne være aktuelle for oppgradering til ATO. Her anbefales å innføre en integrert C-DAS-løsning og samkjøre installasjonsarbeid med eventuelle andre prosjekter hvor det skal gjøres endringer i konfigurasjonen på toget.	150	Ja

Type 78	Type 78 er en liten serie på 8 kjøretøy og med behov for involvering av togleverandør ved installasjon av en integrert C-DAS. Dette øker kostnad per kjøretøy. Togsettene er nye med lang resterende levetid. De er derfor ansett som aktuelle for C-DAS, men i første omgang med en nettbrettløsning.	8	Ja
---------	--	---	----

Som tabellen indikerer, er det ansett som hensiktsmessig å bruke forskjellige C-DAS-alternativer fordelt på togtype. Man har i hovedsak identifisert nettbrett som løsning for togtyper med kort resterende levetid eller begrenset bruk gjennom Oslo. Nettbrettløsningen er enkel å installere i toget og er det rimeligste C-DAS-alternativet. I eldre materiell ligger det begrensninger i integrasjonen mot eldre systemer hvor opprinnelig leverandør ikke lenger eksisterer. Dette vil komplisere og vanskeliggjøre bruk av en integrert C-DAS-løsning for slike typer kjøretøy.

For FLIRT-togsettene (Type 74/75/76), som utgjør en majoritetsandel av trafikken i Oslo-området, vil en integrert løsning være å foretrekke for uthenting av odometerdata og visning av C-DAS-informasjon på eksisterende førerbordskjermer. Dette er togsett som fortsatt har lang resterende levetid og vil kunne være aktuelle for videre oppgradering til ATO på et senere tidspunkt. En integrert DAS-versjon ble demonstrert på Type 74/75 i 2014 noe som indikerer at det er fullt gjennomførbart å innføre en integrert C-DAS-løsning på denne togtypen.

Oppsummert kan togtypene hos Norske tog fordeles på to typer C-DAS-løsninger:

Tabell 26: To aktuelle typer C-DAS-løsninger

C-DAS som frittstående nettbrett	Type 71, Type 72, Type 73, Type 78	79 togsett totalt
C-DAS som integrert løsning	Type 74/75/76	150 togsett totalt

Godslokomotiver

C-DAS på nettbrett vil også være anbefalt for godslokomotiver ettersom det vurderes som utfordrende å integrere C-DAS i eldre lokomotiver. Nettbrett vil også være en kostnadseffektiv løsning for mindre aktører som har en togflåte med få kjøretøy. Nettbrett som løsning kan også flyttes mellom kjøretøysindivider og har dermed stor nytteverdi for operatører som leaser godslokomotiv fra utlandet. Det er ønskelig å implementere C-DAS på flest mulig kjøretøy for å realisere fordelene beskrevet i KVV ATO. Nettbrett ansees som den enkleste løsningen for å få C-DAS implementert på flest mulige lokomotiver.

9.4.5 Vurdering av ikke-prissatte virkninger for alternativene om bord

Arbeidsbelastning for fører

Innføring av C-DAS vil gi fører ekstra informasjon å følge med på som kan oppleves som økt arbeidsbelastning. Fører vil måtte ha fokus på en eventuell ekstra skjerm i førerbordet (alternativ A) eller mer fokus på eksisterende skjermer (alternativ B og C). Motsatt vil det også kunne oppleves som god arbeidsstøtte ved at DAS-systemet kalkulerer anbefalt hastighet. Dette vil kunne gjøre det enklere for fører å følge ruteplan og oppnå energimål satt av togselskapene.

Plassering av C-DAS-skjerm i førerrommet kan påvirke hvor mye førere vil holde øye med oppdatert C-DAS-informasjon. For en integrert løsning vil man bruke eksisterende skjermer som er montert på høyre og venstre side i førerbordet. Skjermen montert rett i front for fører vil være dedikert for ERTMS og har begrensede muligheter til å vise C-DAS-informasjon jf. krav til

utforming av DMI gitt i ERTMS Baseline 3 Release 2 (TSI CCS). En løsning med nettbrett vil ha større fleksibilitet for å tilpasse plassering av skjermen etter førernes ønsker. For alternativ A og B vil det være tilgjengelig plass på førerbordet som er begrensende for mulige tilpasninger. Dette vil variere per togtype.

Alternativet med en integrert C-DAS-løsning der man kan benytte “adaptiv cruise control” på ERTMS-linjer er ventet å kunne ha en positiv effekt på førers arbeidsbelastning. Dette vil gjøre det enklere for fører å fremføre toget optimalt og redusere behovet for at fører må fokusere på kjøreanvisningene som presenteres på C-DAS-skjermen.

Overgang fra C-DAS til ATO

C-DAS-leverandør for nye fjerntog har bygd sin C-DAS-løsning basert på spesifikasjoner for ATO og har bekreftet at systemet senere kan oppdateres med programvare for ATO. Flere C-DAS-leverandører tilbyr integrasjon av ATO-grensesnitt mot ERTMS ombordsystemet i toget i henhold til SUBSET-130 fra TSI CCS. Dette muliggjør gjenbruk av C-DAS-systemet for senere programvareoppgradering til ATO ved valg av integrert C-DAS-løsning. Merk at det her ligger en avhengighet i ERTMS ombordsystemet i toget som også må oppgraderes på et tidspunkt for å kunne støtte utveksling av ATO-data.

SFERA som standard er med hensikt utformet nær standarden for datautveksling av ATO-data (SUBSET-126 fra TSI CCS). Det er derfor mulig å utveksle ATO-data over SFERA-standard som kan forenkle overgangen fra C-DAS til ATO. Dette muliggjør bruk av et felles og standardisert grensesnitt, uavhengig av om kjøretøyet er utstyrt med C-DAS eller ATO, og uavhengig av om infrastrukturen i et område har signalsystem av klasse A eller klasse B. Gjenbruk av dataelementene i SFERA-grensesnittet kan redusere nødvendig utviklingsarbeid ved senere overgang til bruk av ATO, både på togsiden for en integrert C-DAS-løsning og på landsiden.

En integrert C-DAS-løsning vil derfor forenkle en mulig fremtidig overgang til ATO og er det mest fremtidsrettede alternativet.

Slitasje på togmateriell og infrastruktur

Togoperatører har insentiver for å øke serviceintervallene ettersom dette reduserer vedlikeholdsutgiftene. Kjørestil har stor innvirkning på slitasje og hvor ofte vedlikehold må utføres, spesielt for godsløkomotiver. På lengre strekninger der det er få stopp og mindre trafikk (f.eks. Nordlandsbanen) vil det være gode muligheter for å optimalisere kjørestilen for å oppnå færre og mykere nedbremsinger. Dette vil gi mer energieffektiv kjøring og redusere materiellslitasje. Det er i dag gode muligheter for å spare energi for førere med god kompetanse og kjennskap til en strekning. Førerstøttesystem kan gi støtte der slik erfaring mangler. Ved å time tog bedre mot hverandre, kan man unngå stopp («flytende kryssing»), som reduserer energiforbruk og risiko for driftsproblemer, som for eksempel fastfrosne bremses vinterstid.

I områder der punktlighet står i fokus kan C-DAS også virke andre veien ved å anbefale en mer aggressiv kjørestil. Dette kan føre til økt hjulslitasje og glidning på enkelte lokomotivtyper, spesielt under utfordrende forhold. Inputverdiene til C-DAS-systemet bør derfor tilpasses til kjøretøystypen. Som eksempel er det ønskelig å unngå å gå over terskelen hvor det elektro-dynamiske bremsesystemet ikke lenger sikrer tilstrekkelig retardasjon og friksjonsbrems må aktiveres. En optimalisert kjørestil med færre nedbremsinger vil redusere behovet for å bytte bremsebelegg, bremsekliver og trykkluft på toget gjennom å øke levetiden på komponentene.

Dette er potensielle virkninger man vil få med alle de vurderte C-DAS-alternativene.

Samspill mellom togleder og fører

Trafikverket gjennomførte en pilottest med C-DAS på strekningene Borlänge – Frövi og Järna – Norrköping høsten 2020. Under testen ble det samlet inn erfaringer fra brukere av systemet. Det ble fremhevet at man fikk et tydeligere og forbedret samspill mellom trafikkleder og fører med C-DAS. Et felles bilde av den operative ruteplanen gjorde samtalene mer kortfattede og effektive. Mindre informasjon måtte kommuniseres muntlig og samtalene kunne i større grad fokusere på å gi tydelige instruksjoner til førerne. Det er ventet at man vil kunne få en tilsvarende virkning ved innføring av C-DAS i Norge uavhengig av valgt C-DAS-alternativ for ombordløsning.

9.4.6 Kjøretøytiltak og distribusjon av C-DAS-data fra infrastrukturforvalter

I vurderingen av de ulike alternativene er det forutsatt at C-DAS-systemene vil få tilsendt nødvendig data fra infrastrukturforvalter på et standardisert format. Transformering av data og utviklingsjobb av egne proprietære DAS-grensesnitt hos operatør, togeier og C-DAS-leverandør er derfor utelatt fra analysen.

9.5 Sammenstilling av tiltaksalternativer og initial grovsiling

Både Bane NOR og Norske tog foreslår i alternativanalysene relevante pakkeløsninger for gjennomføring for henholdsvis infrastrukturen og kjøretøyene. Men for å få en komplett løsning som til sammen kan optimaliseres på både kostnad og nytte, så er det behov for å gå et lite skritt tilbake til byggeklossene, både for infrastruktur og kjøretøy, og derfra vurdere forskjellige kombinasjoner i sammenheng.

9.5.1 Sammenstilling av tiltaksalternativer for infrastrukturen

Som Bane NOR oppsummerer i kap. 9.3 er det i praksis bare én konseptuell løsning for teknisk å samle inn sanntidsdata fra infrastrukturen og presentere dem for togene med en serverløsning. Men videre implementering kan gjøres trinnvis, og i mulighetsrommet for tidlig innføring av C-DAS kan ombygging av eksisterende fjernstyringssystemer skaleres geografisk ved å velge ett og ett system eller kombinasjoner av flere.

For fleksibilitet i den samfunnsøkonomiske analysen velger vi å se på grunninvesteringen i å etablere en basis serverløsning, slik Bane NOR beskriver, som en separat felleskostnad som påløper uansett. Så vurderes enkeltvis ombygging av hvert trafikkstyringssystem, enten det nye fra ERTMS-programmet, TMS, eller en av de andre eksisterende systemene. Ombygging kan også omfatte en kombinasjon av flere systemer. Ombygging av hvert fjernstyringssystem medfører en trinnvis kostnad og styrer definerte banestrekninger i et begrenset geografisk område. De forskjellige kombinasjonsmulighetene bør derfor vurderes i en samfunnsøkonomisk sammenheng, for å se hvordan kost-nytte balanserer.

Hvis TMS bygges om for å overføre sanntidsdata, virker det fornuftig, slik bane NOR foreslår i gjennomføringsalternativ 1, å sette dette i drift fortløpende etter som ERTMS bygges ut på de enkelte strekningene, for å hente mest mulig nytte.

Hvis noen av de andre av dagens fjernstyringssystemer bygges ut, er det fornuftig å sette løsningen i drift på alle tilhørende strekninger med en gang, for å hente nytte fra hele produksjonsområdet for den aktuelle fjernstyringen.

I tillegg kommer et null-alternativ for infrastrukturen, hvor det ikke bygges om noen fjernstyringssystemer, og det er da heller ikke behov for grunninvesteringen i en basis serverløsning.

Bane NOR har valgt å ikke differensiere funksjon og kostnad mellom sentralisert arkitektur for førerstøttesystem (C-DAS-C) eller distribuert arkitektur (C-DAS-O), slik Norske tog gjør for

ombordutrustningen, men velger å kunne støtte begge løsninger som basisfunksjon. Støtte for C-DAS-O-arkitekturen er vesentlig for å kunne ha S-DAS funksjon basert på statiske data som reserveløsning på strekninger som ikke er bygget ut eller når nettdekningen faller bort. Det er også diskutert behovet for å være mer kompatible med arkitekturen for framtidig ATO (GoA2 beskrevet i TSI CCS) og C-DAS-løsning som velges i Sverige. Det kan ligge en forenkling og kostnadsreduksjon her ved å bare fokusere på desentralisert løsning, som åpenbart gir mest nytte, som et forprosjekt bør vurdere.

Det samme har Bane NOR vurdert i forhold til direkte eller indirekte kommunikasjon, og velger basisfunksjon med støtte for begge deler. Igjen kan det ligge en potensiell forenkling og kostnadsreduksjon ved indirekte kommunikasjon som et forprosjekt bør vurdere.

Skalering på dedikerte togtyper som Bane NOR foreslår blir ivarettatt av Norske tog og alternativer for kjøretøy i neste kapittel.

Oppsummert har vi disse alternativene for infrastrukturen sortert etter 4-trinns-metoden:

Tabell 27: Oppsummering av alternativene for infrastrukturen

Trinn	Tiltak i infrastrukturen	ID for alternativet
Nullalternativ	Ingen	0
Trinn 1: Redusere behovet	Siden supplerende utredning er en vurdering av aktuelle tiltak i et gitt mulighetsrom, er ingen tiltak utredet på dette trinnet her.	-
Trinn 2: Utnytte eksisterende løsninger mer effektivt	Nivået ble vurdert i mulighetsstudiet, men ingen av dagens systemer viser seg å mate ut sanntids-informasjon for dette formålet med relevant datakvalitet. Ingen tiltak er dermed utredet på dette trinnet.	-
Trinn 3: Bygge om og forbedre eksisterende løsninger	Ombygging/endring av TMS, som er under utbygging som del av ERTMS programmet. Tas i bruk etter som ERTMS bygges ut på delstrekninger.	T
	Ombygging av VICOS 1 øst	V1
	Ombygging av VICOS 2 sør/vest	V2
	Ombygging av EBICOS (Skøyen-Oslo S-Ski-Ise) Lite attraktiv løsning alene, da geografisk område er lite sammenlignet med naboområdet VICOS	E
	Ombygging av RailManager. RaliManager er vurdert av Bane NOR som uegnet for ombygging, og er i praksis silt vekk på dette nivået.	R

	Alternativer med ombygging av alle kombinasjoner av dagens fjernstyringer VICOS 1, VICOS 2 og EBICOS VICOS 1 og 2 = Hele VICOS-området VICOS 1 + EBICOS VICOS 2 + EBICOS Hele VICOS + EBICOS	V V1E V2E VE
	Alternativer med ombygging av alle kombinasjoner av dagens fjernstyringer VICOS 1, VICOS 2 og EBICOS sammen med ombygging/endring av TMS, som er under utbygging som del av ERTMS programmet. EBICOS + TMS VICOS 1 + TMS VICOS 2 + TMS Hele VICOS + TMS VICOS 1 + EBICOS + TMS VICOS 2 + EBICOS + TMS Hele VICOS + EBICOS + TMS	ET V1T V2T VT V1ET V2ET VET
Trinn 4: Erstatte eksisterende løsninger	Å erstatte dagens fjernstyringssystemer er en del av omfanget til ERTMS-programmet, og dermed allerede i gang utenfor denne utredningen. Det vurderes som uaktuelt å bygge ut disse strekningene med en av de eksisterende fjernstyringene, bare for å kunne implementer C-DAS. Noen lite trafikkerte strekninger som i dag har manuell trafikkstyring vil bli bygget ut med TMS sammen med utbyggingen av ERTMS. Disse strekningene er inkludert i alternativ T under trinn 3. Ingen tiltak er dermed utredet på dette trinnet.	

Fjernstyringssystemet RailManager (R) er vurdert av Bane NOR som teknologisk uegnet for sanntidsinformasjon, og ombygging av RailManager er silt vekk og merket med grått over.

Med rammebetingelse R5 (ref. kap. 4.3) om ingen diskontinuitet i tjenesten, er ingen av alternativene for ombygging av dagens fjernstyringssystem, uten videreføring av C-DAS som tjeneste også med TMS når ERTMS bygges ut, relevante. Disse teoretisk mulige alternativene er derfor silt ut og merket med grått over.

I tillegg er det ett kombinasjonsalternativer som framstår som lite attraktivt. Kombinasjonen av VICOS 2 sør/vest sammen med EBICOS er lite hensiktsmessig, da disse to områdene ikke grenser til hverandre, men har VICOS 1 øst imellom. Her vil et tog eventuelt oppleve flere overganger inn og ut av C-DAS. Samtidig er det tettere trafikk og flere reisende på et mindre geografisk område i VICOS 1 området enn i VICOS 2. Det betyr at det er flere reisende som får nytte av reduserte

forsinkelser som følge av C-DAS i VICOS 1 enn i VICOS 2, slik at hvis C-DAS er lønnsomt i VICOS 2 vil det også være lønnsomt i VICOS 1. Vi kan derfor ta vekk både det selvstendige alternativet for VICOS 2 og kombinasjonene med VICOS 2 uten VICOS 1.

I starten av mulighetsstudiet hadde vi en hypotese og en forventning om å finne en realiserbar teknisk løsning innenfor trinn 2 i metodikken. Forventningen var å finne løsninger som kunne utnytte dagens sanntids datastrømmer som underlag for en forenklet C-DAS-løsning, som et første trinn mot C-DAS over ERTMS. Dessverre ser vi fra tabellen over at vi har mange skaleringsalternativer på samme omfangstrinn som vanskelig lar seg skille på hvem som er mest attraktiv.

Selv med denne initiale silingen av alle mulige alternativer for skalering, av i prinsippet den samme konseptuelle tekniske løsningen for infrastrukturen, er det likevel 11 mulige alternativer med stort spenn i kostnad og nytte, i tillegg til null-alternativet. Disse går videre til grovsiling (kap. 10.) før samfunnsøkonomisk analyse (kap. 11), for å kunne skille hvilke tiltaksalternativer som bør vurderes til slutt.

På kostnadssiden vil tillegget fra det eneste tiltaksalternativet fra arbeidspakke 3.3 om teknisk operativ ruteplan med sekundoppløsning også tas med.

9.5.2 Sammenstilling av alternativer for kjøretøy

Det er vurdert tre hovedalternativer for innføring av C-DAS på eksisterende togmateriell som kan differensieres basert på kostnader, ytelse, krav til integrasjon og egnethet for ulike togtyper:

- **Alternativ A – Frittstående nettbrett**
Et enkelt og fleksibelt alternativ uten integrasjon mot togene. Løsningen gir rask utrulling, lave utviklingskostnader og passer godt for togmateriell med begrenset gjenværende levetid eller der integrasjon er vanskelig. Ytelsen kan påvirkes av manglende tilgang til togsystemer i kjøretøyene og vil være kunne være mer sårbar ved utfall av GNSS.
- **Alternativ B – C-DAS på førers eksisterende FIDO-nettbrett**
Dette er det mest kostnadseffektive alternativet ved utrulling til mange kjøretøy, siden eksisterende maskinvare gjenbrukes. Samtidig innebærer løsningen teknisk og regulatorisk risiko, ettersom FIDO-grensesnittet må videreutvikles og samkjøres med C-DAS-funksjonalitet. Løsningen gir lavere ytelse enn integrert C-DAS og typiske nettbrettløsninger ettersom beregninger gjøres gjennom en landsideserver (sentralisert). Det vil være lav gjenbruksverdi i arkitekturen til alternativ B ved en fremtidig overgang til ATO.
- **Alternativ C – Integrert C-DAS**
Gir høyest ytelse ettersom man kan hente ut odometridata fra toget. Løsningen er robust ved dårlig tilgjengelighet på GNSS og ved dekningstap av mobilnett, og kan legge et grunnlag for fremtidig ATO-oppggradering i togsettene. Kostnadene per togsett er moderate, men krever involvering av togprodusent og er mindre egnet for eldre materiell med kort levetid.

Alternativ B er ikke anbefalt som løsning på grunn av usikkerhet knyttet til FIDO-integrasjonen og lavere ytelses- og fremtidspotensial, som forutsetningen om sentralisert C-DAS (C-DAS-C) arkitektur gir. Dette er alternativet som i minst grad kan basere seg på ferdig hyllevare og som krever størst grad av nyutvikling av landsidesystemer hos Bane NOR.

Jernbanedirektoratet ser generelt klare utfordringer for ytelsen med en sentralisert C-DAS-løsning (C-DAS-C), spesielt i situasjoner der nettdekning faller bort og som igjen fører til at hele DAS-funksjonen også faller bort. Samtidig ser vi klare fordeler med alternativ B i forhold kostnad og fleksibel skalerbarhet over togflåten, og fleksibilitet i førerrommet. Sett i lys av gode erfaringer fra blant annet SBB i Sveits, med integrasjon av ruteplaninformasjon og førerveiledning i samme

nettbrettskjermer, og en mulig framtidig utvikling av SFERA-protokollen, med integrasjon av ruteplaninformasjon som kan forenkle programvaren, så har denne løsningen også fordeler. Det framstår derfor relevant å introdusere en utvidet variant av alternativ B, et B-pluss-alternativ, vi mener det er verdt å vurdere videre. B-pluss-alternativet kombinerer de mest attraktive egenskapene fra integrasjonene med FIDO, og samtidig økes ytelsen ved å benytte desentralisert C-DAS (C-DAS-O) arkitektur. Selv om integrasjonen i nettbrettet kan bli litt mer krevende, så kan eventuelt økte utviklingskostnader på kjøretøysiden kompenseres gjennom et enhetlig valg av arkitektur og mulige reduserte utviklingskostnader på landsiden hos Bane NOR. Innføring av C-DAS-O arkitektur kan føre til behov for noe mer lokal prosesseringskraft i nettbrettet enn med C-DAS-C, opp til samme nivå som for alternativ A. Det er ikke kjent hvor stort dette behovet er i forhold til tilgjengelig kapasitet på dagens FIDO-nettbrett. For denne utredningen antar vi at prosesseringskapasiteten i eksisterende FIDO-nettbrett er tilstrekkelig. Hvis kapasiteten blir et problem, kan dette optimaliseres ved framtidig spesifisering og valg av FIDO-nettbrett ved regulær fornyelse i forkant av innføring av C-DAS. Samlet kan dette heve ytelsen på løsningen opp på omtrent samme nivå som alternativ A. Leverandørene av C-DAS har åpenbart allerede programvareløsninger med C-DAS-O for alternativ A, slik at forskjellen i utvikling av servere og ombordutstyr sammenlignet med opprinnelig alternativ B bør være minimal. Denne varianten av alternativ B gjør også at infrastrukturen kan optimaliseres mer mot framtidig kompatibilitet med ATO-løsninger.

- **Alternativ B Pluss – C-DAS på førers eksisterende FIDO-nettbrett med C-DAS-O desentralisert arkitektur**

Kombinerer de mest attraktive egenskapene fra integrasjonene med FIDO, og øker ytelsen ved å benytte desentralisert C-DAS (C-DAS-O arkitektur). Vurdert til omtrent samme kostnader som alternativ B. Fortsatt kostnadseffektivt, siden eksisterende maskinvare gjenbrukes. Fortsatt teknisk og regulatorisk risiko som opprinnelig alternativ B. Løsningen gir tilsvarende ytelse som typiske nettbrettløsninger, men litt dårligere enn integrerte løsninger. Alternativet bidrar til å opprettholde gjenbruksverdi i arkitekturen ved en framtidig overgang til ATO.

Kombinasjonen med alternativ A og C gir lav risiko, rask utrulling der det er nødvendig, og er samtidig robuste C-DAS-løsninger ved dekningsutfall og mangel på GPS-signal. Dette samsvarer med desentralisert C-DAS (C-DAS-O) som det foretrukne oppsettet, både med tanke på teknisk ytelse, robusthet og framtidig arkitektur for ATO.

