

# KS1 AV KVV FRMCS «FREMTIDIG TOGKOMMUNIKASJONSSYSTEM FOR JERNBANE»

EKSTERN KVALITETSSIKRING I TRÅD MED STATENS PROSJEKTMODELL

OPPDRAGSGIVER: FINANSDEPARTEMENTET OG SAMFERDSELSDEPARTEMENTET



# KS1 FRMCS Fremtidig Togkommunikasjonssystem for Jernbane

## 1. Superside

Generelle opplysninger		
KVU	Navn: KVU FRMCS Fremtidig togkommunikasjonssystem for jernbane	Dato: 15.09.2023
Kvalitetssikringen	Kvalitetssikrer: EY/WSP	Dato: 08.02.2024
Prosjektinformasjon	Departement: Finansdepartementet og Samferdselsdepartementet Prosjekttype: Fornyelses- og investeringsprosjekt	
Basis for analysen	Prosjektfase: Konseptfase/ konseptvalgutredning	Prisnivå (år): 2023-kroner
Tema/Sak		
Problem som skal løses	KVU: Togkommunikasjonssystemet er en kritisk tjeneste for togframføring og sikrer kommunikasjon mellom togfører, trafikkstyrer og personell i sporet. Problemet som utløser utredningen er at dagens togkommunikasjonssystem, GSM-R, som er basert på 2G-teknologi, går mot slutten av sin levetid. Togkommunikasjonssystemet i Europa bygges på en felles europeisk standard i regi av ERA. Det har blitt bestemt at GSM-R skal bli erstattet med et nytt kommunikasjonssystemet FRMCS.	Merknad fra kvalitetssikrer: Problembeskrivelsen er tilfredsstillende behandlet i KVU.
Behovsanalyse:	KVUens viktigste behov: <i>Det prosjektutløsende behovet er formulert som: Det er behov for å erstatte dagens kommunikasjonssystem for jernbane, GSM-R, med FRMCS for å kunne opprettholde dagens person- og godstransport.</i>	Merknad fra kvalitetssikrer: Behovsanalysen mangler en samlet vurdering av interessekonflikter.
Samfunns mål:	KVU: Norsk jernbane har en fremtidsrettet kommunikasjonstjeneste som opprettholder og forbedrer jernbanens evne til effektiv person- og godstransport	Merknad fra kvalitetssikrer: Samfunns målet er tilfredsstillende behandlet i KVU.
Effekt mål:	KVU: E1) En robust og pålitelig kommunikasjonstjeneste for togframføring, som bidrar til driftsstabil jernbane. E2) Et fleksibelt og fremtidsrettet kommunikasjonsnett, med evne til å ivareta fremtidig utvikling for jernbanen. E3) Effektiv utnyttelse av infrastruktur for mobile kommunikasjonsnett.	Merknad fra kvalitetssikrer: Vi savner i dette kapittelet en drøfting av hvordan prosjektet samsvarer med andre prioriteringer og samfunns mål. Med tanke på senere vurdering av potensielle synergier, ville det vært hensiktsmessig å knytte prosjektets effektmål mot øvrige prioriteringer, særlig KVU «Bedre nettdekning langs jernbanen».
Konseptvalg		
	KVU	KS1
	<b>Nullalternativet</b> Forventet investering: Prissatte virkninger NNV: - 2 649 Viktigste ikke-prissatte virkninger:	<b>Nullalternativet</b> Forventet investering (P50 ekskl. mva): Prissatte virkninger NNV: - 2 783 Viktigste ikke-prissatte virkninger:
Oversikt over konsepter og samfunnsøkonomisk lønnsomhet <sup>1</sup>	<b>Alternativ 1 (900)</b> Forventet investering: 3 473 Prissatte virkninger NNV: - 6 318 Viktigste ikke-prissatte virkninger: Fleksibel, fremtidsrettet og effektiv utnyttelse.	<b>Alternativ 1 (900)</b> Forventet investering (P50 ekskl. mva): 3 733 Prissatte virkninger NNV: - 6 116 Viktigste ikke-prissatte virkninger: Ubetydelig.
	<b>Alternativ 2</b> Forventet investering: 3 844 Prissatte virkninger NNV: - 5 064 Viktigste ikke-prissatte virkninger: Fleksibel, fremtidsrettet og effektiv utnyttelse.	<b>Alternativ 2</b> Forventet investering (P50 ekskl. mva): 4 304 Prissatte virkninger NNV: - 5 578 Viktigste ikke-prissatte virkninger: Mulighet for bedre nettdekning.
	<b>Alternativ 3</b> Forventet investering: 3 968 Prissatte virkninger NNV: - 5 539 Viktigste ikke-prissatte virkninger: Fleksibel, fremtidsrettet og effektiv utnyttelse.	<b>Alternativ 3</b> Forventet investering (P50 ekskl. mva): 4 090 Prissatte virkninger NNV: - 5 369 Viktigste ikke-prissatte virkninger: Mulighet for bedre nettdekning, mulighet for bedre og mer kostnadseffektiv togtilbud, og Security.

<sup>1</sup> Forventet investering er samfunnsøkonomisk investeringskostnad (neddiskontert forventet kostnad, ekskl. mva.)

## KS1 FRMCS Fremtidig Togkommunikasjonssystem for Jernbane

	<p><b>Alternativ 4</b>                      Forventet investering: 3 751                      Prissatte virkninger NNV: - 6 696                      Viktigste ikke-prissatte virkninger: Fleksibel, fremtidsrettet og effektiv utnyttelse.</p>	<p><b>Alternativ 4</b>                      Forventet investering (P50 ekskl. mva): 4 077                      Prissatte virkninger NNV: - 6 528                      Viktigste ikke-prissatte virkninger: Mulighet for bedre og mer kostnadseffektivt togtilbud, og Security.</p>
	<p><b>Alternativ 5</b>                      Forventet investering: 4 014                      Prissatte virkninger NNV: - 6 547                      Viktigste ikke-prissatte virkninger: Fleksibel, fremtidsrettet og effektiv utnyttelse.</p>	<p><b>Alternativ 5</b>                      Forventet investering (P50 ekskl. mva): 4 222                      Prissatte virkninger NNV: - 6 313                      Viktigste ikke-prissatte virkninger: Mulighet for bedre og mer kostnadseffektivt togtilbud, og Security.</p>
	<p><b>Alternativ 6</b>                      Forventet investering: 4 592                      Prissatte virkninger NNV: - 6 551                      Viktigste ikke-prissatte virkninger: Fleksibel, fremtidsrettet og effektiv utnyttelse.</p>	<p><b>Alternativ 6</b>                      Forventet investering (P50 ekskl. mva): 4 528                      Prissatte virkninger NNV: - 5 953                      Viktigste ikke-prissatte virkninger: Mulighet for bedre nettdekning, mulighet for bedre og mer kostnadseffektivt togtilbud, og Security.</p>
	<p><b>Usikkerhet om konseptene:</b>                      Som følge av usikkerhet om gjennomførbarhet av konsepter med kommersielle frekvenser forkastes Alternativ 3, 5, og 6. Det er også generell høy usikkerhet rundt investeringskostnader.</p>	<p><b>Usikkerhet om konseptene:</b>                      Det er usikkert p.t. om ny FRMCS-standard åpner for bruk av kommersielle frekvenser og når. Dette medfører også usikkerhet i den samfunnsøkonomiske nytten i prosjektet. Det er også generell høy usikkerhet rundt investeringskostnader.</p>
	<p><b>Anbefalt konsept KVV:</b>                      I KVV-en anbefaler Alternativ 4.                       Tilleggsnotatet anbefaler deling av FRMCS-prosjektet i prosjekt Passiv infrastruktur og prosjekt Teknologiskifte fra GSM-R til FRMCS, der Alternativ 4 anbefales for forprosjektsfasen.</p>	<p><b>Anbefalt konsept KS1:</b>                      Vi anbefaler deling av FRMCS-prosjektet i prosjekt Passiv infrastruktur og prosjekt Teknologiskifte fra GSM-R til FRMCS. Videre anbefaler vi å gjennomføre en supplerende analyse av prosjektet Teknologiskifte fra GSM-R til FRMCS for å identifisere det beste alternativet, gitt sammenslåing av prosjektene «FRMCS» og «Bedre Nettdekning langs jernbanen».                      Vi anbefaler med andre ord ikke noe konsept på nåværende tidspunkt.</p>
<b>Føringer for forprosjekt</b>		
<p>Anbefalinger om føringer for forprosjektet</p>	<p>Vi anbefaler ingen av konseptene på nåværende tidspunkt, ettersom det kan oppstå et nytt alternativ gjennom sammenslåing av prosjektene «FRMCS» og «Bedre nettdekning langs jernbanen». Dette alternativet har ikke blitt utredet i forhold til kostnadsestimater, prissatte og ikke-prissatte virkninger. Vi anbefaler derfor en supplerende analyse av dette alternativet. Det vil også komme ny beslutningsrelevant informasjon innen høsten 2024.</p> <p>Hvis det av annen grunn må tas et valg av alternativ i dag, anbefaler vi Alternativ 4.</p>	
<p>Anbefalt styringsmål<sup>2</sup></p>	<p>Gitt gjennomføring av Alternativ 4. P50 ekskl. mva: 4 077.</p>	

Alle beløp i millioner 2023-kroner.

<sup>2</sup> P50-estimatet for investeringskostnadene til anbefalt konsept og det oppgis ekskl. mva. med angitt prisnivå. For sporbarhet og sammenligning har vi valgt å presentere egne resultater på samme format som KVV, som er ekskl. mva.

## Innholdsfortegnelse

<b>Sammendrag</b> .....	<b>7</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>13</b>
1.1 Beskrivelse av KVVU .....	13
1.1.1 Overordnet problembeskrivelse .....	13
1.1.2 Overordnet behovsbeskrivelse .....	13
1.1.3 Overordnet beskrivelse av mål .....	14
1.1.4 Overordnet beskrivelse av rammer og krav .....	14
1.1.5 Overordnet beskrivelse av mulighetsrommet.....	14
1.1.6 Overordnet beskrivelse av hvilke konsepter som er vurdert i alternativanalysen 15	
1.1.7 KVVU-ens anbefalte konsept og føringer for forprosjektet .....	16
1.2 Hva er kvalitetssikret .....	17
1.3 Om kvalitetssikringen.....	17
1.4 Om analyseprosessen og kvalitetssikringsprosessen .....	18
1.5 Fremdrift for KS1-arbeidet .....	18
<b>2 Problembeskrivelse</b> .....	<b>20</b>
2.1 Problembeskrivelse i KVVU .....	20
2.2 Kvalitetssikrers vurdering av problembeskrivelsen .....	22
<b>3 Behovsanalyse</b> .....	<b>23</b>
3.1 Behovsanalyse i KVVU .....	23
3.2 Kvalitetssikrers vurdering av behovsanalyse .....	27
<b>4 Strategiske mål</b> .....	<b>28</b>
4.1 Strategiske mål i KVVU.....	28
4.2 Kvalitetssikrers vurdering av strategiske mål.....	30
<b>5 Rammebetingelser for konseptvalg</b> .....	<b>31</b>
5.1 Rammebetingelser i KVVU .....	31
5.2 Kvalitetssikrers vurdering av rammebetingelser .....	31
<b>6 Mulighetsstudie</b> .....	<b>32</b>
6.1 Mulighetsstudien i KVVU.....	32
6.2 Kvalitetssikrers vurdering av mulighetsstudien .....	33
<b>7 Alternativanalyse</b> .....	<b>35</b>
7.1 Vurderinger av KVVUens alternativanalyse.....	35
7.1.1 Alternativene og grovsiling .....	35
7.1.2 Investeringskostnader .....	36
7.1.3 Prissatte virkninger.....	37
7.1.4 Ikke-prissatte virkninger .....	39

7.1.5	Realopsjoner.....	41
7.1.6	Fordelingsvirkninger .....	41
7.1.7	Vår vurdering av alternativanalysen i KVU.....	41
7.2	Kvalitetssikrers selvstendige samfunnsøkonomiske analyse .....	46
7.2.1	Prinsipielt om å utsette deler av prosjektet og gjennomføre gjennom en trinnvis utvikling .....	46
7.2.2	Forutsetning om ledig tilgjengelig kapasitet .....	46
7.2.3	Investeringskostnader.....	47
7.2.4	Alternativer.....	51
7.2.5	Prissatte virkninger.....	52
7.2.6	Ikke-prissatte virkninger .....	57
7.2.7	Realopsjoner.....	71
7.2.8	Fordelingsvirkninger .....	72
7.2.9	Samlet rangering og anbefaling.....	73
<b>8</b>	<b>Føringer for forprosjektfasen .....</b>	<b>76</b>
8.1	Føringer for forprosjektfasen i KVU .....	76
8.2	Kvalitetssikrers vurdering av føringer for forprosjektfasen i KVU .....	77
<b>9</b>	<b>Tilleggsnotat.....</b>	<b>78</b>
9.1	Tilleggsnotat til KVU .....	78
9.2	Kvalitetssikrers vurdering av Tilleggsnotat til KVU.....	79
<b>10</b>	<b>Forslag og tilrådninger samlet .....</b>	<b>82</b>
10.1	Råd til departementet (prosjekteier).....	82
10.2	Råd til etaten (organisering av neste fase) .....	88
<b>11</b>	<b>Vedlegg .....</b>	<b>89</b>

## Figuroversikt

Figur 1. Forenklet tidslinje for utfasing av GSM-R mot innfasing av FRMCS.....	7
Figur 2. Illustrasjon av de "fysiske" komponentene togkommunikasjonstjenesten består av. Hentet fra KVVU. ....	8
Figur 3 Prinsippskisse av anbefalt prosjektorganisering (ikke periodisert) .....	11
Figur 4. Illustrasjon av de "fysiske" komponentene togkommunikasjonstjenesten består av. Hentet fra KVVU. ....	15
Figur 5. Statens prosjektmodell for store investeringsprosjekter. Hentet fra regjeringen.no...	17
Figur 6 Fremdriftsplan for KS1 arbeidet.....	19
Figur 7 Behov kommunikasjonssystem. Hentet fra KVVU.....	27
Figur 8. Prosess mulighetsrom under KVVU-verksted. Hentet fra KVVU.....	32
Figur 9 Hovedresultater fra vår usikkerhetsanalyse sammenlignet med KVVU .....	48
Figur 10. Kartleggingen av samfunnsøkonomiske virkninger for berørte aktører og egenskaper, med samfunnsøkonomisk nytte eller kostnadsvirkninger. ....	58
Figur 11 Forenklet tidslinje for utfasing av GSM-R mot innfasing av FRMCS.....	80
Figur 12 Beslutningstre for valg av alternativ gitt alternativanalysen i KVVU FRMCS .....	85
Figur 13 Prinsippskisse av anbefalt prosjektorganisering (ikke periodisert) .....	87
Figur 14 Illustrasjon av tidslinjen.....	87

## Tabelloversikt

Tabell 1 Oversikt over alternativene som er aktuelle for grundigere analyse.....	9
Tabell 2 Oversikt over alternativene som er aktuelle for grundigere analyse.....	16
Tabell 3. Primære interessenter. Hentet fra KVVU. ....	23
Tabell 4. Sekundære interessenter. Hentet fra KVVU. ....	24
Tabell 5. Normative behov. Hentet fra KVVU. ....	25
Tabell 6. Effektmål fra KVVU.....	29
Tabell 7. Målindikatorer. Hentet fra KVVU. ....	29
Tabell 8 Oversikt over alternativene som er aktuelle for grundigere analyse. Hentet fra KVVU .....	33
Tabell 9. Alternativene som tas med videre i alternativanalysen i KVVU. ....	36
Tabell 10. Kostnadsposter gruppert i fem hovedkategorier .....	37
Tabell 11. Resultater fra usikkerhetsanalyse. Hentet fra KVVU. ....	37
Tabell 12. Beregnede driftskostnader per alternativ. Hentet fra KVVU og analyseunderlag. ....	38
Tabell 13. Forventningsverdier fra investeringskostnader. ....	38
Tabell 14. Diskonterte kostnader, skattefinansieringskostnader og rangering av Alternativer. .....	39
Tabell 15. Ikke-prissatte virkninger i KVVU. ....	39
Tabell 16. Analyse av ikke-prissatte virkninger. Hentet fra KVVU.....	41
Tabell 17. Hovedresultater fra vår usikkerhetsanalyse sammenlignet med KVVU .....	48
Tabell 18. Tornadodiagram av alle alternativer analysert under kvalitetssikringsprosessen ...	49
Tabell 19 Oppsummering av alternativene i KS1 .....	52
Tabell 20 Spesielle analyseforutsetninger for driftskostnader i KS1 .....	53
Tabell 21 Resultat av prissatte virkninger i KS1.....	54
Tabell 22 Estimatusikkerhet for mobilabonnement og MCx (driftskostnader)under viser endring i levetidskostnader (nåverdi i millioner 2023-kroner i 2025, ekskl. mva.) med henholdsvis lav og høy antagelse om mobilabonnementskostnader og MCx-kostnader. ....	55
Tabell 23 Endring i levetidskostnader ved høyt og lavt estimat for mobilabonnement og MCx .....	56
Tabell 24 Nåverdi ved lav og høy diskonteringsrente.....	56
Tabell 25. Verdimatrise .....	57
Tabell 26. Berørte aktører. ....	57
Tabell 27 Oppsummering av ikke-prissatte virkninger uten kommersielle frekvenser .....	69
Tabell 28 Oppsummering av ikke-prissatte virkninger med kommersielle frekvenser .....	70
Tabell 29 Oppsummering alternativenes realopsjonsverdi .....	72
Tabell 30 Nytteforskjell mellom beste alternativ med og uten kommersielle frekvenser.....	73
Tabell 31 Oppsummering av den samfunnsøkonomiske analysen .....	75

## Sammendrag

### Dagens situasjon og utfordringsbildet

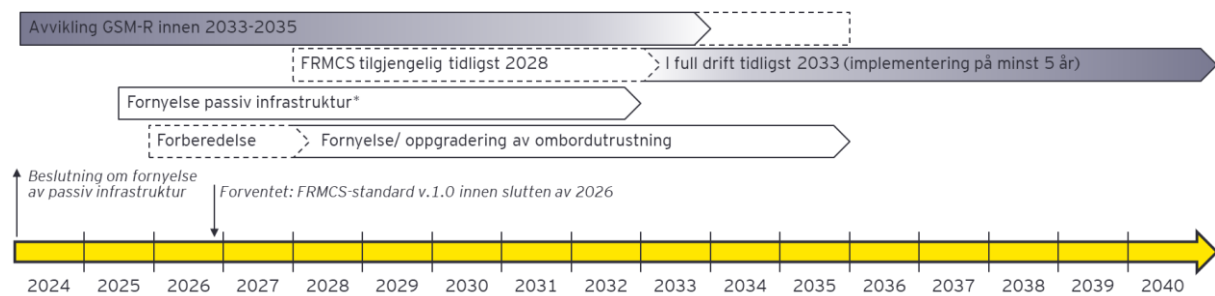
Dagens globale standard for kommunikasjonssystem for jernbane, GSM-R, går mot slutten av sin levetid. Systemleverandører har annonsert at systemstøtten til GSM-R vil opphøre i løpet av den kommende 10-15-års perioden. Utfordringen rammer de fleste europeiske land på samme måte og til samme tidspunkt.

Togkommunikasjonssystemet sikrer kommunikasjon mellom togfører, trafikkstyringssentral og arbeidere i spor. Systemet er basert på GSM-R. Togkommunikasjonssystemet er å anse som *virksomhetskritisk* kommunikasjon fordi den er nødvendig forutsetning for sikker og effektiv togframføring av både persontog, godstog og «gule maskiner», dvs. arbeidsmaskiner mm., på hele det norske jernbanenettet. Ved grensekryssende trafikk mot eller fra Sverige må det dessuten sikres togkommunikasjon mellom tog fra Norge og svensk trafikkstyringssentral og vice versa.

På oppdrag fra den europeiske jernbaneunionen (ERA) utvikler den internasjonale jernbaneunionen (UIC) derfor en ny standard for fremtidens togkommunikasjonssystem FRMCS (Future Railway Mobile Communication System). Ved publisering vil standarden bl.a. danne grunnlag for utvikling av tekniske komponenter som må installeres langs jernbanenettet og for utvikling av utstyr til bruk ombord på togene.

Standarden for FRMCS forventes publisert innen slutten av 2026. Ved kvalitetssikringstidspunkt er det uavklart om eller hvorvidt FRMCS-standard vil åpne for bruk av kommersielle frekvenser. FRMCS-standard, pre-version 1 (V1) ble publisert i 2023, og pre-version (V2) forventes publisert som utkast i mars 2024, med endelig publisering i oktober 2024.

Det gir følgende forenklete tidslinje for utfasing av GSM-R og innfasing av FRMCS:



Figur 1. Forenklet tidslinje for utfasing av GSM-R mot innfasing av FRMCS.

I supplerende tildelingsbrev nr. 3/2022 gir Samferdselsdepartementet derfor Jernbanedirektoratet i oppdrag å gjennomføre en konseptvalgutredning (KVU) for fremtidig mobilkommunikasjonssystem på jernbane – FRMCS.

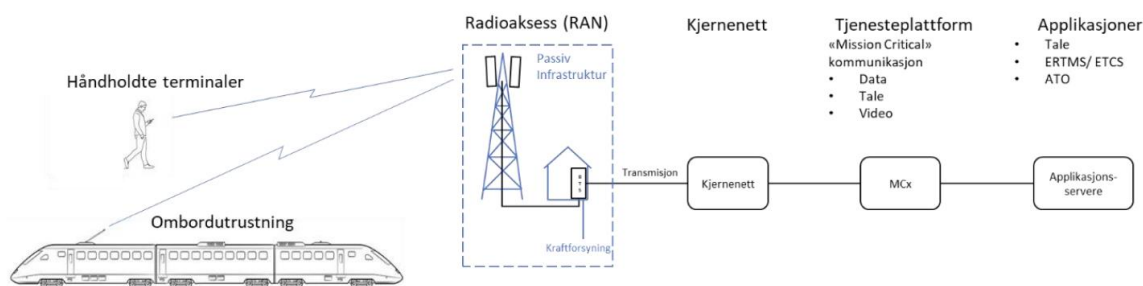
Denne rapporten oppsummerer funn og anbefalinger fra kvalitetssikringen av KVUen og et tilleggsnotat mottatt underveis i kvalitetssikringsprosessen.



### Utredede alternativer

Mulighetsstudien vurderer ulike former for drift og eierskap av de fem sentrale komponentene i et FRMCS-nett:

- Passiv infrastruktur
- Radioaksess-nett (RAN)
- Transmisjon
- Kjernenett
- MCx



Figur 2. Illustrasjon av de "fysiske" komponentene togkommunikasjonstjenesten består av. Hentet fra KVVU.

Fra mulighetsstudien er det silt ut 6 alternativer som analyseres i alternativanalysen. Alle 6 alternativene innebærer å erstatte dagens GSM-R-teknologi med FRMCS. Det er i så måte ikke 6 konseptuelt forskjellige alternativer som vurderes, men snarere innføring av samme teknologi. Forskjellen mellom alternativene er knyttet til eierskapsstruktur og fordeling mellom det private og det offentlige, grad av tjenestekjøp og bruk av frekvenser som videre har konsekvens for antall basestasjoner (som del av den passive infrastrukturen).

Nullalternativet, definert som videreføring av dagens GSM-R-teknologi, forkastes som et reelt valgbart alternativ fordi systemstøtten vil opphøre etter hvert som GSM-R utfases internasjonalt, samt at Norge forplikter seg gjennom europeisk jernbanesamarbeid å innføre FRMCS.

Alternativ 1 involverer et radioaksessnett og kjernenett eid, operert og driftet av Bane NOR. Her benyttes det frekvenser avsatt for jernbaneformål (RMR-frekvenser i 900 MHz-båndet). Passiv infrastruktur eies fortsatt av Bane NOR, på lik linje som de gjør i dag. Transmisjon vurderes som lite relevant for dette alternativet ettersom det antas at det vil basere seg på Bane NOR sitt transmisjonsnett.

Alternativ 2 involverer et radioaksessnett og kjernenett eid, operert og driftet av en kommersiell aktør, en mobilnettverksoperatør (MNO). Her brukes det også frekvenser avsatt for jernbaneformål (RMR-frekvenser). Bane NOR eier den passive infrastrukturen, men det er muligheter for at det kan eies av andre aktører. Transmisjon vil mest sannsynlig måtte basere seg på Bane NOR sitt transmisjonsnett, men kan også leveres av andre aktører.

Alternativ 3 går ut på at radioaksessnett er eid, operert og driftet av tre norske kommersielle operatører (MNO). Her benyttes kommersielt tildelte frekvensressurser som hver av de kommersielle operatørene allerede disponerer.

Alternativ 4 er et hybrid alternativ som består av to nett – ett nett driftet og forvaltet av Bane NOR og ett kommersielt nett (MNO). Bane NOR-nettet bruker frekvensressurser avsatt for jernbaneformål (900 MHz-båndet). Det kommersielle nettet bruker frekvensressurser som den kommersielle operatøren allerede disponerer.

Alternativ 5 er også et hybrid alternativ som består av flere nett – ett Bane NOR -nett og tre kommersielle nett (MNO). Bane NOR-nettet bruker frekvensressurser avsatt for jernbaneformål. Omfanget av de tre kommersielle nettene representerer dekningen som allerede er utbygd. Det er ikke lagt opp til noen ny utbygging for å skape kommersiell dekning med tre operatører langs hele jernbanenettet.

Alternativ 6 er et hel-kommersielt alternativ med tre parallelle nett, det vil si alle de tre norske mobiloperatørene samtidig. Det er lagt til grunn at alle disse tre nettene er til stede parallelt og samtidig i hele jernbanenettet. Dette forutsetter utbygging av nye basestasjoner.

Forskjellene mellom alternativene ligger i hovedsak i hvem som eier og opererer nettverket (Bane NOR, én MNO, eller flere MNOer), hvilke frekvenser som benyttes (kun jernbaneavsatte (RMR), eller inkludering av kommersielle), og utbyggingsomfanget av kommersielle nettverk. Tabell 1 oppsummerer og sammenligner de viktigste kjennetegnene ved alle 6 alternativene som er vurdert i KVVU-en.

Tabell 1 Oversikt over alternativene som er aktuelle for grundigere analyse

Alternativ	1 (900)	2	3	4	5	6
Tjenesteplattform (MCx)	BN	BN	BN	BN	BN	BN
Kjernenett (CN)	BN	MNO	MNO	BN + MNO	BN + 3 MNO	3 MNO
Radioaksessnett (RAN)	BN	MNO	MNO	BN + MNO	BN + 3 MNO	3 MNO
Frekvenser	RMR	RMR	Kommersielle	RMR + Kommersielle	RMR + Kommersielle	Kommersielle
Nye lokasjoner	5	220	220	5	5	220
Karakteristikk	Videreføring av dagens løsning	La en MNO bruke RMR frekvenser	Kun bruk av et offentlig nett	Det offentlige nettet er kun et supplement	Delvis bruk av offentlig nett	Kun bruk av offentlige nett
Fordeler	Kjent oppsett og gjenbruk av driftsorganisasjon	Den valgte MNO vil nok også bygge ut eget nett	Standard utstyr og god dekning fra en MNO	Kjent oppsett tilsvarende dagens teknologiske løsning	Ingen doble investeringer der det allerede er dekning	Standard utstyr og meget høy grad av synergi og redundans
Ulemper	Ingen synergier eller redundans	Ingen redundans og avhengighet av MNO'en	Ingen redundans og avhengighet av MNO'ene	Ingen synergier eller garantert redundans	Ingen synergier og kun redundans hos MNO'ene	Avhengighet av MNO'ene

### Tilleggsnotatet

Ved oppstart av kvalitetssikringsprosessen jobbet utreder med et tilleggsnotat til konseptvalgutredningen som skulle konkretisere forhold knyttet til anbefalt konsept for Nytt nødnett og konsekvenser av revidert Nasjonal signalplan 2023 (ERTMS-utbygging). Tilleggsnotatet bidrar til et bedre beslutningsunderlag ved å drøfte nærmere avhengigheter til andre prosjekter, gjennomføring og fremdriftsplan. For å kunne følge argumentasjonen i tilleggsnotatet er det imidlertid avgjørende at en ser tilleggsnotatet i sammenheng med eller som supplement til KVVUens hoveddokument. Tilleggsnotatet inngikk i det samlede underlaget for kvalitetssikringen, og tas høyde for i våre anbefalinger.

En av anbefalingene fra forprosjektfasen til «Bedre nettdekning langs jernbanen» er at fornyelse av passiv infrastruktur gjennomføres som selvstendig prosjekt. I tillegg vurderes forhold til prosjektene «Nytt nødnett» og revidert Nasjonal signalplan.

Hovedkonklusjon og anbefaling i tilleggsnotatet er at prosjektet FRMCS deles. Det konkluderes med at fornyelse av (eksisterende) passiv infrastruktur bør skilles ut som eget prosjekt fordi dette er nødvendige tiltak uansett alternativ. Samtidig påpekes muligheten til å

gå over til alternativer som forutsetter bruk av MNO-frekvenser. Videre anbefales det å slå sammen prosjektet «Bedre nettdekning langs jernbanen» med den delen av prosjektet FRMCS som går ut på valg av drifts- og eierskapsmodell.

### **Anbefaling**

Vi stiller oss bak utreders anbefaling fra tilleggsnotatet om å skille fornyelse av passiv infrastruktur ut som eget prosjekt. Videre mener vi at det er riktig å se prosjektene valg av drifts- og eierskapsmodell for FRMCS i sammenheng med prosjektet «Bedre nettdekning langs jernbanen» slik som foreslått gjennom det nye fellesprosjektet «Teknologiskifte fra GSM-R til FRMCS».

Vår anbefaling til den videre prosessen er derfor som følger:

1. Bane NOR planlegger og gjennomfører fornyelse av eksisterende passiv infrastruktur slik at overgangen fra GSM-R til FRMCS kan gjennomføres så effektivt som mulig, og uten unødige forsinkelser.
2. Jernbanedirektoratet gjennomfører en supplerende analyse av det nye fellesprosjektet «Teknologiskiftet fra GSM-R til FRMCS» slik at synergigevinster i form av bl.a. kostnadsbesparelser gjennom koordinert gjennomføring blir avdekket og høstet, samtidig som gjensidige avhengigheter kartlegges og håndteres i den videre prosjektgjennomføringen.
3. Vurderinger angående cybersikkerhet inngår som arbeidsstrøm i den supplerende analysen av prosjektet «Teknologiskiftet fra GSM-R til FRMCS», slik at føringer for cybersikkerhet er ivaretatt i utredningen av det nye fellesprosjektet.
4. I kraft av samfunnsoppdraget sitt koordinerer Jernbanedirektoratet sektorsamarbeidet i forhold til oppgradering eller ombygging av ombordutstyr slik at prosessen planlegges og gjennomføres konkurransenøytralt, effektivt og til rett tid i forhold til planlagt overgang til FRMCS på infrastrukturens side.

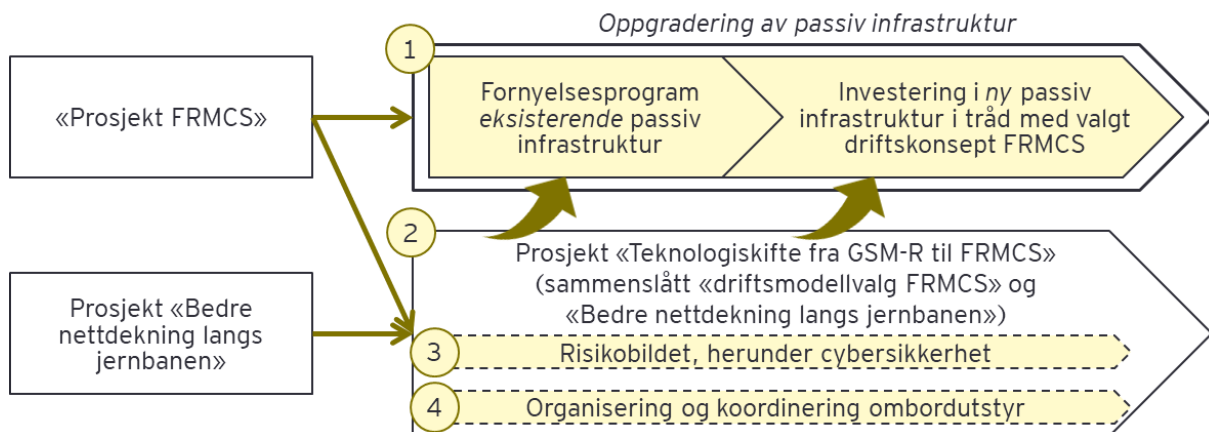
Både «FRMCS» og «Bedre nettdekning langs jernbanen» er avhengig av passiv infrastruktur. Sambruk av samme passive infrastruktur for begge formålene kan innebære potensielle synergigevinster, f.eks. i form av kostnadsbesparelser sammenlignet med en situasjon der MNO må bygge ut egen infrastruktur, men også avhengigheter i forhold til prosjektering, fornyelsesbehov og anskaffelse. Siden «Nytt nødnett» innebærer et landsdekkende behov for nødkommunikasjon, trenger man nettdekning også langs jernbanen til det formålet. Det genererer antakelig ytterligere, «indirekte» synergier mellom «FRMCS» og «Nytt nødnett», via «Bedre nettdekning langs jernbanen». Videre vil krav til cybersikkerhet og safety gjennom europeiske og nasjonale krav og standarder samt kritikaliteten til FRMCS for togfremføring trolig påvirke mulighetsrommet for valg av drifts- og eierskapsmodellen ytterligere, og ved dette også påvirke investerings- og driftskostnader.

