



Jernbane-
direktoratet

Mulighetsstudie

Vedlegg 5 KVV GREEN

Dokument nr: 202300894-7

Dato: 31.01.2023

Utarbeidet av: Jernbanedirektoratet i samarbeid med WSP	Saks nr: 202300894
Godkjent av: Jernbanedirektoratet	Dokumentnummer: 202300894-7
Dato: 31.01.2023	Versjon: 01
Endringslogg:	

Innhold

1	Mulighetsstudie.....	4
1.1	Introduksjon.....	4
1.2	Åpning av mulighetsrommet.....	4
1.2.1	Firetrinnsmetodikken.....	4
1.2.2	Aktiviteter for å åpne mulighetsrommet.....	5
1.3	Muligheter som ble identifisert ved åpningen av mulighetsrommet	6
1.4	Grovsiling av muligheter	8
1.4.1	Resultater av grovsilingen.....	10
1.4.2	Særskilt omtale av enkelte muligheter	13
1.5	Sortering av muligheter i konsepter	13
1.5.1	Konsept for endret samfunnsstruktur og redusert behov for transport.....	15
1.5.2	Konsept for endret fordeling mellom transportmidler: Optimalisering av togtilbudet for energieffektiv godstransport	16
1.5.3	Konsepter som optimaliserer energiforbruk	16
1.5.4	Samlet om konsepter som innebærer skifte av energibærere	19
1.5.5	Konsept 0: Fossil diesel	20
1.5.6	Konsept 1: Ikke-fossil diesel	20
1.5.7	Konsept 2: Hydrogen	21
1.5.8	Konsept 3: Batteri.....	21
1.5.9	Konsept 4: Elektrifisering.....	22
1.5.10	Supplerende muligheter som fyller funksjonshull i andre konsepter, for enkelte segmenter.....	22
1.6	Siling av konsepter	23
1.7	Gjenstående konsepter	24

1 Mulighetsstudie

1.1 Introduksjon

Hensikten med mulighetsstudiet er å sikre at aktuelle løsninger på problemet i størst mulig grad oppfyller strategiske mål og rammebetingelser, sett i sammenheng, definerer et mulighetsrom. Mulighetsstudien skal være en bred tilnærming til hva som er mulige alternative løsninger. Det skal vurderes ulike tilnærminger, virkemidler og tiltak som alene, eller i kombinasjon, kan løse problemet en står overfor, uavhengig av hvilken statlig virksomhet som har ansvaret for virkemiddelet. Dette gir grunnlag for å definere konsepter som alternative løsninger. Figur 1 viser prosess som er grunnlaget for mulighetsstudien.



Figur 1 Arbeidsprosess i KVV Green

I mulighetsstudien skal det vurderes om ulike konseptuelle løsninger kan realisere mål og tilfredsstille de tiltaksspesifikke rammebetingelsene. Det gir grunnlag for en grovsiling av aktuelle tiltak og det skal dokumenteres hvorfor noen løsninger velges vekk på et tidlig stadium. Løsningene som passerer grovsilingen blir satt sammen til ulike konsepter. I silingsprosessen blir de potensielle konseptene vurdert opp mot rammebetingelser og effektmål. De gjenværende løsningsalternativene etter denne to-trinns silingsprosessen blir tatt videre til alternativanalysen.

1.2 Åpning av mulighetsrommet

For å sikre at konseptvalgutredningen finner de beste løsningene, er det viktig at den har en «bred tilnærming til hva som er mulige alternative løsninger»¹. Ofte igangsettes en konseptvalgutredning etter at det har vært gjennomført innledende mulighetsstudier og vurderinger av en eller flere aktuelle løsninger på problemet. Det er nettopp av hensiktene med KVV-metodikken at dette ikke forhindrer at andre, kanskje bedre, løsninger vurderes like inngående. I konseptvalgutredningens mulighetsstudie kartlegges alle aktuelle løsninger, både de som har blitt vurdert tidligere, og de som ikke har blitt vurdert tidligere.

Målet er å få fram alle aktuelle muligheter. I etterkant vurderes det om mulighetene er innenfor konseptvalgutredningens rammebetingelser. Aktuelle muligheter samles i konsepter. Et konsept er en alternativ løsning på problemet som KVV-arbeidet omhandler. Konseptene som identifiseres må være konseptuelt ulike hverandre: ulike konsepter bygger på prinsipielt ulike valg for å løse eller dekke det samme samfunnsbehovet eller samfunnsproblemet. Et konsept kan også være en pakke av tiltak.

1.2.1 Firetrinnsmetodikken

For å åpne mulighetsrommet og sikre at et bredt spekter av mulige løsninger – fra de enkle til de omfattende – blir identifisert og vurdert, er den anerkjente firetrinnsmetodikken benyttet. Metodikken skal sikre at flere perspektiver enn de rent intuitive blir vurdert som løsninger på en analytisk og systematisk måte, og at det i neste omgang kan sette sammen konseptforskjellige alternativer som utredes videre. Firetrinnsmetodikken brukes for å stimulere til kreativitet og at deltagerne i arbeidsverkstedet tenkte «utenfor boksen», og videre i studien er mulighetene som ble spilt inn sortert etter andre premisser.

¹ Finansdepartementets rundskriv R-108.

Tabell 1 Firetrinnsmetodikken:

Trinn	Generisk beskrivelse	I KVV Green kan dette bety
1	Tiltak som kan redusere behovet	Tiltak som kan redusere fossil transport og bruk av fossile arbeidsmaskiner på jernbanen.
2	Tiltak som gir mer effektiv utnyttelse av eksisterende løsninger	Gjøre ting annerledes/på en bedre måte, med lave kostnader.
3	Mindre investeringer	Moderate tiltak med mindre kostnader, inkludert implementering av ny teknologi på moderat skala, ombygging av eksisterende kjøretøy.
4	Større investeringer	Omfattende tiltak med større kostnader, inkludert utbygging av kjøretøy og arbeidsmaskiner i stor skala, ny infrastruktur.

Ambisjonen i konseptvalgutredningen har vært å sikre at alle muligheter er beskrevet slik at det er forståelig hvordan de løser problemet og hvordan de skiller seg fra de andre konseptene, men ikke for detaljert. For å sikre ca. samme nivå på beskrivelsen av de identifiserte mulighetene, er det utarbeidet et mulighetskort som er benyttet som en mal for beskrivelsene.

Samtidig påpekes det at kreative metoder har inngått i mulighetsstudien, og utkastet til mange av mulighetskortene er utarbeidet i arbeidsverksteder. I etterkant er disse bearbeidet videre iht. mulighetskortenes format, men det er allikevel noen gjenstående variasjoner i detaljeringsgrad og oppbygning mellom kortene. For enkelte har bidragsyterne stilt med et stort antall skriftlige kilder, mens for andre er kildene primært fagekspertene som har vært til stede på verksteder, og det er færre skriftlige kilder.

Det er vurdert at en viss variasjon er akseptabelt, så lenge ulikhetene ikke gir opphav til mangelfullt vurderingsgrunnlag i sliingsprosessen. I slike tilfeller har ytterligere informasjon blitt innhentet og aktuelle mulighetskort oppdatert. Det henvises til delrapport *Mulighetsrommet* for nærmere beskrivelse av mulighetskortene.

1.2.2 Aktiviteter for å åpne mulighetsrommet

Det er gjennomført flere ulike aktiviteter i konseptvalgutredningen for å åpne mulighetsrommet. Disse beskrives kort i det følgende.

Arbeidsverksted 1. På dette arbeidsverkstedet ble deltagerne utfordret til å konkretisere hvilke behov konseptvalgutredningen bør løse. De ble også utfordret til å foreslå muligheter de anså som aktuelle for prosjektet å se nærmere på i mulighetsstudien. Gruppedeltagerne kom med mange innspill, noen overordnede og noen mer detaljerte, som har inngått og blitt bearbeidet videre i mulighetsstudien.

Arbeidsverksted i prosjektgruppa. Det ble avholdt et eget arbeidsverksted i prosjektgruppa med kreativ brainstorming om mulige løsninger. Til dette ble firetrinnsmetodikken benyttet, for å åpne mulighetsrommet og få fram muligheter innenfor ulike ambisjonsnivåer. Videre ble det i verkstedet utarbeidet mer detaljerte beskrivelse av aktuelle muligheter innenfor de ulike ambisjonsnivåene, som er bearbeidet videre i dokumentasjon av mulighetsstudien.

Separate fagmøter. Det er gjennomført separate fagmøter om spesifikke temaer, der nøkkelkompetanse ble innhentet for å supplere informasjonsgrunnlaget og avklare faktaforhold.