Oppsummert fra Norske tog foreslås det en utrulling av C-DAS til eksisterende togmateriell i Norge som vist i tabellen under:

Tabell 28: Forslag til utrulling av C-DAS til eksisterende togtyper

Togtype	C-DAS ombordsystem	RU C-DAS-TS server	Togleverandør involveres	C-DAS-løsning	Antall kjøretøy
Type 74/75/76	Togprodusent ¹⁹	Togprodusent ¹⁹	Ja	Integrert (alt. C)	150
Type 78	Konkurranse	Konkurranse	Nei	Nettbrett (alt. A)	8
Type 71	Konkurranse	Konkurranse	Nei	Nettbrett (alt. A)	15

¹⁹ Eventuell direktetildeling må gås opp juridisk, men togprodusent må uansett involveres for full integrasjon

Type 72	Konkurranse	Konkurranse	Nei	Nettbrett (alt. A)	36
Type 73	Konkurranse	Konkurranse	Nei	Nettbrett (alt. A)	20
N05	Allerede anskaffet	Allerede anskaffet	Allerede integrert	Integrert (alt. C)	36 ²⁰
N06	Allerede anskaffet	Allerede anskaffet	Allerede integrert	Integrert (alt. C)	19 ²⁰
N10	Allerede anskaffet	Allerede anskaffet	Allerede integrert	Integrert (alt. C)	17 ²⁰
Resten av NTs togflåte	Ikke aktuelle	Ikke aktuelle	Ikke aktuelle	Ikke aktuelle	84
Øvrige flåte	Konkurranse	Konkurranse	Nei	Nettbrett (alt. A)	50 ²¹

De forskjellige togtypene kan grupperes, slik fargene indikerer i tabellen under, etter hvilke mulige C-DAS-løsninger som kan benyttes om bord, her også utvidet med B-pluss alternativet.

Tabell 29: Gruppering etter mulige C-DAS-løsninger

Togtype	Mulig C-DAS-løsninger	Antall kjøretøy
N05/N06/N10 «Nye tog»	Forhåndsinstallert Integrert (alt. C) (Ingen alternativer)	72 ²
Type 74/75/76 «FLIRT»	Ettermontert integrert (alt. C) eller Nettbrett (alt. A) eller FIDO nettbrett (alt. B) eller FIDO nettbrett Pluss (alt. B+)	150
Type 78/71/72/73 og øvrig flåte, inkludert godstog «Røkla»	Nettbrett (alt. A) eller FIDO nettbrett (alt. B) eller FIDO nettbrett Pluss (alt. B+)	79
Resten av NTs tog- flåte omfatter tog- typer som allerede eller snart fases ut	Ikke aktuelle	84

²⁰ Antall togsett i bestilling i dag. Antallet vil økes ettersom man roper av opsjoner for leveranse av flere tog

²¹ Vedlikeholdskjøretøy («gule maskiner») er lite aktuelle for C-DAS og er ikke inkludert i dette antallet

Det er grunn til å legge merke til at alle løsninger for «Røkla» kan også benyttes for «Flirt», men «Flirt» kan også ha en ettermontert integrert løsning og oppnå lik ytelse som «nye tog».

For å støtte C-DAS-systemene i togene er et indirekte oppsett med RU DAS-TS som mellomledd vurdert som mest hensiktsmessig. Dette oppsettet gir fleksibilitet, standardiserer grensesnittet mot Bane NOR og reduserer risiko for kompatibilitetsutfordringer. For å sikre compatible løsninger bør RU DAS-TS tilpasses den ombordløsningen som faktisk benyttes: én felles nasjonal RU DAS-TS vil være egnet dersom en større C-DAS-anskaffelse gjøres fra én leverandør, mens egne RU DAS-TS-instanser kan være nødvendig dersom flere leverandører benyttes parallelt. Følgende fordeling er derfor anbefalt:

- Type 74/75/76 med egen RU DAS-TS som er kompatibel med ombordløsningen (integrert C-DAS).
- Øvrig materiell med RU DAS-TS i samme anskaffelseskontrakt som ombordsystemet (nettbrett).
- N05/N06 og N10 med RU DAS-TS gjennom egne, eksisterende kontrakter.

I kostnadsestimatet er det ikke vist forskjeller i kostnad på direkte (uten RU-DAS-TS) eller indirekte (med RU DAS-TS) kommunikasjon, og i videre sortering av alternativer forutsetter vi indirekte kommunikasjon.

De nettbrettbaserte løsningene kan i liten grad benytte togets egne odometri-beregninger som støtte for posisjonsangivelse, slik de integrerte løsningene kan. Andre tilleggsløsninger for posisjonering kan løses på flere måter. Dette vil i hovedsak påvirke ytelsen til de forskjellige systemene når nettdækningen er borte, og S-DAS funksjonen er aktiv. I utredningen registrerer vi at kompleksiteten allerede er stor, og vi har valgt å ikke lage en komplett oversikt over alle mulige kombinasjoner med fordeler og ulemper for hver. Oppsummeringen av alternativanalysen har fokusert på egenskaper som kan skille hovedalternativene, og vi har valgt å se bort ifra variasjon i ytelse her, men setter én gjennomsnittlig ytelse for S-DAS. Et forprosjekt bør finne en optimal løsning for posisjonsberegning for aktuelle varianter av ombordutrustning.

Oppsummert får vi en felles struktur med indirekte kommunikasjon og etablering av en serverløsning (RU DAS TS) som kommuniserer med infrastrukturen. Så vurderes utrustning av hver gruppe av tog med alternativene enkeltvis eller i kombinasjon av integrert løsning for «Flirt» sammen med en nettbrettløsning for «Røkla»-gruppen av tog. Alle de forskjellige skaleringene og kombinasjonsmulighetene vil være vanskelig å skille på dette nivået, og bør derfor vurderes i en samfunnsøkonomisk sammenheng, for å se hvordan kost-nytte balanserer.

Tabell 30: Oppsummering av alternativene for kjøretøyene

Trinn	Tiltak for ombordutstyr	ID for alternativet
Null-alternativ	Ingen, heller ikke å ta i bruk forhåndsinstallerte integrerte C-DAS-løsningen (alt. C) på nye tog.	0
Trinn 1: Redusere behovet	Siden supplerende utredning er en vurdering av tiltak i et gitt mulighetsrom, er ingen tiltak utredet på dette trinnet her.	-
Trinn 2: Utnytte eksisterende løsninger mer effektivt	Bare å ta i bruk den forhåndsinstallerte integrerte C-DAS-løsningen på nye tog – alternativ C. Siden denne løsningen er forhåndsinstallert, vil den alltid være til stede og kan brukes. Og den må skilles ut som eget alternativ, fordi kostnaden er	0+

	helt forskjellig fra den ettermonterte løsningen for «Flirt»-togene.	
Trinn 3: Bygge om og forbedre eksisterende løsninger	Legge til C-DAS funksjon på FIDO-nettbrett med sentralisert C-DAS – alternativ B på både «Flirt» og «Røkla» Inkludert O+ på «nye tog»	FN
	Legge til C-DAS funksjon på FIDO-nettbrett med desentralisert C-DAS – alternativ B- pluss på både «Flirt» og «Røkla». Inkludert O+ på «nye tog»	FN+
Trinn 4: Nye løsninger eller erstatte eksisterende løsninger	Etterinstallere integrerte C-DAS-løsning på «Flirt»-togene – alternativ C. Ingen løsning på «Røkla» Inkludert O+ på «nye tog»	FI
	Installere nye nettbrett med C-DAS – alternativ A på både «Flirt» og «Røkla» Inkludert O+ på «nye tog»	NN
	Videre kan det kombineres å etterinstallere integrerte C-DAS-løsning på «Flirt»-togene – alternativ C – sammen med andre løsninger for «Røkla». Fortsatt inkludert O+ på «nye tog».	
	Integrerte C-DAS-løsning på «Flirt»-togene – alternativ C – sammen med FIDO-nettbrett med sentralisert C-DAS – alternativ B på «Røkla».	FIFN
	Integrerte C-DAS-løsning på «Flirt»-togene – alternativ C – sammen med FIDO-nettbrett med desentralisert C-DAS – alternativ B- pluss på «Røkla».	FIFN+
	Integrerte C-DAS-løsning på «Flirt»-togene – alternativ C – sammen med nye nettbrett med C-DAS – alternativ A på «Røkla»	FINN

Når først en C-DAS løsning er etablert, vil det være lite formålstjenlig å ikke samtidig ta i bruk forhåndsinstallert C-DAS på «nye tog», siden tilleggskostnaden bare er driftskostnadene. I alternativene ovenfor er derfor null-pluss-alternativet alltid med i tillegg, så lenge det er en annen C-DAS løsning som også er valgt.

Innenfor trinn 3 ser vi at FN Pluss-alternativet har et fortrinn med antatt omtrent samme kostnad, men bedre ytelse enn FN-alternativet. Det er derfor rimelig å videreføre FN Pluss i videre analyser.

På trinn 4 har vi alternativ NN med nye nettbrett. Igjen vil antakelig alternativ FN Pluss for trinn 3 ha bortimot samme ytelse og et potensiale for lavere kostnad ved implementering i togflåten. NN-alternativet er derfor ikke så interessant å ta med videre.

«Flirt»-togene er i en litt spesiell situasjon, da de enten kan utstyres med den samme nettbrett-baserte løsningen som «Røkla»-togene, eller utstyres med den ettermonterte integrerte løsningen som bare de kan ha. Alternativet alene representerer også en annen skalering over grupper av tog enn de andre alternativene, og FI-alternativet er derfor attraktivt for videre samfunnsøkonomisk analyse.

Den samme argumentasjonen kan brukes om kombinasjonene av integrert løsning for «Flirt»-togene, FI, sammen med en annen ombordløsning for «Røkla»-togene. Her vil igjen kombinasjonen med FN Pluss-alternativet framstå som mest attraktivt for videre analyse i sammenligning med de andre.

Vi står igjen med en forenklet liste fra denne delen av alternativanalysen, hvor de alternativene som ikke er med videre er markert med grått i tabellen over.

9.5.3 Kombinering av alternativer for infrastruktur og kjøretøy

For å få en helhetlig C-DAS-løsning, så trengs både tiltak i infrastrukturen og for kjøretøyene. I prinsippet er valg av alternativ for infrastruktur og alternativ for kjøretøy helt uavhengig av hverandre, med noen begrensninger. Men tiltaksalternativene er ikke komplette før begge deler er valgt. Analysen må derfor så på aktuelle kombinasjoner for infrastruktur og kjøretøy.

Det er også et skaleringsvalg i hvor mange tog som blir utstyrt med C-DAS ombordutstyr, hvis bare deler av infrastrukturen bygges ut med C-DAS.

- Man kan velge å utstyre bare et *minimums antall* tog, det vil si bare de togene som i hovedsak kjører innenfor produksjonsområdet for fjernstyringen som er bygget ut.
- Man kan velge å utstyre *alle tog som bare er innom* produksjonsområdet for fjernstyringen som er bygget ut.
- Man kan velge å utstyre *alle tog* med ombordutstyr uansett, for å hente nytten fra S-DAS-funksjonen på alle strekninger uansett.

I praksis har vi sett på det første og siste alternativet, med et minimums antall tog og et maksimums antall tog. Hvis ikke nytten av å bare bruke S-DAS-funksjonen er verd mer enn driftskostnadene, bør antallet tog begrenses til et minimum for å redusere kostnaden. Hvis nytten av å bare bruke S-DAS-funksjonen er verd mer enn driftskostnadene, bør maksimalt antall tog utstyres, for å oppnå størst mulig nytte for kostnaden. Mellomløsningen vil derfor aldri bli den optimale løsningen. I underlagsrapport om siling av tiltaksalternativ kapittel 4.5 er det vist til beregninger som taler for at det er optimalt å utstyre så mange tog som mulig med førerstøtte.

Til sammen er alle skaleringene en kompleks situasjon å regne på. For å beskrive samlet effekt av de forskjellige alternativene trenger vi å sammenstille alternativer for infrastrukturen sammen med alternativer for togene og vurdere kost og nytte for et minimums- og et maksimumsantall tog. I tillegg må tiltaksalternativene vurderes i de forskjellige scenariene for ytre forhold.

Silingsprosessen er beskrevet i kap. 10. Kostnader og ytelse for hvert tiltaksalternativ er redegjort for i kap. 11 i henholdsvis usikkerhetsanalysen og samfunnsøkonomisk analyse.

Tabell 31: Oppsummering av tiltaksalternativer

Alle tiltaks- alternativ	Tiltak i ombordutrustningen ►				
Tiltak i infra- strukturen ▼	Null- alternativ	Forhånds- installert integrert C- DAS-løsning (O+)	FIDO-nettbrett med desentralisert C-DAS (FN+)	Etterinstallert integrert C- DAS-løsning (FI)	Etterinstallert integrert C- DAS-løsning og FIDO- nettbrett med desentralisert C-DAS (FIFN+)
Null-alternativ	0	O_O+	O_FN+,	O_FI,	O_FIFN+
TMS under utbygging (T)	-	T_O+	T_FN+,	T_FI,	T_FIFN+
EBICOS og TMS under utbygging (ET)	-	ET_O+	ET_FN+,	ET_FI,	ET_FIFN+
VICOS 1 og TMS under utbygging (V1T)	-	V1T_O+	V1T_FN+,	V1T_FI,	V1T_FIFN+
Hele VICOS og TMS under utbygging (VT)	-	VT_O+	VT_FN+,	VT_FI,	VT_FIFN+
VICOS 1 og EBICOS og TMS under utbygging (V1ET)	-	V1ET_O+	V1ET_FN+,	V1ET_FI,	V1ET_FIFN+
Hele VICOS og EBICOS og TMS under utbygging (VET)	-	VET_O+	VET_FN+	VET_FI,	VET_FIFN+

10 Siling av tiltak for Ap. 3.2 Tidlig innføring av C-DAS

10.1 Metode og prosess

Grovsilingen gjennomføres som en systematisk reduksjon av tiltaksalternativer basert på overordnede mål, rammebetingelser og sentrale evalueringskriterier. Formålet er å identifisere et håndterbart utvalg alternativer som er relevante og tilstrekkelig gode. I denne fasen legges det særlig vekt på kriterier som samfunnsøkonomisk potensial (på et overordnet nivå), teknisk gjennomførbarhet, mål og sentrale krav i prosjektet. Dette gir en sammenheng til prosjektets mål og rammebetingelser vist i kapittel 4, som da også er aktive i silingen. Mål og rammebetingelser er lagt inn under aktuelle hovedkriterier i tabellen under.

10.1.1 Evalueringskriterier

Vurderingene er basert på fire hovedkriterier:

Tabell 32: Hovedkriteriene i evaluering og siling

Kriterium	Kobling til effektmål og rammebetingelser	Praktisk betydning	Hovedpoeng
Samfunnsøkonomi (SØA)	E1: Kapasitetsutnyttelse og punktlighet E2: Effektiv drift R4: Bærekraft	Viktigste driver, høyest vekt	Nytte vs. kostnad, mer for pengene. SØA styrer rangering i stor grad
Teknisk gjennomførbar	R1: Utnyttelse av ERTMS R2: Krav til automasjon R5: Kontinuitet v innføring	Gjennomførbarhet, kompleksitet	Teknisk + mer kompleks med flere systemer
Førermiljø	E2: Effektiv drift R5: Stabil drift	Antall systemer. Brukervennlighet	Førermiljø viktig for kjøretøy
Risiko og usikkerhet	R3: Samfunnssikkerhet R1: Robust implementering E3: Sikkerhet (lik for alle)	Implementering. Gevinstrealisering viktig for å oppnå de antatte virkningene.	Risikovurdering skiller på infrastruktur. Ikke vurdert som relevant for kjøretøy

Alternativer som åpenbart har lav måloppnåelse, ugunstig nytte-kostnadsforhold, eller som ikke er forenlige med identifiserte rammebetingelser, siles ut. Vurderingene gjøres med en forenklet og kvalitativ scoring (score 1 til 5), der hensikten primært er å skille klart svake alternativer fra de mer lovende, heller enn å rangere alternativene presist. Vi kombinerer **score** og **trafikklys**:

● (4–5) = god oppfyllelse av kriteriet

● (3) = middels oppfyllelse

● (1–2) = svak oppfyllelse

○ = ikke relevant

Tiltaksalternativene er definert som kombinasjoner av:

- Infrastruktur (ulike grader av utbygging og systemvalg)
- Kjøretøyløsninger (ombordutstyr og arkitektur)

Disse kombineres med eksterne scenarioer for datakommunikasjon (5G/FRMCS) og ERTMS.

Forenklete vurderinger benyttes for å redusere kompleksitet, før mer detaljerte analyser gjennomføres for de mest lovende alternativene. Silingsprosessen gjennomføres i to steg:

- **Grovsiling** – reduksjon av antall alternativer basert på overordnede vurderinger og
- **Finsiling** – kvantitativ analyse av de beste alternativene på tvers av scenarioer.

I grovsilingen benyttes overnevnte kriterier og scoremetode for å identifisere svake alternativer. Finsilingen baseres på beregnet netto nåverdi (NNV), hvor trafikantnytte, investeringskostnader og driftskostnader inngår. I neste kapittel oppsummeres alternativene med en evaluering.

10.2 Grovsling av tiltak

10.2.1 Resultat for infrastruktur

Følgende alternativer for infrastruktur gikk videre fra mulighetsstudien:

Tabell 33: Beskrivelse og verbal evaluering av infrastruktur-alternativene

Infra	Infrastruktur	Beskrivelse og evaluering
0	Ingen (videreføres som referanse)	Ingen ombygging gir ingen sanntidsdata tilgjengelig fra infrastrukturen. Kjøretøy med C-DAS-O arkitektur kan utnytte S-DAS som gir noe nytte med svært lave kostnader
T	Bare tidlig TMS (C-DAS bygges i takt med ERTMS)	Ett (1) system. Større nytte med TMS enn ved ombygging av eksisterende system (som ikke utføres). Høy restverdi pga. ønsket sluttløsning. Innføring av C-DAS som følger utrulling av ERTMS er attraktiv, siden datakvalitet er bedre enn med dagens systemer.
VT	Bare Vicos + tidlig TMS (Mesteparten av trafikken i Vicos-omr. (uten OsloS))	Tre (3) systemer gir høy kostnad. Nytt fra tog hvor bestykning trigges av VICOS 2 sør/vest området er lite ift. systemkostnad i infrastrukturen. Hele VICOS-området for stort for å gi gode nytte-kost forhold. Lavere nytte enn V1 isolert.
V1T	Bare Vicos 1 øst + tidlig TMS (Flere reisende i VICOS 1- kontra Vicos 2 området)	To (2) systemer gir høy kostnad. Høy potensiell nytte pga. høyest trafikkthet. Hele VICOS for stort for å gi gode nytte-kost-forhold. V1 alternativer har alltid høyere NNV enn både V1 og V2. VICOS 1 Øst-området mest aktuelt produksjonsområde for nytterealisering. Nytt fra tog hvor bestykning trigges av VICOS 2 sør/vest er lite ift. systemkostnader i infrastrukturen.
V1ET	Bare Vicos 1 øst + Ebicos + tidlig TMS	Tre (3) systemer gir svært høy kostnad. Men også høy pot. nytte pga. virkning i området med høyest trafikkthet. Men ender opp som kompleks og kostbar løsning uten tilsvarende gevinster. Erfaringer tilsier at effekten av C-DAS liten på stasjonsområder. Dårlig effekt i tunneller pga. dekning
VET	Vicos + Ebicos + tidlig TMS. (Realistisk maks. løsning)	Fire (4) systemer gir svært høy kostnad. Høy potensiell nytte pga. område med høyest trafikkthet. Nyttegevinster fra EBICOS (lite område, færre tog) veier ikke opp for kostnader. Liten effekt av C-DAS på stasjoner. Dårlig effekt i tunneller pga. dekning.
ET	Bare Ebicos + tidlig TMS	To (2) systemer gir høy kostnad. Høy pot. nytte i området med høyest trafikkthet. EBICOS er lite område (færre tog) og nytte veier ikke opp ekstrakostnad. Liten mulighet for tog å hente inn forsinkelse oppstått utenfor området. Bedre dekning i stasjonsomr enn C-DAS. Dårlig dekning i tunneller gir lav effekt.

Samfunnsøkonomi er vektet høyest og blir dermed hoved-driver for evalueringene. Vurderingene viser at økt dekning ikke gir proporsjonal nytte. Økt kompleksitet i løsningene ser ut til å føre til dårligere samfunnsøkonomiske resultat, det vil si de løsningene som har mest kompleksitet har høyest kostnad og mest negative netto nåverdier.

Følgende tabell viser resultatet av rangeringen av infrastruktur-alternativ (Se vedlegg 3 Underlagsrapport for siling av tiltaksalternativer)

Tabell 34: Rangering av infrastruktur – kombinert trafikklys + score. Førermiljø er ikke relevant her

Rang	Alt.	Beskrivelse	SØA	Teknisk	Risiko	Samlet	Vurdering
1	T	Bare tidlig TMS Kons. A	● (5)	● (3)	● (2)	● (4,1)	Beste balanse nytte-kostnad
2	V1T	Bare Vicos 1 øst+tidlig TMS	● (4)	● (3)	● (3)	● (3,6)	Høy nytte i viktig område
3	VT	Bare Vicos + tidlig TMS K. B	● (3)	● (3)	● (3)	● (3,0)	Dyrt uten stor gevinst
4	0	Ingen	● (4)	○	● (3)	● (2,7)	Ingen kost, ingen effekt
5	V1ET	Bare Vicos 1 øst + Ebicos + tidlig TMS	● (2)	● (2)	● (3)	● (2,1)	Store kostnader, kompleksitet og lav effekt gir liten nytte
5	VET	Vicos + Ebicos + tidlig TMS. K. C uten RM	● (2)	● (2)	● (3)	● (2,1)	Kompleks og kostbar. Liten dekning gir liten nytte ift kostnad
7	ET	Bare Ebicos + tidlig TMS	● (1)	● (2)	● (3)	● (1,5)	Lav dekning, dekker lite område

Grovsilingen viser at kostnadseffektivitet er den dominerende driveren. T (tidlig TMS) og V1T (Vicos 1 øst + TMS) skiller seg ut som reelle alternativer. De kombinerer relativt høy nytte med begrenset kostnadsnivå.

Alternativer med større geografisk dekning eller flere systemer (f.eks. VET og V1ET) faller ut fordi merkostnader ikke oppveies av økt nytte. Dette illustrerer at kostnadseffektivitet og målrettet dekning kan være viktigere enn maksimal utbygging i tidlig fase.

Alternativ 0 videreføres som referanse, men også som et reelt lavkostalternativ.

10.2.2 Resultat for kjøretøy

Følgende alternativer for kjøretøy gikk videre fra mulighetsstudien:

Tabell 35: Kjøretøy – evaluering med score metode. Risiko er ikke relevant/vurdert.