Vi støtter derfor den grunnleggende anbefalingen fra tilleggsnotatet om å opprette et nytt fellesprosjekt mellom den delen av FRMCS-prosjektet som går ut på drifts- og eierskapsmodellen og «Bedre nettdekning langs jernbanen». Vi anbefaler å integrere en arbeidsstrøm for cybersikkerhetsvurderinger i det nye prosjektet. Grunnlag fra begge konseptvalgutredningene så langt vil i stor grad gjelde for det nye prosjektet «Teknologiskiftet fra GSM-R til FRMCS», men alternativet som dannes ved å slå sammen prosjektene har ikke blitt utredet i forhold til investeringskostnader, prissatte eller ikke-prissatte virkninger. Vi mener derfor at dette alternativet ikke oppfyller kravene til kvalitetssikring i henhold til statens prosjektmodell, og anbefaler derfor å gjennomføre en supplerende analyse før prosjektet går videre til en justert, nå felles forprosjektfase. Vi

begrunner dette forslaget med at prosjektenes behov, mål og rammebetingelser også vil gjelde for det nye fellesprosjektet. Vi går derfor ut fra at det er tilstrekkelig med en supplerende analyse med fokus på det skisserte nye og samkjørte alternativet. Den supplerende analysen bør minst omfatte nye beregninger av grunnkalkylen med tilhørende usikkerhetsanalyse samt en ny samfunnsøkonomisk analyse. I den samfunnsøkonomiske analysen bør synergier mellom begge prosjektene være et sentralt tema og vurderes jf. innspill og vurderinger gitt i denne kvalitetssikringsprosessen. Videre bør analysen vurdere utfordringene som kan oppstå i forbindelse med å bygge ut ny passiv infrastruktur med flere kommersielle aktører og i hvilken grad dette kan øke omfang og kostnader eller usikkerhet utover det som er beregnet i KVVU. I tillegg anbefaler vi at nevnte risikoer ift. tidslinjen for utfasing av GSM-R og innfasing av FRMCS vurderes nærmere i den supplerende analysen. Basert på risikoanalysen anbefaler vi at det utredes avbøtende tiltak, herunder forutsetninger for å drifte GSM-R utover den antatte økonomiske levetiden (utover 2035). Videre bør det nye fellesprosjektet utarbeide anbefalinger for organisering og koordinering av overgangen mtp. ombordutstyr. Ansvar for den supplerende analysen bør tilfalle Jernbanedirektoratet som sektorkoordinerende etat.

Samtidig anbefaler vi at Bane NOR begynner å planlegge og gjennomføre et fornyelsesprogram for passiv infrastruktur parallelt til den supplerende analysen. Det bør bestilles av Jernbanedirektoratet i tråd med styringsprosesser i henhold til infrastrukturavtaler, og statsforetaket bør spesielt utfordres på sin plan for gjennomføring, og hvorvidt fornyelse av eksisterende passiv infrastruktur kan «taktes» slik at den samkjøres med øvrige vedlikeholdsplaner samtidig som investering i potensielt ny passiv infrastruktur legges mot slutten av fornyelsesplanen. På den måten bør en kunne se an og planlegge i tråd med det faktiske behovet for ny passiv infrastruktur.

Jernbanedirektoratet bør også ta initiativ til koordinering av oppgradering av ombordutstyr. Etaten bør utarbeide et forslag til organisering og ansvarsdeling, samt vurdere behovet for eventuelle støtteordninger.



Figur 3 Prinsippskisse av anbefalt prosjektorganisering (ikke periodisert)

***Kritiske suksessfaktorer og avklaringsbehov langs veien videre***

- For å holde tidsplanen for utfasing av GSM-R og innfasing av FRMCS, er det viktig å få raskt oversikt over avhengigheter og hvilke aktiviteter som er på kritisk sti
- Krever markedsdialog med MNO om hvorvidt MNO er villige til å bidra til realisering av alternativene 3, 5 og 6 (alternativene som legger til grunn bruk av kommersielle frekvenser), og under hvilke forutsetninger
- 3GPP, release 18 forventes i begynnelsen av 2024, og ser ut til å åpne for en smalere båndvidde fra 5 til 3 MHz som gjør parallelldriften av GSM-R og FRMCS i overgangsperioden og driftsmodellen jf. alternativ 4 lettere
- Utkast til FRMCS standard, pre-versjon 2, forventes som utkast mars 2024 med lansering oktober 2024; versjon 2 vil muligens gi tydeligere signaler om bruk av kommersielle frekvenser
- MCx er under rask utvikling slik at en må kunne få snarlig avklaring på om eller hvorvidt MCx fra «Nytt nØdnett» også kan brukes til jernbaneformål
- Aktiv dialog med Sverige for å koordinere migrering fra GSM-R til FRMCS
- Kartlegging av risikobildet og utvikling av robuste tiltak for cybersikkerhet som sikrer best mulig kontroll på risikoen innen dette domenet

## 1 Innledning

EY, i samarbeid med WSP har gjennomført kvalitetssikring (KS1) av konseptvalgutredningen (KVU) for FRMCS (Future Railway Mobile Communication System, det fremtidige togkommunikasjonssystemet for jernbanen) på vegne av Finansdepartementet og Samferdselsdepartementet. Oppdraget er gjennomført i perioden oktober 2023 til februar 2024.

### 1.1 *Beskrivelse av KVU*

Samferdselsdepartementet har i supplerende tildelingsbrev 3/2022 gitt Jernbanedirektoratet i oppdrag å gjennomføre en konseptvalgutredning for fremtidig mobilkommunikasjonssystem på jernbane. Hensikten med utredningen er å gi departementet et grunnlag for å beslutte hvilke prinsipielle løsninger som skal legges til grunn for togfremføringsrelatert kommunikasjon ved neste generasjon togkommunikasjonssystem i Norge. Togkommunikasjonssystemet er en kritisk tjeneste for togfremføring og sikrer kommunikasjon mellom togfører, trafikkstyrer og personell i sporet.

Bakgrunnen for konseptvalgutredningen er at dagens togkommunikasjonssystem, GSM-R skal utfases, og nytt togkommunikasjonssystem, FRMCS skal innføres. Dette vil ramme de fleste europeiske land i samme grad til omtrent samme tid. Overgang til ny FRMCS-teknologi krever oppgradering av passiv infrastruktur og valg og implementering av driftsmodell med frekvensbruk for selve togkommunikasjonen. Videre er standard for FRMCS ikke forventet å være ferdig før i slutten av 2026, og vil definere mulighetsrommet for selve driftsmodellen. Det kommer også frem i KVUen at det forventes synergier mot andre prosjekter, spesielt prosjektet «Bedre nettdækning langs jernbanen».

#### 1.1.1 Overordnet problembeskrivelse

Problemet som utløser utredningen er at dagens togkommunikasjonssystem, GSM-R, som er basert på 2G-teknologi, går mot slutten av sin levetid. Togkommunikasjonssystemet i Europa bygges på en felles europeisk standard i regi av ERA (European Union Agency for Railways). Det har blitt bestemt at GSM-R skal bli erstattet med et nytt kommunikasjonssystem FRMCS, og at det vil komme ny standard for togkommunikasjon (FRMCS-standard).

#### 1.1.2 Overordnet behovsbeskrivelse

Behovsanalysen gjør rede for normative, etterspørselsbaserte og interessentbasert behov, med særlig vekt på etterspørselsbaserte behov.

Kommunikasjonsbehov til og fra tog kan deles i tre ulike formål:

1. Virksomhetskritisk kommunikasjonsbehov
2. Kommunikasjonsbehov for overvåkning, drift og vedlikehold av tog og infrastruktur
3. Kommunikasjonsbehovet til de reiende

KVUen omfatter primært formål nr. 1 togkommunikasjonsfunksjonen. Dagens togkommunikasjonstjeneste GSM-R som baserer seg på 2G-teknologi vil opphøre tidlig på 2030-tallet. På oppdrag fra EU/ ERA utvikler UIC (International Union of Railways) neste generasjons togkommunikasjonssystem FRMCS for Europa. FRMCS vil være basert på standardiserte 5G-løsninger. Gjennom EØS-avtalen er Norge forpliktet til å benytte FRMCS-standard når den er ferdig utviklet.

FRMCS som togkommunikasjonssystem vil avløse GSM-R som bærer for togfremføringsrelatert kommunikasjon (tale, ERTMS og ATO) mellom trafikkstyringssentral og operative enheter langs sporet. Etablering av FRMCS kan også legge til rette for andre kommunikasjonsbehov mellom tog og omverden.

Det prosjektuløsende behovet er formulert som: *Det er behov for å erstatte dagens kommunikasjonsystem for jernbane, GSM-R, med FRMCS for å kunne opprettholde dagens person- og godstransport.*

### 1.1.3 Overordnet beskrivelse av mål

I KVVU-en kommer det frem følgende samfunns mål som ligger til grunn for utvikling og evaluering av aktuelle konsept: *Norsk jernbane har en fremtidsrettet kommunikasjons tjeneste som opprettholder og forbedrer jernbanens evne til effektiv person- og godstransport.*

Videre er det definert tre effektmål i KVVUen:

- En robust og pålitelig kommunikasjons tjeneste for togfremføring, som bidrar til driftsstabil jernbane.
- Et fleksibelt og fremtidsrettet kommunikasjonsnett, med evne til å ivareta fremtidig utvikling for jernbanen.
- Effektiv utnyttelse av infrastruktur for mobile kommunikasjonsnett.

### 1.1.4 Overordnet beskrivelse av rammer og krav

KVVU oppgir følgende typer rammebetingelser for konseptvalget:  
Lover og forskrifter:

- Jernbaneinfrastrukturforskriften
- Samtrafikkforskriften
- TSI-CCS
- EKOM-loven
- EUs regelverk for statsstøtte

Fremtidsrettet

- Skal kunne utvikles i takt med nye digitale tjenester og anvendelser

Systemtilgjengelighet

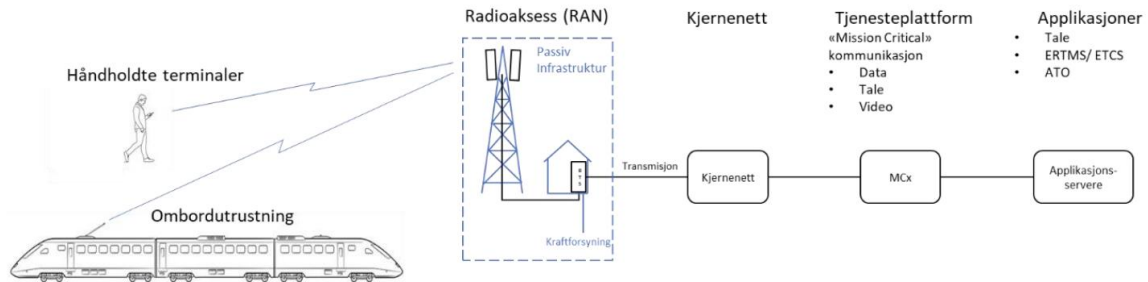
- Oppetid på minimum 99,975% (jf. TRV:0323412).

Sentrale rammebetingelser for nytt togkommunikasjonssystem følger blant annet av europeisk jernbane- og telelovgivning (Jernbaneinfrastrukturforskriften, EKOM-loven) samt EUs regelverk for statsstøtte. Krav til FRMCS vil følge av TSI-CCS samtrafikkforskriften, inkludert fastleggelse om hvilke radiofrekvenser som skal benyttes. Videre er det krav om å være fremtidsrettet, der utviklingen skal være i takt med nye digitale tjenester og anvendelser, og krav om å ha systemtilgjengeligheter med oppetid på minimum 99,975% (jf. TRV:0323412).

### 1.1.5 Overordnet beskrivelse av mulighetsrommet

KVVUen oppgir at det er svært mange momenter som skal tas hensyn til: eierskapsstruktur, omfang av tjenestekjøp, faktisk kommunikasjonsbehov, migrasjonsfilosofi, frekvensbruk, tunneldekning, m.m. I utvikling av alternativer ble det vurdert til sammen 68 mulige kombinasjoner. I KVVUen ble det valgt å ta utgangspunkt i de «fysiske» komponentene som

togkommunikasjonstjenesten består av, som er ombordutstyr og håndholdte terminaler, radioaksessnett, kjernenett, tjenesteplattformen MCx (Mission Critical X), applikasjoner (Tale, ERTMS/ETCS, ATO). Se Figur 4. Illustrasjon av de "fysiske" komponentene togkommunikasjonstjenesten består av. Hentet fra KVVU. Tjenesteplattformen MCx er jernbanespesifikk, mens kjernenett og radioaksessnett skal være basert på generelle 5G-standarder.



Figur 4. Illustrasjon av de "fysiske" komponentene togkommunikasjonstjenesten består av. Hentet fra KVVU.

I KVUen ble vurderingene av mulighetsrommet med de 68 mulige kombinasjonene evaluert, grovt analysert, og sett opp mot ulike vurderingskriterier. Det resulterte i en grovsiling der det var 6 konkrete alternativer som ble igjen for videre detaljert analyse.

**1.1.6 Overordnet beskrivelse av hvilke konsepter som er vurdert i alternativanalysen**  
KVUen fokuserte på 6 ulike alternativer for togkommunikasjon, og disse alternativene ble analysert grundig i alternativanalysen.

Alternativ 1 involverer et radioaksessnett og kjernenett eid, operert og driftet av Bane NOR. Her benyttes det frekvenser avsatt for jernbaneformål (RMR-frekvenser i 900 MHz-båndet). Passiv infrastruktur eies fortsatt av Bane NOR, på lik linje som de gjør i dag. Transmisjon vurderes som lite relevant for dette alternativet ettersom det antas at det vil basere seg på Bane NOR sitt transmisjonsnett.

Alternativ 2 involverer et radioaksessnett og kjernenett eid, operert og driftet av en kommersiell aktør, en mobilnettverksoperatør (MNO). Her brukes det også frekvenser avsatt for jernbaneformål (RMR-frekvenser). Bane NOR eier den passive infrastrukturen, men det er muligheter for at det kan eies av andre aktører. Transmisjon vil mest sannsynlig måtte basere seg på Bane NOR sitt transmisjonsnett, men kan også leveres av andre aktører.

Alternativ 3 går ut på at radioaksessnett er eid, operert og driftet av tre norske kommersielle operatører (MNO). Her benyttes kommersielt tildelte frekvensressurser som hver av de kommersielle operatørene allerede disponerer.

Alternativ 4 er et "hybrid" alternativ som består av to nett - ett Bane NOR-nett og ett kommersielt nett (MNO). Bane NOR-nettet bruker frekvensressurser avsatt for jernbaneformål (RMR-frekvenser i 900 MHz-båndet). Det kommersielle nettet bruker frekvensressurser som den kommersielle operatøren allerede disponerer.

Alternativ 5 er også et "hybrid"-alternativ som består av flere nett - ett Bane NOR-nett og tre kommersielle nett (MNO). Bane NOR-nettet bruker frekvensressurser avsatt for



jernbaneformål (RMR-frekvenser i 900 MHz-båndet). Omfanget av de tre kommersielle nettene representerer dekningen som allerede er utbygd. Det er ikke lagt opp til noen ny utbygging for å skape kommersiell dekning med tre operatører langs hele jernbanenettet.

Alternativ 6 er et hel-kommersielt alternativ med tre parallelle nett, det vil si alle de tre norske mobiloperatørene samtidig. Det er lagt til grunn at alle disse tre nettene er til stede parallelt og samtidig i hele jernbanenettet. Dette forutsetter utbygging av nye basestasjoner.

Forskjellene mellom alternativene kommer i hovedsak ned til hvem som eier og opererer nettverket (Bane NOR, én MNO, eller flere MNO-er), hvilke frekvenser som benyttes (kun jernbaneavsatte (RMR), eller inkludering av kommersielle), og utbyggingsomfanget av kommersielle nettverk. Tabell 2 Oversikt over alternativene som er aktuelle for grundigere analyse beskriver de 6 ulike alternativene som er vurdert i KVUen.

Tabell 2 Oversikt over alternativene som er aktuelle for grundigere analyse

Alternativ	1 (900)	2	3	4	5	6
Tjenesteplattform (MCx)	BN	BN	BN	BN	BN	BN
Kjernenett (CN)	BN	MNO	MNO	BN + MNO	BN + 3 MNO	3 MNO
Radioaksessnett (RAN)	BN	MNO	MNO	BN + MNO	BN + 3 MNO	3 MNO
Frekvenser	RMR	RMR	Kommersielle	RMR + Kommersielle	RMR + Kommersielle	Kommersielle
Nye lokasjoner	5	220	220	5	5	220
Karakteristikk	Videreføring av dagens løsning	La en MNO bruke RMR frekvenser	Kun bruk av et offentlig nett	Det offentlige nettet er kun et supplement	Delvis bruk av offentlig nett	Kun bruk av offentlig nett
Fordeler	Kjent oppsett og gjenbruk av driftsorganisasjon	Den valgte MNO vil nok også bygge ut eget nett	Standard utstyr og god dekning fra en MNO	Kjent oppsett tilsvarende dagens teknologiske løsning	Ingen doble investeringer der det allerede er dekning	Standard utstyr og meget høy grad av synergi og redundans
Ulemper	Ingen synergier eller redundans	Ingen redundans og avhengighet av MNO'en	Ingen redundans og avhengighet av MNO'en	Ingen synergier eller garantert redundans	Ingen synergier og kun redundans hos MNO'ene	Avhengighet av MNO'ene

### 1.1.7 KVU-ens anbefalte konsept og føringer for forprosjektet

Konseptvalgutredningen har rangert alternativ 2 og 3 best når det kommer til de prissatte virkningene, men det er ikke avgjørende forskjeller på de 6 alternativene. Videre er alternativ 5 og 6 rangert best i vurderingene av de ikke-prissatte virkningene.

Alternativ 3, 5 og 6 baseres på kommersielle frekvenser som eneste bærer av FRMCS langs hele eller deler av jernbanestrekninger. KVU argumenterer for at disse alternativene ikke er gjennomførbare da de ikke samsvarer med gjeldende regelverk. KVU peker på at regelverket<sup>3</sup> slik det er utformet i dag ikke gir aksept for at FRMCS kan bæres av kommersielle frekvenser alene.

Alternativ 1, 2 og 4 vurderes å være innenfor gjeldende regelverk, da de ikke baserer seg på kun kommersielle frekvenser langs hele eller deler av strekninger. Blant alternativene som vurderes å være innenfor gjeldende regelverk, rangeres alternativ 4 over alternativer 1 og 2, ut ifra ikke-prissatte virkninger. KVUen viser også til at Alternativ 4 er et «hybrid» alternativ som består av to nett; et landsdekkende FRMCS-nett (tilsvarende dagens GSM-R-nett) og bruk av ett kommersielt mobilnett (uten at dette forsterkes). Kapasiteten dette mobilnettet vil gi, kan ses på som et supplement til kapasiteten i FRMCS-nettet. Alternativ 4 gir også redundans for togkommunikasjonen på deler av jernbanenettet og vurderes derfor i KVUen som et mer robust alternativ enn Alternativ 1 og 2.

<sup>3</sup> FRMCS-standarden som vil være en del av TSI CCS som kommer ut i slutten av 2026.

KVUen anbefaler at Alternativ 4 skal legges til grunn for forprosjektet på grunn av usikkerheter knyttet til gjennomførbarhet for Alternativ 3, 5 og 6, samt ønsket om en mest mulig robust togkommunikasjonsløsning. Det blir også nevnt at valg av Alternativ 4 ikke utelukker eventuell senere overgang til andre alternativer.

### 1.2 Hva er kvalitetssikret

Kvalitetssikringsoppdraget er regulert i rammeavtale mellom Finansdepartementet og EY/WSP om kvalitetssikring av konseptvalgutredninger og forprosjekt for store statlige investeringsprosjekter, samt rundskriv «R-108 Statens prosjektmodell – Krav til utredning, planlegging og kvalitetssikring av store investeringsprosjekter i staten».

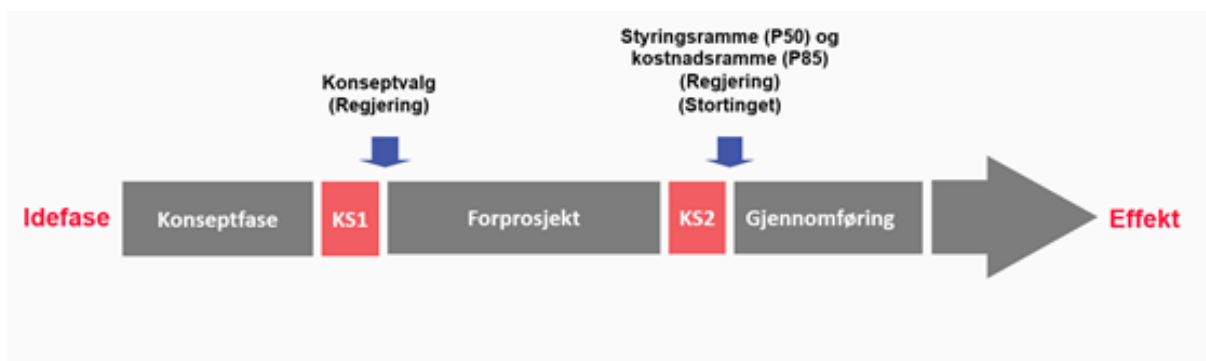
Hensikten med kvalitetssikringen er beskrevet i rammeavtalen:

*«Bistå med å gi en faglig og uavhengig analyse og vurdering av beslutningsgrunnlaget som legges til grunn for den politiske beslutningen om et konseptvalg. En vurdering av det dokumenterte behovet for å gjennomføre tiltak og hva som er den samfunnsøkonomisk beste løsningen står sentralt. Det understrekes at selve konseptvalget er en politisk prosess som Leverandøren ikke skal ha noen rolle i. Leverandørens funksjon er begrenset til å støtte Oppdragsgivers kontrollbehov med den faglige kvaliteten på de underliggende dokumenter i beslutningsunderlaget».*

Oppdraget skal utføres i henhold til rammeavtalen om ekstern kvalitetssikring av konseptvalgutredninger og forprosjekt for store statlige investeringsprosjekter.

### 1.3 Om kvalitetssikringen

Statens prosjektmodell stiller krav til metodikk og kvalitet når store statlige investeringsprosjekter med kostnadsramme på over 1 milliard skal utredes (over 300 millioner kroner for digitaliseringsprosjekter). Kravene innebærer at prosjektene skal gjennomgå ekstern kvalitetssikring før beslutningsunderlaget legges frem for Regjeringen og Stortinget. Figur 5 presenterer faseinndelingen og kontrollpunktene i prosjektmodellen.



Figur 5. Statens prosjektmodell for store investeringsprosjekter. Hentet fra regjeringen.no

I konseptfasen beskrives problemet prosjektet skal løse, hvilke fremtidige behov samfunnet vil ha og hvilke mål som skal oppnås ved å gjennomføre tiltak. Det skal anbefales hvilket tiltak som bør gjennomføres og hva som er viktige forutsetninger i den videre planleggingen for å lykkes. Dette kalles en konseptvalgutredning (KVU). Før konseptvalget kan fattes i regjeringen må KVU gjennomgås av en uavhengig tredjepart i en kvalitetssikring av konseptvalg (KS1).

Hensikten med KS1 er at en ekstern kvalitetssikrer skal bistå med å gi et faglig og uavhengig grunnlag for den politiske beslutningen om et konseptvalg. Kvalitetssikrer skal kontrollere KVVU med hensyn på konsistens i og mellom kapitler, og om de angitte alternativene er relevante og gyldige med hensyn til problem, behov, mål, rammebetingelser og utnyttelse av mulighetsrommet. Kvalitetssikrer skal videre gjennomføre en egen usikkerhetsanalyse og samfunnsøkonomisk analyse, samt gi sin tilrådning om beslutningsstrategi.

### ***1.4 Om analyseprosessen og kvalitetssikringsprosessen***

Etter oppstartsmøte hos oppdragsgiver, har vi i kvalitetssikringsteamet opprettholdt en kontinuerlig og åpen dialog med utreder. Dette inkluderte jevnlig e-postkommunikasjon og møter i ulike former, som enkle avklaringsmøter, koordineringsmøter relatert til spesifikke temaer som mulighetsområde og alternativanalyse, samt to ulike to-dagers workshops som omhandlet grunnkalkylen, usikkerhetsanalyser og samfunnsøkonomiske analyser.

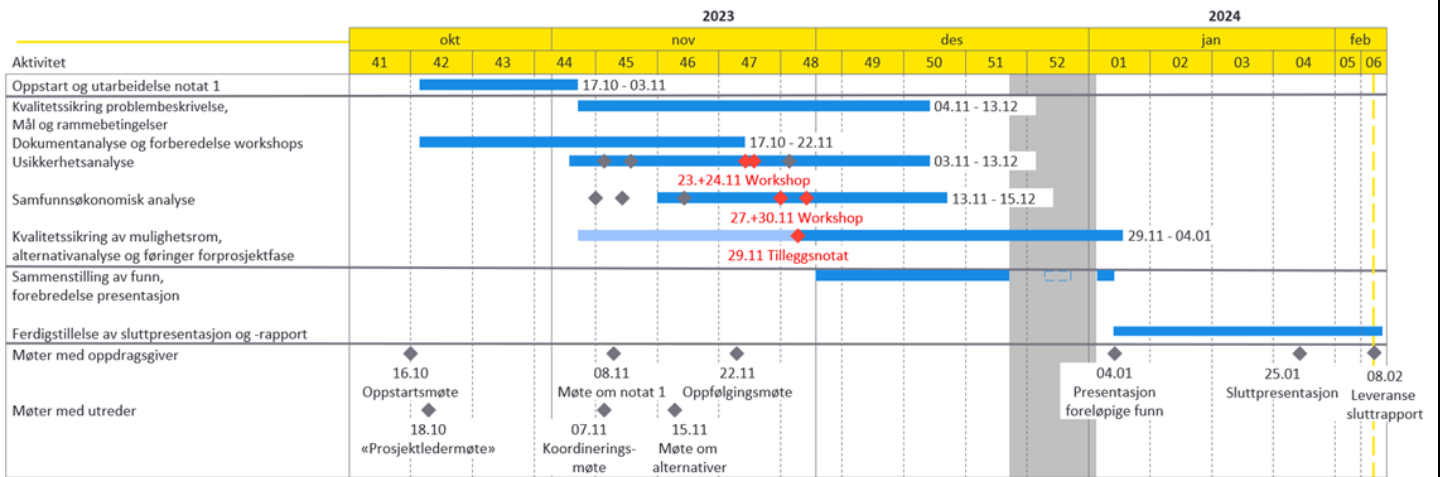
Gjennom hele kvalitetssikringsprosessen har kvalitetssikringsteamet hatt et konstruktivt samarbeid med alle involverte parter, inkludert oppdragsgiver, utreder samt innleide konsulenter fra utreder sin side. Tilleggsnotatet, som kvalitetssikringsteamet ble eksplisitt bedt om å vurdere i vår kvalitetssikring, ble ferdigstilt som et utkast 29.11.2023, og ble oversendt til oss i sin endelige versjon 14.12.2023, som vist i Tabell 2. For å tilpasse oss dette, valgte vi å utføre en vanlig kvalitetssikring av KVVUens hoveddokument og tilhørende underlag først. Deretter ble det utført en supplerende vurdering av tilleggsnotatet, med sammenligning mot KVVUens hoveddokument. Det ble imidlertid ikke utført noen beregning av grunnkalkylen, usikkerhetsanalyse eller samfunnsøkonomisk analyse av det endelige alternativet som ble skissert i tilleggsnotatet.

Ved oppstart av kvalitetssikringsprosessen jobbet utreder med et tilleggsnotat til konseptvalgutredningen som skulle konkretisere forhold knyttet til anbefalt konsept for nytt nØdnett og konsekvenser av revidert Nasjonal signalplan 2023 (ERTMS-utbygging). Tilleggsnotatet ble ferdigstilt som utkast 29.11.2023, oversendt i endelig versjon 14.12.2023, og er på samme vis som konseptvalgutredningen unntatt offentlighet. Hensikten med tilleggsnotatet var å vurdere potensialet for samordningen av prosjektene «Bedre nettdekning langs jernbanen» og «FRMCS» nærmere når «Bedre nettdekning langs jernbanen» har gjennomgått forprosjektfasen (hØsten 2023). Tilleggsnotatet bidrar til et bedre beslutningsunderlag ved å drØfte nærmere avhengigheter til andre prosjekter, gjennomfØring og fremdriftsplan. For å kunne fØlge argumentasjonen i tilleggsnotatet er det imidlertid avgjØrende at en ser tilleggsnotatet i sammenheng med eller som supplement til KVVUens hoveddokument.

### ***1.5 Fremdrift for KS1-arbeidet***

**Feil! Fant ikke referanse-kilden.** Figur 6 nedenfor gir en oversikt over den overordnede fremdriften og utvalgte møter med utreder og oppdragsgiver gjennom dette KS1-oppdraget.

# KS1 FRMCS Fremtidig Togkommunikasjonssystem for Jernbane



Figur 6 Fremdriftsplan for KS1 arbeidet

## 2 Problembeskrivelse

Vår rammeavtale med Finansdepartementet beskriver problembeskrivelsen slik:

---

*Problembeskrivelsen skal gjøre rede for hvilke uløste problemer man ser på og hva som tilsier at det offentlige bør iverksette tiltak på området.*

*Leverandøren skal vurdere om drøftingen i problembeskrivelsen er tilstrekkelig grundig og klargjørende. Leverandøren skal kontrollere at problemet er reelt, og ikke bare formulert som fravær av en eller flere bestemte løsninger.*

---

### 2.1 Problembeskrivelse i KVU

KVU har i sin problemanalyse identifisert samfunnsproblemet, årsak og bakgrunnen. Dette er oppsummert nedenfor.

#### Samfunnsproblem

Dagens globale standard for kommunikasjonssystem for jernbane, GSM-R, går mot slutten av sin levetid. Systemleverandører har annonsert at i løpet av den kommende 10-15-års perioden vil systemstøtten til GSM-R opphøre. Dette setter i prinsippet også rammen for GSM-R systemets levetid i Norge.

En fremtidig standard for jernbanekommunikasjonssystemer i Europa, FRMCS, er planlagt å innføres for å erstatte GSM-R, og denne vil også være relevant for Norge. Det forventes at Norge skal ha bestemt seg for et fremtidig mobilkommunikasjonssystem for jernbanen innen 2025 som er i henhold til forskriftene om grenseoverskridende trafikk og interoperabilitet i Europa. Dette systemet må sikre muligheten for tog å krysse landegrenser.

Det kommer tydelig frem i KVUen at det ikke er et spørsmål om FRMCS skal innføres i Norge, men snarere et spørsmål om *når*, og i tillegg *hvordan*. Implementering av FRMCS i Norge må ses i sammenheng med implementering i resten av Europa. Det må skje i samarbeid med våre naboland, og det må også skje på en måte som sikrer at togtrafikk opprettholdes i overgangsfasen mellom to systemer. Dette er grunnleggende forutsetninger som ikke kan fravikes.

Det skal utredes hvilke konseptuelle løsninger for et fremtidig mobilkommunikasjonssystem for jernbane som er best egnet og gir best samfunnsøkonomisk nytte for å dekke det helhetlige kommunikasjonsbehovet for den digitaliserte jernbanen. Løsninger skal ses i sammenheng med øvrig kommunikasjonsbehov som kan dekkes av de kommersielle mobilnettoperatørene, enten det er godstog, passasjertog eller arbeidsmaskiner for jernbane.

Konseptvalgutredningen skal bl.a. vurdere følgende:

- Nye konseptuelle eierskapsstrukturer, herunder hvorvidt nettverket skal bygges, eies og driftes av Bane NOR, eller om man skal basere seg på kommersielle kommunikasjonsnett som transportbærer for de løsninger Bane NOR drifter. I dette ligger også vurdering av båndbreddeposisjoner og basestasjonsbehov.
- Mulighetene for kostnadsbesparelser gjennom forenkling både av nettene infrastruktur og utrustning av togene.
- Effektuttak fra bedre utnyttelse av de digitale systemene, herunder muligheten for å ta i bruk systemer som gir raskere togfremføring, økt kapasitet, spart energiforbruk, en mer driftsstabil jernbane og bedre reiseinformasjon i realtid.
- Sikkerhetsmessige aspekter ifm. ulike løsninger og valg.

Arbeidet skal ses i sammenheng med og hente erfaringer fra arbeidet med forprosjekt for «Bedre nettdækning langs jernbanen» og KVVU for «Nytt nødnett», herunder om det er synergier å hente ved å utnytte deler av de kommersielle mobilnettene.

### **Årsaker**

Dagens globale standard for kommunikasjonssystem for jernbane, GSM-R, går mot slutten av sin levetid. Systemleverandører har annonsert at i løpet av den kommende 10-15-års perioden vil systemstøtten til GSM-R opphøre. Dette setter i prinsippet også rammen for GSM-R systemets levetid i Norge.

Det pågår i dag internasjonalt arbeid med utvikling av en ny global standard for togkommunikasjon. Dette arbeidet skjer i regi av den internasjonale jernbaneunionen UIC (Union Internationale des Chemins de Fer) på oppdrag fra EU-organet European Union Agency for Railways (ERA). Standarden for nytt nettverk går under navnet FRMCS –Future Railway Mobile Communication System.

Årsaken til at GSM-R utfases er først og fremst at leverandører har varslet at systemstøtte opphører etter utløp av gjeldende avtaler. Det innebærer at etter tidspunktet for opphør av systemstøtte fra leverandører, vil ikke reservedeler være tilgjengelig, nytt utstyr vil ikke være til salgs, og system- og brukssupport for både maskinvare og programvare vil opphøre.

Disse grunnleggende forutsetningene vil gjelde for Norge, men også for alle andre land i Europa. GSM-R er i dag i bruk i rundt 20 land i Europa, og samtlige av disse må gå over til en ny generasjon standard for togkommunikasjon når GSM-R utfases. Med bakgrunn i dette er det et ønske om at neste generasjon togkommunikasjonssystem i større grad skal bestå av hylleware-produkter, det vil si maskinvare og programvare som er tilgjengelig i det kommersielle markedet.

### **Bakgrunn**

I 1997 bestemte den europeiske jernbanesektoren seg for å innføre et nytt felles signalsystem i hele Europa, ERTMS (European Railway Traffic Management System). Hensikten var å forenkle og modernisere både nasjonal og grenseoverskridende togtrafikk over hele Europa. Dette både med bakgrunn i at store deler av signalanleggene i Europa trengte fornyelse, og i at liberalisering av jernbanetransport med definisjon av europeiske hovedkorridorer for togtrafikk tilsa at man trengte et nytt, felles signalsystem. Det var et krav at systemet skulle følge en felles standard for hele Europa, og at det skulle gi full interoperabilitet for togtrafikk over landegrensene.