InnoTrans 2022. Jernbanedirektoratet sendte en delegasjon til InnoTrans, som ble avholdt september 2022 i Berlin. Jernbanedirektoratet benyttet anledningen til å innhente informasjon og knytte kontakter med bl.a. kjøretøyprodusenter og andre som kan belyse den mulige og forventede teknologiske utviklingen. Kjøretøyprodusentene har høyt fokus på å redusere utslippene ved bruk av batteri, hydrogen eller hybride kombinasjoner. En produsent av persontogkjøretøy fortalte at de ikke vil produsere flere kjøretøy med dieselmotor. For skinnegående arbeidsmaskiner er det kun et fåtall som har utviklet nullutslippsløsninger, men produsentene opplyste om at det p.t. fokuseres på hybrid batteri-diesel. Samtidig viser de til at interessen for nullutslippsløsninger er økende og at de kan utvikle løsninger ved en bestilling.

Innspill og forslag fra interessenter. På arbeidsverksted 1 kommuniserte prosjektet tydelig til deltagerne at innspill og forslag kunne sendes over til prosjektet av alle som ønsket det. Prosjektet har mottatt innspill fra flere aktører. Enkelte aktører har benyttet seg av muligheten til å sende mer formelle innspill, og flere interessenter har også bidratt med å tipse om nyheter og nyvinninger som er relevante for konseptvalgutredningens tema. Denne informasjonen har inngått i mulighetsstudien.

Request for information (RFI). For å innhente informasjon om pågående teknologisk utvikling knyttet til nye energibærere på jernbanen, har prosjektet sendt ut en Request For Information (RFI) til produsenter av kjøretøy til person- og godstog og en RFI til arbeidsmaskinprodusenter. Prosjektets arbeid med behovsanalysen, effektmål og rammebetingelser, og mulighetsstudien har banet vei for et antall muligheter som vil bli vurdert opp mot effektmål og rammebetingelser. Disse muligheter vil bli sett på nærmere i den kommende fasen med usikkerhetsanalysen og alternativanalysen. Alternativanalysen er avhengig av en del detaljert informasjon om mulighetene med hensyn til blant annet pris, teknisk modenhet og oppfyllelse av norske krav. Derfor er det naturlig å definere et antall spørsmål som leverandører av teknologien som inngår i mulighetene skal svare på. Utarbeidelsen av en RFI har derfor pågått parallelt med arbeidet med mulighetsstudien, og svarene forventes være tilgjengelige i den kommende fasen med usikkerhetsanalyse og alternativanalyse.

Arbeidsverksted 2. På arbeidsverksted 2 ble deltagerne utfordret til å jobbe videre med de forskjellige konseptene arbeidsgruppen la frem. De følgende åtte konseptene ble presentert: Ikke-fossil diesel, ikke-fossil diesel med del-elektrifisering, hydrogen, hydrogen med del-elektrifisering, batteri med lading i stillstand, batteri med del-elektrifisering, elektrifisering, elektrifisering uten kontaktledningsanlegg (KL) i tunneler. Det ble først gjort en gruppeoppgave, hvor deltagerne hadde mulighet til å legge til relevant informasjon om de forskjellige løsningene og hvordan de påvirket de forskjellige banestrekningene og kjøretøygruppene. Videre ble det gjennomført en individuell oppgave, hvor deltagerne kommenterte hvor stor gjennomførbarhet og måloppnåelse de forskjellige konseptene har. Gruppene kom med gode innspill som har inngått i slutfasen av arbeidet med mulighetsstudiet.

Arbeidsverksted for arbeidsmaskiner. KVVU Green skal også belyse løsninger for arbeidsmaskiner. Som følge av at dette er en svært sammensatt gruppe kjøretøy, ble det gjennomført et eget arbeidsverksted med representanter fra Bane NOR, Spordrift og Baneservice. På verkstedet var det fokus på å vurdere aktuelle muligheter for arbeidsmaskiner nærmere, tilsvarende arbeidsverksted 2. De foreslåtte konseptene ble drøftet nærmere i gruppen, samt supplerende muligheter som kan være spesielt relevante for arbeidsmaskiner. Det ble også innhentet input om barrierer for overgang til lav- og nullutslippsløsninger for arbeidsmaskiner, som vil benyttes i videre faser i KVVUen.

1.3 Muligheter som ble identifisert ved åpningen av mulighetsrommet

Det ble identifisert mange muligheter gjennom prosjektets aktiviteter for å åpne mulighetsrommet. Disse ble supplert og bearbeidet videre i prosjektet til 42 mulighetskort, fordelt på de fire ulike trinnene. Underveis i bearbeidingen ble mulighetene samlet i fire kategorier, som delvis overlapper med trinnene i 4-trinnsmetodikken. Det ble imidlertid lagt større vekt på å samle konsepter av lignende art, enn å rendyrke inndelingen i trinn.

1. Tiltak som kan redusere behovet (Tabell 2)
2. Tiltak som gir mer effektiv utnyttelse av eksisterende løsninger (Tabell 3)
3. Mindre eller større investeringer som ikke innebærer bytte av energibærere (Tabell 4)
4. Mindre eller større investeringer som innebærer bytte av energibærere (Tabell 5)

Det henvises til delrapport *Mulighetsrommet* for nærmere beskrivelse av hver av mulighetskortene. I delrapporten forklares det nærmere hva som inngår i hver mulighet, og fordeler og ulemper er nærmere beskrevet. Det presiseres at det som gjengis i følgende tabeller og i delrapport *Mulighetsrommet* er alle kartlagte og foreslåtte muligheter, uavhengig av om de i etterkant har blitt vurdert å være dårlige eller potensielt gode løsninger for å redusere klimagassutslipp på jernbanen. Dette er iht. KVVU-metodikken, der man først åpner mulighetsrommet for å kartlegge alle potensielle løsninger, og så i etterkant gjør en nærmere vurdering av om de tilfredsstillende rammebetingelsene m.m. Den nærmere vurderingen er beskrevet i kapittel 1.4. Muligheter som passerer silingen forklares også på overordnet nivå i kapittel 1.5.

Tabell 2 Tiltak som kan redusere behovet:

Tema	Muligheter
Muligheter som reduserer behovet for persontransport (på jernbanen)	Innrette samfunnet slik at behovet for daglige reiser reduseres Redusere tilbudet på ikke-elektrifiserte persontrafikklinjer med lavt belegg
Muligheter som reduserer behovet for godstransport (på jernbanen)	Økt lokal produksjon Overføre godstransporten til vei
Muligheter som reduserer behovet for drift og vedlikehold på jernbanen	Ingen videre utbygging eller større oppgradering av jernbanen

Tabell 3 Tiltak som gir mer effektiv utnyttelse av eksisterende løsninger:

Tema	Muligheter
Smartere togframføring og logistikk-løsninger	Økt automatisering av togtrafikken Optimalisering av kjøremønster/-adferd per linje Driver Advisory System Effektivisering av vekt og aerodynamikk Redusere tomgangskjøring Plassering av hensettingsanlegg slik at tomtogkjøring reduseres
Smartere og mer energieffektivt vedlikehold	Smart vedlikehold av infrastrukturen Deling/samarbeid om arbeidsmaskinflåte med Sverige Mer energieffektiv forflytning av arbeidsmaskiner
Endre prioritering mellom togkategoriene	Permanent buss for tog for å prioritere godstrafikken i stedet

Tabell 4 Mindre eller større investeringer som ikke innebærer bytte av energibærer:

Tema	Muligheter
Overgang til mer energieffektiv teknologi	Overgang til mer energieffektive metoder og maskiner for vedlikehold Strategisk utvikling av arbeidsmaskinflåten med hensyn til energibruk Forbedre traksjonssystem og energieffektivitet Redusere vekten på kjøretøy Multipurpose kjøretøy
Optimalisert trafikkflyt og kryssingsmønster	Optimalisering av rutemodellen for energieffektivitet Lengre kryssingsspor for å få lengre og mer effektive godstog
Andre muligheter	Leasing av nyere dieselskjøretøy i en overgangsfase Modifisere kjøretøy for å redusere klimagassutslippene Karbonfangst av utslipp fra kjøretøy på jernbanen Karbonfangst fra luft med tog i bevegelse

Tabell 5 Mindre eller større investeringer som innebærer bytte av energibærer:

Tema	Muligheter
Elektriske løsninger – Elektrifisering	Helelektrifisering med standard kontaktledning Elektrifisering uten elektrifisering av tunellene
Elektriske løsninger – batteribaserte løsninger	Helbatteri med ladepunkt i enden av banestrekningen Helbatteri med lading underveis fra ladepunkt eller batteribytte
Drivstoffbaserte løsninger – hydrogen og lignende	Hydrogentog med brenselcelle Hydrogentog med forbrenningsmotor
Drivstoffbaserte løsninger – diesel fra ikke-fossile kilder	Biodiesel
Drivstoffbaserte løsninger – biogass og bioalkohol	Biogass Bioalkohol
Hybrider KL-Batteri	Deelektrifisering med batteri
Hybrider KL-Drivstoff	Deelektrifisering med biodiesel Deelektrifisering med hydrogen
Hybrider batteri-drivstoff	Hybrid batteri-biodiesel
Tribriker KL-batteri-drivstoff	Tribrid KL-batteri-biodiesel
Annet	Flerdrivstoffmotor Kjernekraftdrevne tog

1.4 Grovsiling av muligheter

For å lukke mulighetsrommet er det gjennomført en siling av de kartlagte mulighetene, der disse er vurdert opp mot konseptvalgutredningens rammebetingelser. Silingen gjennomføres i to steg: Først en grovsiling av mulighetene på bakgrunn av de identifiserte rammebetingelsene. Etter at de gjenværende mulighetene er satt sammen til aktuelle konsepter kan det gjennomføres en ny siling på bakgrunn av antatt effektmåloppnåelse, slik at åpenbart svakere konsepter kan lukes ut. Et håndterlig antall konsepter kan dermed gå videre til alternativanalysen, som vist i figuren nedenfor.