Alt.	Alternativ	Beskrivelse	Samlet evaluering
0	Referanse	Ingen utstyr eller nye løsninger	Stabil referanse uten forbedring i ytelse.
0+	Preinstallert S-DAS	Alle preinstallerte tog benytter S-DAS funksjon i C-DAS ombordutrustning.	Ingen investeringer i infrastruktur. Tar i bruk S-DAS-funksjon i alle tog med preinstallert utstyr. Lav nytte, men eneste med pluss (!). Kun kostnad til drift av C-DAS på nye tog. <u>Videreføres.</u>
NN	Alt. A: Nye nettbrett med C-DAS-O	Tilsvare referanse fra KVV Alt. A. Utnytter premontert løsning i alle nye tog. Ettermontering av nye dedikerte nettbrett for C-DAS i alle andre tog	Gir nominelt samme ytelse som FN og FN+, men koster mer, derav lavere nytte-kost. Potensielt dårligere førermiljø pga. en ekstra skjerm sammenlignet med integrert løsning

Alt.	Alternativ	Beskrivelse	Samlet evaluering
FN	Alt. B: FIDO nettbrett med C-DAS-C	Utnytter premontert løsning i alle nye tog. Utnytter eksisterende FIDO-nettbrett. Lager en app for C-DAS i alle andre tog med sentralisert arkitektur for å beregne kjøreprofil. Løsningen har ikke S-DAS-funksjon	FN varianter har samme kostnad som FN+, men gir dårligere ytelse i alle situasjoner pga. manglende S-DAS funksjon når sanntidsinfo faller bort eller ikke finnes
FN+	Alt. B mod. FIDO nettbrett C-DAS-O	Utnytter premontert løsning i alle nye tog. Utnytter eksist FIDO-nettbrett. App for C-DAS i alle andre tog med distribuert arkitektur. Med S-DAS funksjon	FN+ har samme kostnad som FN varianter, men gir bedre ytelse i alle kombinasjoner med S-DAS, når sanntidsinfo faller bort eller ikke finnes. Beste kombinasjon av kostnad, ytelse og enkel implementering. <u>Videreføres</u>
FI	Alt. C: Flirt integrert med C-DAS-O	Utnytter premontert løsning i alle nye tog. Ettermontering av en integrert løsning i alle tog i Flirt-serien	Samme kostnad som FN+. Hypotese for nytte: Integrert løsning på FLIRT + ingen bestykning på andre tog veies ikke opp av økt nytte av integrert løsning på FLIRT-tog. <u>Videreføres</u> for å avdekke balanse mot øvrige alternativ
FINN	Alt. A + alt. C	Kombinasjonen av premontert løsning i nye tog, integrert løsning i Flirt-serien og nye dedikerte nettbrett for alle resterende tog	Alle NN-varianter gir nominelt samme ytelse (og nytte) som FN+ varianter, men er dyrere og gir potensielt dårligere førermiljø pga. ekstra skjerm.
FIFN	Alt. B + Alt. C	Kombinasjon av premontert løsning i nye tog, integrert løsning i Flirt-serien og app for C-DAS i FIDO-nettbrett med sentralisert arkitektur for alle andre tog	FN har samme kostnad som FN+, men gir dårligere ytelse (og nytte) i alle situasjoner pga. manglende S-DAS funksjon når sanntidsinfo faller bort eller ikke finnes.
FIFN+	Alt. B modifisert + alt. C	Kombinasjonen av premontert løsning i nye tog, integrert løsning i Flirt-serien og app for C-DAS i FIDO-nettbrett med distribuert arkitektur for alle andre tog	FN+ varianter har samme kostnad som FN, men gir bedre ytelse i alle kombinasjoner med S-DAS-funksjon, når sanntidsinfo faller bort eller ikke finnes. <u>Videreføres</u> til NNV for å avdekke balanse mot øvrige alternativ.

FN+ gir beste balanseforhold på kostnad, nytte og øvrige hovedkriterier. Integrerte løsninger gir noe mer nytte, men med høyere kompleksitet. Alternativer uten S-DAS er systematisk dårligere.

Neste tabell viser samlede score-resultater med rangering basert på samlet score:

Tabell 36: Kjøretøy – kombinert trafikklys + score. Risiko er ikke vurdert/relevant

Rang	Alt.	Beskrivelse	SØA	Teknisk	Førermiljø	Samlet	Vurdering
1	O+	Preinstallert S-DAS	● (4)	● (5)	● (5)	● (4,3)	Best nytte-kost, men lite effekt. Ok øvrig
2	FN+	Alt. B mod. FIDO nettbrett C-DAS-O	● (4)	● (5)	● (4)	● (4,1)	Høy ytelse og nest-best nytte-kost, men på minusside

Rang	Alt.	Beskrivelse	SØA	Teknisk	Førermiljø	Samlet	Vurdering
3	FI	Alt. C: Flirt integrert C-DAS-O	● (4)	● (3)	● (4)	● (3,9)	Kostnadseffektiv (som FN+)
4	FIFN+	Alt. B mod + alt. C med Fido nettbrett	● (4)	● (3)	● (3)	● (3,7)	Maks løsning. Lav score på annet enn SØA
5	0	Ingen	● (3)	● (5)	● (3)	● (3,2)	God score teknisk gjennomføring. Ingen effekt
6	FN	Alt. B: FIDO nettbrett med C-DAS-C.	● (2)	● (5)	● (4)	● (2,8)	Lav ytelse, god score teknisk gjennomførbar og førermiljø
7	NN	Nye nettbrett	● (2)	● (4)	● (3)	● (2,4)	Standard løsning
8	FIFN	Alt. B + Alt. C	● (2)	● (3)	● (3)	● (2,3)	Redusert ytelse
9	FINN	Alt. A + alt. C	● (2)	● (2)	● (2)	● (2,0)	Kompleks gir høy kostnad. Dårlig score øvrige krit.

For kjøretøyløsningene er C-DAS-funksjonalitet en avgjørende faktor for ytelse. FN+ og 0+ framstår naturlig som de beste. Samtidig er forskjeller i kostnad og kompleksitet tydelige.

10.2.3 Videreførte tiltaksalternativ

For *infrastruktur*-alternativene drives utvalget av kost-nytte og enkelhet → T og V1T dominerer med best NK-forhold. 0-alternativ beholdes som referanse. For *kjøretøy*-alternativene drives utvalget av S-DAS, kostnadseffektivitet og kompleksitet → fem alternativer dekker hele beslutningsrommet og videreføres. Resultatet av silingen med kombinasjonen av kjøretøy- og infrastruktur-alternativ benevnes «tiltaksalternativ». Følgende tiltaksalternativer videreføres:

Tabell 37: Videreførte tiltaksalternativer

Tiltaksalt.	Infra	Beskrivelse	Kjt	Kjøretøy beskrivelse
Referanse	Alt. 0	Ingen tiltak	0	Dagens systemer om bord
Null +	0	Ingen tiltak	0+	Pre-installert C-DAS. Lavkostløsning med +nytte
T_alt.0+ T_FN+ T_FI T_FIFN+	T	Bare tidlig TMS	0+ FN+ FI FIFN+	Pre-installert C-DAS med lave kostnader FN+ Alt. B mod. FIDO nettbrett C-DAS-O Alt. C. Integrert løsning i Flirt-tog FIFN+ B+ C. Høy ytelse-> høy nytte, men høy kostn.
V1T_alt.0+ V1T_FN+ V1T_FI V1T_FIFN+	V1T	Bare Vicos 1 øst + tidlig TMS	0+ FN+ FI FIFN+	Pre-installert C-DAS med lave kostnader FN+ Alt. B mod. FIDO nettbrett C-DAS-O Alt. C. Integrert løsning i Flirt-tog FIFN+ B+ C. Høy ytelse-> høy nytte, men høy kostn.

Kompleksitet slår ut dobbelt – på kostnader og ditto samfunnsøkonomi og et mer komplekst førermiljø. Risiko øker. Videreførte alternativ dekker et spenn fra minimumsløsning til full utrustning. Grovsilingen av kjøretøy-alternativ gir en klar retning: enklere og mer kostnadseffektive løsninger dominerer mer komplekse alternativer. Dette legger et tydelig premiss for finsilingen.

Dette er i tillegg avhengigheter til valg av tekniske systemer utenfor denne utredningen. Dette handler om datakommunikasjon og periode for ferdigstilling av ERTMS. Begge typer teknologivalg behandles videre som scenario, og er ikke gjenstand for isolert usikkerhetsanalyse.

10.3 Finsiling av tiltak

10.3.1 Metode og datagrunnlag

Finsilingen er basert på beregnet netto nåverdi (NNV), der trafikantnytte, investeringskostnader og driftskostnader inngår. Analysene er gjennomført for seks scenarioer som kombinerer datakommunikasjon og ERTMS-utrustning. Resultatene viser konsistente rangeringer sammenlignet med resultater fra usikkerhetsanalysen. Finsiling baseres derfor på basisverdier.

10.3.2 Resultat og hovedfunn

Følgende tabell viser resultater for netto nytte basert på basisestimat for kostnad og nytte:

Tabell 38: Oversikt netto nåverdi med rangerte alternativ.

Rang	Tiltaks-alternativ	Infra	Kjt	NNV (MNOK)	Robust-het	Vurderinger /riskiko	Anbefaling
1	O_0+	0	0+	● +60 → +95	● Høy	Positiv NN, begrenset nytte. Robust. Følsom for usikkerhet.	✓ Lavrisiko / ikke investere
2	T_FN+	T	FN+	● -250 → -660	● Høy	Best av de øvrige, men negativ NN.	★ Anbefalt utviklingsvalg
3	T_FI	T	FI	● -270 → -690	● Middels	Marginal dårligere NN enn T_FN+, men større usikkerhet.	Kan vurderes. Dyrere enn FN+
4	T_FIFN+	T	FIFN+	● -290 → -750	● Middels	Flere systemer gir økt kostnad og større risk.	Høy kostnad, bør ikke prioriteres
5	V1T_FN+	V1T	FN+	● -500 → -890	● Middels	Flere systemer gir enda større kostnad uten tilsvarende nyttevekst.	✗ Ikke anbefalt, systematisk dårlig
6	V1T_FI	V1T	FI	● -550 → -970	● Lav	Som over	✗ Kostbar, forkastes
	V1T_FIFN+	V1T	FIFN+	● -570 → -1020	● Lav	Som over	✗ Svakest

Alternativ O+ (ingen ny infrastruktur, utnyttelse av S-DAS i eksisterende utstyr) er det eneste alternativet med **positiv netto nåverdi** (ca. 100 MNOK) i alle scenarioer. Blant øvrige alternativ fremstår **T_FN+** som best (minst negativ) på tvers av alle scenarioer. **T_FI** og **T_FIFN+** følger tett

etter, spesielt for scenariet med FRMCS. Alternativer basert på V1T har systematisk dårligere resultater.

10.3.3 Robusthet og følsomheter i anbefalingen

Analysene viser at alternativ O+ gir positiv netto nåverdi i alle scenarioer, men den absolutte gevinsten er begrenset og følsom for usikkerhet. Netto nytte er relativt begrenset. Små endringer i forutsetninger (f.eks. lavere faktisk ytelse, høyere driftskostnader eller tilpasninger) kan redusere eller eliminere den positive nytten.

Selv om T_FN+ har negativ netto nytte, fremstår alternativet som det beste der det investeres i infrastruktur. Tiltaks-alternativet er lite sensitiv for variasjoner i ERTMS-utrulling og datakommunikasjon. Alternativet har god teknisk gjennomførbarhet (utnytter eksisterende plattform), akseptabel kompleksitet og førermiljø samt begrenset implementeringsrisiko. V1T-alternativer er konsekvent 300–400 MNOK dårligere. En tolkning av dette er at verdien ligger i systemarkitektur (T), ikke kun geografisk dekning. V1T gir ikke nok merverdi relativt til kostnad.

Datakommunikasjon: Hvis FRMCS kommer tidlig, vil det forbedre NNV med ca. **+150–200 MNOK** i forhold til 5G. Resultatene er robuste i rangering, men nivået påvirkes av teknologi. Selv med FRMCS blir ingen investeringsalternativer lønnsomme.

ERTMS: Hvis ERTMS-utrulling i Oslo-området kommer tidlig (tidligere ferdigstillelse) gir dette bedre nytte. Effekten er relativt lik på tvers av alternativene og påvirker ikke rangering. Alternativer basert på T-infrastruktur utnytter ERTMS bedre enn V1T-alternativer, mens mer komplekse kjøretøyløsninger er mer følsomme for ERTMS utrulling.

10.3.4 Oppsummering videreførte alternativ

Grovsilingen identifiserer tydelig at enkle og målrettede løsninger er mest attraktive. Finsilingen dokumenterer at de videreførte alternativene også gir best samfunnsøkonomisk resultat. Finsilingen peker på to ulike konklusjoner avhengig av perspektiv. Dette innebærer at anbefalingen ikke nødvendigvis er entydig, men må forankres i ambisjonsnivå

1. Rent samfunnsøkonomisk perspektiv

- Alternativ O+ er beste valg i et samfunnsøkonomisk perspektiv. Investeringer på infrastruktur (andre alternativ) fremstår ikke lønnsomme innenfor analysens forutsetninger.
- **Dersom målet er maksimal samfunnsøkonomisk lønnsomhet → velges O+**

2. Utviklings- og forbedringsperspektiv

- T_FN+ er det mest robuste investeringsalternativet. Gir best balanse mellom effekt, kostnad og risiko blant utviklingsalternativene.
- **Dersom målet er videre utvikling og forbedring av systemet → velges T_FN+**

11 Vurdering av virkninger

Kapitlet omfatter virkninger for Ap. 3.2 Tidlig innføring av C-DAS sammen med Ap. 3.3 Teknisk operativ ruteplan med sekundoppløsning. Her vurderes de viktigste virkningene og momentene som bør tillegges vekt ved vurdering av de ulike løsningene:

- Samfunnsøkonomisk lønnsomhet
 - Kostnadsvirkninger
 - Nyttevirkninger
 - Ikke-prissatte virkninger
- Måloppnåelse
- Usikkerhet og risiko

11.1 Kostnader

Et førerstøttesystem krever investeringer i ombordutstyr og infrastruktur som gir opphav til både investerings- og driftskostnader. Når det gjelder kostnader knyttet til infrastrukturen så er det lagt til grunn de samme anslagene på enhetskostnader som i KVV ATO, men prisjustert disse.

Når det gjelder ombordutstyret så har det blitt vurdert flere tekniske løsninger og utarbeidet tilhørende trippelanslag og beregnet forventningsverdier på aktuelle enhetskostnader.

For hver kostnadspost er kostnadene beregnet som produktet av anslag på enhetskostnad og anslag på antall enheter. Anslagene har vært gjenstand for usikkerhetsanalyse.

Forventningsverdier og P-verdier presenteres i usikkerhetsanalysen kapittel 11.2.1

11.1.1 Forventede kostnader

Investeringer i ombordutstyr og i infrastruktur gir både investerings- og driftskostnader. Investeringskostnadene vil i utgangspunktet være bestemt:

- Hvor mange kjøretøy som blir utstyrt for C-DAS samt hvilket ombordutstyr man velger
- Hvor mange trafikkstyringssystemer som skal tilpasses C-DAS

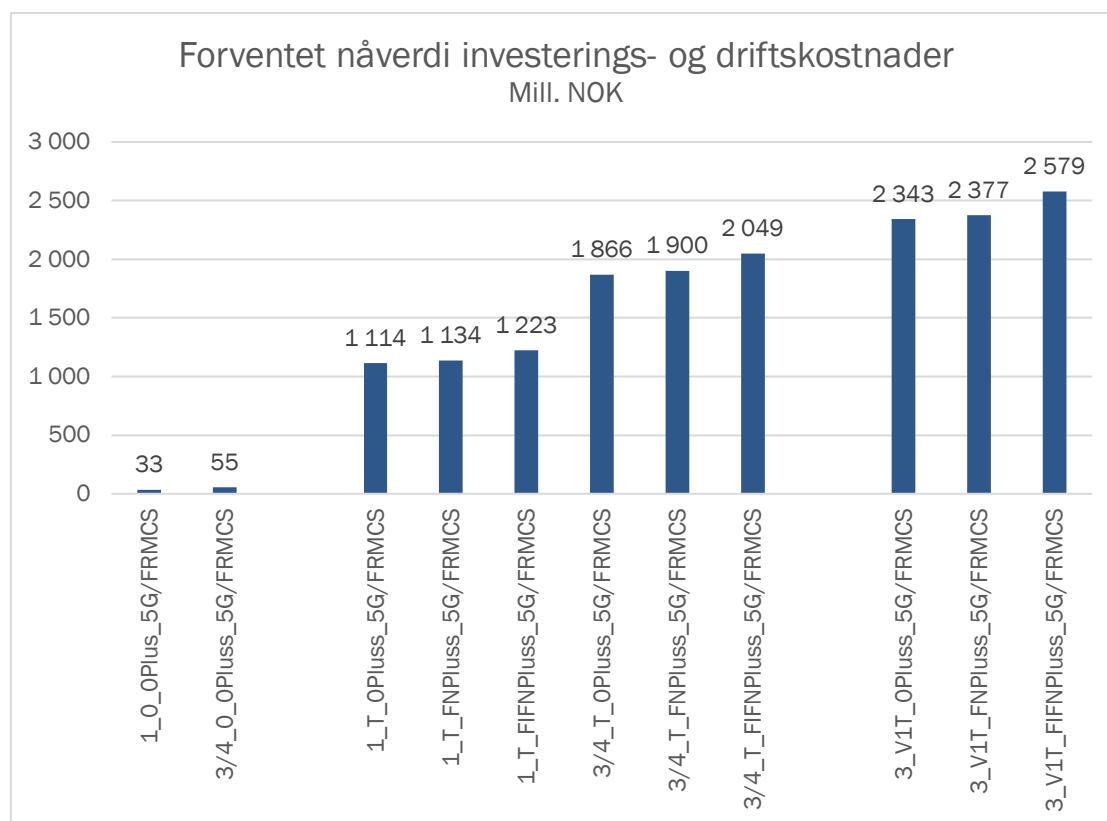
Driftskostnadene vil i utgangspunktet være bestemt av de samme faktorene som investeringskostnadene samt:

- Antall år med drift av C-DAS før ERTMS er ferdig utrullet og implementert i hele jernbaneliknet og man kan gå over til fullskala C-DAS løsning for all togdrift (jf KVV ATO anbefaling)

I henhold til Finansdepartementets rundskriv R-109 skal samfunnsøkonomiske analyser basere seg på forventede kostnader. Det er derfor gjennomført anslag av investerings- og driftskostnader som deretter har vært gjenstand for en usikkerhetsanalyse; se vedlegg 16.4 med underlagsrapport for usikkerhetsanalysen.

Resultatene oppsummeres i nedenstående figur Figur 5-1, der tall angir forventet nåverdi i millioner norske kroner (2026). I tilfeller der ulike scenarier har identiske investerings- og driftskostnader så er det oppgitt ett kostnadstall som dekker alle de aktuelle scenariene.²²

²² Dette gjelder både når ERTMS er ferdig utrullet og hvorvidt datakommunikasjonen foregår via kommersielt 5G mobilnett eller via FRMCS mobilnett for togradio.



Figur 29: Forventet nåverdi investerings- og driftskostnader. Alle tall i millioner norske kroner (2026)

I figuren er kostnadene for de ulike alternativene lagt i tre hovedgrupper, avhengig av valg av infrastruktur.

11.1.2 Kalkylestruktur

Kalkylestrukturen bygger på tidligere arbeid i KVV (2023) og KS1 (2024), der konsept A (fører støtte) ble anbefalt for videre utvikling. Kostnadskalkylen er strukturert etter en tradisjonell prosjektnedbrytning, med tydelig skille mellom infrastruktur, ombordutstyr (kjøretøy) og påslag.

Kostnadsstrukturen følger grunnoppsettet som ble etablert i KVV. For infrastruktur er det ulike typer signalanlegg på dagens banenett og fremtidige utbygginger:

- K5 Installasjon og oppgradering av infrastruktur (Bane NOR)
- K7 Gjennomføringskostnader (prosjektkost) for etablering av innsamling av trafikkdata
- Driftskostnader (årlig)
- Uspesifisert
- Felleskostnader (ledelse, administrasjon, planlegging, prosjektering og annen drift)

Norske tog har levert grunnlaget for ombordutstyr som både kommer ferdig montert på nye lokal- og fjern tog samt varianter som kan etter-monteres i andre/ nye tog.

- K4F Faste investeringskostnader i system
- K4V Variable investeringskostnader (avhengig av antall tog som utstyres)
- Driftskostnader (årlige og per tog)
- Uspesifisert
- Felleskostnader (ledelse, administrasjon, planlegging, prosjektering og annen drift)

11.2 Kalkyler kostnad og trafikantnytte

De neste tabellene viser kalkyleresultatene etter usikkerhetsanalysen. Basiskostnad er de opprinnelige kalkylene basert på enhetspriser fra Bane NOR og Norske tog. Både investerings-, driftskostnader og trafikantnytte er diskontert over de ulike tidsperiodene knyttet til definerte scenarioer. Driftskostnadene utgjør en stor andel av totalkostnaden. Forventet kostnad eller nytte, standardavvik, relativ standardavvik, P50 og P85 er resultater av trippelanslagene utført i gruppesamlingen.

11.2.1 Kalkyler kostnad

Samlet sett viser analysen et betydelig spenn i kostnadsnivå. Samlet nåverdi av kostnader ligger omtrent i intervallet **880 til 2 036 MNOK**.. Følgende viser resultat fra usikkerhetsanalysen.

Tabell 39: Resultater usikkerhetsanalyse - Basis, forventet, standardavvik, P50 og P85 for sum av investerings- og driftskostnader. For ERTMS 1. Likt for 5G/FRMCS. Alle tall i mill. kr (2026)

Ertms	Infra	Kjt	Basis kostnad (Inv+Drift)	Forventet kostnad (Inv+Drift)	Standard-avvik	Rel.% Std.avv	P50-Kostnad (Inv+drift)	P85-Kostnad (Inv +drift)
1	0	0+	26	33	9	27,3 %	33	43
	T	alt.0+	879	1 114	244	21,9 %	1 113	1 369
		FIFN+	965	1 223	269	22,0 %	1 223	1 505
		FN+	895	1 134	249	21,9 %	1 128	1 398

Tabell 40: Resultater usikkerhetsanalyse - Basis, forventet, standardavvik, P50 og P85 for sum av investerings- og driftskostnader. For ERTMS 3. Lik for 5G/FRMCS. Alle tall i mill. kr (2026)

Ertms	Infra	Kjt	Basis kostnad (Inv+Drift)	Forventet kostnad (Inv+Drift)	Standard-avvik	Rel.% Std.avv	P50-Kostnad (Inv+drift)	P85-Kostnad (Inv +drift)
3	0	0+	44	55	15	27,3 %	55	72
	T	alt.0+	1 473	1 866	409	21,9 %	1 865	2 294
		FIFN+	1 618	2 049	450	22,0 %	2 049	2 521
		FN+	1 500	1 900	417	21,9 %	1 889	2 342
	V1T	alt.0+	1 850	2 343	514	21,9 %	2 338	2 878
		FIFN+	2 036	2 579	567	22,0 %	2 576	3 171
		FN+	1 877	2 377	522	21,9 %	2 372	2 920

Tabell 41: Resultater usikkerhetsanalyse - Basis, forventet, standardavvik, P50 og P85 for sum av investerings- og driftskostnader. For ERTMS 4. Likt for 5G/FRMCS. Alle tall i mill. kr (2026)

Ertms	Infra	Kjt	Basis kostnad (Inv+Drift)	Forventet kostnad (Inv+Drift)	Standard-avvik	Rel.% Std.avv	P50-Kostnad (Inv+drift)	P85-Kostnad (Inv +drift)
4	0	0+	44	55	15	27,3 %	55	72
	T	alt.0+	1 473	1 866	409	21,9 %	1 865	2 294
		FIFN+	1 618	2 049	450	22,0 %	2 049	2 521
		FN+	1 500	1 900	417	21,9 %	1 889	2 342

11.2.2 Vurdering av usikkerhet for kostnadselementer

De tekniske kostnadsdriverne, som infrastrukturtiltak (BN), ombordutstyr (NT) og systemutvikling (K-poster), har gjennomgående lavere relativ usikkerhet enn usikkerhetsfaktorene, men utgjør likevel en vesentlig del av totalrisikoen. Infrastrukturpostene bidrar mest til usikkerheten på grunn av sitt høye kostnadsnivå og samvariasjon med usikkerhetsdriverne. Ombordutstyr er mer avhengig av volum og utrullingsstrategi, mens system- og utviklingskostnader kjennetegnes av høy iboende usikkerhet knyttet til kompleksitet og manglende modenhet.

Kostnadsbildet for **alternativ 0+** er kjennetegnet av et lavt nivå og begrenset kompleksitet. Analysen viser forventede kostnader i størrelsesorden 33–55 MNOK, med et standardavvik på om lag 27 %, som er stabil på tvers av scenarioene. Dette er i tråd med at tiltaket kun omfatter ombordutrustning (kjøretøy), og ikke inkluderer omfattende infrastruktur- eller systemer.

De største bidragene til kostnadsusikkerhet i 0+-alternativet er særlig NT D3 (Informasjonsteknologitjenester), NT2 (utviklingskostnader program) og i noe mindre grad NT U (uspesifisert) utpeker seg som de viktigste driverne.