GSM-R, som er dagens kommunikasjonssystem i tog, ble bygget ut det første tiåret på 2000-tallet i mange europeiske land. Systemet var hele tiden påtenkt en rolle som bærer av datakommunikasjon mellom tog og infrastruktur for ETCS i ERTMS. Imidlertid lå implementering av ETCS langt frem i tid. Først og fremst ble GSM-R den gangen bygget som et kommunikasjonssystem for tale, som erstatning for tidligere analoge ikke interoperable kommunikasjonssystemer i Europa.

GSM-R ble implementert som det første felles-europeiske digitale kommunikasjonssystemet for tog. GSM-R bygde på GSM, men fikk funksjonalitet som ikke GSM-hadde, som:

- Gruppeanrop
- Anrop med prioritet
- Nødanrop (REC – railway emergency call)

I tillegg ble GSM-R spesifisert med eget dedikert frekvensbånd, separat fra frekvenser det ordinære GSM-systemet benyttet. Dette vil si at det måtte bygges et eget, separat nett for GSM-R langs jernbanen, samt at eget terminalutstyr – i tog og håndholdt – måtte utvikles. GSM-R er i dag i bruk i rundt 30 land på verdensbasis. Systemet må klart sies å være en suksess, med anslått dekning i Europa langs rundt 140 000 km med spor.

GSM-R benytter 2G, som er aldrende generasjons mobilnett-standard. I Norge og i en del andre land planlegges det nå for avvikling av kommersielle GSM-nett. GSM-R har derfor også nådd en alder som tilsier at systemet nærmer seg slutten på sin levetid.

Som en følge av at GSM-R nærmet seg slutten av livssyklusen startet UIC (Den internasjonale jernbaneunionen) vurderingene rundt neste generasjons togkommunikasjonssystem i 2015. Prosjektet fikk navnet FRMCS (tidligere Flexible, nå Future Railway Mobile Communication system). Prosjektet startet opp i samarbeid med jernbanesektoren i Europa, primært drevet av annonsert utløp av support fra systemleverandører rundt 2030. I tillegg har bedre kapasitet for datakommunikasjon og nye tjenester og bruksområder for togkommunikasjonssystemet vært drivende for hvordan fremtidens system skulle utformes.

## **2.2 Kvalitetssikrers vurdering av problembeskrivelsen**

Kapittelet starter med en avgrensning for KVUen der utreder beskriver i hvilken kontekst utredningen av konseptuelle løsninger skal stå. Dette er relevant for resten av KVUen, spesielt når det i det videre arbeidet med utvikling og vurdering av ulike tiltaksalternativ skal vurderes ikke-prissatte konsekvenser og synergier mot andre utredninger, herunder «Bedre nettdekning langs jernbanen» og «Nytt nødnett».

Problembeskrivelsen viser til et reelt samfunnsproblem og gjør godt rede for problemets omfang, berørte og behovet for tiltak av det offentlige. GSM-R skal fases ut og et nytt system, FRMCS, implementeres. Utreder gjør også godt rede for det teknologiske forløpet, den pågående utviklingsprosessen i Europa gjennom EU, samt Norges plikter som følge av inngåtte avtaler, hvilket gir en god forståelse av årsakene til at problemet har oppstått.

### 3 Behovsanalyse

Vår rammeavtale med Finansdepartementet beskriver behovsanalysen som følgende:

*Behovsanalysen skal beskrive bredden i aktuelle, konkrete behov relatert til problembeskrivelsen, vurdert i et overordnet samfunnsperspektiv.*

*Leverandøren skal vurdere om behovsanalysen identifiserer relevante interessenter og om metode og prosess for å få frem bredden og vurdere styrken i behovene er tilpasset prosjektets omfang og kompleksitet. Leverandøren skal kontrollere om det er konsistens i behovsanalysens oppbygging og konsistens mot problembeskrivelsen. Det skal vurderes om behovet som legges til grunn for den videre utredningen er reelt.*

#### 3.1 Behovsanalyse i KVVU

KVVU har kartlagt interessentlandskapet og behovene som oppstår når GSM-R skal utfases og det vil skje en innfasing av FRMCS i togkommunikasjonssystemet. I det følgende gis en oppsummering av analysen som presenteres i utredningen.

#### Interessentgrupper

Utredning har kartlagt og vurdert hvilke interessenter som blir berørt, som kan sees i Tabell 3. Primære interessenter. Hentet fra KVVU. og Tabell 4. Sekundære interessenter. Hentet fra KVVU.

Tabell 3. Primære interessenter. Hentet fra KVVU.

Interessent	Behov	Påvirkningskraft
<b>Togoperatører med trafikkavtale med Staten</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vy</li> <li>• Go ahead</li> <li>• SJ</li> </ul>	Tidlig informasjon og deltakelse i KVVU-prosessen	Kontrakt med Norske Tog om leie av tog. En ombygging av tog, tog ute av drift, er et juridisk spørsmål mellom Norske Tog og togoperatør
<b>Flytoget</b>	Tidlig informasjon og deltakelse i KVVU-prosessen	Opererer banestrekning mellom Drammen og Oslo lufthavn. Skal levere tilbud på å kjøre andre togstrekninger. Tog må bygges om for tilpasning FRMCS.
<b>Godstogoperatører</b>	Kontrakt om å frakte gods på jernbanen. Tidlig informasjon og deltakelse i KVVU-prosessen	Påvirkning som kontraktspart angående oppgradering av togmateriell.
<b>Norske Tog</b>	Må medvirke i prosessen for å kunne planlegge ombygging av tog	Eier togsettene og leier dem ut til operatørene. Er ansvarlig for ombygging av togene for å være kompatible med FRMCS.
<b>Jernbanedirektoratet</b>	Prosjekteier	Eier KVVU-prosessen og er jernbanesektorens bindeledd med Samferdselsdepartementet.
<b>DSB - nødnett</b>	Pågående forprosjekt om nytt nødnett, sammenfallende behov med FRMCS	Potensiell samarbeidspartner om MCx og radiodekning i tunnel



## KS1 FRMCS Fremtidig Togkommunikasjonssystem for Jernbane

Tabell 4. Sekundære interessenter. Hentet fra KVVU.

Interessent	Behov	Påvirkningskraft
Mobilnettoperatører	Eventuelle tilbydere av løsninger for FRMCS	3GPP, Medvirker i å definere standarden for 5G og hvilke tjenester som kan tilbys gjennom mobilt bredbånd
Norsk Jernbaneforbund	Medlemmene har behov for informasjon og involvering. Må kurses i FRMCS	
Norsk Lokomotivmannsforbund	Medlemmene har behov for informasjon og involvering. Må kurses i FRMCS	
Nærings- og fiskeridepartementet	Bli påvirket av FRMCS gjennom sitt eierskap til Flytoget	Flytogene må bygges om for å håndtere FRMCS. Det er tett dialog mellom Jdir/BN med togoperatørene for innfasing av FRMCS
Forsvaret (Forsvarsmateriell)	Kommunikasjon internt i forsvaret og mellom internasjonale partnere (NATO)	Benytter kommersielle aktører gjennom egne frekvensbånd. Disse båndene gjelder for NATO. De kommersielle aktørene er best på cybersikkerhet.
Sporveien	Togkommunikasjon for fremføring av T-bane	Innfører CBTC som togkommunikasjonssystem for T-banen. CBTC har mange likhetstrekk med FRMCS. Sporveien benytter kommersielle aktører til å tilby tjenestene og drifte nettet.
Statens vegvesen	Kommunikasjon og overvåkning av veinettet	SVV benytter fiber og tilgjengelig kommersielt mobilt bredbånd. Dialog med NKOM for prioritet i det kommersielle nettet for nødtelefon i tunnel. SVV har ingen behov knyttet til SVV

**Normative behov og etterspørselsbaserte behov**

KVU legger følgende normative behov til grunn i sin behovsanalyse (se Tabell 5. Normative behov. Hentet fra KVU.):

Tabell 5. Normative behov. Hentet fra KVU.

Kilde	Føringer og formål
<b>Lover</b>	
Lov om anlegg og drift av jernbane, herunder, sporvei, tunnelbane og forstadsbane m.m.	§ 1 Loven gjelder anlegg og drift av jernbane, herunder sporvei, tunnelbane, forstadsbane og lignende sporbundet transportmiddel. Loven gjelder også faste og løse innretninger og all aktivitet knyttet til jernbane.
Lov om elektronisk kommunikasjon	§ 1-1 Lovens formål er å sikre brukerne i hele landet gode, rimelige og fremtidsrettede elektroniske kommunikasjonstjenester, gjennom effektiv bruk av samfunnets ressurser ved å legge til rette for bærekraftig konkurranse, samt stimulere til næringsutvikling og innovasjon.
Lov om tilrettelegging for utbygging av høyhastighetsnett for elektronisk kommunikasjon	§ 1-1 Lovens formål er å bidra til kostnadseffektiv etablering av høyhastighetsnett for elektronisk kommunikasjon ved å sikre tilgang til, og informasjon om, passiv fysisk infrastruktur og bygge- og anleggsarbeider.
<b>Forskrifter</b>	
Forskrift om samtrafikkloven i jernbanesystemet	§ 1-1 ...Hensikten er å definere et optimalt nivå for teknisk harmonisering, og gjøre det mulig å forenkle, forbedre og utvikle internasjonal jernbanetransport i EØS og med tredjestater.  § 2-1 ...Byrået utarbeider tekniske spesifikasjoner for samtrafikkveie (TSI) for hvert delsystem. Et delsystem kan omfattes av flere TSI-er, og en TSI kan omfatte flere delsystemer.
Forskrift om sikkerhet på jernbanenettet	§ 1-1 Formålet med denne forskriften er å sørge for at jernbanevirksomheten drives sikkert, og at vilkårene som er satt for jernbanevirksomheten i eller i medhold av jernbaneloven er oppfylt, slik at det etablerte sikkerhetsnivået på jernbanen opprettholdes og, om nødvendig, forbedres.
Forskrift om elektronisk kommunikasjonsnett og elektroniske kommunikasjonstjenester	§ 1-1 Forskriften gjelder rettigheter og plikter for tilgang for tilbydere og andre brukere til elektronisk kommunikasjonsnett og tilbud av elektronisk

	kommunikasjonstjeneste
Forskrift om autorisasjon for virksomhet som utfører installasjon og vedlikehold av elektronisk kommunikasjonsnett	§ 1 Formålet med forskriften er å sikre at elektronisk kommunikasjonsnett (ekomnett) installeres og vedlikeholdes slik at krav til elektrisk sikkerhet, elektromagnetisk kompatibilitet (EMC), frekvensbruk og kvalitet blir ivaretatt, og at personell i virksomhet som utfører installasjon og vedlikehold har nødvendige kvalifikasjoner.
Forskrift om elsikkerhet i elektroniske kommunikasjonsnett	§ 1 Forskriften skal hindre at spenninger og strømmer i elektronisk kommunikasjonsnett skader liv, helse og eiendom.
<b>EU-regelverk og internasjonale føringer</b>	
EU-kommisjonen TSI CCS – Annex to the Commission Implementing Regulation on the technical specification for interoperability relating to the controlcommand and signalling subsystems of the rail system in the European Union and repealing Regulation (EU) 2016/919	Beskrivelse av omfang, tekniske spesifikasjoner og føringer, interoperabilitet, implementering, HMS, overgang fra eksisterende systemer, kontrollparametere.
<b>Stortingsmeldinger</b>	
Meld. St. 28 Vår felles digitale grunnmur	Regjeringen setter som mål at tilbyderne (av 5G red anm) i løpet av 2025 skal levere nasjonal 5G-dekning om lag på nivå med 4G-dekningen i 2020. Regjeringen vil legge til rette for at 5G-dekning langs viktige hovedferdselsårer, både vei og jernbane, skal prioriteres.
Meld. St. 20 2020-2021 Nasjonal transportplan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effektiv bruk av ny teknologi</li> <li>• Globale og nasjonale utviklingstrekk</li> <li>• Økt sikkerhet for jernbanetransport</li> <li>• Mer for pengene i transportsektoren</li> </ul>

Når det gjelder etterspørselsbaserte behov legger KVU til grunn i sin behovsanalyse at FRMCS skal innføres i det norske jernbanenettet som en erstatning for GSM-R, og at det ikke eksisterer noe annet alternativ.

Når man betrakter behovene som jernbanen i Norge har, eller kan ha med tanke på hva et nytt kommunikasjonssystem kan tilby, ser utrederen at behovet kan deles i tre nivåer, som også er visualisert i Figur 7 Figur 7 Behov kommunikasjonssystem. Hentet fra KVU.under:

1. Virksomhetskritisk kommunikasjonsbehov (togkommunikasjonsfunksjonen; Tale, ERTMS, ATO).
2. Kommunikasjonsbehov for overvåkning, drift og vedlikehold av tog og infrastruktur.
3. Kommunikasjonsbehovet til de reisende.



Figur 7 Behov kommunikasjonssystem. Hentet fra KVVU.

Det virksomhetskritiske kommunikasjonsbehovet er det viktigste. Dette dreier seg om kommunikasjonen som er nødvendig for togfremføringen. Uten datakommunikasjon mellom tog og infrastruktur er ikke togfremføringen mulig. Derfor er kommunikasjonen helt nødvendig.

Videre, finnes det et kommunikasjonsbehov for teknisk overvåkning, drift og vedlikehold av jernbanesystemet. Dette gjelder både tog og infrastruktur. Her eksisterer det et svært stort spekter av ulike kommunikasjonsbehov.

Den tredje oppgaven som FRMCS kan tenkes å fylle for jernbanen, eller som FRMCS i alle fall indirekte kan bidra til, er å gi bredbåndstilgang til de togreisende.

Basert på behovsanalysen defineres det prosjektutløsende behov defineres som:

*Det er behov for å erstatte dagens kommunikasjonssystem for jernbane, GSM-R, med FRMCS for å kunne opprettholde dagens person- og godstransport.*

### **3.2 Kvalitetssikrers vurdering av behovsanalyse**

Vi vurderer at utreder kartlegger og beskriver bredden innenfor de ulike behovskategoriene på en god måte og støtter at det, som følge av normative behov, legges vekt på etterspørselsbaserte behov i oppsummeringen av kapittelet, herunder virksomhetskritisk kommunikasjonsbehov. Det er denne kombinasjonen som danner grunnlag for det prosjektutløsende behovet som er relatert til problembeskrivelsen på en god måte.

Utredningen skal også avdekke interessekonflikter, men en vurdering av dette mangler i KVVU. Utreder har kartlagt et stort og komplekst aktør- og interessedebilde med potensielle motstridende interesser, noe som gjør at en analyse av interessekonflikter vil være relevant informasjon i en videre beslutningsprosess.

## 4 Strategiske mål

Vår rammeavtale med Finansdepartementet beskriver bstrategiske mål som følgende:

---

*Med grunnlag i problembeskrivelsen og behovsanalysen skal det defineres mål for virkningene av tiltaket.*

*Leverandøren skal gi en vurdering av hvorvidt oppgitte samfunns mål og effektmål er presist nok angitt til å sikre operativ styring med prosjektet. Det skal vurderes om målene er prosjektspesifikke og utformet slik at de beskriver relevante egenskaper ved den ønskede tilstand etter gjennomføring av tiltaket. Det skal vurderes om de oppfyller kravet om at helheten av mål skal være realistisk oppnåelig og at graden av måloppnåelse i ettertid kan verifiseres.*

*Hvis det er oppgitt flere enn ett mål på noen av de to punktene, må det vurderes om det foreligger innebygde motsetninger, eller om målstrukturen blir for komplisert til å være operasjonell. Leverandøren skal kontrollere målstrukturens konsistens og konsistens mot problembeskrivelsen og behovsanalysen.*

---

### 4.1 Strategiske mål i KVVU

Utredning har, med bakgrunn i problembeskrivelsen og behovsanalysen, definert samfunns mål og effektmål som beskriver ønsket virkning på samfunnet og brukere.

#### **Samfunns mål**

Med grunnlag i problembeskrivelsen og behovsanalysen, har KVVU definert følgende samfunns mål:

*Norsk jernbane har en fremtidsrettet kommunikasjonstjeneste som opprettholder og forbedrer jernbanens evne til effektiv person- og godstransport.*

Med *fremtidsrettet* menes i denne sammenheng at systemet skal være robust overfor fremtidige teknologiske og regulatoriske endringer.

Med *opprettholde* menes i denne sammenheng å opprettholde tjenesteporteføljen i dagens GSM-R togkommunikasjonssystem, det vil si å tilby de tjenester som kreves for sikker framføring av tog i dag.

Med *forbedre* menes i denne sammenheng muligheter for ny og bedre tjenestekvalitet som oppstår som følge av økt ytelse og funksjonalitet, eksempelvis høyere overføringskapasitet i FRMCS enn i GSM-R.

#### **Effektmål**

Av samfunns målet er det utledet tre effektmål, som vist i Tabell 6 under. Effektmålene definerer hvilke prosjektspesifikke virkninger som søkes oppnådd for ulike interessenter.

## KS1 FRMCS Fremtidig Togkommunikasjonssystem for Jernbane

Tabell 6. Effektmål fra KVVU.

Betegnelse	Effektmål
<b>E1</b>	En robust og pålitelig kommunikasjonstjeneste for togfremføring, som bidrar til driftsstabil i jernbane.
<b>E2</b>	Et fleksibelt og fremtidsrettet kommunikasjonsnett, med evne til å ivareta fremtidig utvikling for jernbanen.
<b>E3</b>	Effektiv utnyttelse av infrastruktur for mobile kommunikasjonsnett.

Videre er det i KVVU utarbeidet målindikatorer som har til hensikt å vurdere i hvilke grad effektmålene er oppnådd. Disse er beskrevet i Tabell 7. Målindikatorer. Hentet fra KVVU.under.

Tabell 7. Målindikatorer. Hentet fra KVVU.

Samfunns mål	Effektmål	Innebærer	Indikatorer
<i>Fremtidsrettet kommunikasjons tjeneste ...</i>	En robust og pålitelig kommunikasjons-tjeneste for togfremføring, som bidrar til driftsstabil i jernbane.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikasjonstjenesten skal ha en kvalitet som medfører at antallet innstillinger og forsinkelsestimer som følge av tele og transmisjon ikke øker i forhold til dagens situasjon.</li> <li>• Sikkerhetsmessige aspekter skal ivaretas, herunder safety, security (herunder cybersecurity).</li> <li>• Driftsstabilitet og sikkerhet i jernbanesystemet skal opprettholdes minst på samme nivå som i dag, både i migrasjonsfase og i permanent driftsfase.</li> </ul>	Antall innstilte tog og forsinkelses-estimer som følge av feil i tog-kommunikasjonssystemet
<i>... som opprettholder og forbereder jernbanens evne til effektiv person- og godstransport.</i>	Et fleksibelt og fremtidsrettet kommunikasjonsnett, med evne til å ivareta fremtidig utvikling for jernbanen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opprettholde og forbedre tjenestekvaliteten på kommunikasjons-tjenestene.</li> <li>• Tilstrekkelig båndbredde til å ivareta fremtidige tjenester, som for eksempel ATO (Automatic Train Operation og ERTMS/ETCS-L3).</li> <li>• Effekttuttak fra bedre utnyttelse av digitale systemer for jernbanen.</li> <li>• Tilstandsovervåkning</li> <li>• Forbedret/smart vedlikehold</li> <li>• Sanntidstjenester</li> <li>• Kommunikasjonsnetter følger 3GPP-utviklingen. Dette betyr at systemet følger et utviklingsløp i samasvar med internasjonal standard mot mobilnett, definert av standinngingseringsprganet, 3GPP.</li> </ul>	Nye tjenester og ytterligere digitaliseringer av jernbanen
	Effektiv utnyttelse av infrastruktur for mobile kommunikasjonsnett.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Samfunnets samlede ressurser til anskaffelse, utbygging, drift og vedlikehold av kommunikasjonsnett skal samfunnsøkonomisk optimaliseres.</li> <li>• Muligheter for synergier med andre aktører gjennom samvirke og samlokalisering.</li> <li>• Vurdering av samordnet eierskap og drift med andre aktører, både offentlige og private.</li> <li>• Fornuftig og kostnadseffektiv bruk av frekvensressurser for å møte behovet til kapasitet og dekning, både i migrasjonsfasen og i senere permanent drift.</li> </ul>	Synergier og kostnads-besparelser gjennom samvirke med andre nettverksaktører

#### **4.2 Kvalitetssikrers vurdering av strategiske mål**

Samfunnsmålet i KVVU beskriver på en god måte den positive tilstanden prosjektet skal bygge opp under, og det er positivt at det tydeliggjøres hva KVVU legger i de ulike begrepene i samfunnsmålet.

Det er konsistens mellom behov- og problembeskrivelse og hvordan effektmålene er utledet. Målene er prosjektspesifikke og beskriver ønsket tilstand etter gjennomføring av tiltak, men det fremgår ikke tydelig hvordan måloppnåelse skal vurderes. Særlig for effektmål 2 og 3 er det uklart hvordan måloppnåelse skal kunne verifiseres i ettertid

Vi savner i dette kapittelet en drøfting av hvordan prosjektet samsvarer med andre prioriteringer og samfunns mål; dette er et sentralt tema for prosjektet og omtales ellers i KVVU, men med tanke på senere vurdering av potensielle synergier, ville det vært hensiktsmessig å knytte prosjektets effektmål mot øvrige prioriteringer, særlig KVVU «Bedre nettdekning langs jernbanen».

Det vurderes ikke potensielle målkonflikter mellom effektmålene, men vi kan heller ikke se at det finnes relevante målkonflikter. En rangering eller prioritering av effektmålene fremgår ikke i KVVU, men det har i løpet av KS1 kommet fram at prioriteringen av effektmålene følger rekkefølgen de er oppgitt i.

## 5 Rammebetingelser for konseptvalg

Vår rammeavtale med finansdepartementet beskriver rammebetingelser for konseptvalg slik:

---

*Rammebetingelsene omfatter et samlet sett betingelser som skal oppfylles for valg av konseptuell løsning og fremtidig drift.*

*Leverandøren skal vurdere relevansen og prioriteringen av ulike typer rammebetingelser, og at rammebetingelsene ikke unødige avgrensninger mulighetsrommet. Leverandøren skal kontrollere om det er konsistent oppbygging av rammebetingelsene og konsistens mot problembeskrivelsen, behovsanalysen og kapittelet for strategiske mål.*

---

### 5.1 Rammebetingelser i KVVU

I denne konseptvalgutredningen er det ingen rammebetingelser som er formulert med utgangspunkt i effektmålene, men det er valgt å legge vekt på ytre rammebetingelser, som lov- forskrifts- og regelverkmessige rammebetingelser.

Utredningen har identifisert syv rammebetingelser og krav:

- Forskrift om nasjonale tekniske krav for jernbaneinfrastruktur på det nasjonale jernbanenettet (Jernbaneinfrastrukturforskriften).
- EU-direktiv for interoperabilitet for jernbane i Europa (Samtrafikkforskriften).
- Relevante TSI-krav for interoperabilitet (TSI-CSS-standarden).
  - Herunder gjelder også de spesifikasjoner og kravdokumenter som gjeldende utgave av TSI-CCS viser til.
  - Ved at standarden følges, vil implisitt FRMCS være kompatibel med nytt signalsystem i Norge og resten av Europa (ETCS).
- Lov om elektronisk kommunikasjon (EKOM-loven).
  - Telesystemer skal prosjekteres, bygges og forvaltes i henhold til gjeldende regelverk innen ansvarsområdet til Nasjonal Kommunikasjonsmyndighet (NKOM).
- EUs regelverk for statsstøtte.
- Konsept for anbefalt valg løsning skal være fremtidsrettet.
- Krav om systemtilgjengelighet (opetid) skal være på minimum 99,975% jf. TRV:0323412.

### 5.2 Kvalitetssikrers vurdering av rammebetingelser

Vi vurderer de oppgitte rammebetingelsene som reelle og relevante for konseptvalget. Vi har ikke identifisert sentrale rammebetingelser som mangler eller at mulighetsrommet for løsninger er unødige avgrenset som følge av rammebetingelsene

Vi savner i dette kapittelet en drøfting av krav fra EU og usikkerheten knyttet til utviklingen av TSI-CCS-standarden. Dette er et sentralt tema i KVVU og ved valg av alternativ. Vi mener derfor det her ville vært relevant å belyse skillet mellom føringer gitt av en standard og et lovverk, EUs holdning til bruk av kommersielle frekvenser, hvilke synspunkter andre aktører har (ERA, UIC, mfl.) samt Norges og prosjektets påvirkningsmuligheter i utviklingen av standarden.



## 6 Mulighetsstudie

Vår rammeavtale med Finansdepartementet beskriver mulighetsstudien som følgende:

*Problem, behov, mål og rammebetingelser sett i sammenheng definerer et mulighetsrom.*

*Leverandøren skal vurdere om prosessen og de anvendte metoder for kartlegging av mulighetsrommet er tilpasset prosjektets omfang og kompleksitet. Det skal spesielt gjøres en vurdering av hvorvidt den fulle bredden av muligheter er ivarettatt og om mulighetsrommets avgrensning er relevant og konsistent med føringer i de foregående kapitlene. Det skal vurderes om det er tilstrekkelig dokumentert hvordan en grovsiling av tiltak er gjennomført og hvilket grunnlag enkelte løsninger eventuelt er lagt vekk.*

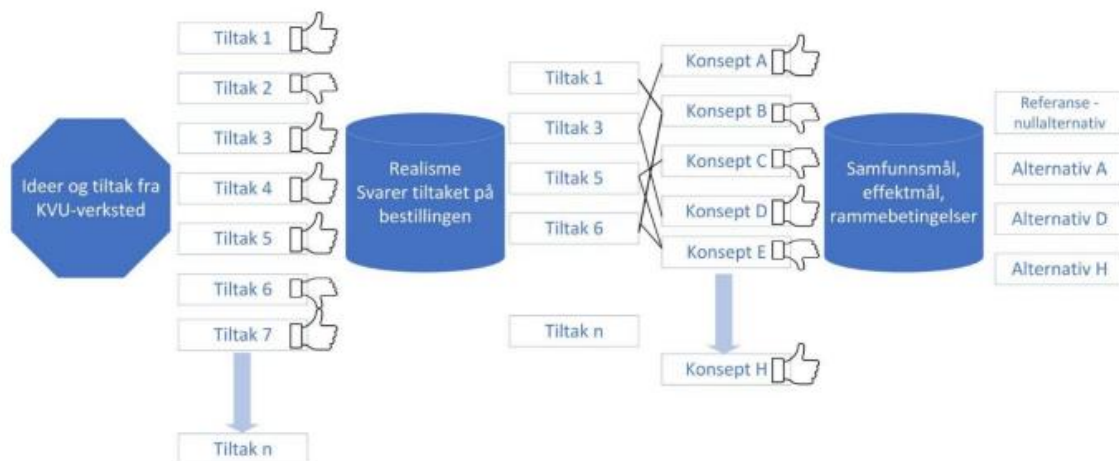
Basert på problembeskrivelsen og behovsanalysen, samt definerte strategiske mål og rammebetingelser defineres et mulighetsrom som utforskes i mulighetsstudien. Mulighetsstudien innebærer en bred tilnærming til hva som er mulige alternative løsninger.

Ifølge statens prosjektmodell skal mulighetsstudien utforske mulighetsrommet som defineres av problem, behov, mål og rammebetingelser (Finansdepartementet, 2019). Mulighetsstudien skal identifisere alle relevante løsninger som alene eller i kombinasjon kan løse problemet og oppfylle samfunns mål og effektmål innenfor rammebetingelsene. Alle aktuelle tiltak og virkemidler skal undersøkes på tvers av berørte statlige virksomheter. Mulighetsstudien avsluttes med en grovsiling der de identifiserte konseptene vurderes ut fra rammebetingelser og måloppnåelse.

### 6.1 Mulighetsstudien i KVVU

Det er i KVVU blitt gjennomført flere åpne og kreative prosesser med deltagelse fra sentrale interessenter for å kartlegge mulighetsrommet, blant annet KVVU-verksted og workshops, se Figur 8. Prosess mulighetsrom under KVVU-verksted. Hentet fra KVVU. I KVVU-verkstedet var mange interessenter samlet for å diskutere hvilke muligheter som finnes, gjennom bruk av firetrinnsmodellen.

Det ble benyttet erfaringer fra «Bedre nettdekning langs jernbanen» under KVVU-verkstedet, og figuren under oppsummerer hvordan ideene fra KVVU-verksted er samlet, strukturert, grovsilt og til slutt endt opp som konsepter.



Figur 8. Prosess mulighetsrom under KVVU-verksted. Hentet fra KVVU.

Det er i KVV gjennomført en mulighetsstudie for å identifisere løsningsalternativer i flere ulike steg:

1. Gjennomgang av de ulike nødvendige systemkomponenter som trengs i et 5G-nett for FRMCS, for å få kunnskap om mulige konstellasjoner for eierskap.
2. Identifisere og vurdere ulike former for eierskapsmessige forhold i FRMCS-nettet for å kunne finne aktuelle og realistiske eierskapskonsepter.
3. Vurdere frekvensbruk i de ulike konseptene (jernbane, kommersielle frekvenser, hybrid mellom jernbane og kommersielle, eller flere kommersielle)
4. Grov evaluering av konseptene med hensyn på 16 ulike vurderingskriterier.
5. Grovsiling
6. Prioritering og valg av 6 konsepter som er aktuelle for grundigere analyse i alternativanalysen (Se Tabell 8).

I mulighetsstudien til KVV ble det identifisert 68 mulige eierskapskombinasjoner. Etter drøfting og gjennomgang av disse for å finne ut de aktuelle konseptene, ble frekvensbruk trukket inn som en ny dimensjon i mulighetsromet. Utreder endte opp med 18 nye kombinasjoner. Disse 18 konseptene gjennomgikk en grov evaluering basert på 16 ulike vurderingskriterier. Etter denne grovsilingen var det seks ulike alternativer som ble valgt til å gjennomgå en grundigere analyse i alternativanalysen.

Prosessen for kartleggingen av mulige alternativer har i KVV inkluderte studier av andre relevante KVV-er og utredninger, i tillegg til workshoper i prosjektgruppen, samt eksterne eksperter deltakelse fra jernbanesektoren.

Tabell 8 Oversikt over alternativene som er aktuelle for grundigere analyse. Hentet fra KVV

Alternativ	1	2	3	4	5	6
MCx	BN	BN	BN	BN	BN	BN
Kjernenett	BN	MNO	1 MNO	BN+MNO	BN+3MNO	3 MNO
RAN	BN	MNO	1 MNO	BN+MNO	BN+3MNO	3 MNO
Frekvenser	RMR	RMR	Komm.	RMR+komm	RMR+komm	Komm.

## 6.2 Kvalitetssikrers vurdering av mulighetsstudien

KVV dekker et stort mulighetsrom ift. eierskaps- og driftsmodell. Mulighetsrommet for eierskap og drift av de 5 komponentene i et FRMCS-nett spennes ut kombinatorisk og dekker dermed alle 32 teoretisk mulige kombinasjoner.

Eierskap og drift er en viktig dimensjon; dagens GSM-R-nett er eid, operert og vedlikeholdt av Bane NOR. FRMCS-løsningen er grunnleggende ulikt bygget opp, og dette gjør det mulig å etablere tjenester på en helt annen måte. Dette reflekteres i måten KVV er inndelt på i komponenter i mulighetsstudiet. Vi mener KVV på en god måte kartlegger og vurderer muligheter som oppstår ved endringen.

Innledningsvis i mulighetsstudien reduseres antall kombinasjoner basert på vurderinger av hva som er hensiktsmessige kombinasjoner for eierskap og drift for de 5 angitte komponentene. Deretter ses det på ulik grad av eierskap for MNO-er for disse og i siste ledd utføres en tilsvarende øvelse ved ulik frekvensbruk. Reduksjonen resulterer i 18 konsepter.

Vi mener reduksjonen av antall kombinasjoner er gjennomført og dokumentert på en god og hensiktsmessig måte der like og lite relevante alternativer fjernes mens mulighetsrommet ikke innskrenkes.

Deretter utføres en grovsiling av de 18 konseptene. I grovsilingen benyttes 16 vurderingskriterier som vi mener er relevante, men ikke eksplisitt knyttet til effektmålene i KVVU. Det gjør det innledningsvis utfordrende å se sammenhengen mellom vurderingskriteriene og effektmålene, men også dette vurderes å være ivarettatt. Vurderingskriteriene med tilhørende vurderinger gir et godt bilde av styrker og svakheter ved de ulike konseptene.

Basert på dette utføres drøftinger, der f.eks. alternativer som overfører passiv infrastruktur til kommersielle aktører siles ut. Dette gir 6 alternativer som har ulike fordeler og ulemper basert på kombinasjoner av eierskap, grad av tjenestekjøp og frekvensbruk – alternativer vi ser som både hensiktsmessige og sentrale; *Alternativene er både mulige løsninger og spenner ut mulighetsrommet.*

Når det gjelder MCx så er dette relativt nytt og det er usikkert om installasjoner for et nytt nøydnnett vil gi støtte til nødvendige funksjoner i FRMCS. Derfor støtter vi også prosjektets anbefaling om at MCx bør inkluderes i Bane NOR sitt budsjett, men at mulige synergier mot øvrige prosjekt også her må evalueres i det videre arbeidet.

Vi mener at de ulike kombinasjonene som er vurdert i mulighetsstudien innebærer tilstrekkelig ulik grad av nyinvesteringer, fornyelse og gjenbruk av eksisterende infrastruktur slik at de skisserte alternativene ivarettar hensikten med 4-trinnsmetodikken i en KVVU.