Figur 2 Siling av muligheter etter rammebetingelser og effektmål

Silingen er gjennomført ved at en arbeidsgruppe har gått gjennom alle mulighetskortene og evaluert om muligheten tilfredsstillende rammebetingelsene. For hver rammebetingelse ble muligheten gitt én av følgende mulige score:

- Ja – muligheten tilfredsstillende rammebetingelsen
- Nei – muligheten tilfredsstillende ikke rammebetingelsen
- Ukjent – det er behov for ytterligere informasjon/analyse for å avklare om muligheten tilfredsstillende rammebetingelsen

Dersom muligheten ikke tilfredsstillende én eller flere rammebetingelser, har det ikke blitt prioritert å innhente informasjon for å avklare eventuelle score som «ukjent», ettersom muligheten uansett utgår. Derimot har det blitt gjennomført ytterligere informasjonsinnhenting for score «ukjent» dersom øvrige rammebetingelser er grønne, slik at det kan vurderes om muligheten skal siles ut eller ikke.

For å sikre konsistent evaluering, er det konkretisert hvordan hver rammebetingelse er tolket til bruk i silingen. Dette er gjengitt i Tabell 6 under.

Tabell 6 Rammebetingelser brukt i silingsprosessen

Rammebetingelse	Tolkning
<p>1. Norges klimagassutslipp</p> <p>Løsningen må bidra til å redusere klimagassutslipp som teller på Norges klimagassregnskap i 2030 og bidra til et lavutslippssamfunn i 2050.</p>	<p>1a. Kan løsningen bidra til å redusere utslipp innen 2030?</p> <p>ELLER</p> <p>1b. Kan løsningen bidra betydelig til å redusere utslipp innen 2050?</p>
<p>2. Globale klimagassutslipp</p> <p>Løsningen må ikke bidra til å øke de globale klimagassutslippene.</p>	<p>Er det sannsynlig at produksjon av energibærer eller teknologi i andre land vil medføre større utslipp enn de som spares i Norge med denne løsningen?</p> <p>For enkelte muligheter vil det være vanskelig å fastsette dette i mulighetsstudien, og det betyr at alternativer kan siles ut også senere i utredningen.</p>
<p>3. Realiserbarhet i drift</p> <p>Løsningen må ha et driftskonsept som muliggjør effektive drift under forventede fremtidige myndighetskrav.</p>	<p>Er løsningen lov å benytte i dag, iht. norske og felles europeiske lover og krav?</p> <p>Hvis dette er uklart om det er lov, har vi rimelig grunn til å tro at lover, regler og forskrifter vil oppdateres slik at løsningen blir lov å benytte i aktuell framtid?</p> <p>OG</p> <p>Har vi grunn til å forvente at løsningen ikke vil være lov å benytte i framtiden, iht. norske og felles europeiske lover og krav?</p> <p>Kostnader og konsekvenser av å ivareta denne rammebetingelsen må inngå i relevante alternativer.</p>
<p>4. Driftsstabilitet og regularitet</p> <p>En løsning kan ikke gi lavere nivå av driftsstabilitet eller regularitet enn referansealternativet.</p>	<p>Er det sannsynlig at løsningen vil gi minst like god punktlighet og regularitet som i dag? («I dag» benyttes ettersom det ikke er kvantifisert forventet endring i punktlighet og regularitet i referansealternativet.)</p>
<p>5. Teknologimodenhet</p> <p>Prosjektet skal kun vurdere tilgjengelige teknologiske løsninger som har høy grad av gjennomførbarhet for bruk på norsk jernbane. (tilgang på kjøretøyteknikk og tilgang på infrastrukturteknikk)</p>	<p>Er teknologien tilgjengelig på markedet nå?</p> <p>Hvis ikke, er den under utvikling for jernbanen, med høy grad av sikkerhet for at det vil lykkes (f.eks. fordi den har lyktes i tilsvarende applikasjoner i andre sektorer)?</p> <p>For noen teknologier må sannsynligvis resultatene fra RFlen avventes før det foreligger nok info til å vurdere dette.</p>
<p>6. Interoperabilitet</p> <p>Løsningen må være vurdert mot behovet for interoperabilitet med Sverige for person- og godstoglinjer som går i den grenseoverskridende trafikken.</p>	<p>Er det mulig at tømmer og kombitog fra Norge kan kjøre til/gjennom Sverige med denne løsningen?</p> <p>Ettersom disse togene bytter lok i dag, vil sannsynligvis alle løsninger være mulig.</p>

Rammebetingelse	Tolkning
<p>7. Standardisering</p> <p>Løsningen må kunne standardiseres i den forstand at løsningen(e) som velges kan bli brukt av alle relevante kjøretøy, og at det legges opp til at fremtidige kjøretøy også kan bruke løsningen(e) uten at det krever særlige tilpasninger og spesialløsninger for hvert kjøretøy.</p>	<p>Kan løsningen benyttes av persontog, godstog, skiftelok og arbeidsmaskiner?</p> <p>Hvis ikke: er det sannsynlig at løsningen kan brukes av øvrige aktuelle segmenter som følge av pågående/nærstående utvikling? Dvs.: det er ingen tekniske hindre for at dette kan realiseres.</p> <p>OG:</p> <p>Kan det forventes at løsningen er eller kan bli felles europeisk hyllevare?</p>
<p>8. Samfunnsikkerhet</p> <p>Sårbarheten i forhold til opprettholdelse av jernbanens samfunnsfunksjon må ikke få unødige eller uakseptable økninger. Konseptet skal ikke gi en økning av betydning i storulykkesrisiko</p>	<p>Innebærer løsningen at togulykker har større sannsynlighet for å bli omfattende dersom en ulykke inntreffer, eller at konsekvensene av en ulykke forverres (eksplosjon av drivstoff e.l. ved ulykke, sabotasje, osv.)? Spørsmålet omfatter både trafikken og energiforsyningssystemet.</p> <p>Gir løsningen økt sannsynlighet for lang nedetid med store samfunnsmessige konsekvenser?</p> <p>Er løsningen sårbar for tilsiktede handlinger med ønske om å skade?</p> <p>Her kan kostnader/ulempen for å sikre akseptabel sikkerhet måtte legges inn i konseptet.</p>
<p>9. Tilfredsstillende lover, forskrifter og annet førende regelverk</p> <p>Løsningen må tilfredsstillende minimumskrav i gjeldende norsk og europeisk regelverk, og være akseptabel for de aktører som er ansvarlige for sikkerhet og risiko ved driften, herunder driftssikkerhet, arbeidsmiljø og ytre miljø.</p>	<p>Kan løsningen implementeres slik at den med høy sannsynlighet tilfredsstiller minimumskrav i gjeldende og forventede norsk og europeisk regelverk, samt ansvarlige aktørers krav til</p> <ul style="list-style-type: none"> - Driftssikkerhet - Sikkerhet (ulykker m.m.) - Arbeidsmiljø (utslipp, støy, m.m.) - Ytre miljø (utslipp, støy, m.m.) <p>Kostnader og konsekvenser av å ivareta denne rammebetingelsen må inngå i relevante alternativer.</p>
<p>10. Kompatibilitet med dagens teknologi</p> <p>Løsninger basert på ny teknologi må kunne benyttes samtidig med dagens teknologiske løsning, slik at en smidig overgang til valgt konsept sikres.</p>	<p>Er det mulig å tilrettelegge for en smidig overgang fra dagens teknologi til den foreslåtte løsningen? F.eks. har aktørene tid til å tilpasse seg, evt. ombygge kjøretøy?</p> <p>Kostnader og konsekvenser av å ivareta denne rammebetingelsen må inngå i relevante alternativer, både med hensyn til infrastruktur og kjøretøy.</p>

1.4.1 Resultater av grovsilingen

I en mulighetsstudie er det vanlig å først si identifiserte muligheter med utgangspunkt i om de tilfredsstiller KVUens rammebetingelser (groviling). Det ble i mulighetsstudien identifisert flere muligheter som ble samlet og beskrevet i totalt 42 mulighetskort. Av disse mulighetene ble 28 vurdert å tilfredsstillende konseptvalgutredningens 10 rammebetingelser. De fleste muligheter var det mulig å si på grunnlag av foreliggende informasjon, mens det for enkelte ble innhentet ytterligere informasjon. Det ble gjennomført noen delinger og sammenslåinger av mulighetskortene som del av grovsilingen, for å sikre at aktuelle løsninger ble beholdt, samtidig som uaktuelle løsninger ble silt bort.