NT D3 ((Informasjonsteknologitjenester) har fått et svært stort usikkerhetsspenn (indeks 0,5–2,0) i gruppesamlingen. Den er direkte avhengig av faktorer som antall tog og valg av driftsmodell. Tilsvarende bidrar NT2 (utviklingskostnader) til usikkerhet gjennom teknisk kompleksitet gitt av en variasjon med indeks 0,6–1,4 i gruppesamlingen. NT U (uspesifisert) reflekterer manglende detaljering i tidlig fase.

11.2.3 Kalkyler trafikanntytte

Nytten er modellert som trafikanntytte, primært gjennom redusert reisetid og forsinkelser. Nytteestimatene varierer betydelig mellom tiltaksalternativ/scenario. Trafikanntytte ligger i størrelsesorden **90 til +1 830 MNOK**. Netto nåverdi ender med å være negativ i nesten alle alternativ pga. store kostnader. Følgende tabeller viser resultatene for alle 6 scenarioene:

Tabell 42: Resultater trafikanntytte etter usikkerhetsanalyse for scenario 5G/ERTMS-1. Alle tall i mill. NOK (2026) Scenario 5G/ERTMS 1

Data	ERTMS	Infra	Kjt	Basis Traf.nytte	Forventet Traf.nytte	Std. avvik	Rel. % Std.avv	P50-Traf. nytte	P85-Traf. Nytte
5G	1	0 T	0+	90	100	29	29,1 %	98	133
			alt.0+	383	382	26	6,9 %	380	409
			FIFN+	755	752	52	6,9 %	751	804
			FN+	722	715	48	6,7 %	714	766

Tabell 43: Resultater trafikantnytte usikkerhetsanalyse for scenario 5G/ERTMS-3. Alle tall i mill. NOK (2026)

Data	ERTMS	Infra	Kjt	Basis Traf.nytte	Forventet Traf.nytte	Std. avvik	Rel. % Std.avv	P50-Traf. nytte	P85-Traf. Nytte
5G	3	0 T	0+	147	164	48	29,1 %	160	217
			alt.0+	717	729	46	6,3 %	727	776
			FIFN+	1 403	1 421	88	6,2 %	1 418	1 514
			FN+	1 341	1 352	82	6,1 %	1 354	1 438
		V1T	alt.0+	783	796	51	6,4 %	797	849
			FIFN+	1 587	1 611	100	6,2 %	1 611	1 717
			FN+	1 515	1 531	92	6,0 %	1 529	1 627

Tabell 44: Resultater trafikantnytte etter usikkerhetsanalyse for scenario 5G/ERTMS-4. Alle tall i mill. NOK (2026)

Data	ERTMS	Infra	Kjt	Basis Traf.nytte	Forventet Traf.nytte	Std. avvik	Rel. % Std.avv	P50-Traf. nytte	P85-Traf. Nytte
5G	4	0 T	0+	147	164	48	29,1 %	160	217
			alt.0+	540	553	42	7,6 %	550	596
			FIFN+	1 049	1 069	82	7,7 %	1 065	1 157
			FN+	1 003	1 018	77	7,5 %	1 015	1 100

Tabell 45: Resultater trafikantnytte etter usikkerhetsanalyse for scenario FRMCS/ERTMS-1. Alle tall i mill. NOK (2026)

Data	ERTMS	Infra	Kjt	Basis Traf.nytte	Forventet Traf.nytte	Std. avvik	Rel. % Std.avv	P50-Traf. nytte	P85-Traf. Nytte
FRMCS	1	0 T	0+	90	100	29	29,1 %	98	133
			alt.0+	440	436	29	6,6 %	436	467
			FIFN+	865	859	57	6,6 %	858	917
			FN+	827	817	53	6,4 %	816	873

Tabell 46: Resultater trafikantnytte etter usikkerhetsanalyse for scenario FRMCS/ERTMS-3. Alle tall i mill. NOK (2026)

Data	ERTMS	Infra	Kjt	Basis Traf.nytte	Forventet Traf.nytte	Std. avvik	Rel. % Std.avv	P50-Traf. nytte	P85-Traf. Nytte
FRMCS	3	0 T	0+	147	164	48	29,1 %	160	217
			alt.0+	827	839	52	6,2 %	838	893
			FIFN+	1 616	1 634	100	6,1 %	1 630	1 739
			FN+	1 544	1 555	92	5,9 %	1 554	1 651
		V1T	alt.0+	904	919	58	6,3 %	919	979
			FIFN+	1 832	1 860	115	6,2 %	1 859	1 981
			FN+	1 749	1 767	106	6,0 %	1 772	1 879

Tabell 47: Resultater trafikantnytte etter usikkerhetsanalyse for scenario FRMCS/ERTMS-4. Alle tall i mill. NOK (2026)

Data	ERTMS	Infra	Kjt	Basis Traf.nytte	Forventet Traf.nytte	Std. avvik	Rel. % Std.avv	P50-Traf. nytte	P85-Traf. Nytte
FRMCS	4	0 T	0+	147	164	48	29,1 %	160	217
			alt.0+	615	628	46	7,3 %	626	676
			FIFN+	1 193	1 214	88	7,3 %	1 209	1 309
			FN+	1 141	1 156	83	7,2 %	1 151	1 244

11.2.4 Vurdering av usikkerhet trafikantnytte

Et viktig trekk i vurderingene er at nytten ikke er direkte knyttet til investeringen alene, men til hvordan løsningen faktisk tas i bruk og praktisk implementering. På tvers av alle analyserte SCENARIER (ERTMS 1, 3 og 4 med både 5G og FRMCS) er det særlig noen få nytte drivere som

dominerer usikkerhetsbildet. Følgende elementer ligger øverst i torpedodiagrammene fordi de både representerer en stor andel av den totale nytten og samtidig har betydelig usikkerhet:

- Forsinkelse i nullalternativet:
 - selv små endringer i hvordan nullalternativet utvikler seg vil derfor gi store utslag
- tidsgevinster (trafikanthytte)
 - utgjør hoveddelen av trafikanthytten og er derfor svært følsomme for endringer i forutsetninger. Usikkerheten knytter seg blant annet til verdsetting av tid, effekt av tiltak og sammenhengen mellom forbedringer i drift og faktisk spart reisetid
- utrullingstakt og implementeringstid
 - Nytte oppstår først når løsningen er tatt i bruk, og forsinkelser vil direkte redusere analyseperioden hvor nytte realiseres.
 - Samtidig vil tidlig implementering kunne gi betydelig økning i samlet nytte gjennom flere år med effektuttak
- bruk og adopsjon hos førere
 - Analysen peker på betydningen av føreradferd og endringsledelse, og det er et tydelig potensial for avvik mellom teoretisk beregnet nytte og faktisk realisert effekt
- teknologisk ytelse.
 - usikkerhet knyttet til både effekt av valgt teknologi og risiko for at alternative løsninger, som ATO, over tid gir høyere nytte.
 - Videre kan lang implementeringstid medføre at teknologien blir mindre relevant før full effekt er realisert.

Samlet sett viser analysen at nytte ikke er en direkte konsekvens av investeringen, men avhenger av hvordan løsningen implementeres, brukes og utvikler seg over tid. De mest effektive tiltakene for å redusere usikkerhet og øke nytte er derfor knyttet til bedre styring av utrulling, sterkere fokus på adopsjon og bruk, samt økt fleksibilitet i møte med teknologisk utvikling og endrede rammebetingelser.

11.3 Samfunnsøkonomisk analyse (virkninger)

En samfunnsøkonomisk analyse skal være til støtte i beslutningen om samfunnets nytte av et tiltak kan forsvare kostnadene det påfører samfunnet. Analysen skal være i samsvar med Finansdepartementets rundskriv R-109 Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser.

11.3.1 Metode

En samfunnsøkonomisk analyse skal ta utgangspunkt i det problemet eller de problemene som søkes løst, og skal identifisere alternative tiltak som i større eller mindre grad bidrar til å løse problemet eller problemene. For hvert alternativ skal man kartlegge alle positive og negative virkninger dette vil ha for samfunnet, sett opp mot det såkalte null- eller referansealternativet som er å ikke treffe tiltak for å løse problemet.

De virkningene som lar seg tallfeste og verdsette på en faglig forsvarlig måte, såkalte prissatte virkninger, inngår i en analyse der nytten fratrekkes kostnadene for å beregne tiltakets netto nytte i kroner. Fordi nytte- og kostnadsvirkninger kan oppstå på ulike tidspunkt skal disse for å beregne netto nytten i nåverdi, omtalt som netto nåverdi. Dette gjør det mulig å rangere de alternative tiltakene fra høyest til lavest netto nåverdi.

Ikke alle virkninger lar seg tallfeste og/eller verdsette. Disse såkalte ikke-prissatte virkningene skal likevel vurderes og inngå i en samfunnsøkonomisk analyse på lik linje med de prissatte virkningene. Til dette formålet anbefaler Jernbanedirektoratets veileder i samfunnsøkonomiske

analyser å anvende verdimatrise. Denne metoden vurderer både hvor mange som berøres i samfunnet, i hvor stor grad de berøres samt om det er positive eller negative virkninger. Dette gir grunnlag for å klassifisere de enkelte virkningene fra meget stor negativ virkning til meget stor positiv virkning. Ikke-prissatte virkninger kan i noen tilfeller endre på rangeringen av tiltakene, og kan også endre konklusjonen med tanke på hvorvidt det er samfunnsøkonomisk lønnsomt å treffe tiltak for å løse problemene.

Samfunnsøkonomiske lønnsomhetsberegninger skal være i samsvar med Finansdepartementets rundskriv R-109. Dette rundskrivet legger føringer for blant annet hvilken kalkulasjonsrente som skal benyttes ved beregning av nåverdier, og knesetter prinsippet om at lønnsomhetsberegningene skal baseres på forventet nytte og forventede kostnader.

Det vises til Jernbanedirektoratets veileder i samfunnsøkonomiske analyser²³ av tiltak innen jernbane for en grundigere innføring.

11.3.2 Prissatte kostnader

Et førerstøttesystem krever investeringer i ombordutstyr og infrastruktur som gir opphav til både investerings- og driftskostnader. Når det gjelder kostnader knyttet til infrastrukturen så er det lagt til grunn de samme anslagene på enhetskostnader som i KVU ATO, men prisjustert disse. Når det gjelder ombordutstyret så har det blitt vurdert flere tekniske løsninger og utarbeidet tilhørende anslag på enhetskostnader. Kostnadsstrukturen følger grunnoppsettet som ble etablert i KVU. For hver kostnadspost er kostnadene beregnet som produktet av anslag på enhetskostnad og anslag på antall enheter. Anslagene på kostnader knyttet til infrastruktur og ombordutstyr har vært gjenstand for usikkerhetsanalyse for å anslå forventningsverdier slik Finansdepartementets rundskriv R-109 krever; se kap. 11.2.

11.3.3 Prissatte nyttevirksomheter

I nytteberegningene er det lagt til grunn at tidlig innføring av førerstøtte benyttes til å redusere forsinkelser og derigjennom øke trafikantnyttene. I den sammenheng har simuleringsresultater fra KVU ATO tjent som en «benchmark» for hvilken effekt et førerstøttesystem vil ha på forsinkelsene, der det er forutsatt at ERTMS er operativt i hele jernbanenettet og der det er forutsatt at alle kjøretøy har førerstøtte av typen C-DAS som en integrert del av kjøretøyenes ombordutrustning. Ved tidlig innføring av førerstøtte vil forholdene ikke være like ideelle. Det kan bero på at ERTMS bare er gradvis utrullet i jernbanenettet, og det kan bero på valg av andre tekniske løsninger. Det tilsier at ytelsene til førerstøttesystemet vil bli nedskalert relativt til «benchmark». Graden av nedskalering avhenger av en rekke faktorer og som vil kunne endre seg over tid. For å håndtere denne kompleksiteten har det blitt utviklet et verktøy for å anslå trafikantnyttene av tidlig innføring av førerstøtte, og der nytteverktøyet legger til grunn et referansetogtilbud og et anslag på forventede passasjertall. Anslagene på trafikantnytte har vært gjenstand for en usikkerhetsanalyse for å anslå forventningsverdier slik Finansdepartementets rundskriv R-109 krever; se vedlegg 4 med underlagsrapport fra usikkerhetsanalyse.

11.3.4 Valg av ombordutrustning og tilrettelegging av trafikkstyringssystem for C-DAS førerstøtte

I de samfunnsøkonomiske lønnsomhetsvurderingene er det vurdert en rekke ulike alternative løsninger når det gjelder:

- Hvor mange kjøretøy som blir utrustet med ombordutstyr for førerstøtte, samt hvilke typer ombordutrustning de blir utstyrt med

²³ Jernbanedirektoratet: Veileder i samfunnsøkonomiske analyser i jernbanesektoren (2024)

- Hvor mange og hvilke trafikkstyringssystemer som tilrettelegges for å kunne utveksle data med kjøretøy med tanke på å kunne gi oppdaterte kjøreråd i sanntid

Et hovedskille når det gjelder både nytte og kostnader går på hvorvidt man legger opp til et førerstøttesystem av typen C-DAS eller av typen S-DAS. Et C-DAS system («Connected driver advisory system») er som kjent basert på at kjøretøy og trafikkstyringssystem kan utveksle data seg imellom i sanntid via et mobilnett. På den måten kan ruteplaner og kjøreråd oppdateres nærmest kontinuerlig i tid, noe som gir muligheter for å redusere forsinkelser og derigjennom øke trafikantnyttene ved driftsforstyrrelser som måtte oppstå. Et S-DAS system («Stand alone driver advisory system») er derimot ikke basert på en slik kontinuerlig utveksling av data mellom kjøretøy og trafikkstyringssystem, og det gir mindre muligheter for å redusere forsinkelser og dermed mindre trafikantnytte. Men samtidig har S-DAS vesentlig lavere kostnader enn C-DAS ettersom det ikke krever at trafikkstyringssystem tilpasses for C-DAS førerstøtte, noe som gir betydelige investeringskostnader så vel som årlige driftskostnader.

Også valg av ombordutrustning har konsekvenser for nytte og kostnader. C-DAS som integrert del av kjøretøyenes ombordsystem er det som gir de beste ytelsene og dermed bidrar til størst nytte, mens programvare på separate nettbrett gir lavere ytelse og dermed mindre bidrag til nytte. Nye kjøretøy blir levert med C-DAS som integrert løsning i ombordutstyret, mens det ikke er en aktuell løsning for eldre kjøretøy. For kjøretøy av typen Flirt kan både nettbrett og integrerte løsninger være aktuelle, der sistnevnte løsning har høyest kostnad.

11.3.5 Eksterne faktorer

Nytte og kostnader ved tidlig innføring av førerstøtte vil imidlertid ha noen avhengigheter til følgende eksterne faktorer:

- Når og i hvilken rekkefølge de ulike jernbanestrekningene blir utstyrt med ERTMS
- Tilgjengeligheten av mobildekning langs jernbanesporet for utveksling av data mellom kjøretøy og infrastruktur i sanntid

Når og i hvilken rekkefølge jernbanestrekninger blir utstyrt med ERTMS bestemmer hvor lang periode man vil få før fullskala innføring av C-DAS førerstøtte i hele jernbanenettet. Jo lengre periode før ERTMS er ferdig utrullet og implementert i hele jernbanenettet, jo større nytte vil man få av tidlig innføring av førerstøtte, men også kostnadene vil øke. Det foreligger planer for utbygging av ERTMS fram til 2030, men etter det tidspunktet foreligger det ingen offisielle planer. Som en følge av det opereres det i stedet med ulike scenarier.

Hvor god tilgang man har til mobildekning har betydning for ytelsene til C-DAS førerstøtte. Nytt FRMCS togradsystem vil innebære etablering av et separat mobilnett for dette formålet, men som også kan anvendes til C-DAS førerstøtte. Dette vil gi en relativt god mobildekning uten store dekningshull. Men det er ikke gjort vedtak med tanke på etablering av et slikt nettverk. Et alternativ er derfor å gjøre bruk av det kommersielle 5G mobilnettet, men dette vil ventelig ha mindre dekningsgrad og dermed bidra til at C-DAS førerstøtte får noe lavere ytelser.

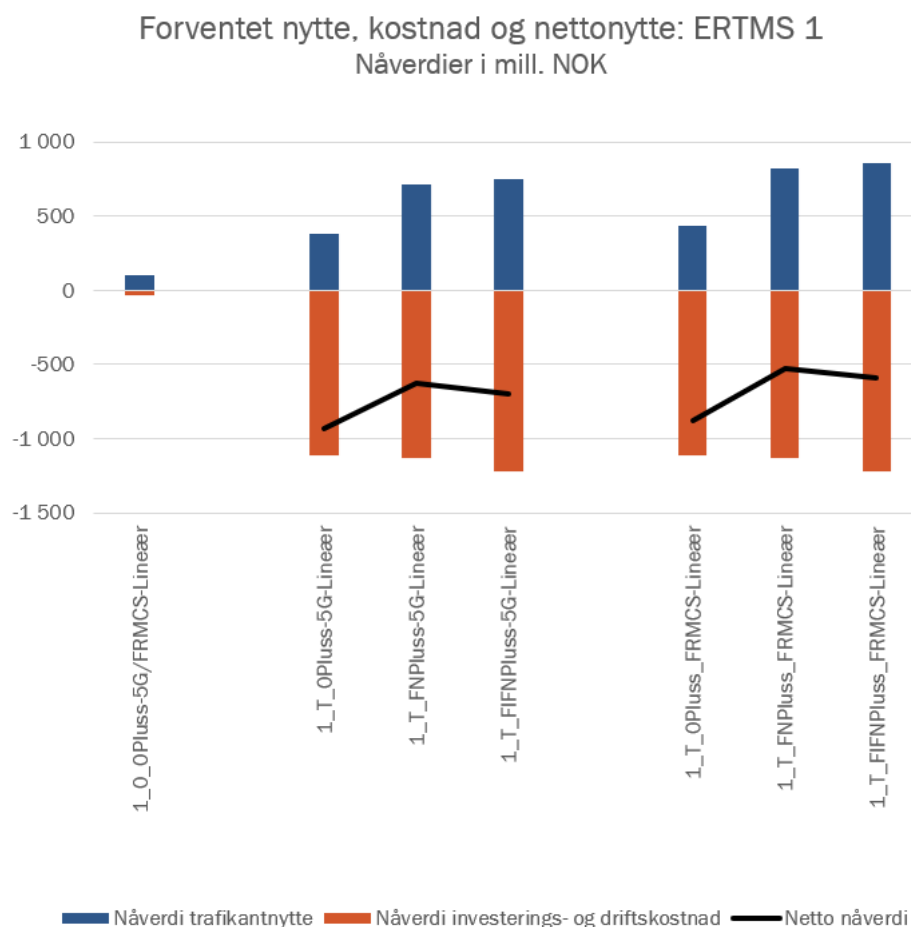
Tabellen nedenfor illustrerer ulike scenarier som er brukt i den samfunnsøkonomiske analysen.

Tabell 48: Navn på scenarier

	ERTMS 2040 / Oslo 2034	ERTMS 2050 / Oslo 2034	ERTMS 2050 / Oslo 2040
5G	ERTMS 1 / 5G	ERTMS 3 / 5G	ERTMS 4 / 5G
FRMCS	ERTMS 1 / FRMCS	ERTMS 3 / FRMCS	ERTMS 4 / FRMCS

11.3.6 Netto nåverdi: ERTMS 1

Figur 11-1 viser nåverdi nytte, nåverdi kostnader og netto nåverdi for de tiltak som er vurdert for scenario ERTMS 1 der ERTMS er implementert i Oslo-området i år 2034 og i hele jernbanenettet i år 2040. Alle nåverdier er i millioner NOK (2026).



Figur 30: Nåverdi nytte, nåverdi kostnader og netto nåverdi i scenario ERTMS 1. Alle tall i millioner norske kroner (2026)

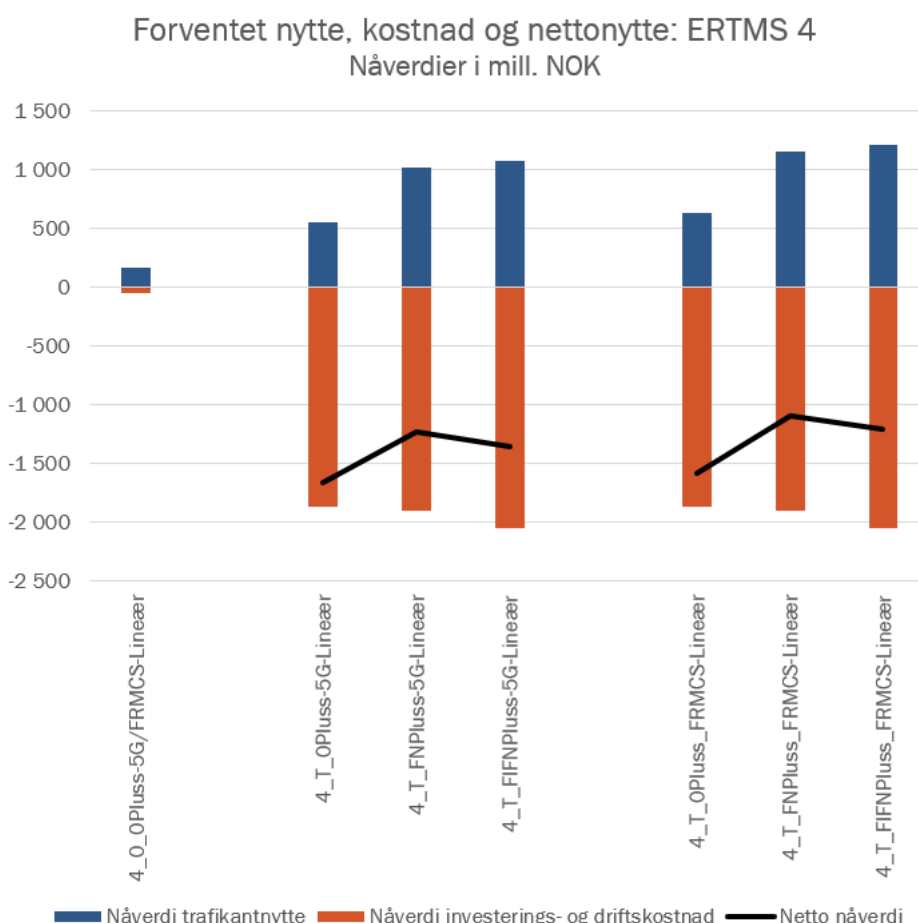
Lengst til venstre vises resultatene for alternativet der man begrenser seg til S-DAS førerstøtte i nye kjøretøy som har dette som en integrert løsning. Dette gir som tidligere nevnt en beskjeden nytte, men har en enda mer beskjeden kostnad slik at tiltaket dermed har en positiv, om enn beskjeden netto nåverdi.

De tre påfølgende søylene i midten viser resultatene for tre alternativer der man har foretatt en tidlig investering i trafikkkstyringssystemet TMS for å legge til rette for tidlig C-DAS førerstøtte, og der datakommunikasjonen mellom ombord- og trafikkkstyringssystem ivaretas av det kommersielle 5G mobilnettet. Nyten vil være lav dersom man begrenser seg til å ha førerstøtte i nye kjøretøy, alternativ OPluss, og nyten kan ikke forsvare kostnadene slik at netto nåverdi er negativ. Ved å utstyre øvrige kjøretøy med førerstøtte programvare på de såkalte FIDO nettbrettene som togene vil være utstyrt med uansett, dvs. alternativ FNPluss, så nærmest doubles nyten mens kostnadsøkningen er beskjeden. Likevel er nytteøkningen for beskjeden til at alternativet får en positiv netto nåverdi. Ved å integrere C-DAS i Flirt flåtens ombordsystem oppnås noe høyere nytte, men kostnadene øker mer. Dermed oppnår dette alternativet, FIFNPluss, en noe mer negativ netto nåverdi.

De tre søylene lengst til høyre i figuren viser tilfellet der datakommunikasjonen mellom ombord- og trafikkstyringssystem ivaretas av mobilnettet for FRMCS togradio. Det gir som en noe høyere ytelse og dermed nytte enn ved å basere seg på 5G nettet. Resultatet blir noe bedre, men ingen alternativer med C-DAS førerstøtte er i nærheten av å oppnå positiv netto nåverdi.