Vi vurderer generelt mulighetsrommet til å ha tre dimensjoner; drifts- og eierskapsmodell, teknologi og tid:

- Innenfor dimensjonen *drifts- og eierskapsmodell* mener vi at KVVU vurderer et bredt og dekkende spekter av ulike eierskaps- og driftsmodeller.
- Innenfor *teknologi* savner Vi en drøfting knyttet til bruk av annen teknologi, f.eks. satellitter. Det er ikke konseptuelt forskjellige alternativer som vurderes, men innføring av samme teknologi i alle alternativ. Vi mener det kan eksistere et mulighetsrom som ikke er drøftet, eksempelvis omtaler ikke KVVU muligheten for bruk av satellitt for økt redundans, selv om satellitt nevnes som potensiell teknologibærer for FRMCS av UIC på nettsidene sine. Selv om det er usikkert i hvilken grad denne teknologien kan benyttes, er dette et spørsmål som kan komme opp på et senere tidspunkt og derfor burde vært omtalt.
- Vi mener at *tidsdimensjonen* gir muligheter for trinnvis utvikling, men at dette ikke er gjengitt i mulighetsstudien eller reflektert i utarbeidelsen av alternativene i selve KVVU. Dette er imidlertid et forhold som er videre belyst gjennom kommunikasjonen med prosjektet i kvalitetssikringsprosessen, og senere beskrevet i nevnte tilleggsnotat, der utreder utforsker tidsdimensjonen i form av trinnvis utvikling ved å dele prosjektet FRMCS opp i to prosjekter: 1) Fornyelse av passiv infrastruktur, og 2) «Teknologiskiftet fra GSM-R til FRMCS».

## 7 Alternativanalyse

Vår rammeavtale med Finansdepartementet beskriver innledningsvis følgende om alternativanalysen:

---

*Leverandøren skal vurdere om de oppgitte alternativer fanger opp de konseptuelle aspekter som anses mest interessante og realistiske innenfor det identifiserte mulighetsrommet. Det skal videre vurderes:*

- *hvorvidt de oppgitte alternativer vil bidra til å realisere samfunns mål og effektmål for prosjektet.*
  - *i hvilken grad de oppgitte alternativer tilfredsstiller rammebetingelse som er satt.*
  - *om relevante alternativer er utelatt gjennom silingsprosessen.*
  - *om nullalternativet er utformet i tråd med gjeldene krav.*
- 

### 7.1 Vurderinger av KUVens alternativanalyse

I alternativanalysen gjøres det en kostnad-/virkningsanalyse hvor alternativenes kostnader knyttet til investering og drift sammenlignes opp mot ikke-prissatte virkninger. I dette kapitlet blir KUVens alternativanalyse gjennomgått. Kapitlet avsluttes med vår samlede vurdering av KUVens alternativanalyse.

#### 7.1.1 Alternativene og grovsiling

Fra mulighetsstudien er det totalt seks alternativer som tas med til alternativanalysen. Alle seks alternativene innebærer å erstatte dagens GSM-R-teknologi med FRMCS. Det er i så måte ikke seks konseptuelt forskjellige alternativer som vurderes, men snarere innføring av samme teknologi. Forskjellen mellom alternativene er knyttet til eierskapstruktur og fordeling mellom det private og det offentlige, grad av tjenestekjøp og bruk av frekvenser (som videre har konsekvens for antall basestasjoner).

Nullalternativet beskrives i KUV som dagens GSM-R nett (2G) slik det eksisterer i dag. Dette innebærer kun bruk av jernbanefrekvenser og et radioaksessnett med ca 650 lokasjoner. Det eksisterer i dag ikke MCx ettersom dette er et begrep som introduseres med 5G. Dagens virksomhetskritiske tjenester for jernbanemål leveres i kjernenettet.

Norge er forpliktet gjennom jernbanesamarbeidet i Europa å innføre FRMCS. Samtidig vil systemstøtte fra leverandører for GSM-R opphøre. Prosjektet oppgir dette som årsaker til at nullalternativet basert på dagens løsning ikke er et reelt alternativ og at alle tiltaksalternativene baserer seg på FRMCS-standard.

Nullalternativet, definert som videreføring av dagens GSM-R teknologi, forkastes som et reelt valgbart alternativ. Dette er som følge av at systemstøtte vil opphøre etter hvert som GSM-R utfases internasjonalt og at Norge forplikter seg gjennom europeisk jernbanesamarbeid å innføre FRMCS. De seks alternativene som medtatt med videre i alternativanalysen etter grovsilingen er oppsummert i Tabell 9.

## KS1 FRMCS Fremtidig Togkommunikasjonssystem for Jernbane

Tabell 9. Alternativene som tas med videre i alternativanalysen i KVU.

Alternativ	Beskrivelse	Frekvenser	Radio aksessnett (RAN)	Kjernenett	Mission Critical (MCx)
1	Alt eies, opereres og driftes av Bane NOR og det benyttes frekvensressurser avsatt for jernbanen i 900MHz-båndet	Kun jernbane-frekvenser (RMR)	Eies av Bane NOR	Eies av Bane NOR	Eies av Bane NOR
2	Fortsatt frekvensressurser avsatt for jernbanen, men radio aksessnett og kjernenett opereres, drites og eies av samme kommersielle operatør	Kun jernbane-frekvenser (RMR)	Mobilnettoperatør	Mobilnettoperatør	Eies av Bane NOR
3	Frekvensressurser som benyttes er kommersielle frekvenser som operatøren allerede disponerer. Samme operatør eier, opererer og drifter radio aksessnett og kjernenett	Kun kommersielle frekvenser	Mobilnettoperatør	Mobilnettoperatør	Eies av Bane NOR
4	Innebærer 2 nett hvor både Bane NOR og én kommersiell aktør eier, drifter og opererer hvert sitt radio aksessnett og kjernenett	Kommersielle frekvenser og jernbane-frekvenser (RMR)	Bane NOR og én mobilnettoperatør	Bane NOR og én mobilnettoperatør	Eies av Bane NOR
5	Fire kjernenett og radioaksessnett med Bane NOR og alle de 3 kommersielle operatørene.	Kommersielle frekvenser og jernbane-frekvenser (RMR)	Bane Nor og 3 mobilnettoperatør	Bane NOR og 3 mobilnettoperatør	Eies av Bane NOR
6	Tre kjernenett og radio aksessnett med de 3 kommersielle operatørene og hvor kun kommersielle frekvenser brukes	Kun kommersielle frekvenser	3 mobilnettoperatører	3 mobilnettoperatører	Eies av Bane NOR

### 7.1.2 Investeringskostnader

KVU har utarbeidet et anslag for samlet ikke-neddiskontert investeringskostnad for alle alternativer.

Grunnkalkylen er delt inn i 13 kostnadsposter som vist i Tabell 10 under. Deretter er kostnadspostene gruppert i fem hovedkategorier for å klargjøre skillet mellom passiv infrastruktur, ombordutstyr og øvrige tiltak.

Tabell 10. Kostnadsposter gruppert i fem hovedkategorier

Hovedkategorier	Kostnadsposter
Passiv infrastruktur	Nye siter MNOer <sup>4</sup> Ombygging installasjoner for RMR Passiv infrastruktur nye siter Bane NOR Tunnelradioanlegg Sanering GSM-R lokasjoner (passiv)
Aktiv infrastruktur	Radioaksessnett Transmisjon Kjernenett Sanering GSM-R utrustning og transmisjon
Tjenesteplattform	MCx
Ombordutstyr (brukerutstyr)	Ombordutstyr i tog og håndholdt
Gjennomføringskostnader	Intern Bane NOR kostnad Ekstern projektkostnad

Grunnkalkylen er vurdert på et overordnet nivå og består i hovedsak av grove anslag basert på estimater fra andre pågående prosjekter som f.eks. «Bedre nettdekning langs jernbanen» og ERTMS. I tillegg er det benyttet rammeavtaler, tilbudspriser, markedsundersøkelse, samt ekspertvurderinger fra utreder og tilknyttede rådgivere.

Basert på grunnkalkylen er det gjennomført en intern usikkerhetsanalyse. Resultatene fremkommer i Tabell 11.

Tabell 11. Resultater fra usikkerhetsanalyse. Hentet fra KVVU.

Resultater (tall i mill. ekskl. mva.)	Alt. 1 (900)	Alt. 1 (1900)	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4	Alt. 5	Alt. 6
Grunnkalkyle	2 823	3 063	3 033	3 145	3 108	3 151	3 205
Forventet kostnad	3 577	3 763	3 950	4 070	3 851	4 137	4 775
Forventet tillegg	311	293	447	390	281	485	946
Styringsramme P50	3 473	3 670	3 844	3 968	3 751	4 014	4 592
Standardavvik	1 214	1 180	1 274	1 232	1 241	1 605	2 136
Kostnadsramme P85	4 687	4 850	5 118	5 200	4 992	5 619	6 728
Rel. Std. Avvik	30 %	28 %	29 %	27 %	29 %	35 %	40 %

### 7.1.3 Prissatte virkninger

Det er i KVUen ikke prissatte nyttevirkinger i noen av alternativene. Den samfunnsøkonomiske analysen som gjøres er derfor en kostnads/-virkningsanalyse, hvor nyttesiden behandles som ikke-prissatte virkninger. På kostnadssiden er, i tillegg til investeringskostnadene, de forskjellige alternativenes konsekvens for drift og vedlikehold, samt tjenestekjøp beregnet og verdsatt.

<sup>4</sup> Mobilnettoperatørene

KVU deler driftskostnadene inn i driftskostnader for anleggsperiode og for analyseperioden. Det legges til grunn en anleggsfase på fem år og en analyseperiode på 10 år, med oppstart av anleggsperioden i 2028. Driftskostnadene som er beregnet omfatter:

- Lisens- og supportkostnader
- Driftskostnader kjernenetts
- Driftskostnader radionett
- Driftskostnader tunnelradioanlegg
- Driftskostnader passiv infrastruktur for GSM-R og FRMCS
- Fornyelse av radionett

Tabell 12 oppsummerer KVUens beregnede driftskostnader per alternativ.

Tabell 12. Beregnede driftskostnader per alternativ. Hentet fra KVU og analyseunderlag.

Tall i mill. kr ekskl. mva	Referanse	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4	Alt. 5	Alt. 6
<b>Sum driftskostnader i anleggs- og analyseperiode (ekskl. abonnementskostnader)</b>	3 301	3 424	1 307	1 775	3 469	2 738	2 048
<b>Sum driftskostnader i anleggs- og analyseperiode (inkl. abonnementskostnader)</b>	3 301	3 424	1 912	2 380	4 073	4 543	3 853

I KVUens tabell 19 er det oppgitt at driftskostnader i anleggs- og analyseperiode er inkludert mobilabonnementskostnader, men tallene som fremgår er ekskludert mobilabonnementskostnader. Tabell 12 over viser beregnede driftskostnader oppgitt i KVU (ekskl. mobilabonnementskostnader), og rettede verdier inkl. mobilabonnementskostnader.

Som del av driftskostnadene er det, i alternativene som omfatter bruk av kommersielle frekvenser, inkludert kostnader for kjøp av mobilabonnement av det offentlige fra kommersielle mobilnettoperatører. Denne kostnaden er ikke inkludert som en netto kostnadspost i analysen, men sett på som en overføring fra det offentlige til det private og dermed at kostnaden motsvares med en inntekt for det private. Effektivitetstapet ved å finansiere dette kjøpet over offentlige budsjett med skatteinntekter er derimot inkludert.

Videre benytter KVU forventet kostnad fra gjennomført usikkerhetsanalyse for investeringskostnadene. Se Tabell 13.

Tabell 13. Forventningsverdier fra investeringskostnader.

	Referanse	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 5	Alt 6
<b>Forventningsverdier investeringskostnader</b>	0	3 577	3 427	3 127	3 851	4 137	3 492

Alle kroneverdier oppgis å være i 2022-kroner og diskontert til sammenstillingsåret 2025. Restverdier er ikke estimert, men omtalt kvalitativt.

Samlet er den samfunnsøkonomiske nåverdien av alternativenes kostnader i KVU, inkludert skattefinansieringskostnadene, vist i Tabell 14 med KVUens rangering av alternativene basert på dette.

Tabell 14. Diskonterte kostnader, skattefinansieringskostnader og rangering av Alternativer.

	Referanse	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 5	Alt 6
<b>Diskonterte kostnader</b>	2 208	5 265	4 245	4 632	5 518	5 271	5 381
<b>Skattefinansieringskostnader</b>	442	1 503	819	907	1 187	1 277	1 170
<b>Rangering</b>		3	1	2	6	4	5

#### 7.1.4 Ikke-prissatte virkninger

KVU har vurdert alternativene ut i fra følgende fem ikke-prissatte virkninger, se Tabell 15 under.

Tabell 15. Ikke-prissatte virkninger i KVU.

<b>Virkning i KVU</b>	<b>Beskrivelse i KVU</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fleksibelt og fremdriftsrettet</li> </ul>	<p><i>I dette legger vi hvor fleksibelt alternativet er med tanke på fremtidige behov, samt fremtidig teknologisk og markedsmessig utvikling. Dette kan gjerne kalles «futureproofness». Med dette mener vi fleksibilitet og skalerbarhet med tanke på tilpasninger av infrastruktur, maskinvare og programvare for å møte fremtidige behov.</i></p> <p><i>Hvor lett og i hvilken grad dette lett lar seg gjøre, vurderes. At alternativet har en oppbygning av nettet som gjør det fremtidsrettet, slik at det i minst mulig grad eksisterer kostnadskrevende hinder og begrensninger som gjør det vanskelig eller kostbart å holde tritt med den teknologiske utviklingen for mobile nett. Et høyt utviklingstempo og raskinnovasjonstakt i bransjen skaper behov for å følge utviklingen i det kommersielle markedet</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Effektiv utnyttelse</li> </ul>	<p><i>I dette legger vi at infrastruktur i norske mobilnett og annen ekom-infrastruktur utnyttes på en god og kostnadseffektiv måte. At både mobilnett og enkeltlokasjoner eid av kommersielle og statlige aktører utnyttes på en måte som gir gjensidig nytte, som i et samfunnsøkonomisk perspektiv gir gevinst. At utnyttelse av nett og infrastruktur som allerede eksisterer gjøres på en slik måte at synergier oppnås. Dette kan blant annet skje ved at aktører innplasserer seg hos hverandre eller ved deling av radioaksessnett. Samordning og samvirke og med «Nytt nødnett» og prosjektet «Bedre nettdekning langs jernbanen» er en viktig del av dette.</i></p>



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Innlåsingseffekt og konkurransevridning</li> </ul>	<p><i>I innlåsingseffekt legger vi forhold som kan være til hinder for å kunne bytte leverandør. Dersom en leverandør vanskelig kan byttes ut, fordi kontraktuelle forhold, markedsforhold eller andre forhold gjør dette vanskelig, kan man sies å være innlåst. En leverandør av tjenester eller utstyr kan få stor makt over kjøper, dersom det gir store kostnader eller ulemper å skifte til en annen tilbyder. Konkurranse-vridende vil si at det frie markedet påvirkes på en slik måte at det skapes skjevheter i konkurransen. Hvis et statlig tjenestekjøp fra en operatør fører til en konkurransemessig fordel i markedet for denne, vil dette gi negative følger for både konkurrentene og den frie konkurransen.</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementering</li> </ul>	<p><i>Konsekvenser av implementering og migrasjon fra GSM-R til FRMCS er en vesentlig del av dette. GSM-R og FRMCS vil måtte sameksistere i en gitt periode før GSM-R kan fases ut, og en «smertefri» migrasjonsfase og overgang til nytt nett er ønskelig. Implementering av FRMCS om bord i tog er også en del av dette. I tillegg må interoperabilitet med naboland ivaretas i implementeringsfase og migrasjon</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ytre miljø</li> </ul>	<p><i>Med dette mener vi i hvilken grad alternativet påvirker det ytre miljø på en negativ måte. Inngrep i natur, naturmangfold eller dyrket mark vil representere negative konsekvenser. Bygging av nye lokasjoner og fremføring av kraft vil medføre naturinngrep med negative virkning på det ytre miljø. Ettersom beliggenhet for nye lokasjoner ikke er kjent er det ikke tatt utgangspunkt i tandardmetodikk fra Håndbok V712, men gjort en samlet vurdering av omfang ut fra hvor mange lokasjoner som må etableres.</i></p>

Virkningene analyseres ved å angi en konsekvens for alle alternativene basert på virkningenes verdi og alternativenes påvirkning. Verdi er bestemt i en tredelt skala fra *lav* til *middels* og *positiv*. Påvirkning måles i en syvdelt skala; *liten negativ*, *middels negativ*, *stor negativ*, *ubetydelig*, *liten positiv*, *middels positiv* og *stor positiv*.

KVUen oppsummerer resultatene av analysen av de ikke-prissatte virkningene i Tabell 16.

Tabell 16. Analyse av ikke-prissatte virkninger. Hentet fra KVVU.

<b>Ikke-prissatte</b>	<b>Alt 1</b>	<b>Alt 2</b>	<b>Alt 3</b>	<b>Alt 4</b>	<b>Alt 5</b>	<b>Alt 6</b>
<b>Fleksibelt og fremdriftsrettet</b>	++	++	+++	+++	+++	++++
<b>Effektiv utnyttelse</b>		++	+++	++	++	++++
<b>Innlåsingseffekt og konkurransevridding</b>	+	---	---	+	++	++
<b>Implementering</b>			++			
<b>Ytre miljø</b>	---	---	----	---	---	----
<b>SUM</b>	<b>0</b>	<b>-2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

Videre omtaler KVVU restverdier kvalitativt som et eget delkapittel. Her konkluderer KVVU med at det er grunnlag for å forvente at investeringer og reinvesteringer i systemer og kompetanse og utvikling av teknologi vil kunne gjenbrukes etter endt analyseperiode, i tillegg til passiv infrastruktur.

#### 7.1.5 Realopsjoner

KVVU trekker frem den korte levetiden til dagens GSM-R-infrastruktur som årsak til at det ikke eksisterer realopsjoner knyttet til utsettelse av FRMCS. Videre trekker KVVU frem at det vil komme ny beslutningsrelevant informasjon som fører til en realopsjonsverdi ved å utsette deler av prosjektet:

*«...Det er videre kjent at det vil komme ny beslutningsrelevant informasjon i tiden som kommer, som indikerer at det eksisterer realopsjonsverdier ved å utsette beslutningen om endelig valgt alternativ så lenge som mulig. Det er en betydelig del av kostnadene som er teknologi-uavhengig og kan gjennomføres uten å vente på de endelige spesifikasjonene for FRMCS»*

#### 7.1.6 Fordelingsvirkninger

I analysen av potensielle fordelingsvirkninger av tiltaket trekker KVVU frem fordelingen av investeringene mellom offentlige og private budsjetter. I enkelte alternativ vil private mobilnettoperatører måtte ta en del av investeringskostnaden. Det er ikke trukket frem ytterligere fordelingsmessige virkninger av tiltaket.

#### 7.1.7 Vår vurdering av alternativanalysen i KVVU

Vi deler prosjektets vurdering om at det ikke eksisterer et valgbart nullalternativ som baserer seg på dagens 2G-teknologi. Dette ville både være i strid med føringer og regelverk knyttet til det felleseuropeiske jernbanesamarbeidet, samt medføre å basere fremtidig togfremføring på teknologi hvor teknologiske komponenter og systemstøtte utfases i analyseperioden.

Vi anser det som førende for alternativene at FRMCS innføres og at det i så måte ikke eksisterer konseptuelt forskjellige alternativer i teknologivalget. Alternativ 1 til 6 representerer et bredt mulighetsrom når det kommer til eierform og muligheten til å løse problemet ved bruk av både kommersielle og statlige ressurser og alternativene vil bidra til å oppnå samfunns målet som er satt. Alternativ 1 representerer et alternativ med full statlig kontroll og Alternativ 6 et alternativ med full kommersialisering (med unntak av MCx).

Alternativene 2-5 representerer ulike mellomløsninger. Vi savner likevel en vurdering av hvordan andre teknologier kan tenkes å bidra til å løse behovet. Dette gjelder særlig mht. hvordan disse kan bidra til økt redundans. Satellitteknologi burde vært bedre drøftet i utredningen og nevnes også av UIC.

Det er dog en svakhet at KVVU baserer sin anbefaling av Alternativ 4 på at det i dag ikke er mulig å gjennomføre FRMCS basert på kommersielle frekvenser. Vi mener at dette er en for skarp tolkning gitt den usikkerheten som eksisterer knyttet til utviklingen i standarden. I KVVU trekker utreder selv frem denne usikkerheten og det har gjennom kvalitetssikringen fremstått som et uavklart moment om den endelige ratifiserte standarden vil åpne for bruk av kommersielle frekvenser eller ikke. KVVU anbefaler Alternativ 4, men samtidig påpekes det at dette ikke utelukker en senere overgang til andre alternativ, og utelukker heller ikke alternativ 3, 5 og 6. I tilleggsnotatet som ble oversendt fra utreder i løpet av kvalitetssikringsprosessen understreker utreder at ved å starte med passiv infrastruktur tidlig kan prosjektet deles opp, og at endelig konseptvalg med nyttevurderinger kan sees opp mot prosjektet KVVU «Bedre nettdækning langs jernbanen». Ettersom utreder ikke utelukker overgang til de andre alternativene innebærer dette at det er fornyelse av passiv infrastruktur som kan gjennomføres uavhengig av valgt alternativ. KVVU legger også vekt på denne muligheten i kapittelet om realopsjoner som vist i avsnitt 7.1.5. Dette er førende for spørsmålet om KVVU FRMCS skal beslutte et av de 6 alternativene på nåværende tidspunkt eller om det er mulig å utsette endelig konseptvalg for å kunne hensynta mer informasjon, redusere usikkerhet og sikre et best mulig beslutningsunderlag før beslutning.

Ser man utelukkende på den analyserte samfunnsøkonomiske nytten av alternativene er Alternativ 4 rangert som det dyreste (høyest kostnader) og som nummer 3 på ikke-prissatte virkninger. Det er Alternativ 6 som fremstår som alternativet med høyest rangering basert på samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Alternativ 4 anbefales derfor som følge av gjennomførbarhet, men denne anbefalingen tar ikke hensyn til muligheten for å kunne utsette endelig konseptvalg og ved et senere tidspunkt kunne ta beslutning om alle alternativene 1 - 6.

Vi mener det er ulike gjennomføringsmodeller for FRMCS som er sentralt i hvilken anbefaling som bør gis beslutningstaker på nåværende tidspunkt og at det på senere tidspunkt vil komme verdifull informasjon som kunne vært hensyntatt. Dette er omtalt videre i vår vurdering av mulighetsstudien, men også videre i vår selvstendige samfunnsøkonomiske analyse og vurderinger knyttet til virkninger og realopsjoner, og til slutt i kapittel 10.1. Det er samtidig viktig å presisere at KVVU åpner for overgang til andre alternativ på et senere tidspunkt og at det i tilleggsutredningen har fremkommet vurderinger som er i tråd med å utsette endelig valg av alternativ.

### **7.1.7.1 Investeringskostnader og usikkerhetsanalyse**

Vi har i liten grad innvendinger til selve metodikken som er brukt. Anslaget er beregnet i henhold til standard metodikk for prosjekter i tidlig fase der usikkerheten er stor.

Alle resultater er imidlertid angitt eksklusive merverdiavgift. Dette til tross for at retningslinjene stiller krav til at dette skal være inkludert, jf. R-108, kap. 5.6. For sporbarhet og sammenligning har vi valgt å presentere egne resultater på samme format som KVVU, ekskl. mva. Ettersom alle kostnader i hovedsak består av vare- og tjenestekjøp kan mva. legges til med et flatt påslag på 25 %. Et mer presist anslag vil kreve en grundigere gjennomgå av kostnadspostene.

Vi mener at utreder kunne vært grundigere i sin dokumentasjon av både grunnkalkylen og usikkerhetsanalysen. Grunnkalkylen består av til sammen 13 poster, men det er bare syv av dem som er beskrevet i KVVU, jf. kap. 7.3.1. Beskrivelsene av kostnadspostene er mangelfulle og får basiskostnaden til å fremstå som lite transparent. Dette skyldes i hovedsak at det mangler en samlet og strukturert beskrivelse av forutsetninger, beregningsmetode og kilder for hver enkelt kostnadspost.

Etter gjennomgang av grunnkalkylen med prosjektet har enkelte kostnadsposter blitt justert. Dette omfatter utelatte, uspesifiserte og justerte kostnadsposter, se nærmere detaljer i kap. 7.2.3

Videre er det heller ikke angitt prisnivå på anvendte kilder. Nærmere undersøkelser har avdekket at deler av analysen ikke er omregnet til reelle 2023-kroner slik det er oppgitt i usikkerhetsanalysen.

KVVU mangler en fremstilling av en overordnet prosjektnedbrytningsstruktur<sup>5</sup> (PNS) med en fremdriftsplan som begge er sentrale elementer i oppbyggingen av en kostnads- og usikkerhetsanalyse.

Prosjektnedbrytningsplan deler opp prosjektet i hensiktsmessige tiltak som kan kostnadsfastsettes. I dette prosjektet er dette særlig betydningsfullt fordi den største kostnadsbæreren, tunnelradioanlegg som utgjør 40-50 % av basiskostnaden, fremkommer ikke av illustrasjonen som KVVU bruker til å beskrive komponenter i et fremtidig FRMCS-nett, jf. figur 12, KVVU kap. 6.3.1.

Fremdriftsplanen fordeler tiltakene ut i tid som er sentralt for å vurdere prosjektets usikkerheter, særlig mht. gjennomføringen. Tidsplan som er angitt i Figur 30, i KVVU kap. 10.2, er for overordnet og gir lite grunnlag for å vurdere plan for videre arbeid. Tidsplanen bør som et minimum vise overordnede arbeidspakker og hovedleveranser fordelt ut i prosjektløpet. Særlig i dette prosjektet er det sentralt fordi prosjektet er komplekst og har mange vanskelige grensesnitt mot andre prosjekter, mot drift, vedlikehold og andre linjeaktiviteter. I tillegg skal den utvikle deler av tjenerplattformen MCx og integrere FRMCS på samtlige tog i Norge.

Prosjektet har i ettertid, som forberedelse til vår selvstendige usikkerhetsanalyse, oversendt en generisk prosjektnedbrytningsstruktur og overordnet fremdriftsplan som gjelder på tvers av alternativene. Disse er vedlagt vår selvstendige usikkerhetsanalyse.

Vi savner også en samlet og strukturert dokumentasjon av hvilke muligheter og risikoer som er gjeldende for både estimatusikkerhet og usikkerhetsdrivere. Normalt dokumenteres dette i et usikkerhetsregister eller i dokumentasjonsark for hvert usikkerhetselement. Eksempelvis er det estimatusikkerhet fra -75 % til +500 % for tjenesteplattformen MCx i Alternativ 6 uten at det er beskrevet hva usikkerheten og konsekvensen er, jf. KVVU, Vedlegg 5 - Usikkerhetsanalyse.

Etter møte og dialog med kalkulatør i Bane NOR har vi inntrykk av at grunnkalkylen er godt fundert. Vi forutsetter derfor at kalkylen holder tilfredsstillende kvalitet og at anvendte kilder og erfaringstall er relevante for dette prosjektet.

---

<sup>5</sup> Usikkerhetsanalysen henviser det til en prosjektnedbrytningsstruktur, men denne viser oppbyggingen av analysemodellen, jfr. UA kap. 3.1.

### 7.1.7.2 Prissatte virkninger

På overordnet nivå støtter vi at analysen gjennomføres som en kostnad-/virkningsanalyse hvor nyttevirkninger behandles som ikke-prissatte virkninger. Vi har ikke avdekket at sentrale virkninger er utelatt eller at det er virkninger som med fordel burde vært prissatt, men avdekket enkelte kostnadselementer som har vært utelatt for enkelte alternativer.

Det ligger til grunn en rekke forutsetninger og beregninger for inndata i den samfunnsøkonomiske analysen i KVVU. Disse er ikke tilstrekkelig gjort rede for i KVVU og burde med fordel vært inkludert som et dokumentasjonsnotat som vedlegg på linje med vedlegget for usikkerhetsanalysen. Beregninger og inngangsdata til den samfunnsøkonomiske analysen er hentet fra flere ulike kilder, blant annet Bane NOR og eksterne konsulenter, og forutsetningene bak disse tallene er sentrale i tolkningen og den videre analysen.

For eksempel brukes det inngangsdata knyttet til driftskostnader for enkelte elementer som inkluderer antagelser om levetid, fornyelse og vedlikehold som er sentrale i hvordan disse inngangsdataene skal brukes i den samfunnsøkonomiske analysen videre. Gjennom kvalitetssikringen har det kommet frem enkelte utelatte kostnader og feil som ville vært avdekket i et slikt dokumentasjonsnotat. Dette gjelder:

- Driftskostnader for MCx er utelatt for Alternativ 2. Dette er en kostnadspost som utgjør 20-30% av driftskostnadene i analyseperioden for øvrige alternativer.
- Driftskostnader for MCx varierer betydelig på tvers av alternativene. I forbindelse med vår selvstendige samfunnsøkonomiske analyse har det fremkommet at det ikke er noen grunn til at kostnadsposten skal variere mellom alternativer.
- Interne prosjektkostnader for Bane NOR knyttet til drift og fornyelse av radioaksessnett, kjernenett, transmisjon og tunnelradioanlegg ble utelatt i anleggsfasen for samtlige alternativer.
- Inngangspriser benyttet i analysen er ikke prisjustert til 2022-kroner, selv om dette er det oppgitte kroneåret i KVVU. I kostnads-/virkningsanalysen er det benyttet priser fra 2019-2022 til å estimere fremtidige kostnader, uten at disse er prisjustert til samme kroneår.

### 7.1.7.3 Ikke-prissatte virkninger

Det gjøres gode og detaljerte kvalitative vurderinger av de ikke-prissatte virkningene i KVVU. Det er tydelig at det er gjort vurderinger knyttet til de forskjellige tiltakenes konsekvenser på en objektiv måte og basert på faglig kompetanse, og at ressurser med tilstrekkelig teknisk kompetanse har bistått i arbeidet.

I verdsettingen av virkningene gis hvert alternativ en konsekvens for hver ikke-prissatte virkning basert på verdi og påvirkning. Denne konsekvensen verdsettes med pluss/minus-metoden som gir hvert alternativ et gitt antall pluss-tegn (+) eller minus-tegn (-) per virkning. Det fremkommer av underlaget at rangeringen av alternativene på de ikke-prissatte virkningene er basert på en summering av pluss- og minustegn på tvers av virkningene. Dette er metodisk feil og er en av risikoene ved å benytte pluss/minus-metoden som har gjort at DFØs (Direktoratet for forvaltning og økonomistyring) veileder har gått bort fra denne metodikken. I dette tilfellet fører det til at en positiv konsekvens på virkninger som er sammenfallende med prosjektets samfunns- og effektmål utlignes av en negativ konsekvens for andre virkninger. Videre er begrunnelsene for både påvirkning og verdi for hver enkelt virkning i stor grad skjønsmessig basert og i liten grad støttet av kvantitative størrelser. Det

ville vært hensiktsmessig å si mer om hvem som blir berørt, hvor mange som berøres og hvilken betalingsvillighet som kan ligge til grunn også i analysen av de ikke-prissatte virkningene.

Virkningene i seg selv fremstår som relevante og de mest sentrale virkningene i prosjektet, men det er ikke tydelig hva som er de faktiske samfunnsøkonomiske virkningene basert på beskrivelsene gjengitt i Tabell 15. Beskrivelsene av virkningene er i stor grad basert på en ønsket fremtidig situasjon og det fremkommer ikke tydelig hva som gjør at utreder dette er en samfunnsøkonomisk gevinst eller kostnad som følge av tiltaket. Hovedprinsippene som skal ligge til grunn er at konsekvensene er verdt det befolkningen samlet sett er villig til å betale for å oppnå eller unngå den. Eksempelvis er betalingsvilligheten til samfunnet for et fleksibelt og fremtidsrettet togkommunikasjonssystem knyttet til mulighet for nye tjenester og applikasjoner, som igjen kan gi et togtilbud med bedre kvalitet eller en mer kostnadseffektiv drift, men dette kommer ikke tydelig frem i verdsettingen av denne virkningen i KVVU.

#### **7.1.7.4 Usikkerhet**

Driftskostnadene utgjør en stor andel av kostnadsbildet på tvers av alternativene i KVVU. Om lag 40% av totale kostnader er driftskostnader i anleggsfasen og analyseperioden. Disse beregningene hviler på en rekke usikre forutsetninger som ikke er belyst i KVVU, selv om noe av dette omtales enkelte steder i utredningen.