For hver mulighet følger en kort kommentar som gjelder evalueringen iht. silingskriteriene, spesielt med hensyn til hva som er lagt til grunn som avgjørende for silingen. For muligheter som passerte silingen, vil disse også drøftes mer inngående i kapittel 1.4.2 Særskilt omtale av enkelte muligheter. For muligheter som siles ut, er omtalen litt mer utfyllende for sentrale punkt i vurderingen. Det henvises til underlagsrapport for *Mulighetsrommet* for full presentasjon av evalueringen per rammebetingelse.

Hensikten med silingen er å få fram hovedkonseptene som skal vurderes nærmere i konseptvalgutredningens neste fase, alternativanalyse. Hensikten er ikke å begrense sektorens aktører fra å benytte seg av de mulighetene de selv identifiserer som aktuelle og ønskelige å prøve ut eller ta i bruk i den daglige driften. Som følge av at mange muligheter ble vurdert å tilfredsstillende rammebetingelsene, er det gjennomført ytterligere siling med utgangspunkt i andre kriterier, og dette beskrives nærmere i kapittel 1.5 og kapittel 1.6.

Tabell 7 Grovsiling av muligheter iht. rammebetingelsene (grønt for de som tilfredsstillende rammebetingelsene og rødt for de som ikke tilfredsstillende én eller flere rammebetingelser):

Mulighet	Merknad
Innrette samfunnet slik at behovet for daglige reiser reduseres	Mulig, men vil ikke være tilstrekkelig for å nå klimamålene. Utenfor konseptvalgutredningens mandat.
Redusere togtilbudet på ikke-elektrifiserte persontrafikklinjer med lavt belegg	Innvirkning på klimagassutslipp avhenger i veldig stor grad av hvordan det gjøres og for hvilke strekninger. Dette krever omfattende analyser å avklare. Da dette tiltak også er i direkte motstrid med effektmål 4, konkluderes det med at tiltaket ikke videreføres.
Økt lokal produksjon	Mulig, men vil ikke være tilstrekkelig for å nå klimamålene. Utenfor konseptvalgutredningens mandat.
Overføre godstransport til vei	På kort og mellomlang sikt vil utslipp fra tungtransport på vei være større enn fra jernbanen (selv om den går på fossil diesel), og muligheten tilfredsstillende ikke krav til klimaeffekt. Overføring til lastebil er urealistisk for malm som følge av høy vekt, og det mangler veikapasitet for overføring av tømmertransporten. Alternativet bryter med overføringsmålet i NTP 2022-2033, der regjeringen har som ambisjon å overføre 30 prosent av gods over 300 km fra vei til sjø og bane innen 2030.
Ingen videre utbygging eller større oppgradering av jernbanen	Dersom jernbanen ikke oppgraderes i tråd med brukernes forventninger, vil det bli mindre attraktivt som transportmiddel, og transporten vil overføres til andre transportmidler. På sikt vil dette gi negative konsekvenser for driftsstabilitet og regularitet, med svekket realiserbarhet i drift som konsekvens. Jernbanen vil med tiden slite med å tilfredsstillende nyere krav til sikkerhet på jernbanen.
Økt automatisering av togtrafikken	Utredet i KVVU for bedre utnyttelse av ERTMS gjennom økt automatisering (ATO).
Optimalisering av kjøremønster-/adferd per linje	
Driver advisory system (DAS/C-DAS)	
Effektivisering av vekt og aerodynamikk for godstog	Effekten av dette for klimagassutslipp forventes å være positiv, men ikke veldig stor.
Redusere tomgangskjøring	
Plassering av hensettingsanlegg slik at tomtogkjøring reduseres	Potensialet for å optimalisere plassering av hensettingsanlegg på ikke-elektrifiserte strekninger er lite.
Smart vedlikehold av infrastrukturen	Bane NOR jobber allerede med gjennomføring.
Deling/samarbeid om arbeidsmaskinflåten med Sverige	Muligheten gir ikke merkbare reduksjoner i klimagassutslipp. Om det er ønskelig av andre hensyn henvises til de ansvarlige aktører.
Mer energieffektiv forflytning av arbeidsmaskiner	Det antas at det vil være tungvint å realisere dette i større grad enn i dag. Vurdering av mulighetene for dette er interne hensyn i Bane NOR som kan avklares i forbindelse med den operative driften.
Permanent buss for tog for å prioritere godstrafikken i stedet	Det kan oppstå kapasitetsproblemer som gjør tiltaket dyrt å realisere i praksis (trinn 3 eller 4). Supplert med eventuelle kapasitetsøkende tiltak kan dette allikevel være mulig å gjennomføre.
Overgang til mer energieffektive metoder og maskiner for vedlikehold	God ide, men ikke ett overordnet konseptvalg som kan vurderes her. Hva som er en hensiktsmessig utforming av arbeidsmaskinflåten, kan påvirkes av hvilken energibærer som brukes.
Strategisk utvikling av arbeidsmaskinflåten med hensyn til energibruk	God ide, men ikke ett overordnet konseptvalg som kan vurderes her. Hva som er hensiktsmessig balanse, kan påvirkes av hvilken energibærer som brukes.
Forbedre traksjonssystem og energieffektivitet	God idé uavhengig av energibærer. Tiltak må tilpasses slik at krav til interoperabilitet ivaretas. Europes Rail Rail4EARTH jobber med dette for persontog.
Redusere vekten på kjøretøy	Effekten av dette for klimagassutslipp forventes å være positiv, men ikke veldig stor. Europes Rail Rail4EARTH jobber med dette for persontog.

Mulighet	Merknad
Multipurpose kjøretøy	Muligheten gir ikke merkbare reduksjoner i klimagassutslipp. Om det er ønskelig av andre hensyn henvises til de ansvarlige aktører.
Optimalisere rutemodellen for energieffektivitet	Klimaeffekten vil avhenge av hvordan dette gjennomføres, men forventes å være positiv. Mange andre gode gevinster. Optimaliseringen for energiforbruk må innrettes slik at det ikke skaper unødige driftsulemper.
Lengre kryssingsspor for å få lengre og mer effektive godstog	Klimaeffekten vil avhenge av hvordan dette gjennomføres, men forventes å være positiv. Flere andre gevinster. Kan være kostbart å gjennomføre.
Leasing av nye dieselskjøretøy i en overgangsfase	Onrail og CargoNet bekrefter at det ikke finnes en pool av tilgjengelige kjøretøy som kan leases for godstog. Norske togs undersøkelser har tidligere bekreftet at nyere dieselskjøretøy for persontrafikk ikke er tilgjengelige heller. Siles ut som følge av at bygging av nye dieselskjøretøy kun for bruk i en overgangsperiode vil ikke være klimavennlig eller økonomisk attraktivt for operatører.
Modifisere kjøretøy for å redusere klimagassutslipp	Tjenesten med f.eks. bytte til mer moderne dieselmotorer tilbys allerede i markedet.
Karbonfangst av utslipp fra kjøretøy på jernbanen	Denne teknologien har stort potensiale, men som følge av at den ikke er under utvikling for jernbanen vurderes det at den teknologiske modenheten er for lav. Det anbefales at utvikling av denne teknologien overvåkes, ettersom den har potensiale til å være en viktig løsning for å redusere utslippene fra eksisterende kjøretøy med mye av levetiden igjen.
Karbonfangst fra luft med tog i bevegelse	Dette er svært umoden teknologi, og ikke et tiltak som egentlig omhandler utslipp fra jernbanen.
Helelektrifisering med standard kontaktledning	Krevende å realisere til 2030, men mulig med sterk politisk vilje og handlingskraft.
Elektrifisering uten elektrifisering av tunnelene	Krevende å realisere til 2030, men mulig med sterk politisk vilje og handlingskraft.
Helbatteri med endepunktslading	Hvorvidt batteriene gir lang nok rekkevidde avhenger av hvilken bane, transporttype og tidsperspektiv som vurderes. Tilgjengelig energi i toget avhenger av batterikapasiteten, og hvor mange og store batterier det er på toget (f.eks. følgevogn med ekstra batteri for gods- og persontog som kjøres med lok og vogner, mellomvogn i motorvogsett, osv.).
Helbatteri med lading underveis fra ladepunkt eller batteribytte	Får driftsmessige konsekvenser for togtrafikken (tid til lading på stoppesteder mv.) men forventes å være realiserbart i drift, teknisk sett. Ulemper for tunge tog må vurderes nærmere. Stoppetiden ved kryssing kan utnyttes til lading.
Hydrogentog med brenselcelle	Tilgjengelig for persontog og vil leveres for godstog med energivogn fra 2025. Sikkerhet i tunneler, samt i bygningsmasse ved vedlikehold må avklares nærmere (rammebetingelse 8).
Hydrogentog med forbrenningsmotor	Forbrenningsmotor for hydrogen gjør det jevnt over dårligere/mye dårligere enn brenselcelle og andre gassmotorer, med hensyn til bl.a. energieffektivitet og vedlikeholdskostnader. Dette bidrar til at det ikke jobbes med å utvikle løsninger for jernbane med forbrenningsmotorer for hydrogen. Det kan likevel tenkes at enkelte arbeidsmaskiner i fremtiden kan benytte flere drivstoff, inkludert hydrogen.
Biodiesel	Tilfredsstillende av rammebetingelsen for klimagassutslipp avhenger av hvordan utslippene regnes og hvilken iblandingsgrad som forutsettes.
Biogass	Det mangler interesse for biogass på jernbanen i Europa. Ettersom det satses lite på biogass kan Norge potensielt bli eneste bruker i Europa. Muligheten tilfredsstiller derfor ikke kravet til mulighet for standardisering.
Bioalkohol	Denne typen forbrenningsmotor er ikke egnet for så tunge applikasjoner, og det kan ikke forventes at noen vil investere i å utvikle teknologien for jernbane.
Delelektrifisering med batteri	Løsningen er moden for persontog, men ikke like moden for gods.
Delelektrifisering med biodiesel	Se Biodiesel.
Delelektrifisering med hydrogen	Se Hydrogen med brenselcelle.
Hybrid batteri-biodiesel	Mulig, men egenskapene tilsier at løsningen primært er aktuell for å komplettere andre løsninger.
Tribrid KL-batteri-biodiesel	Det er en utfordring med at det blir veldig mange energibærere som skal utnyttes, og det kan være krevende å få plass nok til teknologien og nok effekt ut av hver energibærer.
Flerdrivstoffmotor	Teknologimodenhet må avklares nærmere.
Kjernekraftdrevne tog	Denne løsningen forutsetter en internasjonal standardisering og sertifisering for å ivareta sikkerheten. Teknologisk sett forventes ikke løsningen å være moden i 2030 eller 2050.