11.3.7 Netto nåverdi: ERTMS 4

Figur 11-2 viser nåverdi nytte, nåverdi kostnader og netto nåverdi for de tiltak som er vurdert for scenario ERTMS 4 der ERTMS er implementert i Oslo-området i år 2040 og i hele jernbanenettet i år 2050. Alle nåverdier er i millioner NOK (2026).

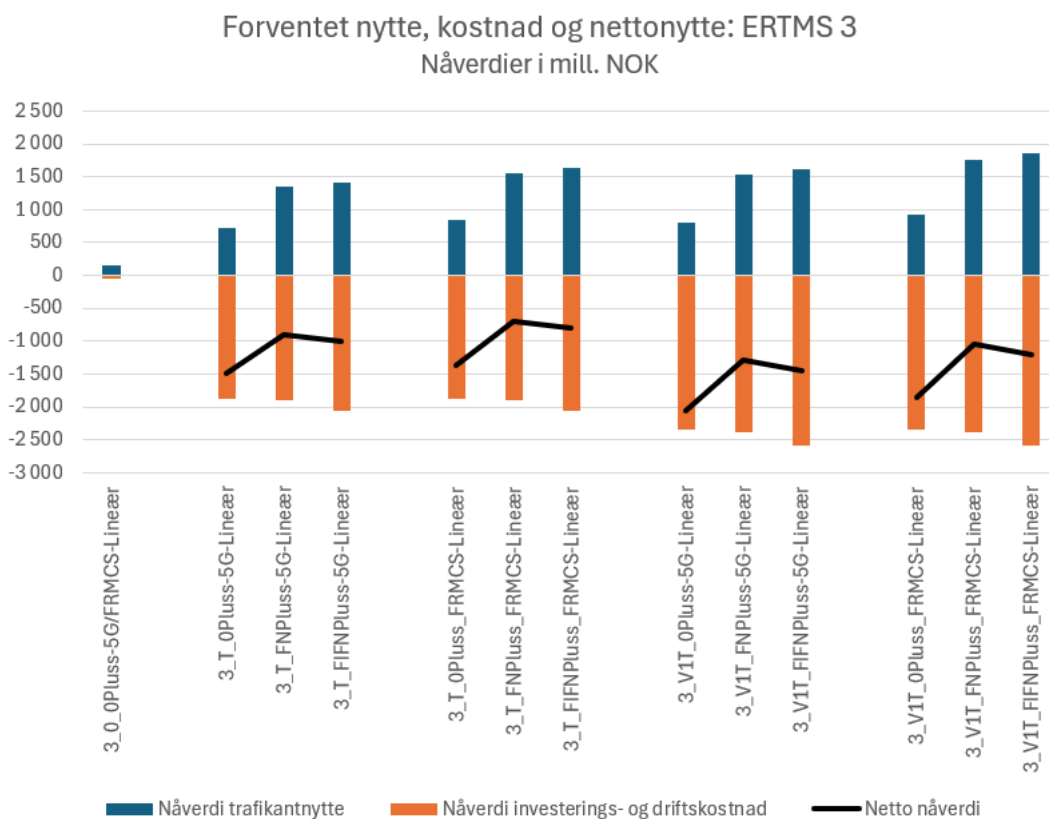


Figur 31: Nåverdi nytte, nåverdi kostnad og netto nåverdi for scenario ERTMS 4. Alle tall i millioner norske kroner (2026).

I ERTMS 4 vil nytten være betydelig større enn i ERTMS 1 fordi man får en dobbelt så lang periode med førerstøtte før dette blir en fullskala løsning. Men en dobling av perioden vil også føre til en betydelig økning i kostnadene. Resultatet blir at netto nåverdier vil øke i tallverdi, men endrer ikke fortegn. Liksom for scenario ERTMS 1 vil alternativet med bruk av S-DAS førerstøtte i nye kjøretøy ha en positiv netto nåverdi, mens øvrige alternativ med C-DAS førerstøtte vil ha negativ netto nytte.

11.3.8 Netto nåverdi: ERTMS 3

Figur 11-3nedenfor viser nåverdi nytte, nåverdi kostnader og netto nåverdi for de tiltak som er vurdert for scenario ERTMS 4 der ERTMS er implementert i Oslo-området i år 2034 og i hele jernbanenettet i år 2050. Alle nåverdier er i millioner NOK (2026).



Figur 32: Nåverdi nytte, nåverdi kostnad og netto nåverdi for scenario 3. Alle tall i millioner norske kroner (2026).

I scenario ERTMS 3 blir ERTMS ferdig utrullet og implementert i hele jernbanenettet i år 2050 liksom i scenario ERTMS 4. Men Oslo-området får derimot ERTMS seks år tidligere, dvs. i år 2034. Ettersom Oslo-området har svært høye passasjertall har dette en relativt stor og positiv betydning for trafikanntytten av C-DAS førerstøtte. Dette har i sin tur en positiv innvirkning på netto nåverdi. Men som figuren viser så er dette ikke tilstrekkelig til at netto nåverdi blir positiv for noen av alternativene med C-DAS førerstøtte. Alternativet med bruk av S-DAS førerstøtte i nye kjøretøy vil derimot ha en positiv netto nåverdi liksom for scenario ERTMS 1 og ERTMS 4.

11.3.9 Ikke prissatte virkninger

Det er identifisert en rekke ikke prissatte virkninger av tiltakene. Disse er vurdert ved bruk av verdimatrise som tidligere omtalt i 11.3.1, og som gir grunnlag for å vurdere ikke prissatte virkninger fra alt fra meget stor negativ virkning til meget stor positiv virkning. Tabell 48 gir en oversikt; se underlagsrapporten med samfunnsøkonomisk analyse for en mer grundig oversikt.

Tabell 49: Oversikt over ikke prissatte virkninger

Ikke prissatt virkning	Vurdering
Endring i slitasje av togmateriell og infrastruktur	Liten positiv virkning for S-DAS, middels positiv virkning for C-DAS
Endring i kjøretider enkeltspor	Liten positiv virkning for S-DAS, middels positiv virkning for C-DAS
Endring i passasjerkomfort	Ingen forskjell mellom tiltaksalternativ

Teknisk gjennomførbarhet	Liten negativ virkning for S-DAS, middels negativ virkning for C-DAS
Førermiljø	Middels negativ virkning for ombordsystem som er komplekse
Usikkerhet og risiko	Middels negativ for alle tiltak
Endring i vendetider	Ingen forskjell mellom tiltak eller mot null-alternativ
Konsekvenser for omgivelsene	Ingen forskjell mellom tiltak eller mot null-alternativ
Sparte menneskeliv	Ingen forskjell mellom tiltak eller mot null-alternativ

Den samlede vurderingen av de ikke prissatte virkningene er for hvert tiltaksalternativ vurdert til å være liten til middels negativ, men er ikke vurdert å endre på rangeringen av alternativene som man får på bakgrunn netto nåverdi, ei heller rokke ved hvorvidt alternativene er samfunnsøkonomisk lønnsomme eller ei.

11.3.10 Konklusjon samfunnsøkonomisk lønnsomhetsvurdering

Den samfunnsøkonomiske analysen har vist at ett av de vurderte tiltakene har positiv, om enn beskjeden netto nåverdi, nemlig at nye kjøretøy får førerstøtte av typen S-DAS. Ingen av alternativene med førerstøtte av typen C-DAS har positiv netto nåverdi. Vurderingen av ikke prissatte konsekvenser rokker ikke ved den konklusjonen. Følgelig tilsier den samfunnsøkonomiske analysen at nye kjøretøy får førerstøtte av typen S-DAS.

Eksisterende kjøretøy er utstyrt med FIDO nettbrett som man kan vurdere å utstyre med programvare for S-DAS førerstøtte. En slik supplering vil i så fall innebære at hele persontogflåten vil være utstyrt med S-DAS førerstøtte. Dette har imidlertid ikke vært gjenstand for usikkerhetsanalyse slik som øvrige tiltak i den samfunnsøkonomiske analysen, men har potensiale til å kunne øke den samlede netto nåverdien av S-DAS førerstøtte.

I arbeidet med den samfunnsøkonomiske analysen av tidlig innføring av C-DAS førerstøtte har vi brettet ut et større spekter av mulige tekniske løsninger enn det som ble vurdert i KVV ATO, der det kun ble vurdert nye nettbrett som ombordløsning. Den samfunnsøkonomiske analysen i denne tilleggsutredningen har også avdekket at flere av disse løsningene har netto nåverdier som ikke skiller seg vesentlig fra hverandre. Dermed kan rangeringen av disse løsningene kunne endre seg selv med moderate endringer i faktorer som påvirker nytte og/eller kostnader. Dette er viktig lærdom med tanke på vurdering av fullskala C-DAS førerstøtte i neste fase.

11.4 Usikkerhet og risiko

Usikkerhetsanalysen ble gjennomført i april 2026 i en gruppesamling med deltakelse fra Jernbanedirektoratet, Bane NOR og Norske tog. Er gjennomført i en strukturert analyseprosess basert på anerkjent metodikk med støtte av konsultentselskapet Menon. Prosessen kombinerer fagvurderinger, kvantitative analyser og simuleringer med følgende hovedelementer:

- **Etablering grunnkalkyle:** basert på oppdaterte kostnadsdata fra Bane NOR og Norske tog
- **Workshop-basert vurdering:** identifisering av usikkerheter og gjennomføring av trippelanslag (P10–P50–P90) for sentrale kostnads- og nytte drivere
- **Klassifisering av usikkerheter:** systematisk strukturering i usikkerhetsfaktorer (U1–U8)
- **Simulering:** aggregert usikkerhet er analysert gjennom Monte Carlo-simulering

Målene for prosjektet knytter seg til reduksjon i tidsbruk og forsinkelser, bedre utnyttelse av kapasiteten i jernbanenettet, mer effektiv drift gjennom redusert ressursbruk samt opprettholdt eller forbedret sikkerhet.

Tiltakene analyseres gjennom et sett av kombinerte alternativer for infrastruktur, ombordutstyr og teknologivalg for utrulling av ERTMS og datakommunikasjon (5G eller FRMCS).

Prosessten startet parallelt med siling av svært mange alternativer. Analyseomfanget ble redusert til et mindre antall og mer aktuelle alternativ for å gjøre usikkerhetsanalysen håndterlig.

11.4.1 Vurdering av usikkerhetsfaktorer

Usikkerhetsanalysen viser at kostnadsusikkerheten i liten grad er drevet av enkeltposter, men av mer overordnede forhold knyttet til prosjektets gjennomføring, organisatoriske og gjennomføringsrelaterte forhold, snarere enn rene tekniske kostnadskomponenter. Særlig tre usikkerhetsdrivere peker seg ut:

Prosjektgjennomføring (U8): den mest dominerende faktoren

- avhenger av koordinering med ERTMS-utrulling
- påvirker kostnader gjennom integrasjon mot ERTMS, migrering fra eksisterende systemer og utrullingstakt. Risiko knyttet til migrering, datakvalitet og teknisk integrasjon
- små avvik i gjennomføring og feil timing kan gi store kostnadsutslag

Prosjektorganisering (U5): Uklar ansvarsfordeling, kostnadsusikkerhet i grensesnitt

- komplekse grensesnitt og uklar ansvarsdeling mellom Bane NOR, Norske tog, Jernbanedirektoratet og leverandører
- risiko for ineffektivitet, manglende koordinering, omarbeid og

Prosjektmodenhets (U6): Lite modent grunnlag

- manglende tilstrekkelige avklaringer knyttet til tekniske løsninger og datagrunnlag
- systematisk risiko for undervurdering av kostnader
- høy sannsynlighet for endringer underveis

I tillegg bidrar:

- Marked (U3): kan drive prisnivå og konkurranseforhold
- Teknologi (U7): usikkerhet knyttet til ytelse og utvikling
- Interessenter (U4): påvirker fremdrift og gjennomføring

Disse driverne virker imidlertid i stor grad som forsterkere av de mer sentrale forholdene knyttet til gjennomføring og organisering. Det er også identifisert samvariasjon mellom kostnadselementer, noe som forsterker samlet usikkerhet. Dette innebærer at kostnadsøkninger i ett område ofte vil inntreffe samtidig i andre områder.

Følgende tabell oppsummerer resultatet av et trippelanslag for identifiserte usikkerhetsfaktorer:

Tabell 50: Forventet endring av kostnadene basert på resultat usikkerhetsfaktorene

Verdi	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8
Forventning	0,0 %	0,0 %	3,3 %	0,0 %	3,3 %	3,3 %	3,3 %	13,3 %
P10	-20 %	-10 %	-15 %	-10 %	-30 %	-20 %	-20 %	-10 %
MS	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
P90	20 %	10 %	25 %	10 %	40 %	30 %	30 %	50 %

11.4.2 Samlet usikkerhetsvurdering

Den samlede vurderingen er at prosjektet har et betydelig usikkerhetsnivå, men at en stor del av usikkerheten er påvirkbar.

Kostnadsusikkerhet:

Domineres av hvordan prosjektet gjennomføres. Avhenger sterkt av hvor mange ulike systemer en gjør seg avhengig av. Usikkerhet kan reduseres gjennom bedre styring, koordinering (mellom mange aktører) og modning. Risiko for kostnadsoverskridelser er høy uten slike tiltak.

Nytteusikkerhet:

Hovedkonklusjonen er at nytteusikkerheten i stor grad er håndterbar, men at dette forutsetter en aktiv tilnærming til gjennomføring og nytterealisering. Uten slike tiltak vil risikoen være betydelig for at beregnet nytte ikke realiseres i praksis.

Nytten vil variere ift utrullingstakt og datakommunikasjon som ligger i scenarioene.

Konklusjoner:

Prosjektets modenhet er lav, er i tidlig fase og (estimatklasse 5). Prosjektets største usikkerheter er i stor grad knyttet til styring og gjennomføring – ikke kun tekniske forhold. Riktige grep tidlig kan redusere usikkerheten betydelig. Usikkerheten i prosjektet er håndterbar, men krever en aktiv og strukturert tilnærming til styring, koordinering og nytterealisering. Uten dette er det betydelig risiko for både kostnadsoverskridelser og at estimert nytte ikke realiseres i praksis.

Alternativ O:

Nesten ingen usikkerhet og alle hovedforutsetninger er kjente. Lav risiko.

Alternativ O+:

Hovedsakelig usikkerhet i faktisk oppnådd effekt (ytelse) og mindre kostnadselementer. Det er lav systemrisiko, men moderat nytteusikkerhet.

Alternativ T_FN+:

Har brede usikkerhetsdrivere for realisert effekt (kapasitet/punktlighet), implementeringskostnader. Nåverdi varierer sterkt avhengig av scenarioer for ERTMS og datakommunikasjon. Alternativet har en typisk utviklingsrisiko.

Usikkerhetsanalysen viser at alternativene har ulike risikoprofiler. Alternativ O har svært lav usikkerhet, da det ikke innebærer endringer. Alternativ O+ har lav systemrisiko, men moderat usikkerhet knyttet til faktisk realisert nytte. Alternativ T_FN+ har høyere usikkerhet, særlig knyttet til effektuttak, implementeringskostnader. Nyten avhenger av scenarioene for ERTMS-utrulling og valg av datakommunikasjonsløsning. Samtidig er denne typen usikkerhet typisk for utviklingsalternativer, og påvirker i hovedsak nivået på resultatene, ikke rangeringen mellom alternativene.

11.5 Måloppnåelse

Her følger en evalueringstabell av effektmål og rammebetingelser, basert på resultatene fra grov- og finsilingen. Tabellen er laget for å vise reell måloppnåelse (ikke bare teoretisk), visualisere score med trafikklys og peke indirekte mot anbefaling.

Tabell 51: Evaluering av mål og rammebetingelser

Kategori	EFFEKT MÅL	O_0+	T_FN+	Hovedtolkning
E1	Bedre kapasitetsutnyttelse og punktlighet	● (3)	● (4–5)	T_FN+ gir klart større effekt
E2	Mer effektiv togdrift	● (3)	● (4)	S-DAS og T gir bedre drift
E3	Bedre sikkerhet	● (3)	● (3)	Likt for alle (ERTMS ivaretar)
	RAMMEBETINGELSER			
R1	Utnytte investering i ERTMS	● (1–2)	● (4–5)	O+ utnytter ikke ERTMS-gevinster direkte
R2	Automasjon i togframføring	● (3)	● (4)	T_FN+ gir mer avansert funksjon
R3	Ikke svekke samfunnssikkerhet	● (4)	● (4)	Begge oppfyller kravet
R4	Bærekraftig utvikling	● (3)	● (4)	Effektivisering gir gevinst
R5	Kontinuitet ved ERTMS-innføring	● (4)	● (4)	Begge er compatible

Trafikklys + score

- (4–5): god måloppnåelse
- (3): moderat
- (1–2): svak

Evalueringstabellen viser at tiltaksalternativ O_0+ gir begrenset måloppnåelse, særlig knyttet til kapasitetsutnyttelse og utnyttelse av ERTMS-investeringen. Tiltaksalternativet T_FN+ oppnår derimot høy måloppnåelse på sentrale effektmål og rammebetingelser, og fremstår som det eneste alternativet som i vesentlig grad realiserer utredningens formål. Samtidig tilfredsstiller begge alternativer grunnleggende krav til sikkerhet og gjennomførbarhet.

I denne sammenhengen er det viktig å ha med perspektivet om utviklingen av automasjon i togframføringen som en trinnvis utvikling. Mulighetsrommet som denne supplerende utredningen ser på kommer umiddelbart i tid, før noen forutsetninger er tilrettelagt for å hente ut gevinster av automatiseringen.

11.6 Fordelingsvirkninger

Ifølge rundskriv R-109 skal det gis tilleggsinformasjon om fordelingsvirkninger av tiltak der det er relevant. Vår vurdering er at det ikke foreligger signifikante fordelingsvirkninger som er av betydning når det gjelder tidlig innføring av førerstøtte, annet enn at nytten tilfaller trafikantene mens kostnadene i stor grad bæres av det offentlige og i siste instans skattebetalerne.

12 Anbefaling

12.1 Anbefalt tiltak for Ap. 3.2 Tidlig innføring av C-DAS

Ambisjonen for denne supplerende utredningen var å se på lønnsomhet for en tidlig innføring av sanntidsbasert førerstøtte, C-DAS. Med dagens geografiske inndeling og variasjon i fjernstyrings-systemer og en begrenset datakvalitet fra underliggende eldre signalsystemer, ser vi at spesielt kostnader for infrastruktur er for store til å oppnå store positive netto nåverdier.

Resultatene viser at de tre beste alternativene stabilt beholder samme rangering gjennom alle scenariene. Null-pluss-alternativet har, som det eneste av tiltaksalternativene, en liten positiv netto nåverdi på tvers av scenariene for ERTMS og FRMCS utbyggingene. Det neste rangerte alternativet er null-alternativet.

Null-pluss-alternativet er begrenset til å ta i bruk førerstøtteløsningene som kommer ferdig montert med de nye lokal- og fjerntogene Norske Tog anskaffer, og medfører i hovedsak driftskostnader for disse, uten å gjøre større investeringer i kjøretøyene eller i infrastrukturen. Det betyr at førerveiledningen i Null-pluss-alternativet bare baserer seg på statiske data for infrastruktur og ruteplan, og benytter den såkalte S-DAS funksjonaliteten for å optimalisere kjøringen. S-DAS funksjonen anbefales uansett å være funksjonsnivået som togene faller tilbake til ved midlertidige bortfall av sanntidskommunikasjon eller på strekninger som ikke er bygget ut, jf. alternativanalysen i kap. 9.4. Dette tiltaksalternativet føyer seg dermed godt inn i rekken av trinn på veien mot automatisering, selv om det er et minimumsalternativ.

Tidlig oppstart med pilotering vil sette i gang prosesser i begrenset omfang med opplæring og innhenting av tall og erfaringer fra bruk av moderne førerstøtteløsninger, og i stor grad bidra til å utvide kunnskapsgrunnlaget i sektoren før det gjøres større investeringer i førerstøttesystemer.

- Jernbanedirektoratet anbefaler pilotering av førerstøttesystemer innenfor det begrensede omfanget av Null-pluss-alternativet. Planlegging bør starte så fort som mulig, slik at systemene kan tas i bruk så fort de nye togene blir satt i trafikk.

12.2 Anbefalt tiltak for Ap. 3.3 Separat teknisk ruteplan med sekundoppløsning

KVU for ATO forutsatte for alle konseptene for automatisk togframføring at en ruteplan med sekundoppløsning var til stede, for å kunne hente ut gevinstene. KVU-en anbefalte å utrede en separat teknisk operativ ruteplan som videre arbeid, Supplerende utredning i arbeidspakke 3.3 har sett på dette, og konstaterer at dette tiltaket ble mye enklere enn antatt, med bare én aktuell løsning og svært lav kostnad, siden alle systemer som i dag er involvert allerede var forberedt for sekundoppløsning.

- Jernbanedirektoratet anbefaler at arbeid med innføring av en separat teknisk operativ ruteplan med sekundoppløsning settes i gang av Bane NOR så raskt som praktisk mulig, og med ferdigstilling i god tid før C-DAS innføres.

13 Forutsetninger for vellykket gjennomføring

13.1 Anbefalt løsning og konkrete oppfølgingsprosjekter

13.1.1 Trinnvis utvikling med automasjon

Slik det ble påpekt i KVV-en representerte konseptene som ble utredet der forskjellige utviklingstrinn på veien mot full automatisk og førerløs kjøring, selv om det er langt fram til det siste trinnet er innen rekkevidde for norsk jernbanesektor. En tidlig innføring av C-DAS representerer likevel bare et enda tidligere trinn enn det anbefalte alternativ A fra KVV-en, i og med at forutsetningene settes til dagens situasjon og ikke en fremtidig situasjon med bedre forutsetninger. Den trinnvise utviklingen er fortsatt tydelig. Med konklusjonene fra denne supplerende utredningen, ser det ut som denne aller første fasen best utnyttes til pilotering av løsninger og forberedende arbeider, for å legge til rette for en sikrere gevinstrealisering når betingelsene er bedre.

13.1.2 Pilotering av DAS-løsninger

Norske tog anbefaler følgende: For å bedre kunnskapsgrunnlaget rundt C-DAS, kan det være hensiktsmessig å gjennomføre et pilotprosjekt med C-DAS på de nye togene (N05, N06 og N10) før en større anskaffelse av integrert C-DAS til FLIRT-flåten på 150 togsett. Det første toget med C-DAS (N05) er planlagt satt i trafikk på linje L1 i slutten av 2026 og er i øyeblikket i gang med testkjøring i Norge. Ved tilgjengelighet på data fra infrastruktursiden vil man kunne starte med testing av DAS i Norge i nærmeste fremtid. Et pilotprosjekt vil kunne gi verdifulle erfaringer rundt bruken av systemet, nyttige tilbakemeldinger fra togførere og bidra til å definere tydelige brukerkrav ved anskaffelse av C-DAS til eksisterende togmateriell. Dette kan gjennomføres på en enkeltstrekning med et forenklet datasett likt det man har gjorde ved pilottesting med DAS på Jærbanen tilbake i 2015.

Jernbanedirektoratet er prinsipielt enige med Norske tog i at en pilotering er fornuftig. Men siden supplerende utredning viste at det innebærer mye arbeid å sette opp en serverløsning hos Bane NOR og etablere tilstrekkelige underlagsdata for å kunne mate sanntidsdata ut til tog, og dette vil kreve betydelig innsats fra kritisk personell hos Bane NOR, har direktoratet moderert anbefalingen fra Norske tog. Supplerende utredning anbefaler å starte med en pilotering av S-DAS-funksjonen i allerede anskaffet utstyr.