Følgende forutsetninger anses som spesielt viktige med hensyn til i hvor stor grad de er kostnadsdrivere og i hvor stor grad det er usikkerhet knyttet til forventet verdi:

- Driftskostnader for MCx
- Mobilabonnementskostnader

Vi vil i kvalitetssikrers selvstendige samfunnsøkonomiske analyse gjennomføre en følsomhetsanalyse for alternativenes beregnede nåverdi med variasjoner i disse forutsetningene

## 7.2 *Kvalitetssikrers selvstendige samfunnsøkonomiske analyse*

---

*Leverandøren skal videre for hvert alternativ:*

- *vurdere avhengigheter og grensesnitt mot andre prosjekter.*
- *vurdere om nødvendig vedlikeholdsinfrastruktur og utstyr er medregnet og godt tilpasset prosjektets behov.*
- *utføre en usikkerhetsanalyse etter samme mønster som ved KS2 for investeringskostnadene, men tilpasset det presisjonsnivå for grunnkalkyle og uspesifiserte poster som etter god prosjektstyringspraksis kan forventes i konseptfasen.*
- *gjøre beregninger over usikkerheten knyttet til drifts-, vedlikeholds- og oppgraderingskostnader og over nyttesiden relatert til samfunns mål og effektmål, herunder eventuelle inntektsstrømmer.*

*Leverandøren skal utføre en selvstendig samfunnsøkonomisk analyse av alternativene i henhold til det til enhver tid gjeldende rundskriv R-109 fra Finansdepartementet.*

---

### 7.2.1 Prinsipielt om å utsette deler av prosjektet og gjennomføre gjennom en trinnvis utvikling

Vi argumenterer i denne KS1 for å utsette det endelige konseptvalget. Dette under forutsetning om at fornyelse av deler av den eksisterende passive infrastrukturen kan igangsettes før endelig konseptvalg må tas. Vi baserer denne anbefalingen på flere forhold:

- **Behov for å ta ut synergier og samordne med andre prosjekter**  
Det er et behov for å samordne prosjektene FRMCS og «Bedre nettdekning langs jernbanen» og vurdere tiltakene sett opp mot «Nytt nødnett» uavhengig av utviklingen i standarden for FRMCS. Synergier med disse prosjektene var også en konkret del av bestillingen fra Samferdselsdepartementet. Ettersom det er mulig å begynne fornyelse av passiv infrastruktur, mener vi det er fornuftig å bruke tid på å samkjøre tiltakene i prosjektene. Et slikt utredningsarbeid kan resultere i videre optimalisering av alternativene og endringer i anbefalt konsept og kostnader.
- **Sannsynlighet for at andre bedre alternativ blir mulig**  
Som nevnt er alternativene 3, 5 og 6 basert på bruk av kommersielle frekvenser. Dersom EU-standard for FRMCS som i dag ikke er vedtatt åpner for dette vil dette muliggjøre disse alternativene. Vi vil i den samfunnsøkonomiske analysen vise at dette har en stor potensiell nytteverdi.
- **Behov for økt kunnskap om cybersikkerhet**  
Ny standard for cybersikkerhet CLC/TS50701:2023 vil påvirke mulighetsrommet gjennom nye krav til informasjon og cybersikkerhet som vil gjelde for jernbanesektoren. Disse kravene har ikke blitt utredet i KVVU og en ny standard for dette området vil innebære at det kan bli behov for tid for etatene og sektoren å bli mer modne slik at alle relevante aspekter tas inn i beslutningen

### 7.2.2 Forutsetning om ledig tilgjengelig kapasitet

Erstatningen av dagens GSM-R (2G) teknologi med FRMCS (5G), slik den er utredet i KVVU, innebærer potensielt både statlige og private investeringer, tjenestekjøp og utbygging av infrastruktur. Det er i enkelte alternativer i KVVU lagt til grunn at det offentlige kjøper mobilabonnement fra det private. Disse kjøpene er i analysen inkludert som utgift for det

offentlige, men også som en inntekt for det private. I det samfunnsøkonomiske regnskapet gjør dette at kostnaden for mobilabonnement utlignes og det kun er kostnaden ved effektivitetstapet ved å finansiere kjøpet over offentlige budsjetter som gjenstår (skattefinansieringskostnad). I utgangspunktet skal kostnaden av mobilabonnementene inngå som kostnader for samfunnet i en samfunnsøkonomisk analyse. Dette fordi det utløste ressursbehovet (mobilabonnement) har en alternativkostnad lik ressursens verdi ved beste alternative anvendelse. Uten å inkludere denne alternativkostnaden forutsettes det implisitt at det vil eksistere ledig og tilgjengelig kapasitet for det behovet tiltakene utløser. Det har fremkommet gjennom kvalitetssikringen at dette vil være tilfellet for FRMCS gjennom eksisterende og utbygget kapasitet i alternativene og det legges derfor ikke til grunn en alternativkostnad for mobilabonnementene i tillegg til utbyggingskostnader og fornyelseskostnadene som inkluderes i analysen.

### 7.2.3 Investeringskostnader

Vi har gjenbrukt forutsetningene som ligger til grunn i KVVU, men etter gjennomgang med prosjektet har vi gjort enkelte justeringer i basisestimatet.

På tvers av alternativene korrigeres Tunnelradioanlegg med en uteglemt post, enhetspris for Radioakksessnett økes med et uspesifisert påslag, og anslag for Tjenesteplattformen MCx økes basert på ny prisinformasjon. Videre legges sanering av passiv og aktiv infrastruktur til på flere alternativer, og omfang av ombygging installasjoner for RMR økes. For øvrig øker basiskostnaden på grunn av justering av prisnivået på flere poster. Intern Bane NOR-kostnader øker også som følge av at den beregnes ut ifra simulerte forventningsverdier istedenfor deterministiske verdier som i KVVU. Nærmere detaljer fremkommer av Kvalitetssikrers selvstendige usikkerhetsanalyse.

KVVU har kostnadsberegnet to versjoner av Alternativ 1, et for 900 frekvensbåndet, og et for 1900 frekvensbåndet. I vår selvstendige usikkerhetsanalyse vurderer vi kun 900 frekvensbåndet, fordi utreder opplyser om at bruken av 1900 frekvensbåndet ikke er et realistisk alternativ.

Kostnadsestimatene er vurdert på et overordnet nivå og forutsetter å dekke hele omfanget av nødvendige anskaffelser som trengs for et komplett fungerende system. Kostnadsstrukturen er videreført fra KVVU, men omgruppert i fem overordnede hovedposter for å klargjøre skillet mellom tiltak og aktører. Se Tabell 10.

Kilder som har blitt brukt i basisestimatet er referanseprosjekter, rammeavtaler og tilbudspriser fra Bane NOR, markedsinformasjon (RFI-svar), ekspertvurderinger fra Bane Nor, Opak/Rambøll, Technogarden og DSB (Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap).

Med utgangspunkt i basisestimatet har vi gjennomført en selvstendig usikkerhetsanalyse som er dokumentert i Vedlegg 1 Kostnadsestimat og usikkerhetsanalyse. Prisnivå for analysen er medio 2023. Vi har gjennomført en usikkerhetssamling over to dager med bred deltagelse. Det var en god miks av relevante roller, fagekspert og eksterne utfordrere som deltok og bidro på en god måte.



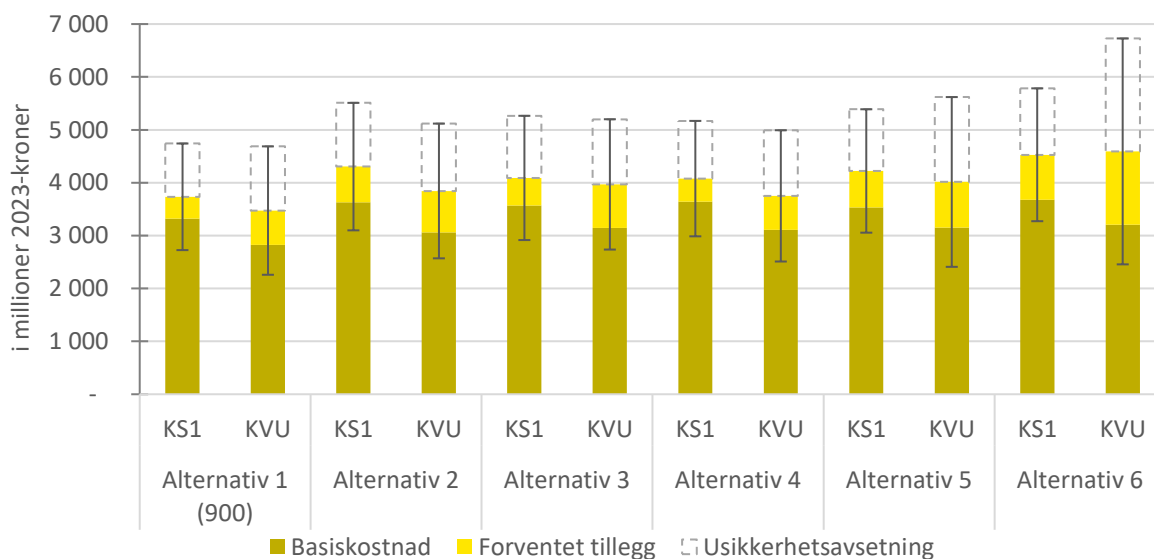
## KS1 FRMCS Fremtidig Togkommunikasjonssystem for Jernbane

Tabell 17. Hovedresultater fra vår usikkerhetsanalyse sammenlignet med KVV

Tall i millioner 2023-kroner		Alternativ 1 (900)	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4	Alternativ 5	Alternativ 6
<b>Basiskostnad</b>	KS1	3 322	3 632	3 567	3 644	3 532	3 680
	KVV	2 823	3 063	3 145	3 108	3 151	3 205
<b>Forventet tillegg</b>	KS1	411	673	523	433	690	848
	KVV	650	781	823	643	863	1 387
<b>Forventet kostnad P50</b>	KS1	3 733	4 304	4 090	4 077	4 222	4 528
	KVV	3 473	3 844	3 968	3 751	4 014	4 592
<b>Standardavvik</b>	KS1	26%	26%	28%	26%	26%	27%
	KVV	30%	29%	27%	29%	35%	40%
<b>Kostnadsramme P85</b>	KS1	4 742	5 510	5 265	5 169	5 389	5 784
	KVV	4 687	5 118	5 200	4 992	5 619	6 728

Forventet kostnad P50 øker for samtlige alternativer, det skyldes økningen i basiskostnaden til tross for at forventet tillegg reduseres. Det skyldes at vår analyse har mindre høyreskjeve spenn sammenlignet med KVV. Dette gjelder særlig Alternativ 6 der redusert markedsusikkerhet og gjennomføringsrisiko trekker ned. I tillegg har vi identifisert muligheter for besparelser gjennom teknologisk utvikling.

Kostnadsrammen P85 øker noe for alternativene 1-4, men reduseres for alternativene 5-6. Årsaken er at usikkerhetsavsetningen reduseres som følge av noe smalere usikkerhetsspenn ettersom prosjektet har modnet noe. Det er størst endring for alternativene 5 og 6. Det er primært drevet av redusert usikkerhet på tjenesteplattformen (MCx), samt redusert prosjektmodenhet i Alternativ 5 og redusert markedsusikkerhet i Alternativ 6. Ellers preges analysen av relativt like vurderinger som i KVV. Se Tabell 17 og Figur 9 for hovedresultater fra vår selvstendige usikkerhetsanalyse, sammenlignet med KVV.



Figur 9 Hovedresultater fra vår usikkerhetsanalyse sammenlignet med KVV

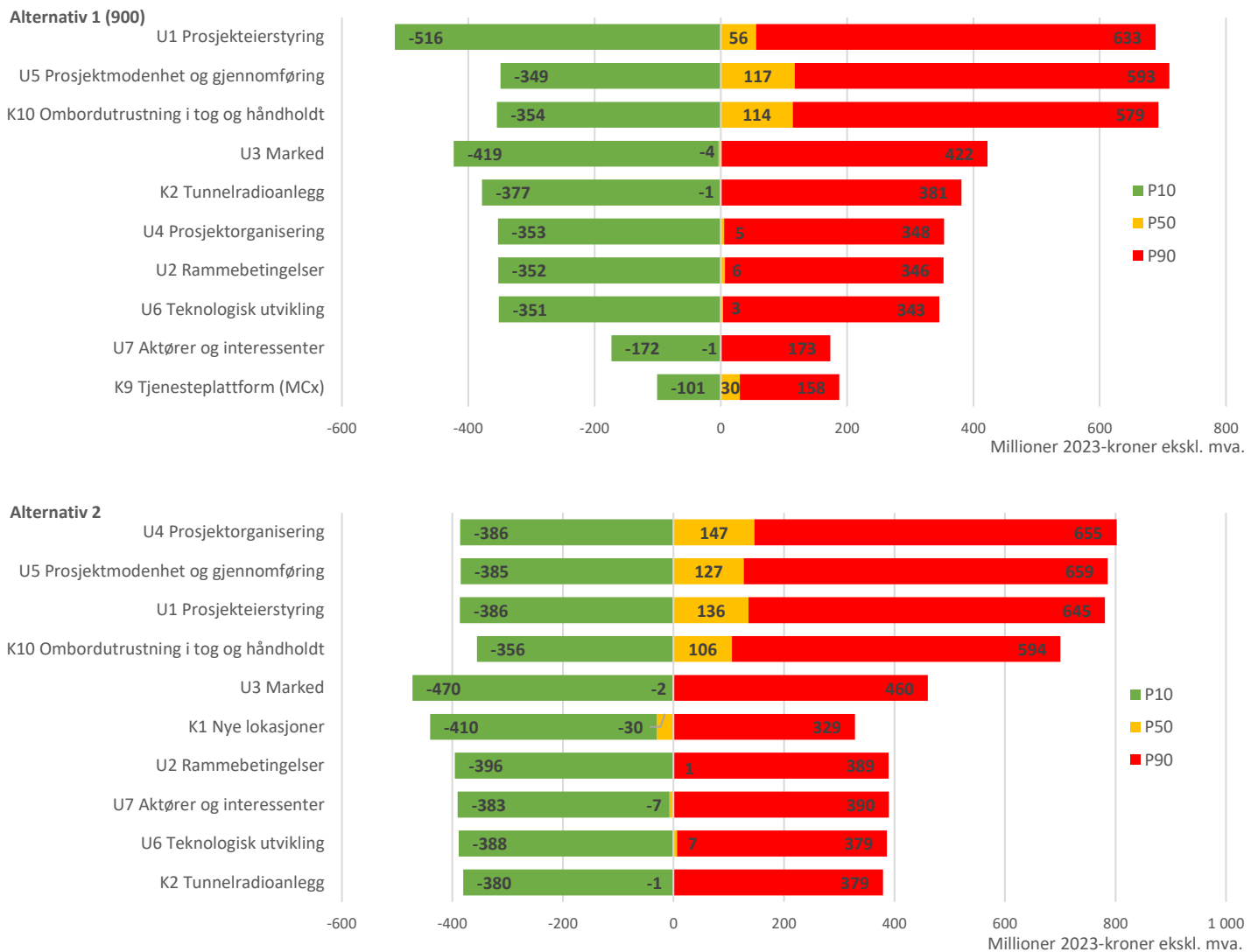
Resultatene viser at de viktigste usikkerhetene kan knyttes til prosjektmodenhet, gjennomføring og ledelsesaspektet ved prosjektet, som vist i tornado-diagrammene under,

## KS1 FRMCS Fremtidig Togkommunikasjonssystem for Jernbane

Tabell 18. Diagrammene viser hvilke usikkerhetslementer (kalkyleposter og usikkerhetsdrivere) som bidrar mest til den totale kostnadsusikkerheten, rangert med størst usikkerhet øverst. Grønn søyle viser potensial for kostnadsreduksjon, mens rød søyle viser potensial for kostnadsøkning i forhold til basiskostnaden. Den gule stolpen i midten viser differansen mellom basisestimat og P50-verdien som representerer usikkerhetslementets bidrag på forventet tillegg.

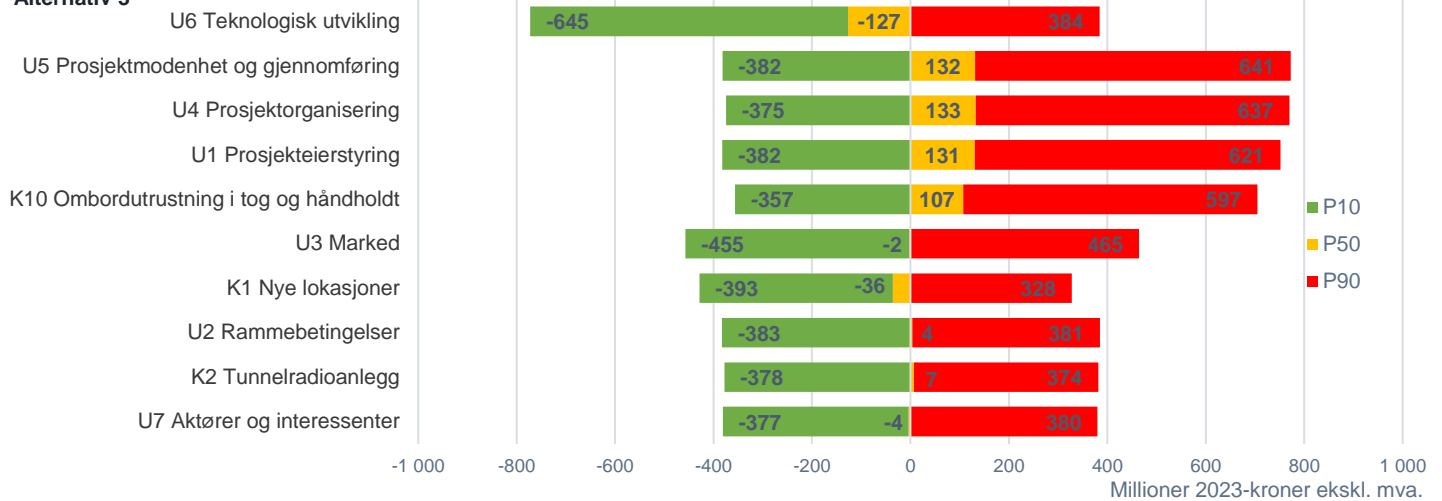
Deler av usikkerheten som er knyttet til prosjektmodenhet, gjennomføring og ledelsesaspektet ved prosjektet kan styres ved å gjøre et godt forarbeid og tilrettelegge for god prosjekterstyring (U1) og prosjektorganisering (U4). Prosjektmodenhet og gjennomføring (U5) er noe mindre kontrollerbar, men også her kan man ta aktive valg for å redusere kostnader.

Tabell 18. Tornadodiagram av alle alternativer analysert under kvalitetssikringsprosessen

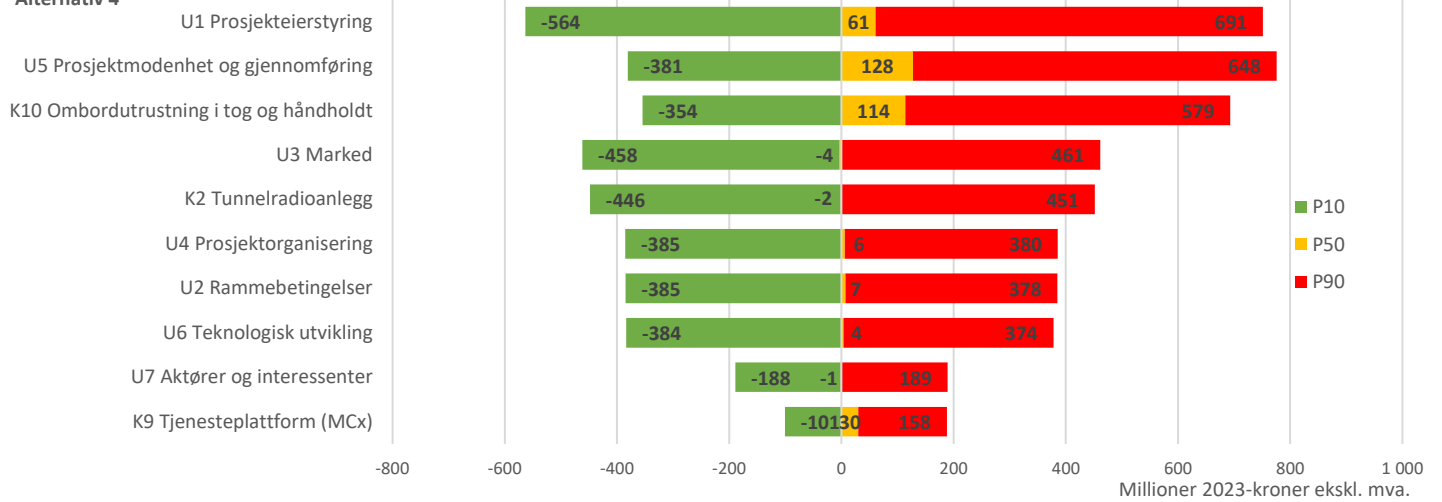


## KS1 FRMCS Fremtidig Togkommunikasjonssystem for Jernbane

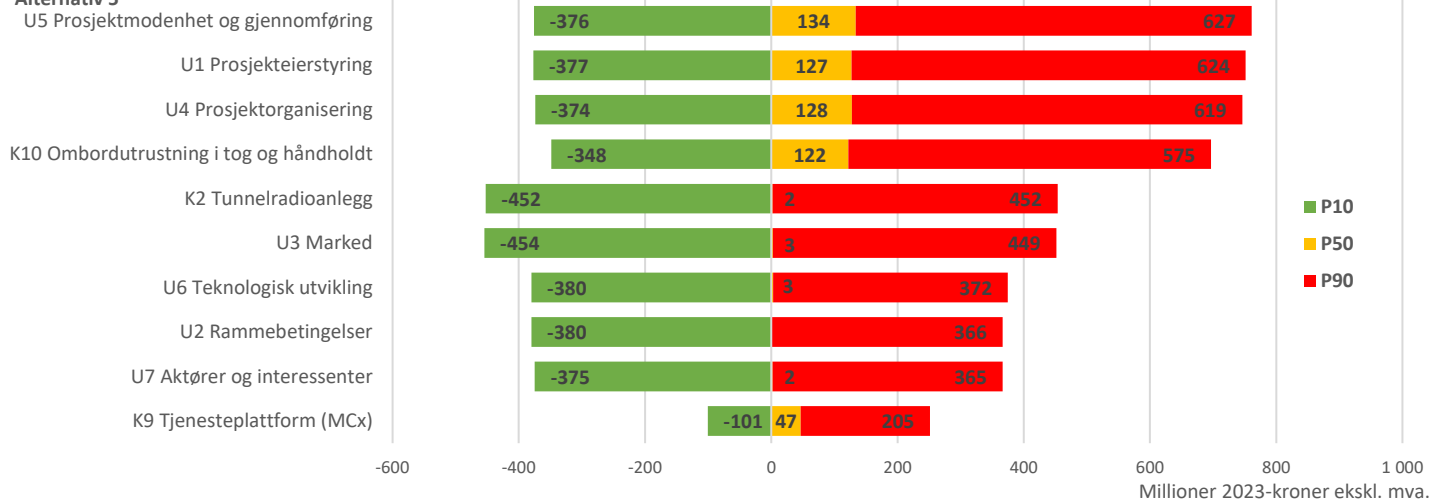
### Alternativ 3



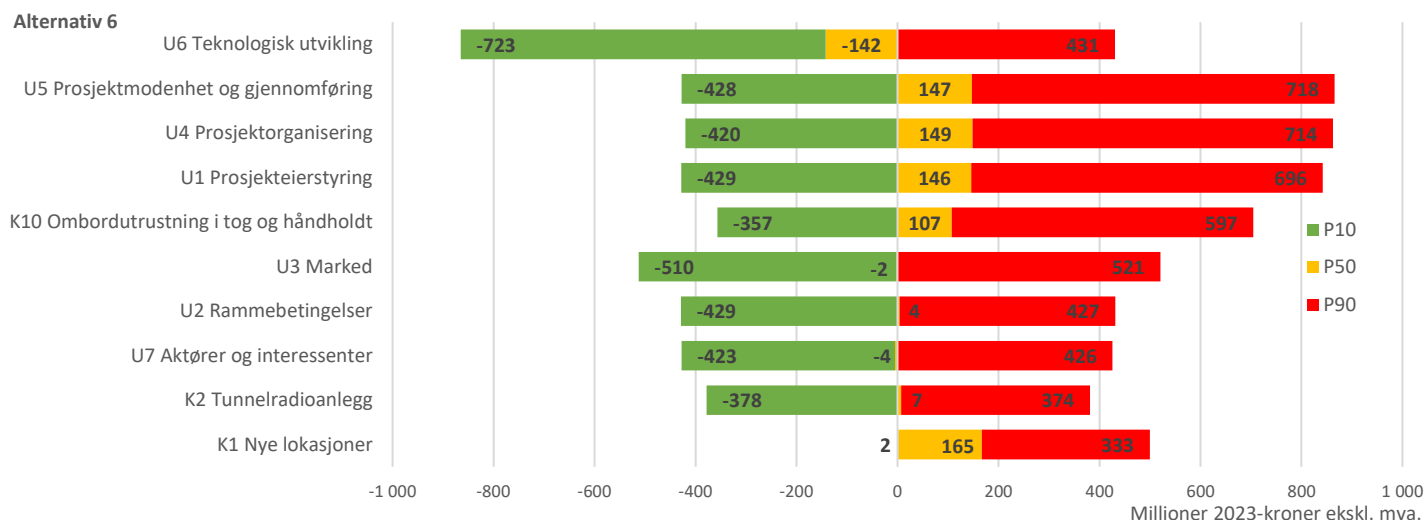
### Alternativ 4



### Alternativ 5



## KS1 FRMCS Fremtidig Togkommunikasjonssystem for Jernbane



Vår analyse viser at prosjektet bør modne løsningskonseptet videre, noe som vil kunne gi tydeligere estimater og bedre kontroll over kostnader og usikkerheter. Dette gjelder spesielt de største kostnadsdriverne for investeringstiltakene, herunder tunnelradioanlegg (K2) og ombordutstyr i kjøretøy (K10) hvor estimatusikkerheten med fordel kan reduseres.

Tilleggsnotatet til KVVU, nærmere evaluert i Kapittel 9, anbefaler en trinnvis gjennomføring fordelt på to prosjekter, et for passiv infrastruktur for elektronisk kommunikasjon, og et for teknologiskifte fra GSM-R til FRMCS. En todelt innretning vil kunne bidra til redusert gjennomføringsrisiko, samt at prosjektet vil kunne opprettholde fremdriften ved å kartlegge avhengigheter og hvilke aktiviteter som treffer kritisk sti i tidsplanen på et tidlig stadium.

Analysen viser også at samtlige alternativer kan dra fordel av effektiv ledelse fra både prosjekteier og prosjektorganisasjonen. Prosjektets størrelse, kompleksitet og mange grensesnitt vil kreve helhetlig planlegging og god koordinering for å ivareta synergier mot andre prosjekter og linjeaktiviteter. Prosjekteier bør tydelig definere prosjektets rammebetingelser og prioritering, samt sikre finansiering på tvers av involverte etater og private aktører.

### 7.2.4 Alternativer

Vi behandler de samme alternativene som i KVVU, men gjør en rekke endringer på enkelte forutsetninger og inndata for alternativenes investering- og driftskostnader. Videre har vi sett på muligheten for å endre gjennomføringsstrategi for å utnytte muligheten for å utsette beslutning om valg av frekvensbruk. Dette innebærer en oppdeling av prosjektet og trinnvis utbygging med passiv infrastruktur først og er i tråd med utreders tilleggsnotat som også har vært gjenstand for kvalitetssikring. Innholdet i de ulike alternativene er altså det samme som i KVVU. De ulike alternativene er beskrevet i Tabell 19.

## KS1 FRMCS Fremtidig Togkommunikasjonssystem for Jernbane

Tabell 19 Oppsummering av alternativene i KS1

Alternativ	1 (900)	2	3	4	5	6
Tjenesteplattform (MCx)	BN	BN	BN	BN	BN	BN
Kjernenett (CN)	BN	MNO	MNO	BN + MNO	BN + 3 MNO	3 MNO
Radioaksessnett (RAN)	BN	MNO	MNO	BN + MNO	BN + 3 MNO	3 MNO
Frekvenser	RMR	RMR	Kommersielle	RMR + Kommersielle	RMR + Kommersielle	Kommersielle
Nye lokasjoner	5	220	220	5	5	220
Karakteristikk	Videreføring av dagens løsning	La en MNO bruke RMR frekvenser	Kun bruk av et offentlig nett	Det offentlige nettet er kun et supplement	Delvis bruk av offentlig nett	Kun bruk av offentlige nett
Fordeler	Kjent oppsett og gjenbruk av driftsorganisasjon	Den valgte MNO vil nok også bygge ut eget nett	Standard utstyr og god dekning fra en MNO	Kjent oppsett tilsvarende dagens teknologiske løsning	Ingen doble investeringer der det allerede er dekning	Standard utstyr og meget høy grad av synergi og redundans
Ulemper	Ingen synergier eller redundans	Ingen redundans og avhengighet av MNO'ene	Ingen redundans og avhengighet av MNO'ene	Ingen synergier eller garantert redundans	Ingen synergier og kun redundans hos MNO'ene	Avhengighet av MNO'ene

### 7.2.5 Prissatte virkninger

Som del av kvalitetssikringen er det gjennomført en uavhengig kostnad-/virkningsanalyse hvor de prissatte virkningene er kostnadskonsekvensene av tiltaket og de ikke prissatte virkningene er nyttevirkinger av tiltaket. Vi vil i dette kapittelet beskrive de grunnleggende forutsetningene som ligger til grunn for estimatene for de prissatte virkningene knyttet til endringer i drift, vedlikehold, fornyelseskostnader og support og lisenskostnader og resultatene og rangering for de ulike alternativene.

#### 7.2.5.1 Forutsetninger

Vi benytter forventningsverdier for tallfestingen av virkninger i den samfunnsøkonomiske analysen.

Nedenfor oppsummeres de grunnleggende forutsetningene for analysen:

- Første år med investering: 2028
- Analyseperioden: 2033-2042
- Kalkulasjonsrente: 4 %
- Sammenstillingsår: 2025
- Kroneår: 2023

Vi legger til grunn en anleggsgfase fra 2028 til 2033 og en analyseperiode på 10 år. Kroneåret 2023 er året alle kroneverdier prisjusteres til og sammenstillingsåret 2025 er året alle verdier diskonteres til for å sammenligne nåverdier av kontantstrømmer som varierer over tid. Videre har vi spesielle analyseforutsetninger som er nærmere forklart i Vedlegget **Feil! Fant ikke referanseilden..**

Tabell 20 Spesielle analyseforutsetninger for driftskostnader i KS1

Forutsetning	Verdi	Beskrivelse
<b>Realprisjustering for enkelte komponenter</b>	0,8% årlig	Kostnader knyttet til oppgradering/fornyelse av radioaksessnett, kjernenett og transmisjon realprisindekseres i årene 2029 (ny rammeavtale inngås) til 2032 (siste år i anleggsfasen) for å hensynte økte kostnader knyttet til drift/fornyelse av GSM-R ettersom komponenter utfases.
<b>Interne prosjektkostnader for Bane NOR -påslag</b>	15%	Det er lagt et 15% påslag på oppgraderingskostnader for passiv infrastruktur, radioaksessnett, kjernenett og transmisjon for å hensynte administrative kostnader Bane NOR har knyttet til disse aktivitetene.
<b>Merkostnad ved tjenestekjøp - påslag</b>	8% (alt. 4) 12% (alt 5)	Påslag på driftskostnader for radioaksessnett og kjernenett i alternativ 4 og 5 for å hensynte kostnad knyttet til tjenestekjøp fra MNOer i tillegg til drift av eget nett.
<b>Innfasing av aktiv infrastruktur</b>	20% årlig	Det er lagt til grunn lineær innfasing av aktiv FRMCS-infrastruktur i anleggsfasen for å tidfeste driftskostnader for aktiv FRMCS-infrastruktur i perioden.
<b>Innfasing av mobilabonnementskostnader</b>	20% årlig	Det er lagt til grunn lineær innfasing av mobilabonnements i anleggsfasen for å hensynte innfasing av aktiv infrastruktur.
<b>Innfasing av MCx-kostnader</b>	20% årlig	Det er lagt til grunn lineær innfasing av MCx-kostnader i anleggsfasen for å hensynte innfasing av aktiv infrastruktur.

### Mobilabonnement

Mobilabonnement inngår som en kostnad for det offentlige og som en inntekt for det private. Netto kostnad i det samfunnsøkonomiske regnskapet består av skattefinansieringskostnaden som følge av at tiltaket er finansiert av skatteinntekter. Det er forutsatt at det er ledig tilgjengelig kapasitet for disse mobilabonnentene i alternativene. Det er usikkerhet knyttet til driftskostnader for mobilabonnement, da det ikke er bestemt hva slags abonnement som vil velges. Estimer av månedlige kostnader per bruker fremgår av RFI-svar fra MNOene som ble hentet inn ifm. KVVU. Høyt estimat er basert på abonnement med 10-30 GB/mnd., og lavt estimat er basert på abonnement med 1-3 GB/mnd. Forventningsverdien er snittet av høyt og lavt estimat. Årlige kostnader per abonnement utgjør kr 8.568 for høyt estimat, kr 3.768 for lavt estimat, og kr 6.168 i forventningsverdi. Det er lagt til grunn 10.000 abonnenter og det er

ikke vurdert å være usikkerhet knyttet til kvantum. I alternativ 2 til 4 hvor det kun er én MNO som tilbyr dekning er det lagt til grunn kostnader for 10.000 abonnement. I alternativ 5 og 6 er det lagt til grunn kostnader for 30.000 abonnement, da det er tre MNOer som tilbyr dekning. Utslag på nåverdiregningene under ulike forutsetninger for mobilabonnementskostnadene er vist i kapittel 7.1.7.47.2.5.3.

### Tjenestekritisk produksjonsplattform - MCx (Mission Critical)

MCx er betegnelsen for den delen som muliggjør oppdragskritiske og virksomhetskritiske tjenester. Dette er tjenester ut over det vanlig 4G eller 5G dekker. Det er stor usikkerhet knyttet til driftskostnader for MCx, da dette er et svært umodent marked med sprikende prisindikasjoner. I forbindelse med «Nytt nødnett» har Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) avledet estimater fra Sverige ved å skalere til antall brukerlisenser, samt justert for fordyrende FRMCS-funksjonalitet. Basert på dette har vi lagt til estimat på årlige kostnader per brukerlisens som utgjør kr 8.500 for høyt estimat, kr 3.500 for lavt estimat, og kr. 6.000 i forventningsverdi. Det er lagt til grunn 10.000 brukerlisenser, og det er ikke vurdert å være usikkerhet knyttet til kvantum. Utslag av estimatusikkerheten for MCx-driftskostnader er synliggjort i følsomhetsanalysen i 7.2.5.3.

### 7.2.5.2 Resultat

Tabell 21 Resultat av prissatte virkninger i KS1

Alternativer		0	1	2	3	4	5	6
<b>Investeringskostnader*</b> (nåverdi, forventningsverdi justert for restverdi, inkl. skattekostnader)	KS1	0	3 198	3 641	3 432	3 478	3 594	3 804
	KVU	0	3 533	3 797	3 926	3 804	4 087	4 588
<b>Driftskostnader*</b> (nåverdi, inkl. skattekostnader)	KS1	2 783	2 918	1 937	1 937	3 050	2 718	2 149
	KVU	2 649	2 784	1 267	1 613	2 892	2 461	1 962
<b>Levetidskostnader*</b> (nåverdi)	KS1	2 783	6 116	5 578	5 369	6 528	6 313	5 953
	KVU	2 649	6 318	5 064	5 539	6 696	6 547	6 551
<b>Rangering</b>	KS1	-	4	2	1	6	5	3
	KVU	-	3	1	2	6	4	5

\* Nåverdi i millioner 2023-kroner i 2025, ekskl. mva.