1.4.2 Særskilt omtale av enkelte muligheter

Det ble innhentet utfyllende informasjon for å gjennomføre silingen av enkelte potensielle nye energibærere. Dette ble gjort for å forsikre at ingen gode løsninger ble silt ut på grunnlag av ufullstendig informasjon. Disse mulighetene omtales kort i det følgende.

Biogass. Det er lite erfaring på implementering av biogass i store jernbanesystemer, og konseptet har bare blitt testet i demokjøretøy i Norden. Jernbanekjøretøy med biogass som energibærer er ikke en standard hyllevare, og markedet utvikles heller ikke i en retning som indikerer at det vil bli en løsning som etterspørres i fremtiden. Biogass har også en rekke uavklarte sikkerhetsutfordringer når det anvendes på jernbanen, da det innebærer bruk av komprimert brannfarlig gass, som bidrar til liten interesse for biogass på jernbanen. Det er med andre ord ikke høy grad av gjennomførbarhet for bruk på den norske jernbanen, og den siles ut med utgangspunkt i rammebetingelse 5 Teknologimodenhet og 7 Standardisering. Dersom Norge allikevel velger en slik løsning så risikerer det å bli en løsning som kun brukes i Norge, og markedet for kjøretøy og reservedeler for denne løsning blir begrenset sammenlignet med andre alternativer.

Hydrogen med forbrenningsmotor. Hydrogen forbrenningsmotorer er ikke en teknologi som det satses på innenfor jernbane. Jernbanekjøretøy med hydrogen forbrenningsmotorer er ikke en standard hyllevare, og markedet utvikles heller ikke i en retning som indikerer at det vil bli en løsning som etterspørres i fremtiden. Prosjektet kjenner ikke til eksempler med uttesting av hydrogen med forbrenningsmotorer på jernbanen. Det er med andre ord ikke høy grad av gjennomførbarhet for bruk på den norske jernbanen, og den siles ut med utgangspunkt i rammebetingelse 5 Teknologimodenhet og 7 Standardisering. Dersom Norge allikevel velger en slik løsning så risikerer det å bli en løsning som kun brukes i Norge, og markedet for kjøretøy og reservedeler for denne løsning blir begrenset sammenlignet med andre alternativer. Hydrogen med brenselcelle er en teknologi som er under utvikling for jernbanen, og dermed den teknologien som legges til grunn for utredning av hydrogen som energibærer videre i konseptvalgutredningen. Selv om hydrogen med forbrenningsmotor ikke utredes som et eget konsept videre i KVVU-en, er ikke det til hinder for at denne teknologien kan benyttes, f.eks. i motorer som kan bruke flere typer drivstoff eller dersom det allikevel utvikles arbeidsmaskiner eller lok med denne teknologien.

Kjernekraftdrevne tog. Denne teknologien er langt unna å være moden for bruk på jernbanen per i dag. Den aktuelle teknologien er mikroreaktorer, som vil ha en størrelse og en energiutputt som er kompatibelt med bruk som energikilde på jernbanekjøretøy, men disse er foreløpig i tidlig utvikling og ingen er enda godkjent for bruk i Europa. I Norge har det aldri vært kjernekraftverk i drift for strømproduksjon, og reaktorer tidligere benyttet til forskning er nå også under utvikling, det mangler derfor både regelverk og kompetansen innenfor området. Det er også noe usikkerhet knyttet til sikkerheten ved å ha dette på jernbanen. Ettersom ingen mikroreaktorer enda er godkjent for bruk i Europa, og ingen utvikles spesifikt for bruk i jernbanen, er det også uvisst når dette kan være teknisk mulig å gjennomføre.

1.5 Sortering av muligheter i konsepter

I konseptvalgutredninger kan alternativer som vurderes i alternativanalysen bestå av konsepter som er satt sammen av ulike tiltak. I KVVU Green er det identifisert svært mange muligheter, inkludert hybridløsninger. For å gjøre det mulig å synliggjøre effektene og å lage konsepter som er så ulike som mulig og viser bredden i mulighetsrommet har det vært prioritert å samle de identifiserte mulighetene i relativt rendyrkede konsepter. De grovsilte mulighetene er samlet til konsoliderte konsepter. I Tabell 8 presenteres sorteringen av muligheter som har passert grovsilingen i konsepter.

Tabell 8 Samling av muligheter i konsepter:

Mulighet	Konsept
Innrette samfunnet slik at behovet for daglige reiser reduseres	Samfunnsstruktur
Økt lokal produksjon	Samfunnsstruktur
Økt automatisering av togtrafikken	Optimalisering - automatisering
Optimalisering av kjøremønster-/adferd per linje	Optimalisering - automatisering
Driver advisory system (DAS/C-DAS)	Optimalisering - automatisering
Effektivisering av vekt og aerodynamikk	Optimalisering
Redusere vekten på kjøretøy	Optimalisering
Redusere tomgangskjøring	Optimalisering
Plassering av hensettingsanlegg slik at tomtogkjøring reduseres	Optimalisering
Smart vedlikehold av infrastrukturen	Optimalisering
Permanent buss for tog for å prioritere godstrafikk i stedet	Optimalisering av togtilbudet
Overgang til mer energieffektive metoder og maskiner for vedlikehold	Optimalisering
Strategisk utvikling av arbeidsmaskinflåten med hensyn til energibruk	Optimalisering
Forbedre traksjonssystem og energieffektivitet	Optimalisering
Optimalisering av rutemodellen for energieffektivitet	Optimalisering av togtilbudet
Lengre kryssingsspor for å få lengre og mer effektive godstog	Optimalisering av togtilbudet
Modifisere kjøretøy for å redusere klimagassutslipp	Optimalisering (med investering)
Helelektrifisering med standard kontaktledning	Elektrifisering
Elektrifisering uten elektrifisering av tunnelene	Elektrifisering
Helbatteri med ladepunkt i enden av banestrekningen	Batteri
Helbatteri med lading underveis fra ladepunkt eller batteribytte	Batteri
Hydrogentog med brenselcelle	Hydrogen
Biodiesel	Ikke-fossil diesel
Delelektrifisering med batteri	Batteri
Delelektrifisering med biodiesel	Biodiesel
Delelektrifisering med hydrogen	Hydrogen
Hybrid batteri-biodiesel	Supplerer andre konsepter
Tribrid KL-batteri-biodiesel	Supplerer andre konsepter
Flerdrivstoffmotor	Supplerer andre konsepter