Et forprosjekt kan likevel vurdere utvidelse av piloteringen av C-DAS ombordutstyr. Utredningen har gitt et større kunnskapsgrunnlag og utredet flere løsninger som et pilotprosjekt kan vurdere videre. Gjennom alternativanalysen og samfunnsøkonomisk analyse ser vi at det er tre løsninger for C-DAS ombordutstyr som kommer veldig jevnt ut. Av disse tre gir integrering av C-DAS på FIDO-nettbrett (FN+) et konsistent bedre resultat enn de andre om bord løsningene. Dette indikerer at den løsningen bør vurderes nøyere for neste trinn i etableringen av fullt utbygget C-DAS, fasen etter at ERTMS er ferdig bygget ut.

Det kan også være fornuftig med pilotering eller forberedende arbeider i infrastrukturen etter hvert. Her er det flere muligheter som må vurderes videre. Dette kan f.eks. omfatte etablering av bedre datakvalitet som beskriver infrastrukturen og utgjør datagrunnlaget for DIM, som BN allerede har en leveranseavtale med direktoratet på, og som framstår som helt nødvendig, også i mange andre sammenhenger. Pilotering kan også inkludere arbeid sammen med systemleverandørene til Bane NOR, f.eks. på begrenset pilotering av generering av en sanntids ruteplan i TMS og ev. utvidelser av FIDO-systemet, og vurdering av utvidelse av kravspesifikasjon av felles C-DAS og FIDO-nettbrett ved neste fornyelse, for å sikre tilstrekkelige framtidige egenskaper.

Utredningen anbefaler derfor Bane NOR å vurdere grundig mulig omfang av forberedende arbeider og beslutninger Bane NOR kan sette i gang med allerede, basert på retningsvalget fra departementet i 2025 om å planlegge for innføring av C-DAS .

13.1.3 Innføring av teknisk operativ ruteplan med sekundoppløsning

Denne supplerende utredningen viste at innføringen av en teknisk operativ ruteplan med sekundoppløsning var vesentlig enklere å realisere enn forventet. Det er bra, siden dette tiltaket er en forutsetning for å realisere gevinstene fra andre tiltak for automatisk togframføring. Tiltaket omfatter i hovedsak bare endringer av planleggingsprosesser og tilhørende opplæring sammen med mindre justeringer av brukergrensesnitt på eksisterende systemer.

Gjennomføring bør kunne skje over en toårsperiode av Bane NOR uten videre utredning eller overordnet planlegging så fort finansiering er avklart. Løsningen bør være ferdig implementert og godt innarbeidet i god tid før C-DAS innføres, slik at optimalisert ruteplan og gevinstrealisering fra C-DAS ikke forsinkes.

13.1.4 Kartlegging av flere nytteeffekter fra C-DAS og ATO

Prosjektet Jernbanedirektoratet opprettet for å svare på oppdrag 10-2025 inneholder to arbeidspakker til som er relevante å nevne her. Det er fortsatt et stort behov for gode underlagsdata, spesielt som beskriver kjøreprofiler med dagens togframføring, og vi trenger økt kunnskap og studier om effektene av automasjon og optimalisert kjøring på lange enkeltsporstrekninger, optimalisering av kryssinger og effekter på slitasje og vedlikehold. Hypotesen er at her ligger det fortsatt trafikkantnytte som vi vet for lite om.

De to arbeidspakkene er definert som

- Ap. 3.1 Utrede løpende innsamling av måledata for gjeldende togframføring.

Arbeidet er i gang og organiseres som en utredning med leveranse forventet på slutten av året 2026. De aktuelle dataene brukes operativt i en begrenset sammenheng om bord i togene, men det er en utfordring å hente dem ut på en velstrukturert og effektiv måte for både operatør, togeier og de som skal drifte datavarehustjenesten. I praksis er det mye interesse og det skjer det mye på dette området med flere mulige løsninger.

- Ap. 3.4 Vurdere nytteeffekter på lengre enkeltspor-strekninger.

Dette er organisert som et samarbeid med blant annet Trafikverket i Sverige gjennom det felles Europeiske utviklingsprogrammet Europe's Rail Motional og arbeidspakker innenfor forskning, simulering, datainnsamling og demonstrasjoner av løsninger. Flere forskningsinstitusjoner og aktører innenfor europeisk jernbaneindustri deltar. Resultater fra dette arbeidet er ventet i 2028-2029.

Jernbanedirektoratet fokuserer også videre innenfor ATO med høyere grader av automasjon og førerløse tog i delprosjektet R2DATO under Europe's Rail.

13.2 Sammenheng med pågående og planlagte prosjekter

13.2.1 Forhold til andre effektpakker

Fra utredningen og avhengighetene vi ser, tror vi ikke det er fornuftig å skape flere bindinger enn høyst nødvendig til effektpakke E11 for ERTMS eller utbygging av ny togradio. De bør leve sine liv uavhengig av hverandre i størst mulig grad, selv om det er felles gevinstpotensiale. Det kan kanskje være relevant å gjennomføre C-DAS sammen med andre tiltak for bedre punktlighet og robuste rutemodeller, da effektene av C-DAS henger tett sammen med optimalisering av ruteplan.

Vi tror likevel det kan være fornuftig å velge en av disse løsningene:

- Opprette en egen effektpakke på automatisk togframføring med flere trinn fram mot målet over en lengre periode. Den kan settes sammen med fjernkjøring, automatisk hensetting og automatiske godsterminaler, og ATO etter hvert.
- Alternativt kan det settes opp en bredere effektpakke for å ta i bruk ny teknologi som øker kapasiteten, som kan omfatte tiltak for innføring av C-DAS, sammen med for eksempel innføring av DAC (Digital Auto Couple) og virtuelle sporfelt.

13.2.2 Infrastrukturtiltak og forhold til ERTMS-programmet i Bane NOR

ERTMS-programmet er et omfattende fornyelsesprogram for signalanlegg på hele det norske jernbanenettet, med store og komplekse leveranser.

Både ERTMS-programmet og seksjonen i Bane NOR med ansvar for trafikkstyrings-systemer har per i dag liten eller ingen ledig kapasitet til å håndtere en ytterligere økning i sine leveranser. Dersom C-DAS skal tas i bruk før ERTMS tas i bruk vil dette kreve et eget prosjekt utenfor ERTMS-programmet for tilpasning av eksisterende trafikkstyringssystemer samt å ta fram, vaske og sortere data infrastrukturedata for en velfungerende C-DAS løsning.

Bane NORs kontrakt for det nye trafikkstyringssystemet stiller krav til at systemet skal kunne levere sanntidsdata til en infrastruktur integrasjonsserver for C-DAS/ATO. ERTMS-programmet jobber for tiden med å få tilstrekkelig grunnleggende funksjonalitet for det nye Trafikkstyringssystemet, så generering av sanntidsdata til en C-DAS/ATO server ligger noe lenger fram i utviklingsløpet (i 2030 bør dette være på plass). Dette er vurdert å være den minst ressurskrevende veien fram til et velfungerende grensesnitt for sanntidsdata for å ta i bruk C-DAS/ATO-funksjonalitet.

Videre har kontrakten for ERTMS en opsjon for leveranse av en C-DAS infrastruktur integrasjonsserver. Innløsning av opsjonen er den minst ressurskrevende veien til en velfungerende C-DAS løsning da man unngår nye runder i markedet med kravspesifisering, forhandlinger, nye kontrakter og kanskje også ny leverandør. Det er Siemens som er leverandør av ERTMS signalanlegget og infrastrukturdata som benyttes i signalanlegget vil være de samme som benyttes i C-DAS-integrasjonsserver. Ved at samme leverandør tar fram infrastrukturdata og kan benytte samme data til alle tre delsystemer (IL/RBC/C-DAS), gir en effektivitetsfordel mht. ressursbruk og framdrift.

13.2.3 Kjøretøytiltak og samkjøring mot ERTMS-programmet

Det har blitt undersøkt om utrulling av C-DAS kan koordineres med installasjon av ERTMS. Det er per januar 2026 installert ombordsystem for ERTMS på 50 av 150 FLIRT-tog. Et anskaffelsesprosjekt med integrert C-DAS vil etter Norske togs oppfatning ikke kunne ta igjen utrulling av ERTMS. Innføring av C-DAS på eksisterende togmateriell må derfor håndteres adskilt fra ERTMS-prosjektet med installasjonsarbeid utført gjennom et separat prosjekt. Det er ikke identifisert noen avhengigheter mellom C-DAS og ERTMS-systemet i toget som eventuelt vil være til hindring for å ta i bruk C-DAS på ATC-strekninger.

For eventuell samkjøring mot andre prosjekter, vil det være mer aktuelt å se på innføring av C-DAS opp mot planlagte arbeidspakker for levetidsforlengende tiltak for togtypen 74/75 (FLIRT). Dette gjelder især nødvendig konfigurasjonsarbeid som må utføres av togprodusenten ved innføring av nye integrerte systemer i togene.

13.2.4 Infrastrukturtiltak og forhold til Digital infrastrukturmodell (DIM) og BaneData i Bane NOR

DIM vil på sikt gi en stor kvalitetsforbedring i forhold til dagens BaneData. BaneData var opprinnelig realisert som en vedlikeholdsdatabase, og ikke som en digital tvilling av infrastrukturen, noe DIM vil bli. For å populere denne databasen, er det viktig å ta ting i riktig rekkefølge. Med ERTMS får vi infrastrukturdata med meget høy kvalitet som bør benyttes til å populere databasen, og deretter må dataene i databasen vedlikeholdes. Vi kan ikke benytte BaneData-informasjon i dagens form til å prosjektere ERTMS, fordi kvaliteten/nøyaktigheten er for dårlig, noe som også vil gjelde ifm. C-DAS med hensyn til å generere infrastrukturdata.

Direktoratet tilføyer at det er utfordrende for sektoren, inkludert Bane NOR selv, å vente til ERTMS er ferdig bygget ut på alle strekninger med å få tilgang på oppdaterte data om infrastrukturen. Ikke bare av hensyn til bedre nytte for blant annet tiltak som tidlig innføring av C-DAS, men også generelt for utvikling av videre kunnskapsgrunnlag. Samtidig med videre utvikling av framdriftsplan for ERTMS bør Bane NOR vurdere om det er hensiktsmessig at målet om bedre data for å beskrive infrastrukturen gjøres tidligere og mer uavhengig av utbyggingen av ERTMS.

13.2.5 Kjøretøytiltak og samkjøring mot bedre nettdekning langs jernbanen og FRMCS

C-DAS montert i nye lokaltog og fjerntog kommuniserer mot landsiden over kommersielt mobilnett. For at C-DAS på landsiden skal kunne distribuere oppdaterte kjøreprofiler til togene når det oppstår avvik er man avhengig av kommunikasjon mellom tog og landsiden. Jernbanenettet i Norge har områder med varierende nettdekning. Dekningsbehovet vil være størst der man oftest opplever avvik fra statisk ruteplan ettersom C-DAS-systemet i toget ellers kun vil forholde seg til den lagrede ruteplanen ved kommunikasjonsutfall. Dekning vil også være nødvendig for at landsidesystemene hos infrastrukturforvalter skal få tilsendt statusrapporter om togenes posisjon. I lys av dette er Jernbanedirektoratets utredningsarbeid Bedre nettdekning langs jernbanen og innføring av FRMCS ansett som relevant for C-DAS og senere ATO. Hvis partene blir enige om en løsning for kommersiell nettdekning i tunneller, vil dette gjøre at dekingen blir vesentlig bedre enn beskrevet i denne utredningen.

13.2.6 Kjøretøytiltak og samkjøring mot innfasing av nye tog

I vurderingen av aktuelle alternativer for de ulike kjøretøystypene er dagens planer for innfasing av nye togsett og utfasing av eldre togmateriell lagt til grunn. Dette inkluderer leveranseplanene for nye lokaltog, regionstog og fjerntog som erstatter eldre lokomotiver og togsett. Nytteverdien av å innføre C-DAS på det eldre togmateriellet vil derfor påvirkes av leveranseplanene. I et forenklet fremtidsbilde vil nye fjerntog erstatte dagens togmateriell som kjører på fjerntogstrekningene. Tilsvarende, vil nye lokaltog og regionstog erstatte eksisterende togmateriell på lokale og regionale ruter. Dette vil standardisere togflåten til Norske tog mot FLIRT-togene, N05/06-togene fra Alstom og nye fjerntog fra Stadler som de tre hovedtypene.

Avrop av opsjoner i eksisterende anskaffelsesprosjekter (N05/06 og N10) vil øke antall togsett med C-DAS ferdig integrert fra fabrikk. Det ligger blant annet en bevilgning inne i statsbudsjettet for 2026 for å rope av opsjon for leveranse av ytterligere 13 togsett gjennom anskaffelseskontrakten for N05/N06. Andelen togsett i Norge med DAS-system installert vil derfor øke uavhengig av om man innfører C-DAS på andre togtyper.

13.2.7 Kjøretøytiltak og samkjøring mot trafikkpakker- og avtaler

Etter erfaringsutveksling med andre jernbaneselskaper i Europa har det blitt pekt på at effekten av C-DAS (og ATO) vil være svært avhengig av strekning og trafikk. Dette vil påvirke nytteverdien av å investere i C-DAS på de forskjellige togtypene. Fordelingen av tog til de forskjellige strekningene er avtalt gjennom operatørenes trafikkavtaler med Jernbanedirektoratet. En endring

i trafikkpakkene vil derfor kunne påvirke hvilke strekninger togsettene benyttes på. For den videre vurderingen er det gjort en antagelse om at togtypene vil fortsette å brukes på de samme strekningene som de trafikkerer i dag.

13.3 Ansvar, organisering og forvaltningsmessige forhold

13.3.1 Deling og lagring av operative data

For å oppnå nasjonale gevinster for punktlighet ved forskjellige nivåer av automatisert togframføring, slik KVV for ATO konkluderte med gav størst nytte og som vi nå utreder om kan gi nytte også før ERTMS er ferdig bygget ut, så er det behov for utveksling av statiske og dynamiske data mellom infrastrukturen (Bane NOR), de forskjellige kjøretøystypene (Norsketog og deres leverandører), togoperatørene med sine førere, og leverandører av automatiseringssystemer. Dette ligner mer på hvordan ATO tenkes etablert, enn på tradisjonell innføring av C-DAS. Og det som begynner som operative data som bare lever i øyeblikket, ender fort opp gjennom lagring på ymse steder som historiske data med potensielt stor nytte for tyngre analyser og statistikk, både for aktørene i sektoren, men også for mer åpen forskning og utvikling.

Konkret trengs det avklaringer av eierskap til forskjellige typer data, hvilke prinsipielle føringer som bør gjelde for forskjellige datatyper og sensitivitetsnivåer i datautvekslingen, og krav til grensesnitt, maskinvare og programvare hos de forskjellige aktørene. Noe er avklart allerede og gitt gjennom eksisterende eller forventet framtidig regelverk, eller kan overlates til et forprosjekt å kartlegge. Men i arbeidet med denne supplerende utredningen av tidlig innføring av C-DAS ser vi at det er behov for å avklare hva som ikke er regulert og hvor det trengs ytterligere utredning, slik at direktoratet kan gi tilstrekkelige prinsipielle føringer til et forprosjekt.

13.3.2 Føringer for utvikling av en ny landsdekkende rutemodell

Gevinstrealisering fra automatisk togframføring på alle nivåer er avhengig av samspillet med årlig ruteplanlegging. Det er derfor viktig at prosessene rundt ruteplanlegging optimaliseres så langt som mulig først, selv om det alltid vil være store elementer av læring og behov for iterering i slike optimaliseringsprosesser. De elementene KVV-en pekte på i denne sammenhengen gjelder fortsatt fullt ut. Nå har vi i denne supplerende utredningen kommet med en anbefaling for det første trinnet som ble pekt på om etablering av en teknisk operativ ruteplan med sekundoppløsning. Men de tre siste elementene står fortsatt.

1. Bedre kontroll på marginene i ruteplan
2. Ruteplaner som utnytter samtidig togbevegelser til å optimalisere kryssinger
3. Differensiering av ruteplan mellom de delene av infrastrukturen som eventuelt er tilrettelagt for forskjellige nivåer av automasjon, spesielt mellom førerstyrt trafikk og automatisk trafikk

13.3.3 Innspill fra Bane NOR

C-DAS i infrastruktur

For å forvalte et C-DAS-system kreves en tydelig ansvarsfordeling mellom infrastrukturforvalter og togselskapene. Kjernen i løsningen ligger på infrastruktur-siden, der Bane NOR har ansvar for den sentrale integrasjonsserveren som genererer optimale kjørestراتيجier, distribuerer sanntidsinformasjon og håndterer kapasitets- og tilgjengelighetskrav i driften. Dette forutsetter en robust digital dataplattform som inneholder oppdaterte infrastrukturdata som stigninger, kurver, sporparametere, hastighetsprofile, baliseplasseringer samt både planlagte og aktuelle rutedata, midlertidige hastighetsreduksjoner og planlagte arbeider.

Plattformen må være tett integrert med TMS slik at endringer av ruteplaner, disponeringer og prioriteringer automatisk videreføres til C-DAS. Videre må Bane NOR forvalte og sikre radiokommunikasjon (GSM-R/FRMCS/LTE) med tilstrekkelig dekning og tjenestekvalitet, inkludert redundans og kontinuerlig overvåking for å sikre stabil datadistribusjon. IT-sikkerhet er en grunnleggende forutsetning. Det innebærer autentisering av tog, kryptert datautveksling, tilgangsstyring og kontinuerlig overvåking for å oppdage avvik og uautoriserte aktiviteter.

Operativt må Bane NOR etablere prosesser for driftsovervåking av C-DAS i infrastruktur, overvåking av datakvalitet, samt definere rutiner for hvordan infrastrukturdata valideres og oppdateres. Endringshåndtering er også sentralt, særlig versjonskontroll av kartdata, API-er og programvare. Slike endringer må koordineres tett med togselskapene, spesielt ved større infrastrukturtiltak, arbeid i sporet, testkjøring og funksjonsverifikasjon.

For dette kreves kompetanse innen jernbaneteknologi, digitale sporprofiler, IT-arkitektur, skytjenester, radiokommunikasjon, cybersikkerhet og systems engineering basert på CENELEC-standardene (EN 50126/8/9). Bane NOR må derfor sikre et tverrfaglig miljø som kan ivareta både drift og videreutvikling av systemet.

C-DAS i togmateriell

Parallelt har togselskapene ansvaret for at C-DAS fungerer om bord i togene. Dette innebærer å anskaffe, montere og drifte C-DAS-klienter, enten som nettbrett, faste skjermer eller integrerte løsninger i førerrommet. Enhetene må sikres stabil strømtilførsel, korrekt montering og pålitelig nettverkstilknytning. Togselskapene må også etablere nødvendige koblinger til togets systemer, avhengig av valgt integrasjonsnivå. For lett integrasjon dreier det seg om GPS, hastighetssignaler og eventuelt ETCS-odometri. Ved dypere integrasjon vil systemet måtte hente data fra TCMS (Train Control and Management System) / ETCS eller interne busser som MVB, Ethernet eller CAN.

Togselskapene må håndtere programvareoppdateringer, helst via sikre OTA løsninger (Over-The-Air), med kontroll på versjoner og konfigurasjoner. De må også utvikle opplæring for førere slik at disse forstår og bruker rådene fra C-DAS korrekt, inkludert hvordan systemet skal håndteres ved mangelfull data eller motstrid med operative regler. Det må etableres tydelige rutiner for feilhåndtering, inkludert diagnostikk av GPS, nettverk og maskinvare, samt en definert eskaleringsvei mot Bane NOR ved systemfeil.

I tillegg må togselskapene følge opp datakvalitet gjennom kontroll av innlastede rute-data og analyser av faktisk drift sammenlignet med plan, inkludert energiforbruk, punktlighet og etterlevelse av kjøreråd. Testregimer må være på plass både etter programvareoppdateringer og ved trafikkstart på nye linjer eller strekninger.

Jernbanedirektoratet tilføyer at S-DAS funksjonen som reservefunksjon, både ved dårlig dekning og på strekninger uten sanntidsinformasjon, er vesentlig. Det tilsier også at det må ligge distribuert intelligens og tilpassede algoritmer i om bord-systemene for optimalisering av framføringen for det enkelte tog. Framføringen baseres på detaljerte togdata og infrastrukturdata innenfor rammene av ruteplan. Dette optimaliserer også det enkelte togs oppførsel når aktuell trafikksituasjon blir kommunisert fra infrastrukturen og C-DAS funksjonen igjen er operativ.

Roller og ansvar

I praksis bør partene enes om en tydelig ansvarsmodell. Bane NOR drifter den sentrale intelligensen, integrasjonsdataserver og kommunikasjonen, mens togselskapene håndterer ombordutstyr, integrasjoner og opplæring. Feilhåndtering og systemkvalitet deles mellom partene: Bane NOR håndterer infrastruktur- og datakvalitet, mens togselskapene ivaretar tekniske feil om bord. Samtidig må grensesnitt og responsprosesser være klart definert for å sikre effektiv feilretting.

Jernbanedirektoratet tilføyer at også togeier vil ha en viktig rolle som må avklares i dette bildet.

Felles KPI-er som tilgjengelighet på C-DAS infrastruktur, datakvalitet, kommunikasjonens stabilitet, energisparing, punktlighet og førerens etterlevelse av C-DAS råd bør inngå i formelle SLA-er. Dette legger grunnlaget for kontinuerlig forbedring og sørger for en strukturert migrasjonsvei fra et rådgivende C-DAS til ATO GoA1 og senere ATO GoA2, uten at partene bindes til høye kostnader og komplekse integrasjoner i starten. Etter hvert som datagrunnlag, prosesser og kompetanse modnes, kan utvalgte moderne tog få dypere integrasjon for maksimal nytte, mens resten av flåten fortsatt kan bruke en enkel og kostnadseffektiv C-DAS klient.

Tabell 52: Ansvarsdeling – oppsummert

Oppgave	Infrastrukturforvalter	Togselskap
Trackside Integrasjonsserver (DAS-TS)	✓	✗
Infrastrukturdata / rutedata	✓	✗ (forbruker- data)
Radiokommunikasjon (SM-R/LTE/FRMCS)	✓	delvis (terminal ombord)
Ombordsystem (nettbrett / DMI)	✗	✓
Integrasjon mot tog (hastighet, GPS)	✗	✓
Førerstøtte og opplæring	✗	✓
Systemkvalitet på datakilder	✓	delvis
Feilhåndtering operasjonelt	delt	delt
ATO-kompatibilitet på sikt	✓	✓

Kort oppsummert

Bane NOR må levere: • sentral intelligens • digitale infrastrukturdata • kommunikasjonsplattform • stabil serverdrift • opplæring av personell i systemet • sikkerhet og datautveksling • integrasjon mot TMS og ETCS	Togselskapene må levere: • C-DAS utrustning i togmateriell • integrasjon mot toget • opplæring av førere • teknisk drift og feilhåndtering • innspill til ruteplanlegging og ytelse
--	--

Tabell 53: Leveranser oppsummert

13.3.4 Innspill fra Norske tog

Innføring av C-DAS kan medføre flere nødvendige forvaltningsmessige avklaringer knyttet til deling, bruk og eierskap av data på tvers av kjøretøyleverandører, togoperatører (RU) og infrastrukturforvalter (IM). Det vil være behov for at relevant data deles mellom ulike aktører for at C-DAS-systemet skal kunne fungere.

Type data som må deles

C-DAS innebærer at både posisjons- og hastighetsdata fra togene, samt detaljerte kjøretøyparametere som bremsekurver, traksjonsdata, roterende masse og andre parametere, må innhentes for å kunne kalkulere korrekte hastighetsprofiler og kjørebefalinger. Dataen kan derfor deles inn i data som beskriver togtypens egenskaper (1) og data som beskriver hvordan togmateriellet fremføres (2).

Data som beskriver kjøretøyeenskaper (1)

Innføring av C-DAS forutsetter tilgang til detaljerte kjøretøyparametere – som bremsekurver, traksjonsdata og øvrige ytelsesegenskaper. Flere av disse dataene kan utgjøre forretningshemmeligheter.

I kjøpsavtalene mellom Norske tog og togprodusentene står Norske tog som eier av alle data (inkl. metadata) som genereres av togsettene under operativ bruk. Produsentene kan be om deling «på nærmere avtalte vilkår», men kan ikke holde tilbake Norske tog sin data. Dette tilsier at Norske tog i utgangspunktet kan bruke og dele data fritt. Dette utgangspunktet kan imidlertid modereres noe der dataene er å regne som forretningshemmeligheter.