Alternativenes rangering ut fra prissatte virkninger endrer seg noe fra KVU til KS1, med unntak av Alternativ 4 som er rangert sist i både KS1 og KVU. Forventet investeringskostnad i KS1 reduseres i alle alternativer sammenlignet med KVU. Dette skyldes hovedsakelig redusert forventet tillegg. Forventet tillegg reduseres særlig i Alternativ 6. Dette forklarer hvorfor levetidskostnader reduseres særlig for alternativ 6, og hvorfor rangeringen endres fra nummer 5 til nummer 3 fra KVU til KS1. Det er også lagt inn restverdiregning av passiv infrastruktur og ombordutstyr, som reduserer estimerte investeringskostnader. Estimerte driftskostnader i KS1 øker i alle alternativer sammenlignet med KVU. Økningen skyldes at vi har prisjustert inngangspriser til 2023-kr, realprisjustert enkelte komponenter, inkludert kostnadsposter som var utelatt i KVU, samt lagt inn kostnadsprofiler (innfasing over tid) for

enkelte kostnadsposter. Beskrivelse av realprisjustering, kostnadsprofiler og enkelte utelatte kostnadsposter finnes i Vedlegg **Feil! Fant ikke referanseilden.** I Alternativ 2 er det i tillegg lagt inn driftskostnader for MCx som var utelatt i KVVU. Denne kostnadsposten forklarer hvorfor levetidskostnader øker særlig for Alternativ 2, og hvorfor alternativet er rangert som nummer 1 i KVVU og nummer 2 i KS1.

Målt i snitt på tvers av alternativene er de største kostnadsdriverne 1) investeringskostnader for tunnelradioanlegg (26%), 2) drift- og vedlikeholdskostnader for radioaksessnett, kjernetett og transmisjon (16%), og 3) investeringskostnader for ombordutstyr i tog og håndholdt terminal (12%).

### 7.2.5.3 Usikkerhet

Det er gjennomført følsomhetsanalyse av usikkerheten i driftskostnadsestimatene for mobilabonnement og MCx. Etter gjennomgangen i KS1 er det disse forutsetningene vi anser som sentrale for følsomhetsanalyse ettersom det er her det er knyttet størst usikkerhet for drift- og vedlikeholdskostnadene på tvers av alternativene.

Mobilabonnementskostnadene er lagt inn som en årlig kostnad per bruker. Denne kostnaden avhenger av antall GB per abonnement. Spennet i følsomhetsanalysen viser beregnet nåverdi for de ulike alternativene under forutsetning om lav, høy og forventet kostnad per år. Lavt estimat reflekterer 1-3 GB per måned, høyt estimat reflekterer 10-30 GB per måned. Basis estimat er verdien lagt til grunn i analysen som er et gjennomsnitt av de to.

Usikkerheten knyttet til MCx kostnadene er knyttet til hvor overførbart informasjonsgrunnlaget fra USA og Sverige er for driftskostnadene knyttet til MCx. Det er svært stor estimatusikkerhet da MCx-markedet er umodent, og DSB oppgir at prisindikasjonene de har fått fra markedet er veldig sprikende. Etter innspill fra DSB er det lagt til grunn OPEX på kr. 5.000 per brukerlisens per år, med en usikkerhet på -30% (lavt estimat) til +70% (høyt estimat). Basisestimat er et gjennomsnitt av lavt og høyt estimat, og er det som er lagt til grunn i analysen.

*Tabell 22 Estimatusikkerhet for mobilabonnement og MCx (driftskostnader) under viser endring i levetidskostnader (nåverdi i millioner 2023-kroner i 2025, ekskl. mva.) med henholdsvis lav og høy antagelse om mobilabonnementskostnader og MCx-kostnader.*

Kostnadspost	Forutsetning	Lav	Basis	Høy
Mobil- abonnement	GB per måned	1-3 GB	3-10 GB	10-30 GB
	Kroner per år per abonnement	3768,00	6168,00	8568,00
MCx	Kroner per år per lisens	3500,00	6000,00	8500,00



## KS1 FRMCS Fremtidig Togkommunikasjonssystem for Jernbane

Tabell 23 Endring i levetidskostnader ved høyt og lavt estimat for mobilabonnement og MCx

Alternativer	0	1	2	3	4	5	6
<b>Høyt estimat mobilabonnement</b>	0	0	41	41	41	123	123
<b>Rangering</b>	-	3	2	1	6	5	4
<b>Lavt estimat mobilabonnement</b>	0	0	-41	-41	-41	-123	-123
<b>Rangering</b>	-	4	2	1	6	5	3
<b>Høyt estimat MCx</b>	0	257	257	257	257	257	257
<b>Rangering</b>	-	4	2	1	6	5	3
<b>Lavt estimat MCx</b>	0	-257	-257	-257	-257	-257	-257
<b>Rangering</b>	-	4	2	1	6	5	3

Tabell 24 under viser beregnet nåverdi av alternativene med lav og høy diskonteringsrente, sammenlignet med det som er lagt til grunn i analysen.

Tabell 24 Nåverdi ved lav og høy diskonteringsrente

Nåverdi 2023-kr i 2025	Rangering	Lav	Basis	Høy
<b>Kalkulasjonsrente</b>		2 %	4 %	6 %
<b>Alternativ 1</b>	4	6 695	6 116	5 914
<b>Alternativ 2</b>	2	5 914	5 578	5 148
<b>Alternativ 3</b>	1	5 705	5 369	4 963
<b>Alternativ 4</b>	6	7 138	6 528	6 229
<b>Alternativ 5</b>	5	6 854	6 313	5 827
<b>Alternativ 6</b>	3	6 336	5 953	5 370

Selv om det er usikkerhet knyttet til mobilabonnementskostnader og MCx er rangeringen av alternativene basert på de prissatte virkningene robust for endringer i disse forutsetningene, samt kalkulasjonsrente.

## 7.2.6 Ikke-prissatte virkninger

I vurdering av de ikke-prissatte virkningene har vi valgt å bruke verdimatrisemetoden<sup>6</sup>. Metoden vurderer virkningene etter kvantum og enhetsverdi, som kombinert utgjør konsekvensen av virkningen.

- Vurdering av *kvantum* innebærer å vurdere hvor mange som påvirkes, og i hvilken grad og retning de påvirkes sett opp mot referansealternativet. Kvantum rangeres i utgangspunktet etter en syvdelt skala fra stort negativt til stort positivt.
- Vurdering av *enhetsverdi* innebærer å vurdere hvor betydningsfullt det som berøres av tiltaket er for ulike grupper i samfunnet eller for samfunnet som helhet. Enhetsverdien fastsettes med utgangspunkt i de berørte gruppenes betalingsvillighet vurderes på en tredelt skala fra liten til stor.

Skalaen for å vurdere konsekvensen av de ikke-prissatte virkningene er delt i ni trinn fra 'Meget stor negativ konsekvens' til 'Meget stor positiv konsekvens'. Dette gir en verdimatrise som vist under i Tabell 25.

Tabell 25. Verdimatrise

Enhetsverdi \ Kvantum	Liten	Middels	Høy
Stort negativt	Middels negativ	Stor negativ	Meget stor negativ
Middels negativt	Liten negativ	Middels negativ	Stor negativ
Lite negativt	Neglisjerbar	Liten negativ	Middels negativ
Verken positiv eller negativ	Neglisjerbar	Neglisjerbar	Neglisjerbar
Lite positiv	Neglisjerbar	Liten positiv	Middels positiv
Middels positiv	Liten positiv	Middels positiv	Stor positiv
Stor positiv	Middels positiv	Stor positiv	Meget stor positiv

### 7.2.6.1 Berørte aktører og virkninger

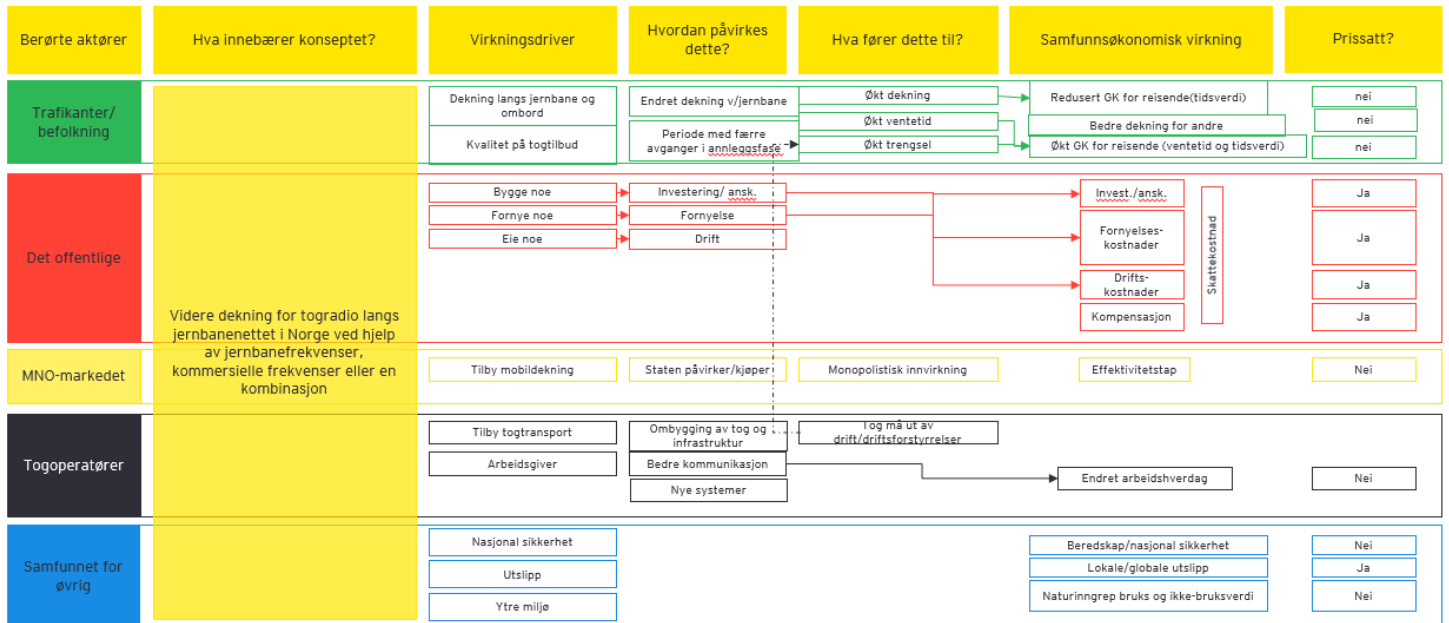
Vi har identifisert følgende berørte aktører, se Tabell 26 under.

Tabell 26. Berørte aktører.

Aktørgruppe	Beskrivelse
Trafikanter/befolkning	Den delen av befolkningen som blir berørt ved at de enten er togreisende eller at de bor/oppholder seg i geografiske områder som kan oppleve en endring i nettdekning.
Det offentlige	Gjelder offentlige virksomheter som påvirkes av tiltaket
MNO-markedet	Næringslivet, spesifikt mobilnettoperatører, som påvirkes av tiltaket
Togoperatører	Tilbydere av togtransport for befolkningen
Samfunnet for øvrig	Befolkningen for øvrig som påvirkes av tiltaket

<sup>6</sup> Jfr. DFØs Veileder i samfunnsøkonomiske analyser

Figur 10 nedenfor viser kartleggingen av de samfunnsøkonomiske virkningene for de berørte aktørene og hvilke egenskaper med konseptene som medfører endringer som resulterer enten i samfunnsøkonomisk nytte eller samfunnsøkonomiske kostnadsvirkninger. Dette gir oss et utgangspunkt for å identifisere virkningene av tiltakene og sikre at alle virkninger analyseres enten som prissatte virkninger eller ikke-prissatte virkninger, samt at vi ikke dobbeltteller virkninger.



Figur 10. Kartleggingen av samfunnsøkonomiske virkninger for berørte aktører og egenskaper, med samfunnsøkonomisk nytte eller kostnadsvirkninger.

Vi har basert på dette analysert følgende 10 ikke-prissatte virkninger:

1. Mulighet for bedre nettdekning
2. Generaliserte kostnader ved togtransport for øvrig
3. Effektivitetstap i MNO-markedet
4. Teknologi/kompetanse i MNO-markedet
5. Endret arbeidshverdag for operativt personale
6. Mulighet for bedre og mer kostnadseffektivt togtilbud
7. Lokale/globale utslipp
8. Naturinngrep
9. Beredskap
10. Security

I det videre følger en beskrivelse, samt vurderinger knyttet til antall berørte, enhetsverdi og påvirkning per berørt for hver enkelt virkning. Påvirkning i hvert alternativ er sett opp mot situasjonen i null-alternativet. Selv om dette ikke er et reelt valgbart alternativ, er dette felles referansepunkt for sammenligningen på tvers av alternativer.

**Virkning:**

## 1. Mulighet for bedre nettdækning

**Beskrivelse:**

Innføringen av FRMCS kan føre til bedre nettdækning for togreisende og personer som bor eller ferdes langs jernbanen. Denne virkningen er analysert med utgangspunkt i i hvilken grad alternativet legger til rette for bedre nettdækning i fremtiden og er tett knyttet til synergi med prosjektet «Bedre nettdækning langs jernbanen». Grunnen til at MNOene ikke tilbyr dekning, eller kun tilbyr i begrenset grad, i områder hvor jernbanen går, er fordi de ikke har ansett det som bedriftsøkonomiske lønnsomhet å bygge ut der. Disse områdene er ofte avsidesliggende, og dette gjør det dyrt å bygge ut. I tillegg er kundegrunnlaget er ofte begrenset til togreisende, turgåere og hyttebeboere. Dersom utbygging av FRMCS reduserer MNOenes kostnad av å etablere dekning i områder slik at det blir bedriftsøkonomiske lønnsomt, kan det føre til bedre nettdækning. Kostnadsreduksjon kan skje ved at f.eks. Staten bærer deler av kostnadene for utbygging og oppgradering av siter, slik at MNOene kun må betale merkostnaden for å innplassere seg på siter. Dekningskonkurranse blant MNOene er en annen driver for mulig bedre nettdækning langs jernbanen. I alternativer som krever full kommersiell dekning langs jernbanen geografisk dekning utbedres og det kan også medføre at økt dekning fra en operatør føre til at de andre operatørene også ønsker å etablere seg der for å konkurrere om kundemassen.

**Vurdering av kvantum (antall berørte og grad av påvirkning):**

Det er i dag god befolkningsdekning i Norge (99,9% av husstandene, 82% av arealet (NKOM)). Vi vurderer derfor at antall husstander som kan tenkes å påvirkes av dekningsutbyggingen langs jernbanen er svært begrenset. I tillegg til husstandene vil hytter og turgående/reisende som ferdes i områdene langs jernbanen kunne påvirkes, men vi anser dette som en liten gruppe. Videre vil det være de reisende på jernbanen hvor dekningen potensielt utbedres som får en nyttegevinst. Jernbanen har en markedsandel på ca 4,5% av all persontransport som tilsvarende om lag 230 millioner passasjerkilometer i løpet av et år (SSB), men det er kun en liten andel av disse som vil påvirkes av bedre dekning. Videre er det slik at FRMCS prosjektet legger til rette for utbedringer i denne dekningen i ulik grad i de ulike alternativene. I alternativ 6 bygges det ut full kommersiell dekning langs jernbanen og er det alternativet som har størst forventningsverdi, gjennom størst sannsynlighet for at de reisende opplever bedre dekning i fremtiden, selv om dette er en begrenset del av befolkningen totalt sett. I alternativ 5, 4 og 1 bygges det ikke ut kommersiell dekning og de reisende påvirkes ikke av investeringene som gjøres i tiltaket. Det kan allikevel være slik at når det offentlige bygger ut sin dekning, så kan dette gi insentiver for private aktører til å utbedre sin dekning (lavere kostnad ved utvidelse for å hensynta innplassering). Dette er eventuelt både en usikker og en senere effekt. Alternativene 2 og 3 representerer en mellomting mellom alternativ 6 og 1, 5 og 4.

Oppsummert: alternativ 1, 4 og 5 = *Neglisjerbar*. Alternativ 2 og 3 = *Lite positiv*. Alternativ 6 = *Middels positivt*

**Vurdering av enhetsverdi:**

Vi vurderer enhetsverdien for de som påvirkes til å være høy basert på tidligere verdsettingsstudier og beregninger gjort i KVVU «Bedre nettdækning langs jernbanen». Vi mener også denne er økende som følge av forventninger til dekning i fremtiden og graden av digitalisering og bruk av tjenester som krever nettdækning i fremtiden.

**Samfunnsøkonomisk verdi:**

Alternativ 1, 5 og 4 = *Ubetydelig/ingen*

Alternativ 2 og 3 = *Middels positiv*

Alternativ 6 = *Stor positiv*

**Virkning:**

2. Generaliserte kostnader ved togtransport for øvrig

**Beskrivelse:**

Generaliserte kostnader ved transport er begrepet for den totale byrden for den reisende. All transport er et nødvendig onde som konsekvens av at varer eller mennesker er et sted og ønsker å være eller behøves et annet sted. Generaliserte kostnader betegner derfor den samlede prisen for dette og omfatter ventetid, ombordtid, byttetid, forsinkelser etc. Økte generaliserte kostnader kan komme som følge av driftsforstyrrelser, i form av økt ventetid, trengsel og periode med færre avganger. Økte generaliserte kostnader for vareeiere (gods) i form av at de må bytte transportmiddel grunnet brudd på strekninger i anleggsfasen. Ordet for øvrig i navngivningen kommer av at vi nå ser bort i fra komfortelementet knyttet til nettdekning som inngår i virkning 1.

**Vurdering av kvantum (antall berørte og grad av påvirkning):**

Jernbanen har en markedsandel på ca 4,5% av all persontransport som tilsvarer om lag 230 millioner passasjerkilometer i løpet av et år (SSB). Ca 10 millioner tonn av godsmengden transporteres i dag på jernbanen, en andel på ca 2% av all godstransport. Tiltakets påvirkning vil avhenge av planlagt vedlikehold og koordinering med annet arbeid på strekningen, samt hva man klarer å planlegge i trafikkpakkene som etableres. I anleggsfasen planlegges det i utgangspunktet med koordinering opp mot planlagt vedlikehold og annet arbeid på strekningen, dette reduserer påvirkningen. Når det kommer til tunellarbeidet så avhenger påvirkningen av hvor raskt man får besluttet plan for ombygging og utgangspunkt er samme omfang på tvers av alternativene. Koordinering opp mot annet vedlikehold gjelder også for ombygging av togene slik at det vil være mulig å minimere den ekstra effekten FRMCS kan ha for antall tog i drift. Det er likevel en viss sannsynlighet for at det forekommer planlagte avvik. Det er 500 tog som skal bygges om og 400 tunneller. Det er vurdert at flere aktører involvert vil kunne øke risiko for at feilsøking i driftsfasen tar lenger tid, dersom det oppstår feil, men at redundans også reduserer sannsynligheten for at feil oppstår i utgangspunktet.

I alternativ 2, 3, 5 og 6 vurderes involveringen av MNO til å ha en negativt effekt på tilgang til feilsøking som gir en økt risiko for at feil fører til avvik, men at den negative effekten motvirkes som følge av økt redundans og lavere sannsynlighet for at feil oppstår i utgangspunktet. Den negative påvirkningen i alternativ 1 og 4 er vurdert lavest som følge av at Bane NOR har kontroll på feilsøkingen.

Oppsummert: alternativ 1 og 4 = *lite negativ*. Alternativ 2, 3, 5 og 6 = *liten til middels negativ* avhengig av effekten på feilsøking av flere aktører opp mot redundans.

**Vurdering av enhetsverdi:**

Vi vurderer enhetsverdien for de som påvirkes til å være høy for avvik som ikke er planlagte og liten for planlagte/varslede avvik og samlet sett er enhetsverdien satt til middels.

**Samfunnsøkonomisk verdi:**

Alternativ 1 og 4 = *Liten negativ*

Alternativ 2, 3, 5 og 6 = *Liten til middels negativ*

**Virkning:**

## 3. Effektivitetstap i MNO-markedet

**Beskrivelse:**

Konkurransesituasjonen i MNO-markedet påvirker hvor samfunnsøkonomisk effektivt markedet. Stor konkurranse gir et mer effektivt marked og liten konkurranse gir mindre effektivt marked. Statlig inngrep påvirker effektiviteten i markedet.

**Vurdering av kvantum (antall berørte og grad av påvirkning):**

Per 2023 er det 4,3 aktive millioner mobilabonnenter i Norge, hvorav de tre mobilnettoperatører Telenor, Telia og ICE har markedsandeler på henholdsvis 50%, 37% og 13% (Nkom). Graden av effektivitetstap vil avhenge av om tiltaket utløser en overføringseffekt i form av at mobilabonnenter bytter til den MNOen som har fått kontrakt i forbindelse med FRMCS. Det antas at MNOer som bygger ut dekning til togfremføring på en lokasjon også vil velge å bygge ut kommersiell dekning for reisende i området, da merkostnaden til dette er signifikant lavere enn å bygge ut utelukkende for reisende. En sentral driver for overføringseffekten er hvor mange MNOer som får kontrakt, hvilke(n) MNO som får kontrakt, samt avtaletype. Dersom én MNO får kontrakten og bygger ut dekning for reisende i områder hvor andre MNOer ikke tilbyr dekning, kan det utløse at reisende eller ferdende langs jernbanen velger å bytte til den MNOen. Dersom alle tre MNOer (Telenor, Telia og ICE) bygger ut dekning ifm. FRMCS, vil det ikke derimot utløse noen overføringseffekt knyttet til økt dekning. Telenor har allerede 8 750 basestasjoner, slik at en økning på ytterligere 200 (maks anslag) basestasjoner (2,5% økning) vil utgjøre en marginal forskjell i dekningstilbudet. Hva gjelder avtaletype vil kjøp av simkort direkte fra MNO medføre større effektivitetstap enn dersom Bane NOR inngår en roamingavtale med simkort fra Bane NOR som har tilgang til MNO-nett. Per i dag har Bane NOR en tilsvarende roamingavtale for 2G med Telenor. Effekten av avtaletype vil gjelde i de alternativene hvor både Bane NOR og én eller flere MNOer tilbyr dekning (alternativ 4 og 5).

Alternativ 1 vil ikke utløse noe effektivitetstap da det ikke er noen MNOer involvert. I alternativ 5 og 6 vil det inngås kontrakter med alle tre MNOene, og det legger til grunn at det utløses følgelig ingen overføringseffekt med påfølgende effektivitetstap. I alternativ 2, 3 og 4 hvor det inngås kontrakt med én MNO er det usikkerhet knyttet til hvilken operatør som får kontrakten, samt at graden av påvirkning dekning langs jernbanen vil ha på overføringseffekten anses å være begrenset. Alternativ 2, 3 og 4 vurderes derfor å ha en liten negativ grad av påvirkning på effektivitetstap i MNO-markedet.

Oppsummert: alternativ 1, 5 og 6 = *ubetydelig/ingen*. Alternativ 2, 3 og 4 = *liten negativ*

**Vurdering av enhetsverdi:**

Vi vurderer at enhetsverdien av effektivitetstap i MNO-markedet er middels. Det er i dag få aktører og et marked preget av stordriftsfordeler og avtagende gjennomsnittskostnader, med noen få tilbydere med store markedsandeler. En overføringseffekt kan på kort sikt slå ut i økte priser for konsumentene (inkl. Bane NOR), men det er sannsynlig at prisene presses ned igjen på lenger sikt ettersom øvrige MNOer vil ønske å bygge ut dekning i et område hvor én MNO har bygget ut (dekningskonkurranse).

**Samfunnsøkonomisk verdi:**

Alternativ 1, 5 og 6 = *Ubetydelig/ingen*

Alternativ 2, 3 og 4 = *Liten negativ*

<b>Virkning:</b>
4. Teknologi-/kompetanseløft i MNO-markedet
<b>Beskrivelse:</b>
Der FRMCS utløser private investering kan det også inkludere humankapital, teknologiske fremskritt og innovasjon, som bidrar til økt produktivitet i MNO-markedet.
<b>Vurdering av kvantum (antall berørte og grad av påvirkning):</b>
<p>Per 2023 er det 4,3 aktive millioner mobilabonnenter i Norge (Nkom), hvorav de tre mobilnettoperatørene Telenor, Telia og ICE har markedsandeler på henholdsvis 50%, 37% og 13% (Nkom). Tiltakets påvirkning avhenger av om MNOenes investeringer og tjenesteleveranser knyttet til FRMCS bidrar til oppbygging av humankapital og kompetanse, teknologiske fremskritt, og innovasjon som MNOene kan ha nytte av, men selv ikke ville realisert uten tiltaket. Områder som robusthet, digital sikkerhet og MCx kan være områder hvor MNOene kan kapitalisere på kompetanse. Dette gjelder spesielt for MCx-teknologi, da dette er en nytt felt hvor kompetanse kan være overførbart både nasjonalt og utenfor landegrensene.</p> <p>Samtidig er det en risiko for at MNOene ikke klarer å prise inn hele omfanget av kostnader som påløper ved å måtte vedlikeholde kompetanse om teknologi (5G) som snart er utdatert kommersielt, slik at jernbanen blir et teknologisk lodd. Jernbanen har rigid endringsregime hvor det tar tid å beslutte og gjennomføre endringer. Dette medfører at jernbanen typisk vil kunne henge etter det kommersielle markedet når det gjelder teknologisk standard, og at kommersielle leverandører dermed må bruke ressurser på å opprettholde kompetanse som de ellers ikke ville gjort. Vi vurderer at mulig gevinst ved å lære om jernbane (spesialkompetanse) er lav da jernbane er såpass særegen at kompetansen er av liten kommersiell verdi. Eventuell gevinst er knyttet til gjenbruk av jernbanekompetanse utenfor Norges grenser, og hvor det største markedet er i stor grad utviklingsland.</p> <p>Virkingen Teknologi-/kompetanseløft i MNO-markedet har en positiv retning i form av MCx-kompetanse, og negativ retning i form av at jernbanen henger teknologisk etter. Totalt sett vurderer vi disse effektene til å være små og vurderes effekten av tiltakene å være neglisjerbar.</p> <p>Oppsummert: alternativ 1, 2, 3, 4, 5 og 6 = <i>ubetydelig/ingen</i>.</p>
<b>Vurdering av enhetsverdi:</b>
Vi vurderer enhetsverdien for mobilnettoperatørene å være <i>middels</i> da dette er en næring hvor innovasjon og teknologi er viktig for konkurranseevnen.
<b>Samfunnsøkonomisk verdi:</b>
Alternativ 1, 2, 3, 4, 5 og 6 = <i>Ubetydelig/ingen</i>

**Virkning:**

5. Endret arbeidshverdag for operativt personell

**Beskrivelse:**

Dersom FRMCS/5G-teknologi bedrer kommunikasjonen internt mellom togleder og togansatte, eller medfører mindre komplekse verktøy, vil dette gjøre det lettere å tilby togtilbudet. Dersom drift og vedlikehold av FRMCS er enklere enn for GSM-R vil det være mindre komplekst for driftspersonell. Dette kan beskrives som bedret arbeidshverdag. Utgangspunktet for innføringen av FRMCS er at det ikke skal medføre noen endring, men det kan likevel være at operativt personell opplever endret arbeidshverdag i både migrerings- og driftsfasen.

**Vurdering av kvantum (antall berørte og grad av påvirkning):**

Berørt personell omfatter ombordpersonell, driftspersonell og sikkerhetsvakter (ved arbeids langs spor). Personellet berøres først i en migreringsperiode på 5 år ifm. overgangen fra GSM-R til FRMCS, og deretter i en driftsperiode på 10 år etter FRMCS er driftssatt.

For ombordpersonell innebærer migreringsfasen at de må håndtere ombordutstyr og håndholdte enheter som støtter både GSM-R og FRMCS. Det at de må forholde seg til flere systemer og enheter samtidig kan utgjøre en kompliserende faktor og endrer arbeidshverdagen i en negativ retning. Spesielt systemdriftspersonell vil kunne påvirkes negativt i migreringsperioden da de må drifte både FRMCS og GSM-R samtidig. Det er mindre negativ påvirkning for øvrig personell og sikkerhetsvakter da påvirkning er begrenset til 1-2 ekstra enheter på det meste. I driftsperioden kan operativt personell oppleve bedret arbeidshverdag. FRMCS er én «boks», mens GSM-R er flere, og dette reduserer kompleksiteten. Sikkerhetsvakter kan spesielt oppleve bedret arbeidshverdag ved at dere telefoner får større display som gjør det lettere å få oversikt over nødvendig informasjon.

Konsekvens for arbeidshverdagen virker i både positiv og negativ retning, avhengig om det er snakk om migreringsfase eller driftsfase. Det vurderes at den negative effekten i migreringsfasen er større enn den positive effekten i driftsfasen. Arbeidshverdagen vurderes å påvirkes lite negativt på tvers av alternativene som følge av anleggsfasen.

Oppsummert: alternativ 1, 2, 3, 4, 5 og 6 = *lite negativt*.

**Vurdering av enhetsverdi:**

Enhetsverdien er vurdert til middels da håndtering av enheter og drift av systemer utgjør en relativt stor andel av arbeidshverdagen for operativt personell.

**Samfunnsøkonomisk verdi:**

Alternativ 1, 2, 3, 4, 5 og 6 = *Liten negativ*



**Virkning:**

6. Mulighet for bedre og mer kostnadseffektivt togtilbud

**Beskrivelse:**

Togtilbudet påvirkes gjennom graden av funksjonalitet, og dersom funksjonaliteten øker kan togtilbudet blir bedre. Økt datakapasitet kan gi mulighet for økt funksjonalitet og dermed bedre togtilbud i fremtiden. Som følge av at konseptvalget er begrenset til å omfatte basis togfremføring, vil ikke FRMCS alene medføre endret funksjonalitetsnivå. Det er likevel relevant å vurdere i hvilken grad alternativene tilrettelegger for økt funksjonalitet på et senere tidspunkt. Dette vurderes ut fra «hva som gjenstår» for å oppnå økt funksjonalitet i tiltaksscenarioene. Funksjonalitet er blant annet knyttet til tjenester relevant innen smart vedlikehold som for eksempel vibrasjonsmonitorering etc.

**Vurdering av kvantum (antall berørte og grad av påvirkning):**

Jernbanen har en markedsandel på ca 4,5% av all persontransport som tilsvarer om lag 230 millioner passasjerkilometer i løpet av et år (SSB). Ca 10 millioner tonn av godsmengden transporteres i dag på jernbanen, en andel på ca 2% av all godstransport. I forslag til statsbudsjett for 2024 ble det forslått å bevilge 8,6 mrd. kr til drift og vedlikehold på jernbanen.

Graden av påvirkning drives i hovedsak av båndbredden som vil tilbys i alternativene, og hvor mye denne må bygges ut for å oppnå økt funksjonalitet. Det antas ikke at det vil bygges ut tilstrekkelig båndbredde til å støtte SMART-vedlikehold, IoT-funksjonalitet og ATO nivå  $\frac{3}{4}$  i noen av alternativene, men det antas at graden av båndbredde vil avhenge av om det er Bane NOR eller MNOer som tilbyr nettdekning, samt hvilke frekvenser som benyttes. Dersom FRMCS baserer seg utelukkende på RMR vurderes det som at gapet som til stor nok båndbredde er stort. I tilfeller hvor det bygges ut med RMR-frekvenser supplert av kommersielle frekvenser langs deler av strekningene, vurderes gapet å være mindre ettersom det antas at MNOene vil bygge ut båndbreddekapasitet utover akkurat det som krevet for basis togfremføring. I alternativer som baserer seg på utelukkende kommersielle frekvenser langs hele strekningene anses gapet for å være minst. Dette skyldes antakelsen om at MNOene i disse scenarioene vil bygge ut kapasitet utover basis togfremføring langs *hele* strekningen.

I alternativ 1 og 2 bygges det kun ut RMR-frekvenser, og disse vurderes likt til å kreve størst grad av utbygging av siter for å muliggjøre økt funksjonalitet. Alternativ 4 og 5 vurderes til å muliggjøre bedre og mer kostnadseffektivt togtilbud i noe større grad, ettersom disse baserer seg på RMR-frekvenser supplert av kommersielle frekvenser. I alternativ 3 og 6 er det utelukkende kommersielle frekvenser tilbudt av MNOer langs hele jernbanen, og disse vurderes til å størst grad tilrettelegge for økt funksjonalitet i fremtiden.

Oppsummert: alternativ 1 og 2 = *neglisjerbart*, 4 og 5 = *lite positivt*, 3 og 6 = *middels positivt*.

**Vurdering av enhetsverdi:**

Enhetsverdien vurderes å være høy og økende. Driftsstans på jernbanen er kostbart, og økt funksjonalitet reduserer risikoen for driftsstans. Samtidig er det et politisk mål om økt trafikk på jernbanen fremover, noe som gir økende enhetsverdi over tid, samt økende utfordringer knyttet til ekstremvær og påvirkning på jernbaneinfrastruktur

**Samfunnsøkonomisk verdi:**

Alternativ 1 og 2 = *Ubetydelig/ingen*

Alternativ 4 og 5 = *Middels positiv*

Alternativ 3 og 6 = *Stor positiv*.