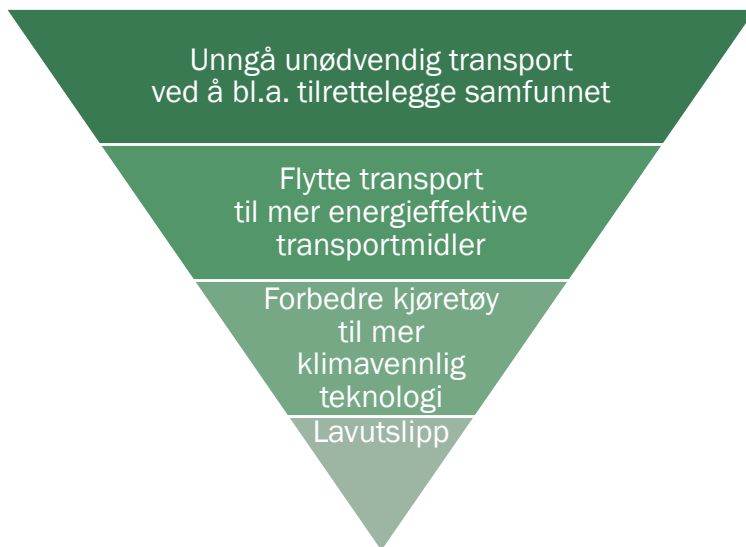
I kapittel 1.5.1 til 1.5.10 beskrives en inndeling av mulighetene som passerte grovsilingen i konsepter. Hensikten med å samle muligheter som ligner og/eller kompletterer hverandre i konsepter, er å få fram alternativene som går videre til alternativanalysen. Konseptene som skisseres og utvikles i det følgende er ikke en 1:1 videreføring av mulighetskort. Snarere er det lagt vekt på å kombinere muligheter som utfyller og kompletterer hverandre til en velfungerende løsning.

Gjennomgangen av konseptene viser imidlertid at ikke alle konseptene er egnet å vurdere som løsninger på konseptvalgutredningens prosjektutløsende problem, av ulike årsaker. Flere av disse er gode muligheter, litt avhengig av hvordan de implementeres. Disse løsningene omtales i konseptvalgutredningen, men inngår ikke i alternativanalysen, blant annet som følge av for liten måloppnåelse (med hensyn til klimagassutslipp), at løsningen ligger utenfor konseptvalgutredningens mandat å vurdere og anbefale, at løsningen allerede er iverksatt og/eller at den ikke innebærer et reelt konseptvalg. Dette beskrives for det enkelte tilfelle, samt en anbefaling for videre oppfølging.

Flere av konseptene er også egnet å vurdere som endelige løsninger. Dette gjelder spesielt muligheter som innebærer bytte til nye energibærere (kapittel 5 i rapport om Mulighetsrommet). Disse er samlet i konsepter iht. det primære valget av energibærer, ikke-fossil diesel, hydrogen, batteri og hel-elektrifisering, med undervarianter for kombinasjon med delvis elektrifisering. For KL er det også en variant uten strømtilførsel i tunneler.

Grovsilingen tydeliggjorde at ingen andre løsninger enn overgangen til nye energibærere muliggjør betydelig reduksjon i klimagassutslipp, slik kravet for 2050 er. Dermed er overgang til én eller flere nye energibærere hovedgrepet i alle konseptene som anbefales vurdert nærmere i alternativanalysen. Øvrige løsninger/konsepter kan tilkomme som supplementer til den anbefalte løsningen.

I det følgende presenteres de samlede konseptene, samt anbefalinger om hvordan disse behandles videre i konseptvalgutredningen. Disse er delt inn iht. pyramiden for klimaeffektivisering i transportsektoren.



Figur 3 Pyramide for reduksjon av klimagassutslipp i transportsektoren, fritt etter Miljødirektoratet 2022

1.5.1 Konsept for endret samfunnsstruktur og redusert behov for transport

Det er identifisert tiltak som kan gi reduserte utslipp av klimagasser i samfunnet/transportsektoren, gjennom innretningen av samfunnet generelt. Følgende muligheter inngår:

- **Innrette samfunnet slik at behovet for daglige reiser reduseres.** Ved å tilrettelegge for økt bruk av hjemmekontor, styre plassering av butikker og tjenester, økt grad av samlokalisering og bedre knutepunkter kan behovet for daglige reiser reduseres.
- **Økt lokal produksjon.** Ved å øke lokal produksjon og bruke mer lokale råvarer kan behovet for godstransport i samfunnet reduseres.

Disse mulighetene kjennetegnes av at de er relevante for å redusere klimagassutslippene fra samfunnet generelt og spesielt transportsektoren. De ligger imidlertid for langt utenfor konseptvalgutredningens mandat til å være aktuelle løsninger, og er av en slik art at de kan påvirke alle identifiserte konsepter.

Disse mulighetene kan ha enten en liten eller en betydelig innvirkning på hele samfunnet, avhengig av hvordan og i hvilken grad de implementeres. Som et ideal og en retning for utviklingen av samordnet areal- og transportpolitikk hensyntas noen av disse mulighetene allerede delvis i dag. En mer omfattende variant vil innebære en nærmest planøkonomisk tilnærming, med sterke føringer for etablering av ikke bare nye boliger og offentlige tjenestefunksjoner, men også for hvor det er lov å etablere ny næringsvirksomhet, både med hensyn til salg og produksjon av varer.

Det anbefales at oppfølgingen av dette, inkludert å etablere en rimelig balansegang mellom en samfunnsutvikling som reduserer behovet for unødvendig reisevirksomhet og varetransport på den ene siden, og et relativt fritt marked på den andre siden, gjøres gjennom politiske overordnede føringer for samfunnets innretning i møte med klimakrisa.

1.5.2 **Konsept for endret fordeling mellom transportmidler: Optimalisering av togtilbudet for energieffektiv godstransport**

I dette konseptet samles tre muligheter for å utvikle togtilbudet i en retning som gir økt energieffektivitet på jernbanen og i transportsystemet generelt. Fellesnevneren er at de i praksis innebærer å prioritere godstransporten på jernbanen, og forsøke å overføre personreiser til lav- eller nullutslippsbusser dersom de ikke lenger bruker jernbanen.

- **Permanent buss for tog for å prioritere godstog.** Ved å prioritere ned persontog vil det gi kapasitet til flere godstog på jernbanen, noe som kan gi overføring av gods fra vei til jernbanen og reduserte utslipp fra transportsektoren som helhet. Null- og lavutslippsløsninger for personreiser på vei er mye mer modne for persontrafikk enn for godstrafikk.
- **Optimalisere rutemodellen for energieffektivitet.** En optimalisering av rutemodellen kan redusere energibehovet til bl.a. start og stopp, noe som er mest virkningsfullt for tunge tog slik som godstogene. Retningsdrift for godstog Oslo-Trondheim på Dovre- og Rørosbanen, for eksempel nordgående tog over Rørosbanen og sørgående tog over Dovrebanen, kan gi færre kryssinger og økt kapasitet for godstogene, men er mest aktuelt i kombinasjon med hel-elektrifisering på Rørosbanen.
- **Lengre kryssingsspor for å få lengre og mer effektive godstog.** Utforming av kryssingsmuligheter og lengre kryssingsparseller slik at togene i mindre grad behøver å stoppe når de skal krysse. Dette vil kunne redusere energiforbruk og i tillegg til kortere framføringstider gi økt kapasitet og bedre avvikshåndtering/økt punktlighet for togtilbudet.

Disse mulighetene har betydelig konsekvenser for utviklingen av togtilbudet på jernbanen, og de kan medføre store investeringskostnader, avhengig av hvordan de realiseres. De kan ha en tydelig positiv innvirkning på utslippene fra transportsektoren som helhet. Uten overgang til andre energibærere på jernbanen vil det imidlertid ikke på lang sikt være en klimavennlig løsning å overføre gods til jernbane, ettersom nullutslippsløsninger mest sannsynlig vil komme først for tungtransporten på vei. Nullutslippsløsninger på vei forventes imidlertid å komme sist til de lengste strekningene og tyngste lastene, som er der jernbanen har sitt konkurransefortrinn og de største markedsandelene. Virkeperioden for en overføring mellom transportmidlene på transportsektorens klimagassutslipp kan dermed forventes å vare noen tiår.

Dette konseptet peker på en tilnærming til optimalisering av tog- og transporttilbudet, der mange ulike løsninger er mulig, og utgjør således ikke én løsning. Her er effekter for utslipp av klimagasser fra transportsektoren kun én av mange virkninger. En nærmere utredning av dette bør omfatte prioriteringer av ulike hensyn i det norske transportsystemet som helhet, inkludert både elektrifiserte og ikke-elektrifiserte jernbanestrekninger, samt vei og sannsynligvis også skipsfart. Kompleksiteten i det som foreslås er stor, og kan med fordel utgjøre en egen konseptvalgutredning knyttet til jernbanens, og de andre transportformenes, samfunnsformål og rolle i å løse klimakrisen, samt andre overordnede mål for transportsystemet. Med andre ord ligger dette konseptet utenfor denne konseptvalgutredningens omfang og mandat, selv om det i høyeste grad er relevant for Norges innsats med å løse det bakenforliggende problemet.