Kjøpsavtalene åpner imidlertid uttrykkelig for deling av relevant data med tredjeparter, herunder også forretningssensitiv informasjon, der det er nødvendig for gjennomføring/kontroll av arbeidet, vedlikehold, salg/utleie eller den kommersielle utnyttelsen av kjøretøyene. Bruk av C-DAS vil være et slikt legitimt formål. Norske tog plikter å sikre at slike "legitime" tredjeparter er underlagt konfidensialitetsavtale. Togprodusentene kan motsette seg deling til direkte konkurrenter dersom det kan gi innblikk i forretningssensitiv data.

En sammenlignbar situasjon er innføringen av ERTMS, der både togleverandører og togeiere deler kjøretøydata for å definere korrekt systemkonfigurasjon. For å kunne konfigurere togets egenskaper, som maksimal akselerasjon og retardasjon, gjøres det testkjøringer med hver togtype. Under disse testene utfører ERTMS-leverandøren målinger for å finne riktige parametere for togtypen. Tilsvarende vil C-DAS også ha behov for denne type data for at systemet skal kunne kalkulere og gi riktige kjørebefalinger til fører.

Operasjonell data (2)

Innføringen av C-DAS innebærer også at operasjonell data om togfremføringen deles mellom operatører (RU) og infrastrukturforvalter (IM). Dette omfatter posisjon, hastighet, faktisk kjøremønster, eventuelle avvik og statusrapporter fra togene underveis. I praksis betyr det at infrastrukturforvalter får tilgang til mer detaljerte data om togenes faktiske kjøremønster. Operatørene kan hevde at slike data vil kunne gi innsikt i driftsoptimalisering eller konkurransestrategi, men dette må vurderes konkret, skulle det vise seg at enkeltoperatører motsetter seg deling av slik data.

Operatører som bruker det norske jernbanenettet, er i dag pålagt å dele kjøretøysdata og operasjonell data med infrastrukturforvalter gjennom Avtale om sportilgang og bruk av tjenester (AST). Posisjons- og hastighetsdata vil også innhentes gjennom den pågående utrulling av ERTMS, gjennom at togene sender dette til operative systemer og diagnosesystemer hos Bane NOR. C-DAS vil ikke kreve at annen type operasjonell data samles inn og behandles, utover de dataene som allerede er omfattet av AST og håndteres av relevante aktører gjennom innføringen av signalsystemet ERTMS.

Forvaltning av data

For togeier og operatører er det ikke ventet å være større forvaltningsmessige oppgaver direkte knyttet til C-DAS. Det er her antatt et oppsett der infrastrukturforvalter distribuerer C-DAS-data til

togene og at forvaltning av denne dataen tilfaller infrastrukturforvalter. For togeier vil det kun være oppgaver knyttet til oppfølging av driftsavtaler med C-DAS-leverandøren. I en videreutvikling av C-DAS-systemene på landsiden kan det bli aktuelt å integrere mot andre systemer hos operatør og/eller togeier. Dette kan eksempelvis være data om antall passasjerer eller reserverte seter for justering av estimert oppholdstid på stasjoner for hvert enkelt tog. Det er ikke ventet at dette vil utløse en stor økning i arbeidet med dataforvaltning utover det som allerede gjøres i dag.

Det forventes at datadeling fullt og helt kan håndteres gjennom eventuelle konfidensialitetsavtaler, dagens AST avtale og ved å følge eksisterende praksis rundt datadeling i ERTMS prosjektet. Videre bruk av dataen til andre formål kan kreve separate avtaler og vurderinger.

Vedlikehold av C-DAS i tog

Innføring av C-DAS er ikke vurdert til å ha stor innvirkning på vedlikeholdsrutiner eller arbeidsbelastningen til vedlikeholdspersonellet. Denne vurderingen gjelder for alle de kartlagte alternativene. Vedlikehold av C-DAS på toget vil være begrenset til å erstatte maskinvare med reservekomponent ved feil. C-DAS er plassert i et beskyttet miljø inne i toget og behov for å bytte maskinvare antas å oppstå sjeldent.

Forvaltning av programvare for C-DAS i tog

Løsningen for å rulle ut oppdatert programvare og konfigurasjon til C-DAS i togene er å anse som uavhengig av de tekniske C-DAS-løsningen i togene. Oppdatering «over-the-air» er en mulig for alle de tre skisserte alternativene. For den integrerte C-DAS-løsningen på nye lokaltog blir dette håndtert «over-the-air» av RU DAS-TS-serveren som togflåten er tilkoblet. Det er antatt å bli et behov for å kunne oppdatere programvare og konfigurasjon jevnlig for å optimalisere algoritmene etter strekning og tilpasse kjørestil etter behov. Det er vurdert som mest hensiktsmessig å kunne gjøre dette «over-the-air» for å slippe manuell installasjon på en hel togflåte.

13.4 Usikkerhet og risikoreduserende tiltak

Gjennomføringen av valgt alternativ for tidlig innføring av C-DAS før ERTMS er beheftet med usikkerhet både knyttet til kostnader, gjennomføring og realisering av nytte. Samtidig vil det anbefalte alternativet O+ være avgrenset i omfang, og usikkerheten har derfor en annen karakter enn i mer omfattende tiltak. Den overordnede vurderingen er at usikkerheten i stor grad er håndterbar, forutsatt at det jobbes systematisk med modning, presisering av omfang og oppfølging av bruk og effekt i videre arbeid.

På et overordnet nivå er det særlig tre forhold som er avgjørende for usikkerhetsbildet:

- prosjektets lave modenhet
- avhengigheten til tekniske og organisatoriske forutsetninger
- nytten i stor grad er brukerdrevet.

Prosjektet befinner seg i en tidlig fase med begrenset detaljeringsnivå, og dette gir et betydelig innslag av uspesifiserte kostnader og forenklete forutsetninger i analysen. Samtidig er løsningen i alternativ O+ i stor grad basert på eksisterende og allerede installerte komponenter, noe som reduserer risiko knyttet til store investeringer og komplekse integrasjoner.

Den viktigste usikkerheten for alle tiltaksalternativene knytter seg til hvordan løsningen faktisk implementeres og brukes i praksis, som vil avhenge av hvordan førere og operatører tar løsningen i bruk. Dette innebærer at nytteusikkerheten er relativt høy, selv om kostnadsrisikoen er lavere. For de mer omfattende alternativene er nytten også i stor grad knyttet til teknisk ytelse på systemnivå.

I tillegg påvirkes prosjektet av ytre forhold som prosjektet i begrenset grad kan kontrollere, særlig knyttet til utviklingen av ERTMS og valg av fremtidig datakommunikasjonsløsning (5G og/eller FRMCS). Disse forholdene har betydning både for systemytelse og nytte.

Alternativ O+

Alternativ O+ er kjennetegnet av et begrenset omfang, hvor man i hovedsak utnytter preinstallert C-DAS i nye tog uten å gjennomføre større investeringer i infrastrukturen. Dette gir en relativt lav kostnadsrisiko, men innebærer samtidig en annen type usikkerhetsprofil enn i større prosjekter.

Kostnadsusikkerheten er konsentrert rundt et fåtall elementer, særlig knyttet til **utviklingskostnader og IT-tjenester**. Disse postene har et relativt stort spenn fordi de avhenger av:

- valg av driftsmodell
- omfang av nødvendig programvareutvikling
- teknisk arkitektur og integrasjonsløsninger

I tillegg er det en forholdsvis høy andel uspesifiserte kostnader, som reflekterer at løsningen ikke er tilstrekkelig konkretisert. Små endringer i forutsetninger, som antall tog eller funksjonalitet, kan derfor gi relativt store prosentvise utslag i kostnadsbildet.

Når det gjelder gjennomføring, er kompleksiteten lavere enn i større alternativer, men det er likevel behov for koordinering mellom aktører og avklaring av ansvar. Manglende tydelighet i grensesnitt kan føre til ineffektivitet også i et begrenset tiltak.

Den mest sentrale usikkerheten er likevel knyttet til **nytte** og kvalitet på infrastrukturdata. Effekten avhenger av at løsningen tas i bruk som forutsatt, og at førere faktisk endrer kjøreatferd. Erfaring viser at slike effekter kan være krevende å realisere fullt ut, og det er derfor en betydelig risiko for at beregnet nytte overvurderes.

13.4.1 Risiko og forslag til tiltak

For å redusere identifisert usikkerhet og risiko er det behov for målrettede tiltak i videre arbeid. De viktigste tiltakene er:

Tabell 54: Risikoreduserende tiltak

Øke prosjektmodenhet og redusere uspesifisert	• konkretisere teknisk løsning, arkitektur og funksjonalitet • tydeliggjøre omfang og leveranser
Avklare datagrunnlag og systemytelse	• analysere kvalitet på tilgjengelige data fra eksisterende systemer • vurdere konsekvenser av redusert datakvalitet for nytte
Avklare grensesnitt og organisering	• tydeliggjøre roller og ansvar mellom aktører • sikre koordinering mellom infrastruktur- og kjøretøysiden
Gjennomføre pilotering og trinnvis implementering	• teste løsning i begrenset skala • bruke erfaringer til å justere videre utrulling
Styrke nytterealisering	• gjennomføre opplæring og endringsledelse • følge opp faktisk bruk og effekt • etablere måleindikatorer for nytte
Etablere strukturert usikkerhetsoppfølging	• oppdatere kostnads- og risikoanalyser i takt med modning • følge opp sentrale usikkerhetsdrivere i prosjektstyringen

13.4.2 Oppfølging i videre arbeid

Usikkerheten bør følges opp systematisk i videre planlegging og gjennomføring. Dette innebærer særlig å redusere usikkerheten knyttet til teknisk løsning, datagrunnlag og bruk av systemet.

Det er også viktig å se tiltaket i sammenheng med utviklingen av ERTMS og fremtidig kommunikasjonsløsning. Selv om disse ikke er direkte styrbare innenfor prosjektet, påvirker de både ytelse og nytte, og bør derfor inngå som sentrale premisser i beslutningsgrunnlaget og videre oppfølging.

Videre arbeid bør ha en tydelig lærings- og utviklingstilnærming, hvor erfaringer fra implementering av O+ aktivt brukes til å redusere usikkerhet i senere faser og eventuelle fremtidige utvidelser.

13.4.3 Samlet vurdering

Alternativ O+ har et relativt lavt kostnadsnivå og begrenset kompleksitet, noe som gir en robust kostnadsprofil og lav eksponering mot store investeringsrisikoer. Samtidig er nytten mer usikker og i stor grad avhengig av hvordan løsningen implementeres og tas i bruk i praksis.

Usikkerheten i prosjektet er primært knyttet til forhold som i stor grad kan påvirkes gjennom prosjektets egne valg og styring, herunder:

- detaljeringsnivå og modenhet i løsning og gjennomføring
- kvalitet og tilgjengelighet på datagrunnlag fra eksisterende systemer
- faktisk bruk og effektuttak hos operatører og førere

ERTMS ligger utenfor prosjektets styringsområde og er derfor behandlet som ekstern scenarioforutsetning i analysen. Usikkerhet knyttet til utbygging av ERTMS bør derfor ikke forstås som prosjektspesifikk risiko, men som betingelser som prosjektet må tilpasses.

Samlet innebærer dette at usikkerheten i alternativ O+ vurderes som håndterbar innenfor prosjektets kontroll, forutsatt at det arbeides systematisk med videre modning, avklaringer og oppfølging av bruk og effekt. En vellykket gjennomføring vil særlig avhenge av prosjektets evne til å realisere nytte gjennom faktisk anvendelse, samtidig som løsningen utformes fleksibelt slik at den kan fungere under ulike eksterne utviklingsbaner.

13.5 Kritiske suksessfaktorer

Det foreligger fortsatt ikke en tilgjengelig oppdatert plan for nasjonal utrulling av ERTMS fra Bane NOR for perioden etter 2030, men det forventes en oppdatering av planen videre i løpet av høsten 2026. Det foreligger heller ikke en beslutning på tidslinje for utbygging av ny togradio til erstatning for dagens GSM-R system. Begge disse forholdene påvirker i stor grad nytten av en større innføring av C-DAS. I utredningen av tidlig innføring av C-DAS er både utbygging av ERTMS og ny togradio (FRMCS) vurdert som eksterne forhold, og avhengighetene er beskrevet i seks forskjellige scenarier. Utredningen gjør dette for å sørge for å isolere effektene og beslutningen om tidlig innføring av C-DAS fra effekter og beslutninger om ERTMS-programmet og ny togradio, som håndteres i andre prosjekter og beslutningsprosesser.

Den supplerende utredningen for tidlig innføring av C-DAS avdekker at tidspunktet for innføring av ERTMS og ny togradio (FRMCS) i det sentrale Oslo-området vil være avgjørende for å sanke den forventede nytten fra et førerstøttesystem.

Avklaring av framdrift og hvilken prioritering Oslo-området får i utbyggingen av ERTMS og FRMCS vil derfor være viktig for å gjøre gode valg videre for innføring av C-DAS og videre automatisk togframføring.

14 Referanser

Jernbanedirektoratet: [Konseptvalgutredning for bedre utnyttelse av ERTMS – Automatisk togframføring \(ATO\)](#) (2023) dok.nr. 202200907-26

Menon/A2/Holte: Ekstern kvalitetssikring (KS1) av KVV for bedre utnyttelse av ERTMS – automatisk togframføring (ATO) (2024) Rapport nummer F014a

SFERA UIC IRS 90940 specification – Ed. 2 (2022) [Oppdatert UIC IRS 90940 – Ed. 3 er tilgjengelig fra februar 2026](#).

Regjeringen: [Statsbudsjettet 2025 - Tildelingsbrev til Jernbanedirektoratet](#) (2024)

Regjeringen: Meld. St. 14 (NTP) [Nasjonal Transportplan 2025-2036](#), (2023/2024)

Regjeringen: [Utredningsinstruksen](#) (2024)

Regjeringen: [Rundskriv R-108](#) (2023) Statens prosjektmodell

Regjeringen: [Rundskriv R-109](#) (2021)

Jernbanedirektoratet: [Konseptvalgutredning FRMCS - Fremtidig togkommunikasjonssystem for jernbane](#) (2023), Dok.nr. 202200895-44

Jernbanedirektoratet: [KVV - Bedre nettdekning langs jernbanen](#) (2020)

Bane NOR: [Network statement 2026](#) (2025)

Bane NOR: [Nasjonal Signalplan 2023](#) (2023)

Jernbanedirektoratet: [Veileder i samfunnsøkonomiske analyser i jernbanesektoren](#) (2024)

Europeiske kommisjonen: TSI CCS – Technical Specification of Interoperability – Command Control and Signalling (2025). [Lenke til ERA for mer informasjon](#)

Regjeringen: [Målstruktur for Nasjonal transportplan 2029-2040](#) (2026), dok.nr.25/5553

15 Oversikt over begrep og forkortelser

Begrep/forkortelse	Betydning / Beskrivelse
Adaptiv Cruise Control	Funksjon for semiautomatisk hastighetsregulering etter C-DAS-systemets anbefalinger.
AST	Avtale om sportilgang og bruk av tjenester
ATC	Automatic Train Control. Sikkerhetssystem som skal hindre at et tog passerer rødt lys og at toget overskrider lokale hastighetsbegrensninger. ATC er overvåkningssystemet som benyttes i dagens jernbaneinfrastruktur.
ATC-2	Automatic Train Control - eksisterende signal- og hastighetsovervåkningssystem i Norge.
ATO	Automatic Train Operation. Teknologi for å automatisere togframføringen. Det finnes forskjellige grader av automasjon (GoA).
Baliser	En elektronisk sender (transponder) som ligger mellom skinnene. Overfører fast eller situasjonsavhengig informasjon til tog som passerer.
Banestrekning / Strekning	Jernbaneinfrastrukturen mellom to punkter
Blokk / Blokkstrekning	Banestrekning hvor det av sikkerhetshensyn bare kan være ett tog av gangen. Signaler styrer om et tog kan kjøre inn på blokkstrekningen eller ut av blokkstrekningen. På strekning med fjernstyring kan blokken være avgrenset av to nabostasjoner, to naboblokkposter eller en stasjon og en naboblokkpost. På strekning uten fjernstyring er blokkstrekningen avgrenset av de to nærmeste stasjonene som er betjent.
Bremsekurver	Beskriver et togs bremseegenskaper. Viser hastighet som funksjon av utkjørt avstand ved gitte forutsetninger, som bremsekraft, stigning og fall osv.
C-DAS	Connected Driver Advisory System. System som bruker sanntidsinformasjon fra hele togssystemet sammen med statisk informasjon om ruteplan og infrastruktur til å gi fører en kontinuerlig oppdatering av anbefalt hastighet.
DAC	Digital Automatic Coupling. System for å automatisk tilkoble og frakoble vogner både mekanisk (mekaniske fastholding og trykkluftslanger for bremses) og elektrisk (strømtilførsel og datatilkobling). Designet primært for godsvogner. Kan bidra til å etablere togintegritet.
DAS	Driver Advisory System - fellesbetegnelse for førerstøttesystemer.
DAS-OB	Driver Advisory System – On Board - førerstøttesystemet ombord i toget.
DAS-TS	Driver Advisory System – Trackside - serversystem for førerstøttesystemer på landsiden.
D-ATC	Delvis ATC (se ATC). System for hastigheter opp til 130 km/t som gjør at togene stopper automatisk ved eventuell passering av signal som viser stopp. Systemet dekker over 65 prosent av det norske jernbanenettet.

DMI	Driver Machine Interface – Berøringsskjerm i førerrom til bruk for ERTMS.
ERTMS	European Rail Traffic Management System. Nytt felleseuropeisk digitalt signalsystem som innføres på det norske jernbanenettet. Består av delsystemene ETCS, TMS og ombordutrustning i kjøretøyene.
ETCS	European Train Control System. Kjernesystemet og signal og kontrolldelen av ERTMS (se ERTMS).
F-ATC	Full ATC (se ATC). System for hastigheter også over 130 km/t som gjør at togene ikke overskrider tillatt hastighet eller passerer signal som viser stopp. Gjør det mulig å ha kortere sporavsnitt og dermed kjøre tog tettere. Systemet dekker litt under 10 prosent av det norske jernbanenettet.
Flytende blokk	Banestrekning hvor det av sikkerhetsgrunner bare kan være ett tog av gangen, men hvor grensene er dynamisk definert (derav «flytende») basert på trygg bremseavstand fra toget til nærmeste hindring (annet tog, sporveksel, fysisk signal osv.). Gjør det mulig å ha kortere sporavsnitt og dermed kjøre tog tettere. Overvåkingen styres av en datamaskin (virtuell blokk) og er ikke avhengig av fysiske installasjoner langs sporet. Virtuelle blokker kan også være fast definert (fast virtuell blokk)
FRMCS	Future Railway Mobile Communication System. FRMCS er et nytt togradiosystem for kommunikasjon i forbindelse med togframføring, drift og vedlikehold av jernbane. FRMCS er basert på 5G-teknologi. Det skal erstatte dagens GSM-R.
GNSS	Global Navigation Satellite System. Fellesbetegnelse for satellittbaserte systemer for navigasjon og posisjonering med global dekning. GPS, GALILEO m.fl. er av disse systemene.
GoA	Grade of Automation. Grad av automatisering fordelt på fire trinn som betegner hvor automatisert togfremføringen er.
GPS	Global Positioning System - satellittbasert posisjonering.
GSM-R	Dagens togradiosystem for kommunikasjon i forbindelse med togframføring, drift og vedlikehold av jernbane. Systemet gir bl.a. fører kontakt med togleder. GSM-R er basert på 2G-teknologi.
HMI	Human Machine Interface - brukergrensesnitt for fører.
Holdeplass	Sted på linjen hvor tog kan stoppe for passasjerutveksling uten signalering.
Hybridnivå 3	Variant av ERTMS-installasjon, hvor det benyttes både fysisk overvåkede blokkstrekninger (som i nivå 2) og faste virtuelle blokkstrekninger (i stedet for flytende blokkstrekninger som i nivå 3). Gjør det mulig å ha kortere sporavsnitt og kjøre tog tettere enn med standard nivå 2, men uten full utbygging av ERTMS nivå 3.
IDU	Intelligent Display Unit - berøringsskjerm i førerbordet som er grensesnitt mot en rekke systemer i toget.
IM	Infrastructure Manager - infrastrukturforvalter (Bane NOR i Norge).
JP - Journey Profile	Planlagt ruteprofil jf. standarder for SFERA (C-DAS) og ATO.