<b>Virkning:</b>
7. Lokale/globale utslipp i anleggsfasen og ved drift.
<b>Beskrivelse:</b>
I anleggsfasen kan lokale/globale utslipp øke ved utbygging i anleggsfasen med flytting av maskiner og utstyr. I driftsfasen påvirkes utslippet av volum av ferdsel til og fra siter i forbindelse med f.eks. vedlikehold.
<b>Vurdering av kvantum (antall berørte og grad av påvirkning):</b>
Lokale utslipp påvirker nærboende langs banen der det gjennomføres anleggsaktivitet eller vedlikehold. Globale utslipp (CO <sub>2</sub> -ekvivalenter) påvirke alle innbyggere i Norge (ca. 5,5 millioner). Graden av påvirkning avhenger av mengden anleggstrafikk (anleggsfasen) og transport til og fra siter ifm. vedlikehold (driftsfasen). Anleggstrafikken drives av antall nye siter som skal bygges, saneres og fornyes. Transport til og fra siter i driftsfasen drives av antall aktører som har utstyr i, og skal ha tilgang til sitene. En site består grovt sett av 20-50 tonn materiale til fundament til master, samt en hytte på 7-10 kvm. Det tar om lag 2-3 uker å sette opp én mast. Det mest effektive transportmiddelet er en lastebil med kran, men dette krever at det er god tilgjengelighet til siter. For avsidesliggende områder benyttes det helikopter for å transportere masse og aktivt utstyr. Det benyttes til i tillegg ulike anleggsmaskiner på siter, som må transporteres dit. I alternativ 1, 4 og 5 legges det til grunn behov for 5 nye siter, samt sanering av 50 siter i alternativ 5. I alternativ 2, 3 og 6 legges det til grunn et behov for 220 nye siter, samt sanering av 250 siter. Ressursinnsatsen for å sanere siter er like stor som for å bygge nye.
Vi har gjort et overslag på den samfunnsøkonomiske kostnaden av utslipp for FRMCS og kommet frem til at denne effekten kan neglisjeres. Samlet sett beregnes kostnaden til 0,7 mill. kr i de alternativene med størst ny utbygging, 2, 3 og 6. Dette basert på en gjennomsnittlig Co <sub>2</sub> -kostnad på 1 720 kr/CO <sub>2</sub> e.
<b>Samfunnsøkonomisk verdi:</b>
Alternativ 1, 2, 3, 4, 5 og 6 = <i>Neglisjerbar</i>

<b>Virkning:</b>
8. Naturinngrep i anleggsfase og ved drift
<b>Beskrivelse:</b>
Inngrep i uberørt natur kan forekomme i anleggsfasen i forbindelse med utbygging av nye siter (inkl. utbygging av tilføringsvei og strømtilførsel som må graves ned), samt i driftsfasen i forbindelse med tilgang til site for bl.a. vedlikehold. Naturinngrep har en negativ konsekvens for både de som bruker naturen (bruksverdi) og de som ikke bruker den (ikke-bruksverdi/ «existential value»).
<b>Vurdering av kvantum (antall berørte og grad av påvirkning):</b>
Antall berørte av virkningen er antall brukere og ikke-brukere av naturområdene som det skjer inngrep i. Brukere har en direkte bruksverdi av at naturen fortsatt er uberørt, mens ikke-brukere har ikke-bruksverdi/eksistensiell verdi av å vite at naturen er uberørt.
Grad av påvirkning drives av hvor sitene geografisk plasseres. Dersom nye siter plasseres langs spor eller andre områder hvor det finnes eksisterende infrastruktur, vil ikke infrastrukturen oppleves like inngripende. Dersom en site blir plassert i et område som er relativt uberørt, for eksempel midt i en nasjonalpark, vil det oppleves mer inngripende. Der hvor Bane NOR skal bygge dekning for jernbaneforhold vil antakeligvis sitene ligge nærme jernbanespor. Der hvor MNOen skal bygge ut dekning er det sannsynlig at de vil plassere sitene i større avstand fra sporene, og på et høyere punkt, for at dekningen skal dekke et større areal. Det er knyttet stor usikkerhet til hvor fremtidige siter under de ulike alternativene vil lokaliseres. Antall nye siter som må bygges er også en driver for graden av naturinngrep. Dersom det ikke eksisterer tilføringsvei til området hvor en site plasseres, slik at dette må bygges ut, er dette et naturinngrep. Behovet for utbygging av tilføringsvei avhenger igjen av antall nye siter som skal bygges og lokalisering av disse.. I tillegg vil antall operatører på siten være en driver for behovet for strømtilførsel, da større mengde aktivt utstyr krever høyere strømkapasitet til både drift og nedkjøling. Inngrep i naturen i driftsfasen påvirkes også av antall operatører som skal ha tilgang til en site. Flere operatører medfører antakeligvis at en site vil bli hyppigere besøkt ifm. vedlikehold av utstyr, slik at naturen ikke evner å gro i like stor grad mellom hvert besøk.
I alternativ 1 vurderes graden av naturinngrep å være begrenset, da det skal bygges 5 nye siter som vil legges på allerede jernbaneregulert tomt, samt at det kun er én operatør (Bane NOR) som skal ha tilgang til disse sitene. I alternativ 4 og 5 skal det også bygges ut 5 nye siter, og det er flere operatører involvert, som er kommersielle. MNOene skal imidlertid ikke bygge ut ekstra kapasitet, slik at graden av påvirkning vurderes å være begrenset også for disse alternativene. I alternativ 2 og 3 skal det bygges 220 nye siter, og det er én MNO som skal levere dekning. Alternativene vurderes å medføre noe høyere grad av naturinngrep enn alternativene 1, 4 og 5, grunnet omfanget av nye siter og at disse antas legges i større avstand fra spor. I alternativ 6 skal det også bygges 220 nye siter, og det er tre MNOer som skal levere dekning. Det at det er flere operatører involvert vurderes å medføre marginalt større, men ikke utslagsgivende, grad naturinngrep enn i alternativ 2 og 3.
Oppsummert: alternativ 1, 4 og 5 = <i>lite negativt</i> , 2, 3 og 6 = <i>middels negativt</i>
<b>Vurdering av enhetsverdi:</b>
Enhetsverdien vurderes som middels og økende. Verdien vil øke med tiden ettersom arealet av uberørt natur blir mindre, samt at antallet vernede områder øker.
<b>Samfunnsøkonomisk verdi:</b>
Alternativ 1, 4 og 5 = <i>Liten negativ</i> Alternativ 2, 3 og 6 = <i>Middels negativ</i> .

<b>Virkning:</b>
9. Beredskap «Dekning når det skjer noe»
<b>Beskrivelse:</b>
Virkningen omfatter evnen og muligheten til å prioritere og ha tilstrekkelig dekning dersom det skulle oppstå hendelse hvor både nødetater og tog har behov for kommunikasjon i nettet. Virkningen er knyttet til i hvilken grad alternativene samsvarer med behovene til «Nytt nødnett». En god score på denne virkningen vil bety synergi med prosjektet «Nytt nødnett».
<b>Vurdering av kvantum (antall berørte og grad av påvirkning):</b>
Det er togselskapene og nødetatene som påvirkes av evnen til å gi tilstrekkelig dekning, samt prioritere, dersom det oppstår en hendelse. Graden av påvirkning drives av kapasiteten i nettet sett opp mot kapasitetskrav for jernbanen og nødetatene. Basis togfremføring krever i utgangspunktet lite kapasitet, men det kan oppstå kapasitetsutfordringer i avsidesliggende strøk hvor det er langt mellom mastene dersom både tog og jernbane har behov for kapasitet i nettet. Kapasiteten i nettet er båndbreddeproporsjonalt, slik at alternativer med mindre båndbredde er dårligere egnet til å levere dekning når det skjer noe.
I alternativ 1, 2, 4 og 5 er det mindre båndbredde, sammenlignet med alternativ 3 og 6 hvor det er best kapasitet til å dekke både jernbanens og nødetatenes behov samtidig som følger av at det er kommersielle frekvenser til stede langs hele jernbanen. Det er likevel ikke lagt opp til en stor kapasitetsøkning i alternativene, slik at graden av påvirkning i alternativ 3 og 6 vurderes å være liten.
Oppsummert: alternativ 1, 2, 4, og 5 = <i>ubetydelig/ingen</i> , alternativ 3 og 6 = <i>lite positivt</i>
<b>Vurdering av enhetsverdi:</b>
Enhetsverdien vurderes som høy, da det er viktig med god kommunikasjon ved nødhendelser.
<b>Samfunnsøkonomisk verdi:</b>
Alternativ 1, 2, 4 og 6 = <i>Ubetydelig/ingen</i> Alternative 3 og 6 = <i>Middels positiv</i>

<b>Virkning:</b>
10. Security
<b>Beskrivelse:</b>
Virkningen er knyttet til systemenes sårbarhet for feil eller cyberangrep. Krav til informasjon- og cybersikkerhet for jernbanesektoren forvaltes av Statens Jernbanetilsyn (SJT) gjennom ulike veiledere. Det legges til grunn at kravene for sikker togfremføring ivaretas, men at det kan være forskjell mellom alternativene evnen/kostnaden til å oppfylle denne betingelsen. Det betyr at eventuelle feil/avvik eller angrep slår ut i potensielle driftsforstyrrelser og ikke i økt ulykkesrisiko.
<b>Vurdering av kvantum (antall berørte og grad av påvirkning):</b>
Antallet berørte gjelder alle som tilbyr og etterspør togtransport, både person og godstransport i Norge, samt grensekryssende transport. Jernbanen har en markedsandel på ca 4,5% av all persontransport som tilsvarer om lag 230 millioner passasjerkilometer i løpet av et år (SSB). Ca 10 millioner tonn av godsmengden transporteres i dag på jernbanen, en andel på ca 2% av all godstransport.
Krav til informasjon- og cybersikkerhet for jernbanesektoren forvaltes av Statens Jernbanetilsyn (SJT) gjennom ulike veiledere og med økende mengde cybertrusler er det utarbeidet en egen standard, CLC/TS 50701:2023. Vi legger ikke til grunn noen forskjell mellom private og offentlige aktører på deres tekniske evne og kompetanse til å ivareta sikkerheten knyttet til feil eller cyberangrep. Det er derfor ikke lagt til grunn noen forskjeller mellom alternativene om det under statlig eller privat kontroll. Driveren for denne virkningen i analysen er derfor redundans og vi vurderer at sårbarheten for feil eller angrep reduseres som følge av økt redundans og at alternativ 3, 4 og 5 har en liten positiv påvirkning og alternativ 6 har en middels positiv påvirkning som følge av dette. Vi gjør ytterligere vurderinger og anbefalinger på cybersikkerhet konkret i kapittel 10.1.
<b>Vurdering av enhetsverdi:</b>
Enhetsverdien vurderes som høy. Sårbarhet og feil kan medføre store konsekvenser for togdriften gitt at sikkerheten skal ivaretas.
<b>Samfunnsøkonomisk verdi:</b>
Alternativ 1 og 2 = <i>Ubetydelig/ingen</i> Alternativ 3, 4 og 5 = <i>Middels positiv</i> Alternativ 6 = <i>Stor positiv</i>

### 7.2.6.2 Beste alternativ avhenger av bruk av kommersielle frekvenser

Som nevnt tidligere er Alternativene 3, 5 og 6 basert på bruk av kommersielle frekvenser. Dersom EU-standard for FRMCS, som i dag ikke er endelig vedtatt, åpner for dette vil dette muliggjøre disse alternativene. Nedenfor oppsummers resultatene av analysen av de ikke-prissatte virkningene først under forutsetning om at det ikke vil være mulig å benytte kommersielle frekvenser og så dersom FRMCS-standard åpner for bruk av kommersielle frekvenser.

### Oppsummering ikke-prissatte virkninger uten bruk av kommersielle frekvenser

Tabell 27 Oppsummering av ikke-prissatte virkninger uten kommersielle frekvenser

Oppgave / Virkning	0	1	2	3	4	5	6
Mulighet for bedre nettdækning	0	Ubetydelig /ingen	Middels positiv	IT	Ubetydelig /ingen	IT	IT
Endret GK ved togreiser for øvrig	0	Liten negativ	Middels negativ	IT	Liten negativ	IT	IT
Effektivitetstap i MNO-markedet	0	Ubetydelig /ingen	Liten negativ	IT	Liten negativ	IT	IT
Mulighet for bedre og mer kostnads-effektivt togtilbud	0	Ubetydelig /ingen	Ubetydelig /ingen	IT	Middels positiv	IT	IT
Naturinngrep i anleggsfase og ved drift	0	Liten negativ	Middels negativ	IT	Liten negativ	IT	IT
Beredskap	0	Ubetydelig /ingen	Ubetydelig /ingen	IT	Ubetydelig /ingen	IT	IT
Security	0	Ubetydelig /ingen	Ubetydelig /ingen	IT	Middels positiv	IT	IT
<b>KS1 Rangering</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>6</b>

Tabell 27 viser at Alternativ 4 rangeres som alternativet med høyest nytte dersom man legger til grunn at FRMCS ikke kan bæres av kommersielle frekvenser alene. Dette er samme resultat som i KVU. Alternativ 3, 5 og 6 er vurdert som ikke tilgjengelig (IT) og rangert på delt sisteplass. Dette skyldes at de ikke er mulig å realisere da de baserer seg på at FRMCS bæres utelukkende av kommersielle frekvenser på hele eller deler av strekninger. Nyttan knyttet til virkningene «mulighet for bedre og mer kostnadseffektivt togtilbud» og «security» er utslagsgivende for at alternativ 4 rangeres høyest. Alternativ 4 innebærer flere potensielle bruksområder for utvidet funksjonalitet i fremtiden enn alternativ 1 og 2 som baserer seg

utelukkende på jernbanefrekvenser. Økt redundans langs deler av strekningene påvirker security positivt i Alternativ 4 sammenlignet med alternativ 1 og 2. Ingen av alternativene 1, 2 eller 4 innebærer utbygging av kommersiell nettdekning langs jernbanen, men offentlig utbygging kan gi incentiv for dekningsutbygging for kommersielle aktører. Det er flest nye siter i Alternativ 2, og dette er vurdert å gi middels positiv nytte knyttet til mulighet for bedre nettdekning langs jernbanen. Det er noe høyere risiko for at feilsøking tar lenger tid i alternativ 2, da det er en kommersiell aktør som tilby all dekningen. Ulempen «endret GK ved togreiser for øvrig» vurderes derfor å være høyest i alternativ 2. Naturinngrep vurderes som lavere i alternativ 1 og 4 da det bygges færre nye siter sammenlignet med alternativ 2.

### Oppsummering ikke-prissatte virkninger med bruk av kommersielle frekvenser

Tabell 28 Oppsummering av ikke-prissatte virkninger med kommersielle frekvenser

Oppgave / Virkning	0	1	2	3	4	5	6
Mulighet for bedre nettdekning	0	Ubetydelig /ingen	Middels positiv	Middels positiv	Ubetydelig /ingen	Ubetydelig /ingen	Stor positiv
Endret GK ved togreiser for øvrig	0	Liten negativ	Middels negativ	Middels negativ	Liten negativ	Middels negativ	Liten (Middels) negativ
Effektivitetstap i MNO-markedet	0	Ubetydelig /ingen	Liten negativ	Liten negativ	Liten negativ	Ubetydelig /ingen	Ubetydelig /ingen
Mulighet for bedre og mer kostnads-effektivt togtilbud	0	Ubetydelig /ingen	Ubetydelig /ingen	Stor positiv	Middels positiv	Middels positiv	Stor positiv
Naturinngrep i anleggsfase og ved drift	0	Liten negativ	Middels negativ	Middels negativ	Liten negativ	Liten negativ	Middels negativ
Beredskap	0	Ubetydelig /ingen	Ubetydelig /ingen	Middels positiv	Ubetydelig /ingen	Ubetydelig /ingen	Middels positiv
Security	0	Ubetydelig /ingen	Ubetydelig /ingen	Middels positiv	Middels positiv	Middels positiv	Stor positiv
<b>Rangering</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>

Som det fremgår av Tabell 28 endres rangeringen når det legges til grunn at kommersielle frekvenser alene kan bære FRMCS på hele eller deler av strekninger. Med bruk av kommersielle frekvenser rangeres Alternativ 6 som det beste alternativet. Alternativ 4 rangeres som det tredje beste alternativet. Alternativ 6 innebærer at tre kommersielle aktører bygger ut full dekning langs hele jernbanenettet, noe som påvirker muligheten for bedre nettdekning positivt. Det er flest potensielle bruksområder for utvidet funksjonalitet i

fremtiden knyttet til Alternativ 6. Nyttentilknyttet mulighet for bedre og mer kostnadseffektivt togtilbud vurderes derfor som stor for Alternativ 6. Alternativ 6 vurderes å ha størst nytte knyttet til «security», da full dekning fra tre MNOer langs hele jernbanenettet medfører økt redundans, samt at det vil være dekning for et nødnett der det er jernbanedekning. Med tre MNOer involvert vurderes det imidlertid å være noe høyere risiko for at feilsøking tar lenger tid, men økt redundans medfører også at det er lavere sannsynlighet for at feil fører til avvik. Alternativ 6 vurderes å ha lavere påvirkning på effektiviteten i MNO markedet, da det innebærer alle MNOer i markedet. Alternativ 3 følger argumentene for alternativ 6, men i noe mindre grad ettersom det innebærer dekning fra én MNO og ikke tre. Både alternativ 3 og 6 rangeres derfor høyere enn alternativ 4 dersom FRMCS-standard åpner for at kommersielle frekvenser alene kan bære FRMCS langs hele deler av jernbanestrekninger.

### 7.2.7 Realopsjoner

Alternativenes fleksibilitet i utforming, gjennomføring og mulighetene til å gjøre endringer underveis omtales gjerne som realopsjoner. Alternativenes realopsjonsverdi avhenger av i hvilken grad man kan forvente å få nyttig informasjon på et senere tidspunkt som kan påvirke den samfunnsøkonomiske lønnsomheten i prosjektet. Alternativer med høyere fleksibilitet muliggjør valgfrihet og har en høyere realopsjonsverdi. For at det skal være relevant å vurdere realopsjoner må være sannsynlig at det på et senere tidspunkt kommer ny beslutningsrelevant informasjon som vil gi god støtte for beslutningstaker. Det må også være et handlingsrom når man på et senere tidspunkt skal ta en beslutning, slik at man kan ta inn over seg den nye informasjonen. I DFØs veileder skiller det mellom fem typer realopsjoner<sup>7</sup>:

#### 1. Opsjonen om å utsette beslutning

Man kan utsette beslutningen for å vente og se, for eksempel ved å utsette oppstarten av en investering eller innføringen av et nytt tilbud fordi man vil innhente mer informasjon før man fatter en beslutning

#### 2. Opsjonen om trinnvis utbygging

Man kan gjennomføre en gradvis innføring, for eksempel en trinnvis investering eller pilottesting av et tiltak

#### 3. Vekstopsjon

Man kan legge opp til overkapasitet for å møte behov som kan komme i fremtiden.

#### 4. Opsjonen om å bygge inn fleksibilitet

Man kan variere produksjonen eller produksjonsmetodene etter oppstart, for eksempel ved å tilpasse produksjonen til nye teknologiske løsninger

#### 5. Opsjon om å avslutte et tiltak

Man kan avslutte et tiltak og gå tilbake til utgangspunktet dersom en løsning ikke fungerer eller er uønsket på andre måter

For FRMCS mener vi at det eksisterer en fleksibilitet i alle alternativer knyttet til å dele opp prosjektet med trinnvis gjennomføring og dermed kunne utsette deler av konseptvalget. Dette er under forutsetning om at den delen av prosjektet som går på fornyelsen av passiv

---

<sup>7</sup> [Veileder i samfunnsøkonomiske analyser - Kap. 3.6 Gjennomføre usikkerhetsanalyse \(fase 6\) | DFØ \(dfo.no\)](#)



infrastruktur kan igangsettes før endelig konseptvalg knyttet til valg av frekvensbruk, med kommersielle mot ikke-kommersielle frekvenser, må tas. Den samfunnsøkonomiske analysen i dette kapitlet viser at den potensielle nyttegevinsten av å kunne realisere alternativ 6 er stor. Ettersom oppdelingen av prosjektet med fornyelse av passiv infrastruktur først er mulig for alle alternativer er det en verdi av å kunne gjennomføre trinnvis utbygging og utsette deler av konseptvalget for alle alternativer.

Tabell 29 Oppsummering alternativenes realopsjonsverdi

Oppgave / Virkning	0	1	2	3	4	5	6
Opsjonen om å utsette beslutning	0	Stor positiv	Stor positiv	Stor positiv	Stor positiv	Stor positiv	Stor positiv
Opsjonen om trinnvis utbygging	0	Stor positiv	Stor positiv	Stor positiv	Stor positiv	Stor positiv	Stor positiv
Vekstopsjon	0	Ubetydelig	Ubetydelig	Ubetydelig	Ubetydelig	Ubetydelig	Ubetydelig
Opsjonen om å bygge inn fleksibilitet	0	Ubetydelig	Ubetydelig	Ubetydelig	Ubetydelig	Ubetydelig	Ubetydelig
Opsjon om å avslutte et tiltak		Ubetydelig	Ubetydelig	Ubetydelig	Ubetydelig	Ubetydelig	Ubetydelig

Det er flere argumenter for at beslutningstaker vil kunne få ny beslutningsrelevant informasjon som kan påvirke endelig konseptvalg og den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av prosjektet, utover den usikkerheten som ligger i den fremtidige utviklingen i standarden av FRMCS i EU. Dette er knyttet til potensielle endringer og optimalisering av alternativene ved en sammenslåing med prosjektet «Bedre nettdekning langs jernbanen», mulighet til å evaluere ytterligere mobilnettoperatorenes planer i forhold til oppsettet med MNO som primærbærer for FRMCS, tid til å evaluere ytterligere en felles MCx med det nye nødnettet, samt ytterligere analyser knyttet til cybersikkerhet.

I Kapittel 0 vil det bli gått dypere inn på disse forholdene og føringer for videre prosess og de neste fasene for FRMCS-prosjektet.

### 7.2.8 Fordelingsvirkninger

Vi vurderer det dithen at det ikke er relevante fordelingsvirkninger som påvirker rangeringen av de ulike alternativene eller som er relevant beslutningsunderlag utover den samfunnsøkonomiske analysen.

### 7.2.9 Samlet rangering og anbefaling

Tabell 31 oppsummerer resultatene av den samfunnsøkonomiske analysen og alternativenes rangering. Vi mener det er stor samfunnsøkonomisk nytteforskjell mellom beste alternativ *uten* bruk av kommersielle frekvenser (Alternativ 4) og beste alternativ *med* bruk av kommersielle frekvenser (Alternativ 6). Dette er illustrert med Tabell 30 under hvor nytten ved de to alternativene sammenlignes.

Tabell 30 Nytteforskjell mellom beste alternativ med og uten kommersielle frekvenser

Oppgave / Virkning	4 (beste alternativ uten kommersielle frekvenser)	6 (beste alternativ med kommersielle frekvenser)
Mulighet for bedre nettdekning	Ubetydelig/ ingen	Stor positiv
Endret GK ved togreiser for øvrig	Liten negativ	Liten (Middels) negativ
Effektivitetstap i MNO-markedet	Liten negativ	Ubetydelig/ ingen
Mulighet for bedre og mer kostnads-effektivt togtilbud	Middels positiv	Stor positiv
Naturinngrep i anleggsfase og ved drift	Liten negativ	Middels negativ
Beredskap	Ubetydelig/ ingen	Middels positiv
Security	Middels positiv	Stor positiv

Alternativ 6 scorer bedre eller mye bedre på fem av totalt 7 virkninger som skiller alternativene og har størst synergi med prosjektene «Bedre nettdekning langs jernbanen» og «Nytt nødnett» ved å i større grad legge til rette for mulighet for bedre nettdekning i fremtiden og nødnettdekning der det er jernbanedekning. Bruk av alle mobilnettoperatorene i alternativ 6 har også positive konsekvenser for redundans.

Som nevnt er det usikkert om ny standard vil åpne opp for bruk av kommersielle frekvenser og eventuelt på hvilket tidspunkt. Muligheten for dette trekkes frem i KVVU, men utreder har gjennom kvalitetssikringsprosessen i stor grad gått tilbake på sannsynligheten for at dette kan forekomme. Vi mener likevel at det ikke er grunnlag for å konkludere med at sannsynligheten for dette er null, og at man derfor ikke kan utelukke at det vil være mulig å realisere alternativ 6 på et senere tidspunkt.

Ettersom nyttepotensialet vist med differansen mellom Alternativ 4 og Alternativ 6 er såpass stort, er det vår vurdering at det vil være hensiktsmessig å utsette endelig konseptvalg. I tillegg til potensiell nyttegevinst er det andre argumenter for dette som også er knyttet til utbedringer i beslutningsunderlaget som ikke er belyst tilstrekkelig i KVVU:

- Behovet for å samkjøre FRMCS og «Bedre nettdekning langs jernbanen» og potensialet for at dette resulterer i endringer eller optimaliseringer på alternativenes utforming og samfunnsøkonomiske nytte
- I det minste nyttegjøre seg av informasjon i løpet av 2024 og situasjonen ultimo 2024 knyttet til FRMCS standard
- Utrede ytterligere mobilnettoperatorenes planer knyttet til støtte for FRMCS i fremtiden
- Utrede felles MCx med «Nytt nødnett»
- Gjennomføre en risikoanalyse knyttet til cybersikkerhet

Denne anbefalingen er i tråd med R 108/23, pkt. 5.6:

*«Resultatet av alternativanalysen skal gi en rangering av alternativene. Anbefalingen bør inneholde en vurdering av om man bør gå videre med ett eller flere alternativer, om det er grunnlag for trinnvis gjennomføring eller inndeling i delprosjekter, og om avhengighet mot andre prosjekter eller realopsjoner knyttet til teknologisk utvikling og mer informasjon tilsier utsettelse.»*

Vi anbefaler ingen av konseptene på nåværende tidspunkt, ettersom det kan oppstå et nytt alternativ gjennom sammenslåing av prosjektene FRMCS og «Bedre Nettdekning langs jernbanen». Dette alternativet har ikke blitt utredet i forhold til kostnadsestimater, prissatte og ikke-prissatte virkninger. Det vil dessuten komme ny beslutningsrelevant informasjon innen høsten 2024 som kan påvirke mulighetsrommet og ved dette alternativvalget. Siden det ikke har vært utredet i KVVU tilstrekkelig, gir det samtidig anledning til å utrede cybersikkerhetsaspektet ytterligere. Disse aspektene bør utredes gjennom en supplerende analyse.

Vi understreker samtidig at det man kan sette i gang fornyelsen av passiv infrastruktur. På den måten vil man kunne realisere verdien ved eventuelt å kunne bruke kommersielle frekvenser, som potensielt kan ha stor nytteverdi.

Vi oppsummerer og begrunner anbefalingen vår ytterligere i kapittel 10.1.

Hvis det av annen grunn må tas et valg av alternativ i dag, anbefaler vi Alternativ 4.

## KS1 FRMCS Fremtidig Togkommunikasjonssystem for Jernbane

Tabell 31 Oppsummering av den samfunnsøkonomiske analysen

	0	1	2	3	4	5	6
<b>Investeringskostnad (P50, mill. kr inkl. gjennomføringskost.)</b>	-	3 733	4 386	4 168	4 077	4 219	4 665
<b>Prissatte virkninger (nåverdi av levetidskostnader, mill. kr)</b>	2 783	6 116	5 578	5 369	6 528	6 313	5 953
<b>Ikke-prissatte virkninger (rangering) uten komm. frekvenser</b>		2	3	6	1	6	6
<b>Ikke-prissatte virkninger (rangering) med komm. frekvenser</b>		5	6	2	3	4	1
<b>Realopsjoner/ fleksibilitet (rangering)</b>		1	1	1	1	1	1
<b>Samlet rangering KS1 uten kommersielle frekvenser</b>		2	3	6	1	6	6
<b>Samlet rangering KS1 med kommersielle frekvenser</b>		5	6	2	3	4	1

## 8 Føringer for forprosjektfasen

Vår rammeavtale med Finansdepartementet beskriver følgende om føringer for forprosjektfasen:

---

*Leverandøren skal vurdere om gjennomføringsstrategien gir tilstrekkelige føringer for forprosjektfasen. Ut fra prosjektspesifikke forhold skal det vurderes om de ulike elementene som skal inngå i vurderingen er grundig nok behandlet. Leverandøren skal anbefale supplerende tiltak ved behov.*

*Leverandøren skal gi tilråding om videre styring og organisering av prosjektet. Dette skal omfatte prosjektspesifikke elementer som bør behandles i Sentralt styringsdokument. Prosjektspesifikke suksessfaktorer og fallgruver skal identifiseres, og det skal gis tilråding om hvordan disse skal bearbeides videre i forprosjektet. Med utgangspunkt i det samlede usikkerhetsbildet fra Leverandørens usikkerhetsanalyse skal det gis tilråding om det videre arbeid med å redusere risikoer og realisere oppsidepotensialet.*

*Leverandøren skal vurdere forslag til kontraktsstrategi med hovedvekt på om det foreligger en fyllestgjørende drøfting om eventuell tidlig involvering av prosjektleverandør(er) tilpasset prosjektets modenhet, eventuelt med en plan for en nærmere drøfting av dette i løpet av forprosjektfasen. Videre skal Leverandøren gjøre en selvstendig vurdering av hva som vil være mest tjenlig for staten som kunde. Hvis Leverandøren tilrår en kontraktsform med tidlig involvering, skal det vurderes hvordan forprosjektet bør styres slik at gevinster fra tidliginvolveringen kan realiseres og på hvilket tidspunkt i forprosjektfasen tidliginvolvering bør igangsettes.*

*Leverandøren skal videre gi en anbefaling om hvordan det jobbes videre med å optimalisere samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Det skal gis tilråding om hvordan det i forprosjektet kan etableres en gevinstrealiseringsplan for å ta ut den samfunnsøkonomiske nytten som er identifisert i alternativanalysen. I tillegg skal det vurderes hvordan styringsmessig fleksibilitet kan bygges inn i prosjektet, bl.a. ved at det på et tidlig stadium i forprosjektet arbeides frem en liste over potensielle forenklinger og reduksjoner.*

---

### 8.1 Føringer for forprosjektfasen i KVVU

KVVUens kapittel 10 beskriver føringer for forprosjektfasen og inneholder suksessfaktorer, tidsplan og anbefalinger for fremtidig arbeid.

Utredningen legger til grunn at neste fase – forprosjekt – skal starte i 2024 og at det må inneholde et mandat for å planlegge aktiviteter for de kommende år. Det anbefales at etablering av passiv infrastruktur for FRMCS bør starte tidlig, og en overordnet plan for gjennomføring i perioden 2025-2032 må utarbeides.

Utredningen fremhever flere hovedområder som må gis særskilt fokus i det videre arbeid:

- Styring av forprosjektfasen, herunder:
  - Budsjettering
    - Budsjett av oppgradering av passiv infrastruktur
    - Budsjett av anskaffelse av FRMCS
    - Budsjett av videre drift av GSM-R for perioden 2025 - 2027
  - Grensesnitt mot andre (kjente/pågående) prosjekter

- Samarbeid med «Nytt nødnett» for utvikling av en felles MCx tjenesteplattform
- ATO
- Suksessfaktorer
  - Utvikling av MCx
  - Løse ombordutstyr
  - Anleggsgjennomføring
  - Prosjektorganisasjon
  - Bidrag inn i standardiseringsprosesser internasjonalt
- Styringsmessig fleksibilitet, herunder:
  - Tilrettelegging for reduserte drifts- og forvaltningskostnader
  - Koordinering av toginstallasjoner for flere prosjekter:
    - TOBA-enhet, tilhørende kabling og radioantennor
    - Utrustning for ATO
    - «Nytt nødnett»

Videre blir det nevnt i kapitlet at det bør i senere fase utarbeides en gevinstrealiseringsplan for prosjektet, samt forklaringer rundt hva en gevinstrealiseringsplan. Derimot står det ingenting om viktige elementer til et videre arbeid med en gevinstrealiseringsplan som omfatter tiltak for å realisere nyttesiden i prosjektet.

## **8.2 Kvalitetssikrers vurdering av føringer for forprosjektfasen i KVU**

Kapitlet i KVUen omtaler kun enkelte av de forholdene som etterlyses og disse beskrives i hovedsak overordnet. Kapitlet gir derfor ikke konkrete premisser for styringen av forprosjektfasen, og det gjøres ikke tilstrekkelig rede for hvordan prosjektet anbefaler å gjennomføre kontraktstrategi, samt arbeid med å optimalisere samfunnsøkonomisk lønnsomhet.

Det har gjennom arbeidet med kvalitetssikringen blitt kommunisert fra prosjektet at tilleggsnotatet, se kapittel 0, hadde til hensikt å svare ut disse forholdene i større grad. Vår tilrådning om videre styring og organisering av prosjektet er derfor basert både på innholdet i KVU og tilleggsnotatet og er gitt i kapittel 9.2.

## 9 Tilleggsnotat

Ved oppstart av kvalitetssikringsprosessen jobbet utreder med et tilleggsnotat til konseptvalgutredningen som skulle konkretisere forhold knyttet til anbefalt konsept for «Nytt nødnett» og konsekvenser av revidert Nasjonal signalplan 2023 (ERTMS-utbygging). Tilleggsnotatet ble ferdigstilt som utkast 29.11.2023, oversendt i endelig versjon 14.12.2023, og er på samme vis som konseptvalgutredningen unntatt offentlighet.

Hensikten med tilleggsnotatet var å vurdere potensialet for samordningen av prosjektene «Bedre nettdekning langs jernbanen» og «FRMCS» nærmere når «Bedre nettdekning langs jernbanen» har gjennomgått forprosjektfasen (høsten 2023).

Dette avsnittet gjengir hovedtrekk fra vår kvalitetssikring av tilleggsnotatet, sett opp mot kvalitetssikringen av KVUens hoveddokument.

### 9.1 Tilleggsnotat til KVU

Tilleggsnotatet har følgende oppbygging

1. Innledning
2. Kommunikationsbehov ved jernbane
3. KVU og KS1 «Bedre nettdekning langs jernbanen»
4. KVU togkommunikasjonssystem FRMCS
5. Nødnett og nødkommunikasjon i tunnel
6. Forprosjekt «Bedre nettdekning langs jernbanen»
7. Passiv infrastruktur for telekommunikasjon
8. Passiv infrastruktur – organisering
9. Forprosjekt «Bedre nettdekning langs jernbanen» vs KVU FRMCS
10. Nasjonal signalplan og ERTMS-utbygging
11. Føringer for forprosjektet
12. Samlet anbefaling

En av anbefalingene fra forprosjektfasen til «Bedre nettdekning langs jernbanen» er at fornyelse av passiv infrastruktur gjennomføres som selvstendig prosjekt. I tillegg vurderes forhold til prosjektene «Nytt nødnett» og revidert Nasjonal signalplan. Anbefalingen om alternativ 4 fra KVU FRMCS opprettholdes i tilleggsnotatet. Samtidig understrekes muligheten for overgang til andre alternativer ved et senere tidspunkt. Videre viser tilleggsnotatet til at TSI CCS «(i fremtidige versjoner) muligens [vil] åpne opp for bruk av MNO-frekvenser» slik at alternativene 3, 5 og 6 blir aktuelle for implementering allikevel. Følgelig konkluderes det i tilleggsnotatet med at fornyelse av (eksisterende) passiv infrastruktur bør skilles ut som eget prosjekt fordi deler av dette er nødvendige tiltak uansett alternativ; muligheten til å gå over til alternativer som forutsetter bruk av MNO-frekvenser opprettholdes. Tilleggsnotatet skisserer mandat for foreslått fornyelsesprosjekt passiv infrastruktur.