Som følge av at dette konseptet kan være et viktig grep for å løse det bakenforliggende problemet, anbefales det at dette utredes nærmere i en egen prosess, gjerne en konseptvalgutredning som omfatter, men ikke er begrenset til, jernbanen. Dette gjelder uavhengig av hvilke energibærere som anbefales som erstatning for fossil diesel på jernbanen.

1.5.3 **Konsepter som optimaliserer energiforbruk**

Det er identifisert en rekke muligheter for å gjøre ting på en smartere måte i jernbanesektoren. Disse mulighetene gir ikke god nok måloppnåelse alene, med hensyn til klimagassreduksjoner, og utgjør derfor ikke et eget alternativ. Mange av disse er imidlertid veldig gode ideer, og de har til felles at de søker å øke energieffektiviteten på jernbanen gjennom ulike typer tiltak og virkemidler.

Ulike aktører i sektoren har handlingsrom til å implementere disse innenfor sin virksomhet i dag, og det er rimelig å forutsette at den aktuelle aktøren vet best akkurat hvordan det bør gjøres. Disse

optimaliseringstiltakene innebærer i liten grad reelle konseptvalg, men heller innspill til måter å jobbe med kontinuerlig forbedring av dagens virksomhet. Flere er allerede tatt i bruk av de aktuelle aktørene. Disse omtales i det følgende.

Et par av de identifiserte mulighetene er mer kostbare og kontroversielle, og disse omtales også i det følgende.

Optimalisering med automatisering og lignende

Det er identifisert tre muligheter som innebærer ulik grad av automatisering av kjøremønster og -adferd, noe som forventes å innvirke positivt på energiforbruket til togene. Ved å tilpasse kjøremønster, inkludert hastighet, akselerasjon og bremsekurver til infrastrukturen og trafikale forhold, er det mulig å redusere energiforbruket og slitasje på kjøretøy og infrastruktur. Tre muligheter gjør dette, med ulike virkemidler og dermed også i ulik grad. De tre mulighetene er:

- **Optimalisering av kjøremønster/-adferd per linje.** Ved å utarbeide et optimalisert kjøremønster for tog i rute og å lære lokfører å bruke informasjonen, kan energi- og vedlikeholdsbehov reduseres. Dette er en statisk optimalisering for tog i rute.
- **Driver Advisory System (DAS/C-DAS).** Ved å gi fører kontinuerlig oppdatert informasjon om optimalisert kjøremønster, som tar hensyn til endringer i det trafikale bildet, kan fører i enda større grad kjøre slik at energi- og vedlikeholdsbehov reduseres.
- **Økt automatisering av togtrafikken (ATO).** Togframføringen overlates til et system som kan optimaliseres for skånsom kjøring, som gir energieffektivitet og redusert vedlikeholdsbehov. Det er mange grader av automatisering.

Av disse er de to første relativt rimelige og veldig gode ideer som bør følges opp. Det antas at operatørene allerede i dag lærer opp og støtter sine førere i kjøremønster og -adferd som reduserer energiforbruk og vedlikeholdsbehov i togene. Connected Driver Advisory System (C-DAS) utredes nærmere i KVVU for bedre utnyttelse av ERTMS gjennom automatisk togframføring (ATO). Denne konseptvalgutredningen vil også se på ulike varianter av automatisk togframføring, for å vurdere om det er ønskelig å innføre dette på den norske jernbanen.

Det anbefales å følge opp, undersøke og eventuelt implementere disse tre mulighetene utenfor denne utredningen. Det vil være naturlig at dette gjøres i KVVU ATO, heller enn i KVVU GREEN.

Optimalisering av energiforbruk

Det er identifisert en rekke muligheter som øker energieffektiviteten på jernbanen. Disse mulighetene er en god idé å gjennomføre uavhengig av hvilken energibærer som benyttes. De er stort sett knyttet til konkrete løsninger i den daglige driften og faller i stor grad inn under den enkelte jernbanevirksomhets myndighet å velge å implementere eller ikke. Ettersom det å spare energi også sparer utgifter, er disse mulighetene allerede tatt i bruk av de aktuelle aktørene, i ulik grad.

Følgende muligheter for økt energieffektivitet er identifisert:

- **Effektivisering av vekt og aerodynamikk.** Ved å optimalisere godstogstammer, forbedre retningsbalansen i godstrafikken, bruke lettere vogntyper m.m. kan energiforbruket per avgang i godstrafikken reduseres, uavhengig av energibærer.
- **Redusere tomgangskjøring.** Bedre tilrettelegging og bedre tilgang på alternative energikilder eller energilagring om bord (togvarmeposter, oppvarmingsanlegg) kan redusere kjøring av motor på tomgang.
- **Smart vedlikehold av infrastrukturen.** Bruk av teknologi til tilstandsovervåkning, for mer effektiv planlegging av drift og vedlikehold, mv. kan gi mer vedlikehold for pengene samtidig som energiforbruk og klimagassutslipp reduseres.
- **Overgang til mer energieffektive metoder og maskiner for vedlikehold.** Ved å f.eks. benytte batterier i arbeids-/anleggsmaskiner med lav ytelse, eller bytte ut skinnesliping med skinnfres, kan energiforbruket til den enkelte arbeidsmaskin reduseres.
- **Strategisk utvikling av arbeidsmaskinflåten med hensyn til energibruk.** Ved å finne riktig balanse mellom multipurpose og spesialiserte arbeidsmaskiner kan energiforbruket i drift reduseres.

- **Forbedre traksjonssystem og energieffektivitet.** Ved å f.eks. innføre krav til energilagring om bord i kjøretøy for gjenvinning av bremseenergi kan energiforbruket reduseres for tog som ikke kan mate strøm tilbake til banestrømsanlegget.
- **Redusere vekten på kjøretøy.** Bruk av lettere materialer og andre grep i utformingen av kjøretøyet kan gi redusert energiforbruk per avgang, uavhengig av energibærer. Det arbeides med lettere motorvognsett i Europas Rail.
- **Plassering av hensettingsanlegg slik at tomtogkjøring reduseres.** Energiforbruk bør hensyntas ved lokalisering av nye hensettingsanlegg.

Det anbefales at alle disse mulighetene følges opp videre av berørte aktører, ettersom de er best posisjonert til å vurdere hvordan disse mulighetene bør implementeres og vurderes opp mot andre operative og økonomiske hensyn. Disse mulighetene utgjør ikke konseptuelt ulike valg, men er snarere muligheter for kontinuerlig forbedring og optimalisering av operatørens, infrastrukturforvalters og vedlikeholdsselskapenes daglige drift. Denne anbefalingen gjelder dermed uavhengig av konseptvalg i utredningen.

Den eneste muligheten som er litt annerledes er plassering av hensettingsanlegg, som berører mange aktører og omfattende beslutningsprosesser, inkludert finansiering over statsbudsjettet og arealtilgjengelighet i aktuelle kommuner. Avklaring av dette er en prosess der behov for hensettingsplasser på et gitt sted må vurderes opp mot andre hensyn. Driftskostnader, inkludert energiforbruk, veies imidlertid allerede i dag opp mot hensyn knyttet til arealtilgjengelighet, infrastrukturkapasitet osv. Det anbefales at energibehov fortsatt hensyntas ved vurderinger knyttet til plassering av nye hensettingsanlegg.

Optimalisering med investering/kostnad

Det er også identifisert mulighet for å modifisere kjøretøy for å redusere klimagassutslipp, f.eks. ved å bytte ut motoren i eksisterende kjøretøy med nyere og mer energieffektive dieselmotorer. Denne muligheten skiller seg fra de forangående optimaliseringsmulighetene, ved at den er en god idé litt avhengig av hvor lenge man forventer at kjøretøyet skal benyttes i det videre.

- **Modifisere kjøretøy for å redusere klimagassutslipp.** Eldre dieselmotorer er mindre energieffektive og slipper ut mer CO₂ enn nyere dieselmotorer, og bytte til nyeste standard for dieselmotorer vil gi økt energieffektivitet og redusere CO₂ utslippene.

Dersom det velges en ny energibærer som krever bytte av motorteknologi, og som vil kunne bli implementert raskt, vil det være lite aktuelt å bytte ut dieselmotorer i eldre kjøretøy nå, for så å bytte hele kjøretøyet. Om det velges ikke-fossil diesel som energibærer, eller en energibærer det vil ta lang tid å implementere, er forbedring av dagens dieselmotorer imidlertid interessant som et supplement til den anbefalte løsningen.

Det anbefales at denne løsningen brukes til å supplere løsninger for overgangen til nye energibærere, der konkrete forhold tilsier at det vil være en fordelaktig tilnærming.

1.5.4 Samlet om konsepter som innebærer skifte av energibærere

Det ble identifisert mange muligheter for nye energibærere. Under følger en forenklet oversikt over de vurderte energibærerne og deres mulige kombinasjoner (hybrider og tribrider). Enkelte av teknologiene som er vurdert krever også bruk av batteri, men de er ikke sortert som batteri-hybrider/tribrider.