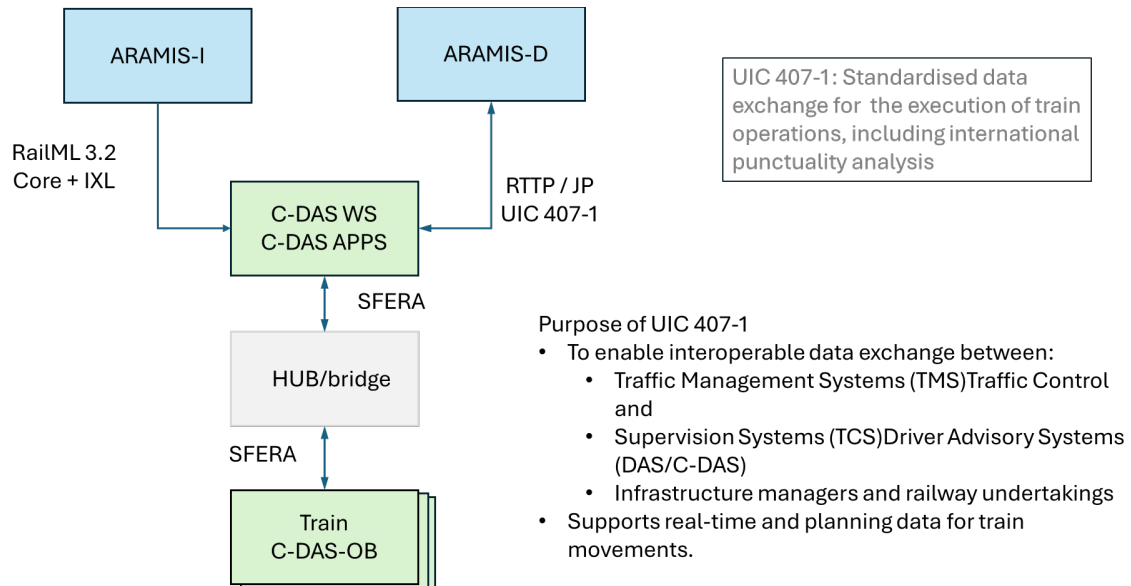
KS1	Konseptvalgutredninger (KVU) skal kvalitetssikres (KS1) før regjeringen tar beslutningen om det skal gjennomføres tiltak og hvilket konsept som eventuelt skal legges til grunn for videre planlegging i forprosjektet.
KVU	Konseptvalgutredning. Første fase i statens prosjektmodell for gjennomføring av store investeringsprosjekter (R-108/23). Konseptvalgutredninger (KVU) skal kvalitetssikres (KS1) før regjeringen tar beslutningen.
Muntlig kjøretillatelse fra togleder	Kjøretillatelse på formular fra toglederen til føreren med tillatelse til SR-modus.
Neddiskontering	Neddiskontering innebærer å omregne framtidige beløp til dagens verdi for å beregne nåverdi, der framtidige beløp har en mindre verdi jo lenger fram i tid de kommer. Se egen omtale av nåverdi
Netto nåverdi (NNV)	Netto nåverdi (NNV) er nåverdien av nytten fratrasket nåverdien av kostnadene. Se egen omtale av nåverdi.
Nivå 0 (ETCS nivå 0)	Det driftsnivået som brukes på strekninger eller områder der det verken er nivå 2 eller nivå NTC.
Nivå 2 (ETCS nivå 2)	Det driftsnivået i togkontrollsystemet som brukes på strekning med ERTMS og som medfører at kjøretillatelse sendes til toget via togradio (GSM-R) og vises i førerpanelet.
Nivå NTC	(ETCS nivå National Train Control/NTC). Det driftsnivået i togkontrollsystemet som brukes på strekning med fjernstyring og strekning med togmelding (med og uten ATC).
NT	Norske tog AS
NTP	Nasjonal transportplan
Nåverdi	Nåverdi er verdien av framtidige beløp regnet i dagens verdi
PIS	Passenger Information System - passasjerinformasjonssystem i tog.
Predikativt vedlikehold	Tilstandsbasert vedlikehold som utføres etter en prognose utledet av gjentatt analyse eller kjente egenskaper og evaluering av de vesentlige parameterne for degradering av enheter
Reserveruteleie	Tidsluke som det ikke normalt kjører tog i. Utgjør reservekapasitet for forsinkede tog eller for fremføring av ekstratog.
RTTP - Real-Time Traffic Plan - Sanntids oppdatert ruteplan (OnPP)	For effektiv drift av ATO/C-DAS bør TMS tilby en sanntidstrafikkplan (RTTP) som spesifiserer konkrete ruter for hvert tog, samt konkrete tider på planlagte tidspunkter. Denne RTTP-en er grunnlaget for både rettidig innstilling av togeier av trafikkkontroll- og tilsynssystemet (TCS) og nøyaktig hastighetsregulering av tog av ATO/C-DAS. ATO/C-DAS oversetter RTTP-en til et togrutetidsvindu (TPE) for hvert tilkoblet tog, som spesifiserer både mål og muligens ekstra tidsvinduer på tidspunkter (TP-er) på togruten.
RU	Railway Undertaking - operatør eller togselskap.
RU DAS TS	Railway Undertaking Driver Advisory System Trackside Server – Operatørens stasjonære server (landside) for å administrere C-DAS over togflåten sin. Kan også brukes av togeier som Norske tog. Betraktes som

	en del av en C-DAS leveranse til kjøretøyene. Serveren kan også ha funksjoner for distribusjon av data om kjøretøy og deres aktuelle status.
Ruteleie	Tidsluke det er planlagt å kjøre tog i. Utgjør den infrastrukturkapasiteten som er nødvendig for å kjøre et tog mellom to steder innenfor et gitt tidsrom
Rutemodell	En rutemodell er en beskrivelse av et framtidig togtilbud, med forslag til rutetider. Rutemodellen gir all relevant informasjon som trengs for å identifisere behovet for infrastrukturkapasitet.
Ruteplan	En ruteplan fastlegger alle planlagte togbevegelser og viser detaljerte tider for tog på gitt, eksisterende infrastruktur i en gitt tidsperiode, normalt ett år.
S-DAS	Standalone Driver Advisory Systems. System som gir fører en anbefalt hastighet basert på statisk informasjon om ruteplan og infrastruktur. S-DAS lastes inn før avgang, men oppdateres ikke underveis ved endringer av trafikksituasjonen. Fungerer som en «fallback» eller reserveløsning hvis nettdekning faller ut eller toget kjører på en strekning uten mating av sanntidsdata
SFERA	Standard for Exchange of Railway Data (UIC IRS 90940) - standardisert grensesnitt for DAS/ATO-data.
Skattefinansieringskostnad	Skattefinansieringskostnad er den samfunnsøkonomiske kostnaden som oppstår dersom det offentlige må finansiere et tiltak gjennom beskatning som påfører økonomien et samfunnsøkonomisk effektivitetstap.
Skifteområde	Forhåndsdefinert område for skifting på strekning med ERTMS. Midlertidige skifteområder (Temporary Shunting Area/TSA) er på stasjon eller på linjen mellom stasjonene, og frigis av toglederen ved behov. Det kan være flere midlertidige skifteområder inne på en stasjon, men bare ett på linjen mellom stasjonene. Permanente skifteområder (Permanent Shunting Area/PSA) er alltid frigitt for skifting, og finnes enkelte steder, for eksempel ved driftsbanegårder, godsterminaler og hensettingsområder
SP	Segment Profile - detaljerte rutesegmenter jf. standarder for SFERA (C-DAS) og ATO.
Sporavsnitt	Fysisk overvåket banestrekning hvor det av sikkerhetsgrunner bare kan være ett tog av gangen. Det kan være flere sporavsnitt på en stasjon eller blokkstrekning.
STM (ATC-modul)	Enhet på kjøretøyet som leser ATC-balisetelegram og oversetter informasjonen til ETCS-ombordutrustningen. STM är en transmissionsmodul, ett gränssnitt, en brygga som möjliggör kommunikation med ATC-systemet med ERTMS-installerad utrustning. Med ombordutrustning för ERTMS och en STM kan alla banor trafikeras i Sverige. För att trafikera utanför Sverige krävs en STM för det aktuella landet, men ingen ytterligare ETCS-utrustning.
Stokastisk	Tilfeldig variasjon innenfor gitte grenser styrt av en viss sannsynlighet. Kan beskrive fordelingen av forstyrrelser på ruteplanen, variasjon i føreroppførsel eller forsinkelser i avgangs- og oppholdstider

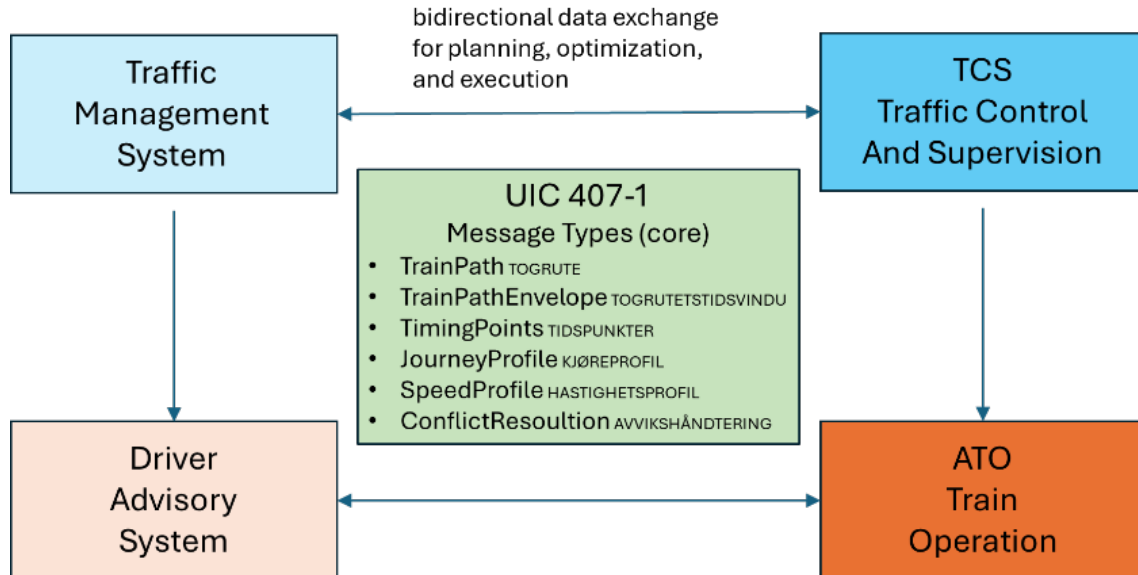
TCMS	Train Control and Management System - TCMS er togdatamaskinen/kjøretøystyringen, styrer traksjon og bremsesystemet til toget++. Det gir ett enkelt kontrollpunkt over alle togets delsystemer. TCMS muliggjør kontroll og overvåking av praktisk talt alle delsystemer og funksjoner, for eksempel dører, bremses, PIS/PA og videoovervåking, for å nevne noen.
Tidsverdi	Tidsverdi er trafikantenes verdsetting av den tiden som brukes på transport
TIOS	Støttesystem for togdrift, toginformasjon og for brukere på operativt og administrativt plan. TIOS mottar rutedata og dynamiske togbevegelser fra fjernstyringsanleggene, samt informasjon om togsammensetning.
TMS	Traffic Management System. Et system for planlegging og fjernstyring av togtrafikken som setter opp togveier og overvåker togtrafikken i hele landet.
Togframføring	De aktiviteter og tiltak som i tillegg til eller sammen med kjøringen, bidrar til at toget kommer sikkert fram.
Togfølgetid	Tidsavstand mellom tog på en strekning. Minste togfølgetid tilsvarer minste tidsavstand som det er mulig å ha mellom to tog, gitt at togene kan opprettholde maksimalt tillatt hastighet og fremføres i henhold til regelverk og togsikringssystem.
Togintegritet	Teknisk system i et tog som blant annet overvåker togets fullstendighet, at alle vogner er til stede og henger sammen.
Togleder / Trafikkstyrer	En person som styrer togtrafikken ved hjelp av bl.a. TMS og kommunikasjon med fører av toget. En togleders hovedoppgave er: «å opprettholde sikker og rutemessig togframføring, og skal gi ordre om kjøring og innstilling av tog og disponering av strekning for arbeider, og ellers foreta de nødvendige disposisjoner for å overvåke og styre toggangen. Ved driftsuhell eller ulykker, eller fare for slike hendelser, skal togleder straks sette i verk nødvendige tiltak for å begrense ev. skader på personer og materiell, og for å rydde linjen og opprettholde normal drift i størst mulig utstrekning».
Togvei	Definert «kjøreløype» for et tog gjennom spor og sporveksler mellom to signaler, og som er sikret mot farlige konflikter med annen trafikk.
TSI	Technical Specifications for Interoperability. Felles europeisk spesifisering for interoperabilitet på jernbanenettet. Det finnes flere TSI-er for forskjellige tekniske områder av jernbanesystemet. TSI-ene blir norsk forskrift når de tas inn i EØS-avtalen med hjemmel i samtrafikkforskriften.
TSI CCS	Technical Specifications for Interoperability - Control Command and Signalling. Den felles europeiske spesifikasjonen som beskriver krav til signalsystemene, og som i siste revisjon (2023) også inkluderer beskrivelse av ATO.

16 Vedlegg

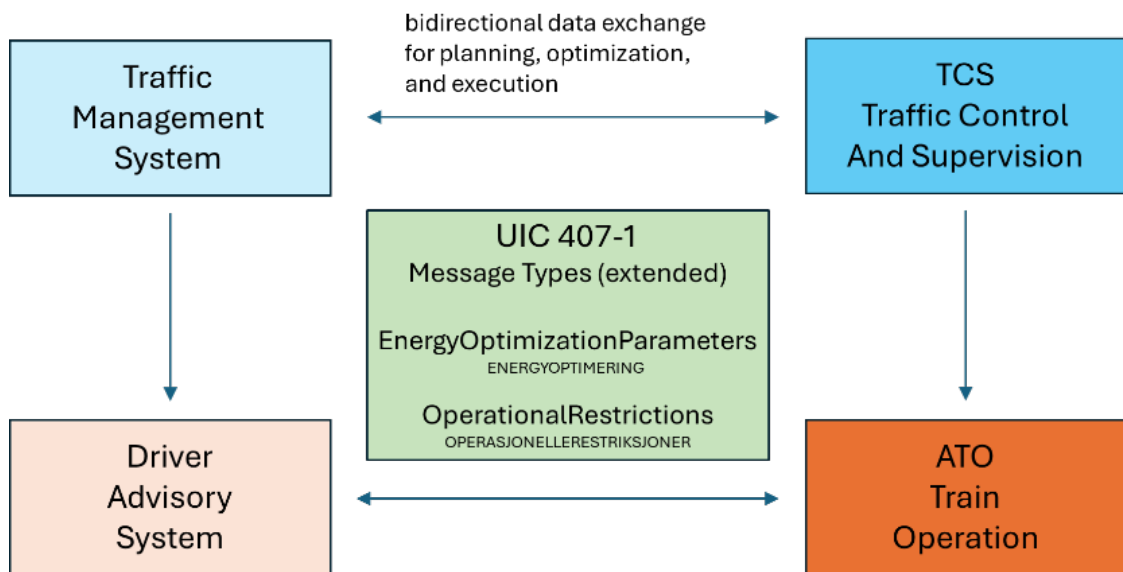
16.1 Supplerende figurer fra Bane NOR



Figur 33: Oversiktsbilde av en helhetlig C-DAS uten ATO.



Figur 34: UIC 407-1 basis meldingstyper



Figur 35: UIC 407-1 tilleggsmeldingstyper

16.2 Oppsummering av erfaringsutveksling gjennomført i supplerende utredning

16.2.1 Jærbanen (som nevnt i KVV ATO)

Et førerassistansesystem (DAS) uten sanntidsinformasjon ble testet på Jærbanen (Stavanger - Egersund) i 2015. Førerstøttesystemet ble testet på konvensjonelt signalanlegg (ikke ERTMS) og inneholdt ruteplan, GPS med et linjekart og oppdatert status for infrastrukturen, men uten sanntidsinformasjon om infrastruktur, signaler og andre tog, og uten kobling til togets datamaskin. Førerne som var med i studien viste i gjennomsnitt ca. 40s tidligere avgang og ca. 30s tidligere ankomst med førerstøttesystemet, sammenlignet med tidligere kjøring uten støttesystem. Tidsforbedringen er ikke angitt i prosent. Energiforbruket målt i Wh/SeteKm var uendret i retning mot Stavanger, men gikk i gjennomsnitt ned med 8 prosent i retning mot Egersund. Forskjellen på retning skyldes antakelig mindre køkjøring og dermed større mulighet for å optimalisere hastigheten mot Egersund. Studien viste fortsatt relativt stor variasjon mellom avganger og førere, og at det var stor variasjon over ruten hvor lett det var å følge ruteplan med hyppige stopp. Studien peker derfor på at en ruteplan med oppløsning ned på sekundnivå vil gi mer presise råd fra et støttesystem, jevnere fordeling av kjøretid over linjen og vil gjøre det lettere å holde ruteplan.

16.2.2 S-DAS på FLIRT i 2014 (Eidsvoll – Kongsberg)

Det ble midlertidig implementert et S-DAS-system på FLIRT-togene i 2014 for å gjennomføre en pilottest. I forkant av implementasjonen ble det utført simuleringer basert på gjeldende ruteplan i 2014, med datidens infrastruktur mellom Skien og Larvik (~ 50 km den gang) og med konvensjonelt signalanlegg. Simuleringen gir en indikasjon på differansen mellom bruk av energioptimalisert algoritme og optimalisering mot punktlighet, og hva man kan oppnå av gevinster ved bruk av rent statisk data (S-DAS):

- Scenario 1: «Kjør så fort som mulig»

Resultat: Toget forbrukte 187 kWh. Ankom Porsgrunn 10:31:20 (ruteplan: 10:34:00) og Larvik 11:04:20 (ruteplan: 11:07:00).

- Scenario 2: «Spar energi og følg ruteplan»

Resultat: Toget forbrukte 135 kWh. Ankom Porsgrunn 10:34:00 (ruteplan: 10:34:00) og Larvik 11:07:00 (ruteplan: 11:07:00). Her brukte man den tilgjengelige 2:30 minutt buffertiden ifra ruteplanen til å kjøre mer energieffektivt.

- Scenario 3: «Tog ankommer på tid, men får 2-minutters forsinkelse på avgangstiden fra Porsgrunn».

Resultat: Toget forbrukte 150 kWh. Ankom Porsgrunn 10:34:00 (ruteplan: 10:34:00) med avgang 10:37:00 (ruteplan: 10:35:00). Toget tok igjen forsinkelsen og ankom Larvik på tid 11:07:00 (ruteplan: 11:07:00).

I scenario 1 benyttet man seg av mekanisk bremsing, mens man i scenario 2 og 3 i størst mulig grad benyttet elektrisk brems som gir mindre mekanisk slitasje og mer regenerert energi. Den kinetiske energien og luftmotstanden til et tog øker i forhold til kvadratet av hastigheten. I scenario 2 senket man anvist hastighet for å best hensynta disse faktorene, som virker både direkte (luftmotstand) og indirekte (drivverkstap basert på den genererte kinetiske energien). På bakgrunn av simuleringsresultatene ble algoritmen fra scenario 3 anbefalt til pilottesten.

Pilottesten ble utført over 6 måneder på FLIRT-tog mellom Eidsvoll og Kongsberg (toglinje L12, i dag R12) med et forskjellige testførere. Fokus for testen var energieffektiv kjøring og man installerte programvare i togene som samsvarer med scenario 3 fra simuleringene.

Fører-anvisningen ble vist på en eksisterende skjerm i førerbordet. Testresultatene viste at man sparte 4,9 % energi ved bruk av S-DAS-systemet.

For å få ut de gevinstene et DAS-system kan gi, så er man avhengig av at førere følger rådene som gis. I den korte pilottesten ble rådene fulgt (delvis eller helt) i 54% av kjøringene. Rapporten peker på et viktig problem med bruk av statisk ruteplan: Når forsinkelser oppstår gir S-DAS feil kjøreråd og fører vil ikke kunne følge rådene fra DAS-systemet. Dette fremkommer også tydelig ved å se på energitallene fra pilottesten – i retning Gardermoen - Lillestrøm sparte man 14,1 % (median) energi, mens det i retning Lillestrøm – Gardermoen var nede på 2 % (median). I tilbakemeldingen fra førerne ble det også vist til at systemet ikke tok høyde for midlertidige endringer slik som saktekjøringer, noe som gjorde at systemet anbefalte feil kjørehastighet. Videre fremhever rapporten at erfarne NSB-førerne med god kjennskap til linjen klarte å oppnå like gode effekttall som S-DAS-systemet for de FLIRT-togene som ikke hadde systemet installert.

Erfaringen fra DAS-testen på FLIRT-togene viste at det er behov for dynamisk ruteplan i Oslo-området som input til DAS-systemet da det her ofte forekommer avvik fra den planlagte ruteplanen.

16.2.3 DSB

DSB og Cubris utviklet allerede i 2009 et DAS system, DSB Greenspeed, som har vært i drift siden 2012. I Danmark fungerer DSB som infrastrukturforvalter av DAS-data inntil BaneDanmark (BDK) tar i bruk SFERA standarden. DSB transformerer data fra BDK og kombinerer dette med egne systemdata, blant annet rullestolinformasjon, for å optimalisere kjøreprofil og oppholdstid på stasjoner. Informasjon om saktekjøringer var tidligere papirbasert, men er nå digitalisert for å kunne bruke dataen til C-DAS.

DSB anskaffer nå nye Alstom Coradia tog som får en C DAS løsning tilsvarende levert gjennom N05 prosjektet i Norge. I Danmark bruker man integrert C-DAS på eksisterende togmateriell, men det vurderes å ta i bruk nettbrettløsninger på togmateriell der man ikke har integrasjonsmulighet.

Tilgang på data varierer mellom ATC og ERTMS strekninger, der det fortsatt er gjenstående arbeid med å digitalisere all data for alle ERTMS-strekninger i Danmark. I tilfeller der det mangler C DAS data eller kvaliteten er mangelfull, går Greenspeed-systemet til DSB over i «timetable mode» som fallback-modus. I Danmark forvaltes infrastrukturdataen av både DSB og BDK, men uten egne ressurser som kun jobber dedikert med C-DAS-data.

Erfaringen til DSB er at C-DAS har hatt positiv innvirkning på punktlighet og bidratt til redusert effektforbruk, både for lokomotiver og motorvognsett. Det er ventet at «adaptiv cruise control», implementert på de nye Alstom Coradia-togene, vil bidra til at togene kan følge optimal kjøreprofil enda tettere og at man derav vil kunne hente ut større gevinster.

Opplæringen for førerne til DSB bestod opprinnelig av en halvdagsøkt med simulator og scenarioer. I dag foregår C-DAS-opplæringen som presentasjonsbasert undervisning i grunnutdannelsen til førerne. DSB sine førere har høy tillit til C-DAS, hovedsakelig fordi systemet har en robust fallback-løsning i "timetable mode".

I valg av C-DAS-oppsett og arkitektur påpeker DSB at noen parametere i SFERA protokollen er leverandørspesifikke og at det derfor bør utvises forsiktighet ved leverandørmiks av ombordløsninger og landsideløsninger.

16.2.4 Stadler

I leverandørmøtet med Stadler ble dataflyten i SFERA protokollen presentert, og det ble avklart at RU DAS TS i prinsippet kan opereres både av Norske tog og av Stadler. Det ble avklart at leverandørens RU DAS TS kan utveksle data med andre leverandørers DAS OB så lenge man

følger felles protokoll (SFERA). Det ble også påpekt fra leverandørens side at man også kan benytte andre protokoller enn SFERA dersom det er nødvendig.

Det ble skissert forventet datakvalitet, inkludert oppløsning og forslag til oppdateringshyppighet på et overordnet nivå for C-DAS-dataen. SFERA protokollen har mulighet for å legge til valgfrie dataelementer og det bør derfor avklares med Bane NOR hvilke dataelementer som faktisk skal benyttes.

Stadler forklarte C-DAS som system: C DAS i toget sender tognummer og posisjon til infrastruktur, mens infrastruktur sender en komplett rute frem til destinasjonen tilbake til toget. Ved endringer underveis sendes oppdatert informasjon automatisk til ombordsystemet. Dersom togleder legger om ruten til toget, sendes dette fra infrastrukursystemene uten at ombordsystemet aktivt må sende forespørsler.

Systemet bruker samme grensesnitt og datasett både på ETCS og ATC 2 strekninger. Stadler understreket viktigheten av nettdekning på strekninger for å oppnå full ytelse. Dersom ombordsystemet mister forbindelse med infrastrukursiden, fortsetter systemet å kjøre etter lagret kjøreprofil og tidstabell. Når forbindelsen gjenopprettes, ber ombordsystemet om en oppdatert kjøreprofil, sammenligner den tilsendte kjøreprofilen med den lagrede og implementerer eventuelle endringer.

Stadler har i dag kun integrerte C-DAS løsninger tilgjengelig som produkt og ikke frittstående nettbrettløsninger. For FLIRT togene kan Stadler gjøre nødvendige tilpasninger i TCMS programvaren for å integrere C-DAS. Stadler påpeker at dette er vanskelig å gjøre for andre togtyper ettersom Stadler ikke har tilgang til TCMS programvaren for togtyper produsert av andre leverandører. Stadler bekreftet at deres maskinvare støtter eventuell oppgradering til ATO ved senere behov for dette. På spørsmål om forskjell i ytelse mellom C-DAS og ATO, beskriver Stadler ATO som en mer presis form for C DAS med høyere krav til datakvalitet og oppdateringsfrekvens.

16.2.5 Alstom

I leverandørmøtet med Alstom redegjorde de for krav til detaljeringsnivå på infrastrukturdata til C DAS, herunder nødvendige topologidata og oppløsning på segmentprofiler (SP). Alstom viste til tilgjengelig dokumentasjon som har blitt tilsendt arbeidsgruppen. Det ble informert om at Alstom sin RU DAS TS-server i dag er dimensjonert for å håndtere om lag 200 togsett utstyrt med C-DAS-løsningen på N05/O6-togene.

Alstom beskrev videre dataflyten mellom tog og infrastruktur, og datakommunikasjon mellom de ulike C-DAS-modulene. Dersom kommunikasjon faller ut, kan ombordsystemet operere i standalone modus ved å basere seg på lagrede data. Under kjøring sender C-DAS i togene status og eventuelle forsinkelsesrapporter tilbake til landsidesystemet hos infrastrukturforvalter. Ny kjøreprofil sendes til C-DAS i togene når landsidesystemene hos infrastrukturforvalter detekterer endringer fra den tidligere sendte dataen, f.eks. ved oppdatert ruteplan som følge av forsinkelser i trafikken.

16.3 Underlagsrapport for siling av tiltaksalternativer

Vedlegg 3: Siling av tiltaksalternativer, dok.nr.: 2026/105-10

16.4 Underlagsrapport for kostnadsestimat, trafikanntytte og usikkerhetsanalyse

Vedlegg 4. Kostnadsestimat, trafikanntytte og usikkerhetsanalyse, dok.nr.: 2026/105-9

16.5 Underlagsrapport for samfunnsøkonomisk analyse av tidlig innføring av førerstøtte

Vedlegg 5: Samfunnsøkonomisk analyse av tidlig innføring av førerstøtte, dok.nr.: 2026/105-11