I tilleggsnotatet vurderes ikke risikoen av forsinkelser i implementering av FRMCS som følge av forsinkelser i regelverks- og standardutvikling. Videre drøftes ikke risikoen knyttet til anskaffelse og implementering av FRMCS-komponenter.

Som nevnt tidligere anbefaler utreder å dele prosjektet FRMCS i to nye, enkeltstående prosjekter hvorav det andre prosjektet slås sammen med prosjektet «Bedre nettdekning langs

jernbanen». Begge prosjektene anses å være fornyelsesprosjekter i kapitlene 11. *Føringer for forprosjektet* og 12. *Samlet anbefaling*:

«Basert på resonnementene i dette tilleggsnotatet anbefales det at det gjennomføres et forprosjekt med todelt fokus – og med sikte på videreføring som to separate fornyelsesprosjekter:

- *Passiv infrastruktur, som beskrevet i dette notatet og i KVVU hovedrapport.*
- *Teknologiskifte fra GSM-R til FRMCS, med utgangspunkt i alternativ 4 fra KVVU Hovedrapport, men om mulig med fleksibilitet for senere endring til andre alternativer»*

Det anbefales å etablere et nært samarbeid med ERTMS-prosjektet for å koordinere installering av ombordutstyr. Forholdet til ERTMS foreslås ivaretatt i forprosjektet/ det nye fellesprosjektet «Teknologiskifte fra GSM-R til FRMCS» i regi av Bane NOR. Forprosjektet skal bl.a. identifisere behovet for «særlige FRMCS-anskaffelser», herunder ombordutstyr, foreløpig grovplanlegging legger opp til gjennomføring i perioden 2028-2032. Behov for samarbeid med kjøretøyeiere anerkjennes i tilleggsnotatet. Tilsvarende behovet for anskaffelse av håndholdte terminaler for folk i spor.

## **9.2 Kvalitetssikrers vurdering av Tilleggsnotat til KVVU**

Tilleggsnotatet bidrar til et bedre beslutningsunderlag ved å drøfte nærmere avhengigheter til andre prosjekter, gjennomføring og fremdriftsplan. For å kunne følge argumentasjonen i tilleggsnotatet er det imidlertid avgjørende at en ser tilleggsnotatet i sammenheng med eller som supplement til KVVUens hoveddokument.

Synergier ift. andre prosjekter, især «Bedre nettdækning langs jernbanen» og «Nytt nødnett» antydes, men vurderes ikke nærmere. Som det blir påpekt i kapittel 2.2 legger utreder opp til at denne KVVUen sees i sammenheng med begge disse utredningene. Det er antydning av potensielle synergier ved samordning, men ikke vurdert hverken kvantitativt, f.eks. i form av kostnadsbesparelser, eller kvalitativt, f.eks. i form av risikoendring som følge av koordinert, eventuelt samkjørt gjennomføring av disse prosjektene.

Vi mener det er fornuftig med en ny, justert prosjektinnretning slik som foreslått i tilleggsnotatet. Samtidig mener vi at Alternativ 4 ikke kan opprettholdes som anbefalt alternativ fordi de foreslåtte endringene fører til opprettelsen av to selvstendige prosjekter med ulike tidslinjer og rammebetingelser. Det nye alternativet som skapes i prosjektet «Teknologiskifte fra GSM-R til FRMCS» har ikke blitt utredet nærmere. Eksempelvis mangler det kostnadsberegninger, vurderinger av ikke-prissatte virkninger og realopsjoner. Det foreligger dermed ikke noen samfunnsøkonomisk analyse av det anbefalte alternativet.

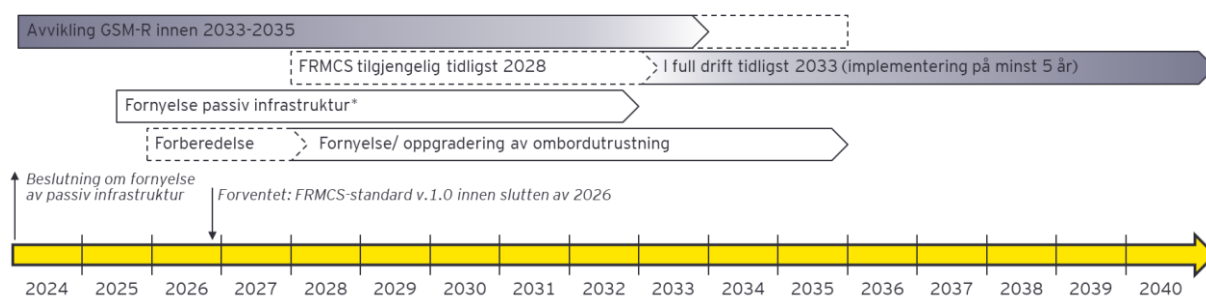
Det er en fordel at mandatet for fornyelsesprosjektet passiv infrastruktur skisseres, dog kunne man drøftet nærmere anbefalinger for organiseringen av et slikt prosjekt hos Bane NOR, herunder kritiske suksessfaktorer og i den grad det er nødvendig også prioriteringer.

Tilleggsnotatet bekrefter at det er lite overlapp mellom tidslinjene for utfasing av GSM-R og innfasing av FRMCS, herunder utvikling av TSI CCS (se Figur 11), dog uten å vurdere risikoen som ligger i det. Med risiko menes her i denne sammenhengen sannsynlighet for at det oppstår forsinkelser og/eller vesentlige endringer i f.eks. rammebetingelser for et FRMCS-prosjekt og konsekvensene av det. Vår erfaring fra store investerings- og fornyelsesprosjekter



i norsk jernbanesektor tilsier at risikoen er reell og betydelig. Risikoen forsterkes av faktumet at man er avhengig av regelverks- og standardutvikling på internasjonalt nivå hvor det møtes ulike holdninger på ulike plan (UIC, ERA). Konsekvensen av det for utviklingen av standarden og ikke minst hva dette betyr for Norges strategi i de ulike utviklingsfora, mv. har ikke blitt belyst.

Overgangen fra GSM-R til FRMCS er dessuten avhengig av tilgang til både FRMCS-komponenter samt kompetanse og kapasitet på (det europeiske) markedet til å anskaffe og installere systemet i Norge. Siden dette behovet oppstår i alle land som planlegger innføringen av FRMCS, kan det medføre markedsrisiko, f.eks. i form av periodevise etterspørselstopper ved samtidig produksjonsknapphet. Vår anbefaling er derfor å vurdere risikoen mer inngående, bl.a. ved å trekke inn juridisk bistand til å vurdere de økonomisk-administrative konsekvensene av eventuelt ikke å følge EU-regelverk dersom FRMCS utsettes i Norge.



Figur 11 Forenklet tidslinje for utfasing av GSM-R mot innfasing av FRMCS

Vi støtter delingen av prosjektet FRMCS slik som foreslått av utreder, og at det er riktig å gjennomføre den videre utredningen av teknologiskiftet (valg av drifts- og eierskapsmodellen) for FRMCS i sammenheng med valg av løsning for «Bedre nettdekning langs jernbanen». Vi legger følgende betraktninger til grunn:

Vi slutter oss til Bane NORs definisjon av fornyelse som i utgangspunktet innebærer en erstatning av et anlegg med et nytt tilsvarende anlegg med samme kapasitet, funksjon og standard. Samtidig understreker vi at det i noen tilfeller, f.eks. som følge av teknologisk utvikling eller strengere sikkerhetskrav, også kan bety å erstatte anlegg eller komponenter med anlegg eller komponenter med høyere kapasitet, bedre funksjonalitet eller høyere standard.

Vi påpeker imidlertid at prosjektet «Teknologiskiftet fra GSM-R til FRMCS» er et svært komplekst tiltak som krever tett og sentralisert styring og ledelse med tydelige styringsprosesser. De viktigste grunnene til det er:

- Anskaffelse og ibruktakelse av flere komponenter, herunder MCx, innebærer opprettelsen av helt ny funksjonalitet utover ren togkommunikasjonstjeneste, f.eks. utveksling av data annet enn tale mellom infrastrukturforvalter, togselskaper og sluttkunde
- Prosjektet vil være stort og komplekst og ha mange grensesnitt mot andre prosjekter også utenfor jernbanesektoren
- Ved å erstatte GSM-R med FRMCS vil en «hoppe over» flere generasjoner med mobilteknologi

Vi støtter også utreders vurdering av nødvendigheten for tett koordinering mellom ERTMS-prosjektet og prosjektet «Teknologiskiftet fra GSM-R til FRMCS» i forhold til ombordutstyr.

Grovplanleggingen i forhold til den skisserte tidsperioden 2028 til 2032 som gjøres i tilleggsnotatet er rimelig, men vi mener at gjennomføringen av omrustningen må være avsluttet senest 2035. Grunnen til det er at den forventete økonomiske levetiden til GSM-R varer til og med 2035, den lengst mulige tilgjengelige planhorisonten for overgangen fra GSM-R til FRMCS. Videre må en gå ut fra at ombyggingsansvarlige har nytte av å vente lengst mulig med omrustningen av flere grunner. Gjennom iterative utviklings- og testprosedyrer kan teknologien modnes mest mulig før tekniske komponenter installeres og settes i drift. Dersom det etableres dynamiske støtteordninger der tilskudd øker over tid, vil det gis ytterligere insentiver for ombyggingsansvarlige til å utsette ombyggingen lengst mulig.

Utover det savner vi en mer dyptgående vurdering av forutsetninger for effektiv og vellykket oppgradering av ombordutstyr. Vi drøfter derfor vesentlige suksesskriterier under vår anbefaling i kapittel 10.1, avsnitt «Ombordutstyr».

## 10 Forslag og tilrådninger samlet

---

*Leverandøren skal gi tilråding om beslutningsstrategi for videre milepæler i prosjektet fram mot investeringsbeslutning:*

- Det skal vurderes hvorvidt økt informasjonstilgang på senere tidspunkter kan påvirke rangeringen mellom alternativene. I tilfelle må det tas stilling til om konseptvalget bør utsettes, eller om en bør gå videre med to eller flere alternativer gjennom forprosjektfasen. Dette må veies opp mot omfanget av ressurs- og tidsbruk ved en så omfattende forprosjekteringsprosess.*
  - For det anbefalte alternativet skal det gjøres en vurdering av optimal beslutningsfleksibilitet. I denne forbindelse skal Leverandøren vurdere oppstarttidspunktet for gjennomføringsfasen, samt om konseptet bør deles opp i flere trinnvise prosjekter, hvor det må tas en positiv beslutning for å gå videre fra et prosjekt til det neste*
- 

### 10.1 Råd til departementet (prosjekteier)

Våre anbefalinger om den videre prosessen er rettet mot Finansdepartementet og Samferdselsdepartementet som prosjekteier, og innebærer en utredningsprosess som blant annet vil resultere i videre føringer for utførende etat, men på et senere tidspunkt.

Vi stiller oss bak utreders anbefaling fra tilleggsnotatet om å skille fornyelse av passiv infrastruktur ut som eget prosjekt. Videre mener vi at det er riktig å se prosjektene valg av drifts- og eierskapsmodell for FRMCS i sammenheng med prosjektet «Bedre nettdekning langs jernbanen» slik som foreslått gjennom det nye fellesprosjektet «Teknologiskifte fra GSM-R til FRMCS».

Vår anbefaling til den videre prosessen er derfor:

1. Bane NOR planlegger og gjennomfører fornyelse av eksisterende passiv infrastruktur slik at overgangen fra GSM-R til FRMCS kan gjennomføres så effektivt som mulig, og uten unødige forsinkelser.
2. Jernbanedirektoratet gjennomfører en supplerende analyse av det nye fellesprosjektet «Teknologiskiftet fra GSM-R til FRMCS» slik at synergigevinster i form av bl.a. kostnadsbesparelser gjennom koordinert gjennomføring blir avdekket og høstet, samtidig som gjensidige avhengigheter kartlegges og håndteres i den videre prosjektgjennomføringen.
3. Vurderinger angående cybersikkerhet inngår som arbeidsstrøm i den supplerende analysen av prosjektet «Teknologiskiftet fra GSM-R til FRMCS», slik at føringer for cybersikkerhet er ivaretatt i utredningen av det nye fellesprosjektet.
4. I kraft av samfunnsoppdraget sitt koordinerer Jernbanedirektoratet sektorsamarbeidet i forhold til ombordutstyr slik at prosessen planlegges og gjennomføres konkurransenøytralt, effektivt og til rett tid i forhold til planlagt overgang til FRMCS på infrastruktursiden.

Vi utdyper anbefalingen vår nedenfor.

### **1. Fornyelse av passiv infrastruktur**

Fornyelse av eksisterende passiv infrastruktur gjennomføres som fornyelsesprosjekt med tydelige styringslinjer og felles koordinering mellom prosjektene for teknologiskiftet fra GSM-R til FRMCS, ERTMS og øvrige vedlikeholdsplaner i Bane NOR, samt prosjekter og investeringsinitiativ utenfor sektoren, især «Nytt nødnett». Selv om et slikt fornyelsesprosjekt trolig vil overstige kostnadsrammen på 1 milliard kroner, er ikke Bane NOR underlagt statens prosjektmodell slik at dette (nye) prosjektet ikke utløser behov for KS1 og KS2. Likevel anbefales det å gjennomføre en kvalitetssikring av prosjektinnrettingen, herunder periodisering av fornyelsesaktiviteter og kostnadsestimater, for eksempel som følgekvalitetssikring for å redusere prosjektrisikoen mtp. omfang, tid og budsjett, allerede i forkant av, og senere, under gjennomføringsfasen. Et sentralisert styringsansvar legger til rette for:

- Effektiv og tidsnok involvering av MNOs,
- Videreføring av fornyelse av passiv infrastruktur i form av bygging av nye sites et slikt behov avdekkes av det nye fellesprosjektet «Teknologiskiftet fra GSM-R til FRMCS».

### **2. «Teknologiskiftet fra GSM-R til FRMCS»**

Som beskrevet i kapittel 0, er det grunnlag for trinnvis utvikling ved å skille mellom prosjektene for fornyelse av passiv infrastruktur og «Teknologiskiftet»-prosjektet. Videre tilsier den samfunnsøkonomiske analysen gjennomført i forbindelse med kvalitetssikringsprosessen at rangeringen av alternativ kan påvirkes avhengig av muligheten til å bruke kommersielle frekvenser.

Ved kvalitetssikringstidspunkt er det uavklart om eller hvorvidt FRMCS-standarden vil åpne for bruk av kommersielle frekvenser. FRMCS-standard, pre-version 1 (V1) ble publisert i 2023, og pre-version (V2) forventes publisert som utkast i mars 2024, med endelig publisering i oktober 2024. Mens V1 ikke spesifiserte bruken av MNO eller kommersielle nettverk, tyder mye på at V2 eksplisitt vil ta stilling til om det åpnes for bruk av MNO og bærerfleksibilitet (multipath) eller ikke.

Dermed oppstår et handlingsrom for å vente med beslutningen om endelig drifts- og eierskapsmodell til det foreligger mer informasjon om innretningen av standarden for FRMCS.

I påvente av mer informasjon kan det allikevel jobbes med flere avklaringer og forberedelser.

Eksisterende passiv infrastruktur er også del av infrastrukturen som muliggjør bedre nettdekning langs jernbanen. I forbindelse med KVU FRMCS har MNO antydnet et behov for 220 nye sites langs jernbanen for å sikre dekning uten å være avhengig av Bane NORs egen infrastruktur. Det tilsvarer investeringskostnader på omtrent 500 millioner kroner. Ved gjenbruk eller sambruk av Bane NORs passive infrastruktur ville investeringsbehovet reduseres til 40 millioner kroner. Samtidig innebærer MNOenes sambruk av Bane NORs infrastruktur potensialet for samordning og dermed synergier med et nytt nødnett. Et nytt nødnett er et landsdekkende tilbud, også langs jernbanen, slik at tiltak i forbindelse med bedre nettdekning ikke bare innebærer forbedringer for reisende, men også i nødsituasjoner.

Prosjektene «Bedre nettdekning langs jernbanen» og den delen av «FRMCS» som gjelder valg av drifts- og eierskapsmodell bør derfor samkjøres i et nytt fellesprosjekt som samtidig utforsker grensesnitt og synergier med «Nytt nødnett». Det nye fellesprosjektet bør eies av Jernbanedirektoratet. Siden det det nye prosjektet innebærer investeringer over terskelverdien

på en milliard kroner, mener vi at det er grunnlag for en selvstendig utredning av dette alternativet i tråd med krav i statens prosjektmodell i form av en supplerende analyse. Vi begrunner dette forslaget med at prosjektenes behov, mål og rammebetingelser også vil gjelde for det nye fellesprosjektet. Vi går derfor ut fra at det er tilstrekkelig med en supplerende analyse med fokus på det skisserte nye og samkjørte alternativet. Den supplerende analysen bør minst omfatte nye beregninger av grunnkalkylen med tilhørende usikkerhetsanalyse samt en ny samfunnsøkonomisk analyse, men også her vil mye av nødvendig underlag allerede være tilgjengelig. I den samfunnsøkonomiske analysen bør synergier mellom begge prosjektene være et sentralt tema og vurderes jf. innspill og vurderinger gitt i denne kvalitetssikringsprosessen. Videre bør analysen vurdere utfordringene som kan oppstå i forbindelse med å bygge ut ny passiv infrastruktur med flere kommersielle aktører og i hvilken grad dette kan øke omfang og kostnader eller usikkerhet utover det som er beregnet i KVVU. I tillegg anbefaler vi at nevnte risikoer ift. tidslinjen for utfasing av GSM-R og innfasing av FRMCS vurderes nærmere i den supplerende analysen. Basert på risikoanalysen anbefaler vi at det utredes avbøtende tiltak, herunder forutsetninger for å drifte GSM-R utover den antatte økonomiske levetiden (utover 2035).

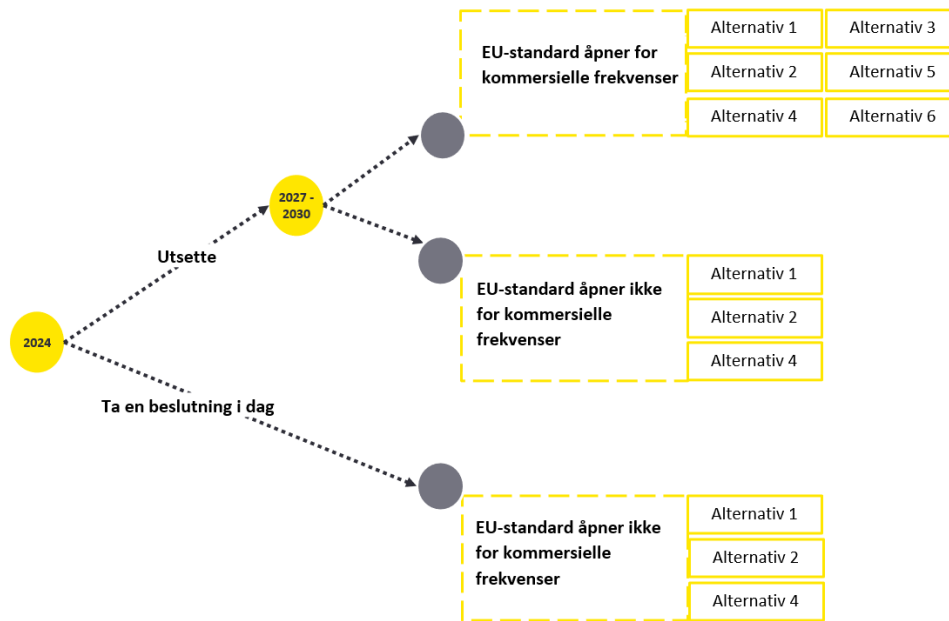
Krav til cybersikkerhet og safety gjennom europeiske og nasjonale krav og standarder samt kritikaliteten til FRMCS for togfremføring vil påvirke mulighetsrommet for valg av driftsmodellen ytterligere, og ved dette påvirke investerings- og driftskostnader. Vi anbefaler derfor å vurdere krav til cybersikkerhet som egen arbeidsstrøm i den supplerende analysen, se pkt. 3 under.

Tilsvarende må overgangen fra GSM-R til FRMCS planlegges og gjennomføres for ombordutstyr, se pkt. 4 under.

Parallelt bør sektoren i Norge, koordinert gjennom Jernbanedirektoratet, benytte perioden fram til beslutning til å bygge kompetanse og koordinere overgangen til FRMCS ift. grensekryssende trafikk med Sverige. I den grad det er mulig, bør innretningen av FRMCS-standarder påvirkes gjennom Norges deltakelse i arbeidet under ERA, UIC og respektive fagorganer.

Vi anbefaler dermed ikke alternativ 4 på nåværende tidspunkt med mindre valget, av andre grunner, må tas i dag. Hvilket alternativ som bør anbefales vil være avhengig av hva FRMCS-standarder kommer til å åpne for (se Figur 12 under). Beslutningen om hvilket alternativ som skal implementeres bør utsettes til et senere tidspunkt, ideelt sett når FRMCS-standarder er ferdig, men tidligst høsten 2024.

Dersom beslutningen om drifts- og eierskapsmodellen av andre grunner må tas i dag, viser utreders samfunnsøkonomiske analyse at alternativ 4 er å anbefale. Vi kommer fram til samme konklusjon i den samfunnsøkonomiske analysen gjennomført i forbindelse med kvalitetssikringen. En beslutning om endelig konseptvalg i dag vil imidlertid utelukke muligheten til å kunne benytte kommersielle frekvenser på deler av jernbanenettet.



Figur 12 Beslutningstre for valg av alternativ gitt alternativanalysen i KVV FRMCS

### 3. Vurderinger angående cybersikkerhet

Enkelte aktører har stor interesse i å få tilgang til kommunikasjonsløsninger, ikke nødvendigvis for å ødelegge den, men for å kartlegge sårbarheter som kan brukes i geopolitiske situasjoner. Som svar på den økende mengden med cybertrusler og konsekvenser av disse, er det utarbeidet en egen standard, CLC/TS 50701:2023, med konkrete krav til cybersikkerhet som også ivaretar safety prosesser. Krav til informasjon- og cybersikkerhet for jernbanesektoren forvaltes av Statens jernbanetilsyn (SJT) gjennom ulike veiledere. SJT henviser til standarden for å vurdere risikoen og fatte tilstrekkelig tiltak etter i sin veileder for risikovurdering av informasjon- og cybersikkerhet. Standarden beskriver hvilke krav som ligger til grunn i jernbanelovgivningen og de viktigste forholdene som bør tas høyde for.

Vi anbefaler derfor å gjøre vurderinger angående cybersikkerhet som en integrert arbeidsstrøm i det nye fellesprosjektet «Teknologiskifte fra GSM-R til FRMCS». GSM-R er kritisk for ERTMS/ETSC i dag, noe FRMCS trolig også blir når løsningen innføres. Sårbarheter som kan utnyttes av uvedkommende på grunn av mangelfull helhetlig styring og kontroll på tvers av et relativt komplekst aktørbilde kan ha kritiske konsekvenser for flere aktører i sektoren. Fra et cyber-perspektiv anbefales derfor å gjøre en helhetlig risikovurdering av både den tekniske løsningen FRMCS, valg av leveransemodell og infrastrukturen opp mot kritikaliteten som FRMCS vil ha for togfremføring i Norge. En slik vurdering bør også innebefatte ansvarsmodell for cybersikkerhet på tvers av jernbanesektoren i forhold til både anskaffelse, forvaltning og håndtering i en krisesituasjon (beredskap). Vi mener dermed at kartlegging av disse sammenhengene og robuste tiltak for cybersikkerhet, som sikrer best mulig kontroll på risiko innen dette domenet, er vesentlige suksessfaktorer for den kommende implementeringen av FRMCS, ikke bare i Norge, men globalt.

#### **4. Ombordutstyr**

Med henblikk på ombordutstyr, ser vi fire vesentlige suksesskriterier i forbindelse med overgangen fra GSM-R til FRMCS:

1. Sentralisert koordinering; konkurransenøytralitet (f.eks. ved Samferdselsdepartementet, interimorganisasjon)
2. Tilgang til chip-sett/ FRMCS-komponenter; må avklares og sikres i lys av utformingen av FRMCS-standarden (jernbanespesifikke vs hyllevareløsninger)
3. Forenkling av godkjenningsprosesser; forutsetter vurderinger av om omrustning må godkjennes og hvordan (enkeltgodkjenning v typegodkjenning)
4. Vurdere, eventuelt etablere tilskuddsordninger; økte materiell-/ fornyelseskostnader og andre økonomisk-administrative konsekvenser (f.eks. kostnader ifbm. godkjenningsprosesser i seg selv) kan trekkes fram som argumenter for det

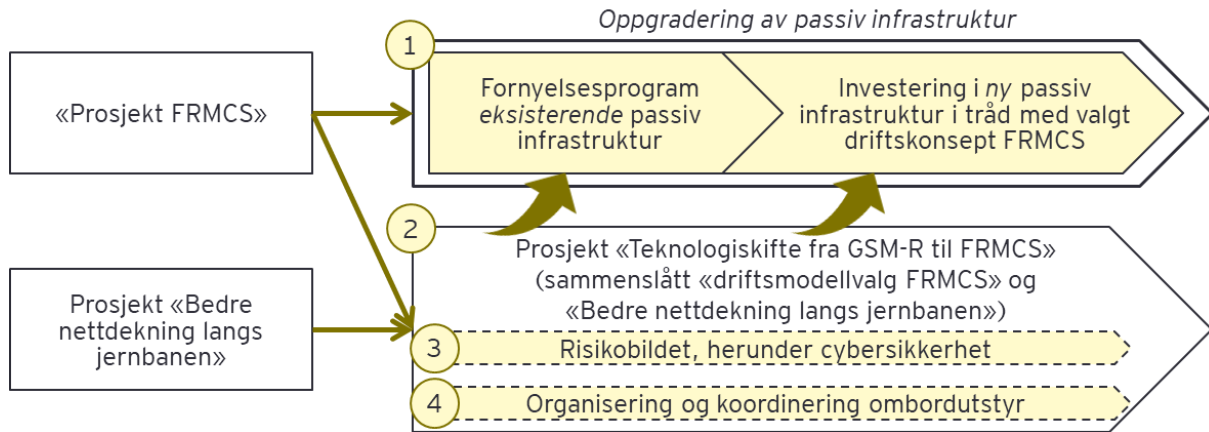
Nødvendigheten for tett koordinering mellom ERTMS-prosjektet og prosjektet «Teknologiskifte fra GSM-R til FRMCS» i forhold til ombordutstyr taler for å vurdere mulig organisasjon som arbeidsstrøm under det nye fellesprosjektet «Teknologiskiftet fra GSM-R til FRMCS».

#### **Oppsummering**

Både FRMCS og «Bedre nettdekning langs jernbanen» er avhengig av passiv infrastruktur. Sambruk av samme passive infrastruktur for begge formålene kan innebære potensielle synergigevinster, f.eks. i form av kostnadsbesparelser sammenlignet med en situasjon der MNO må bygge ut egen infrastruktur, men også avhengigheter i forhold til prosjektering, fornyelsesbehov og anskaffelse. Siden et nytt nødnett innebærer å dekke et landsdekkende behov for nødkommunikasjon, trenger man nettdekning også langs jernbanen til det formålet. Det genererer antakelig ytterligere, «indirekte» synergier mellom «FRMCS» og «Nytt nødnett», via «Bedre nettdekning langs jernbanen». Videre vil krav til cybersikkerhet og safety gjennom europeiske og nasjonale krav og standarder samt kritikaliteten til FRMCS for togfremføring trolig påvirke mulighetsrommet for valg av drifts- og eierskapsmodellen ytterligere, og ved dette også påvirke investerings- og driftskostnader.

Vi støtter derfor den grunnleggende anbefalingen fra tilleggsnotatet om å opprette et nytt fellesprosjekt mellom den delen av FRMCS-prosjektet som går ut på drifts- og eierskapsmodellen og «Bedre nettdekning langs jernbanen». Vi anbefaler å integrere en arbeidsstrøm for cybersikkerhetsvurderinger i det nye prosjektet. Grunnlag fra begge konseptvalgutredningene så langt vil i stor grad gjelde for det nye prosjektet «Teknologiskiftet fra GSM-R til FRMCS», men alternativet som dannes ved å slå sammen prosjektene har ikke blitt utredet i forhold til investeringskostnader, prissatte eller ikke-prissatte virkninger. Vi anbefaler derfor å gjennomføre en supplerende analyse før prosjektet går videre til en justert, nå felles forprosjektfase. Videre bør det nye fellesprosjektet utarbeide anbefalinger for organisering og koordinering av overgangen mtp. ombordutstyr. Ansvar for den supplerende analysen bør tilfalle Jernbanedirektoratet som sektorkoordinerende etat.

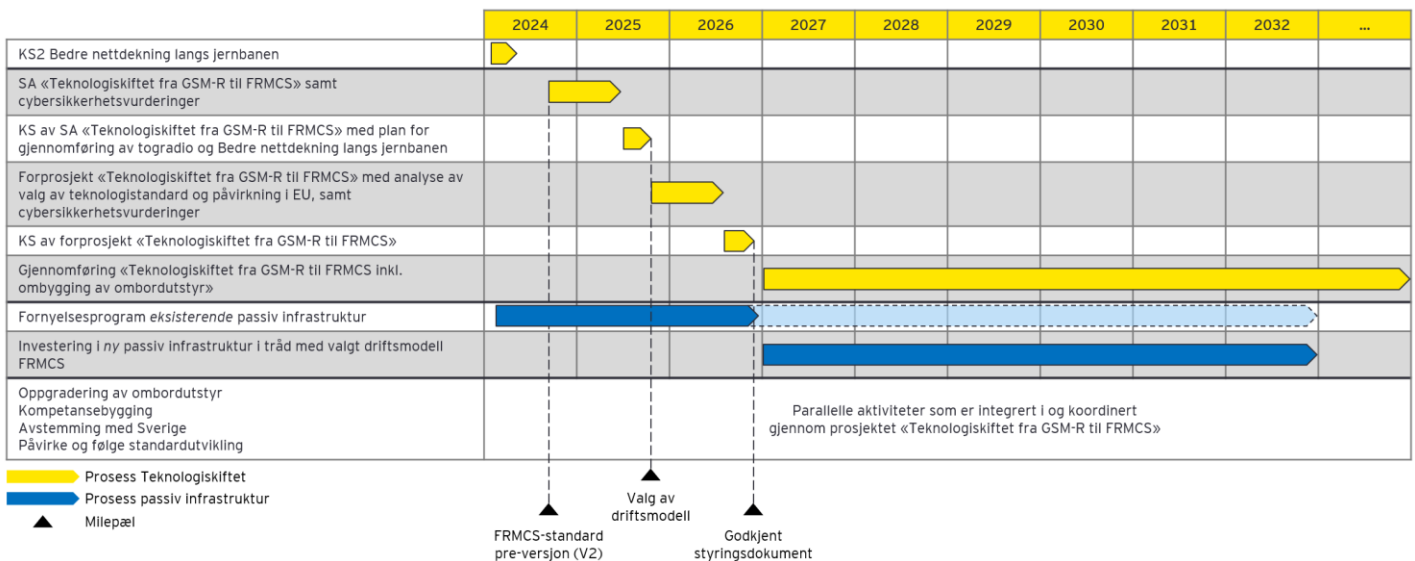
# KS1 FRMCS Fremtidig Togkommunikasjonssystem for Jernbane



Figur 13 Prinsippskisse av anbefalt prosjektorganisering (ikke periodisert)

## Kritiske suksessfaktorer og avklaringsbehov langs veien videre

- For å holde tidsplanen for utfasing av GSM-R og innfasing av FRMCS, er det viktig å få raskt oversikt over avhengigheter og hvilke aktiviteter som er på kritisk sti
- God markedsdialog med MNO om hvorvidt MNO er villige til å bidra til realisering av alternativene 3, 5 og 6 (alternativene som legger til grunn bruk av kommersielle frekvenser), og under hvilke forutsetninger
- 3GPP, release 18 forventes i begynnelsen av 2024, og ser ut til å åpne for en smalere båndvidde fra 5 til 3 MHz som gjør parallelldriften av GSM-R og FRMCS i overgangsperioden og driftsmodellen jf. alternativ 4 lettere
- Utkast til FRMCS standard, pre-versjon 2, forventes som utkast mars 2024 med lansering oktober 2024; versjon 2 vil muligens gi tydeligere signaler om bruk av kommersielle frekvenser
- MCx er under rask utvikling slik at en må kunne få snarlig avklaring på om eller hvorvidt MCx fra «Nytt nødnett» også kan brukes til jernbaneformål
- Aktiv dialog med Sverige for å koordinere migrering fra GSM-R til FRMCS
- Kartlegging av risikobildet og utvikling av robuste tiltak for cybersikkerhet som sikrer best mulig kontroll på risikoen innen dette domenet



Figur 14 Illustrasjon av tidslinjen



### ***10.2 Råd til etaten (organisering av neste fase)***

Vi anbefaler at Bane NOR begynner å planlegge og gjennomføre et fornyelsesprogram for passiv infrastruktur parallelt til den supplerende analysen av prosjektet «Teknologiskiftet fra GSM-R til FRMCS». Jernbanedirektoratet bør derfor bestille dette i tråd med styringsprosesser i henhold til infrastrukturavtaler, og utfordre statsforetaket spesielt på sin plan for gjennomføring. Som del av det mener vi at Bane NOR bør vurdere hvorvidt fornyelse av eksisterende passiv infrastruktur kan «taktes» slik at den samkjøres med øvrige vedlikeholdsplaner samtidig som investering i potensielt ny passiv infrastruktur legges mot slutten av fornyelsesplanen. På den måten bør en kunne se an og planlegge i tråd med det faktiske behovet for ny passiv infrastruktur.

I tillegg bør Jernbanedirektoratet ta initiativ til koordinering av oppgradering av ombordutstyr. Etaten bør utarbeide et forslag til organisering og ansvarsdeling, samt vurdere behovet for eventuelle støtteordninger.

## **11 Vedlegg**

Vedlegg 1: Kostnadsestimat og usikkerhetsanalyse – vedlagt som selvstendig dokument

Vedlegg 2: Samfunnsøkonomisk analyse (analyseforutsetninger) – vedlagt som selvstendig dokument