Fargeforklaring for tabell med energibærere

Rene energibærere
Hybrider
Tribrider
Duplikater
Silt ut/ikke aktuelle

Tabell 9 Vurderte energibærere på jernbanen og mulige kombinasjoner av disse:

Energibærer	Kontaktledning (KL)	Batteri	Biodiesel og biodrivstoff	Hydrogen
Kontaktledning (KL)	Hel-elektrifisering Helelektrifisering med standard KL Elektrifisering uten KL i tunneler**	KL-batteri Deelektrifisering med batteri	KL-biodrivstoff Deelektrifisering med biodiesel	KL-hydrogen Deelektrifisering med hydrogen*
Batteri		Helbatteri Helbatteri med lading i endene Helbatteri med lading underveis	Batteri-biodrivstoff Hybrid batteri-biodiesel	
Biodiesel og biodrivstoff			Biodrivstoff Biodiesel Biogass Bioalkohol	Biodrivstoff-hydrogen Hybrid biodrivstoff-hydrogen (ikke beskrevet)
Hydrogen				Hydrogen Hydrogen med brenselcelle* Hydrogen med forbrenningsmotor
Kontaktledning og batteri			KL-batteri-biodiesel Tribrid KL-batteri-biodiesel	

*Hydrogen med brenselcelle innebærer også at kjøretøyet har et batteri.

**Løsningene krever at kjøretøyene er utstyrt med et traksjonsbatteri med rekkevidde til å kunne kjøre gjennom tunneler.

Ikke alle av disse energibærerne, og mulige kombinasjoner, er egnet på jernbanen. Muligheter i rødt er silt ut. Enkelte andre har egenskaper som gjør at de primært er egnet til å supplere andre energibærere i spesielle applikasjoner (spesielt for arbeidsmaskiner), eventuelt som overgangsløsninger.

På grunnlag av de grovsilte energibærerne, er det identifisert fire konsepter (med en a- og en b-variant), pluss nullalternativet, som er fossil diesel. Disse er gjengitt i følgende tabell.

Tabell 10 Konsepter for nye energibærere og null-alternativ:

Konsept	Variant a (rendyrket løsning)	Variant b (med delvis elektrifisering*)
0 Null-alternativ	Fossil diesel	
1 Ikke-fossil diesel	1a Ikke-fossil diesel	1b Ikke-fossil diesel m. deelektrifisering
2 Hydrogen	2a Hydrogen	2b Hydrogen med deelektrifisering
3 Batteri	3a Batteri med stillestående lading	3b Batteri med deelektrifisering
4 Elektrifisering	4a Helelektrifisering	4b Elektrifisering uten KL i tunneler

*For elektrifisering er dette litt misvisende, da elektrifiseringen går langs hele linjen i begge varianter. Kjøretøyene har imidlertid ikke tilgang til strømbærende KL i tunneler i dette alternativet.

B-variantene for konsept 1-3 innebærer bygging av ytterligere KL-anlegg. Variant a gjør ikke det, men det er fremdeles mulig å vurdere materiell som har denne funksjonaliteten for linjer som allerede delvis går på elektrifiserte strekninger. B-varianten av konsept 4 innebærer at kjøretøyene har et batteri med rekkevidde for å kunne benyttes gjennom tunneler.

1.5.5 Konsept 0: Fossil diesel

Fossil diesel er konseptvalgutredningens nullalternativ, som viderefører dagens situasjon. Det kan tilkomme kostnader og tiltak for å sikre at videre bruk av fossil diesel imøtekommer krav i lover og forskrifter knyttet til lokal luftforurensning, bl.a. for de som jobber i og med dieseldrevne kjøretøy, dersom disse kravene ikke innfris i dagens situasjon. I tillegg vil konsekvensene av økt omsetningskrav for biodiesel i anleggsdiesel som blir gjeldende fra januar 2023 inngå i dette konseptet.

1.5.6 Konsept 1: Ikke-fossil diesel

Konseptet innebærer drift med ikke-fossil diesel.

Ikke-fossil diesel er den teknologien som er mest aktuell som en overgangsløsning for å raskt redusere utslipp til 2030. Dette skyldes at biodiesel o.l. kan brukes i eksisterende dieselmotorer og dermed krever svært lite eller ingen tilpasning av kjøretøy og infrastruktur. Dette er den største fordelen med dette alternativ, som derfor vil kreve lite investeringer. Det betyr ikke nødvendigvis at det er den mest kostnadseffektive løsningen på lang sikt fordi ikke-fossil diesel gjerne gir vesentlig høyere driftskostnader enn elektriske kjøretøy. Ikke-fossil diesel vil ikke nødvendigvis løse andre utfordringer med fossil diesel knyttet til HMS, slik som støy og lokal luftforurensning.

Alle konseptene som innebærer bytte av energibærere vil vurderes opp mot KVUens effektmål, og tilpasses disse i den grad det er mulig. For ikke-fossil diesel vil det bl.a. bli aktuelt å vurdere hvilke typer ikke-fossil diesel som er aktuelle med hensyn til både driftsegenskaper, klimaeffekt, tilgjengelighet og opphav. Samtidig vil effektmålet om effektiv bruk av samfunnets samlede energiresurser være viktig å belyse nærmere, ettersom ikke-fossil diesel også er ønskelig å benytte i andre sektorer med færre alternativer til null-/lavutslipp enn jernbanen.

Variant A innebærer kun bruk av ikke-fossil diesel, uten ytterligere elektrifisering. Det betyr at infrastrukturen blir den samme som i dag, og kjøretøyene forventes ha samme ytelse som i dag. Følgende mulighet inngår:

- Diesel fra ikke-fossile kilder

Variant B innebærer bruk av ikke-fossil diesel med deelektrifisering der det er hensiktsmessig. Det betyr i praksis at det vil vurderes hvor elektrifisering kan gi vesentlige kutt i klimagassutslipp og andre nyttegevinster i forhold til nødvendig investering i KL-anlegg. F.eks. så vil tunneler sannsynligvis ikke bli elektrifisert, men elektrifisering av f.eks. opp og ned Saltfjellet kan gi store gevinster. Elektrisk drift kan gi forbedret ytelse (hastighet og akselerasjon). Følgende mulighet inngår:

- Deelektrifisering med biodiesel

1.5.7 Konsept 2: Hydrogen

Konseptet innebærer bruk av hydrogen i brenselceller. Brenselceller konverterer hydrogen til elektrisitet som blir lagret på batteri for å oppnå en stabil strømkilde før det blir brukt til elektrisk fremdrift og ombordutstyr i togene. Batteriet lades også ved opptak av energien som medgår til nedbremsing av toget. Noen av hydrogentogene som utvikles i dag har også mulighet for å kjøre på kontaktledningsanlegg (KL).

Konseptet bruker hydrogen som trykksatt gass eller flytende gass og lagres i isolerte tanker.

Hovedutfordringene for hydrogen som energibærer er knyttet til sikkerhet ved lagring og håndtering, energieffektivitet og driftskostnader, samt at det er pr. i dag er juridiske utfordringer knyttet til regelverket for bruk av hydrogen i jernbanen.

Hydrogen som energibærer blir satset på i stor grad i Europa og i økende grad også i Norge. Prisene for både hydrogen og brenselceller har gått betydelig ned de siste årene. Det er planlagt flere nye hydrogenfabrikker i Norge, flere steder langs det ikke-elektrifiserte jernbanenettet.

Variant A innebærer bruk av hydrogen, uten etablering av mer KL. Konseptet kan innebære bruk av både rene hydrogentog, og KL-hydrogen-hybrider for linjer som delvis går på allerede elektrifiserte strekninger. Følgende mulighet inngår:

- Hydrogen

Variant B innebærer bruk av hydrogen med deelektrifisering, der det er hensiktsmessig. Følgende mulighet inngår:

- Deelektrifisering med hydrogen

Variant A og B vil bl.a. være ulike med hensyn til mengden hydrogen det er nødvendig å ha på togene, muligens også med hensyn til antall og plassering av fyllestasjoner.

1.5.8 Konsept 3: Batteri

Konseptet innebærer at batterier forsyner elektriske motorer og ombordutstyr med energi, og at de har tilstrekkelig med energi til neste mulighet for lading eller batteribytte.

Batteri som energibærer som en nullutslippsløsning for jernbanekjøretøy er et stort satsningsområde i Europa. Europes Rail har fastsatt målsetting om demonstrasjon av passasjertog med rekkevidde > 200 km under utfordrende klimatiske vinterforhold i 2026. Prisene for batterisystemer har gått betydelig ned de siste årene.

Konseptet vil påvirkes av fremtidig batteriutvikling fordi mulig energimengde i kjøretøyene, og dermed rekkevidden, sannsynligvis også vil øke i årene etter 2026. Det vil kreves tilpasning mellom infrastruktur og kjøretøy, fordi lademulighetene er tilpasset rekkevidde og rekkevidde forbedres over tid.

Konseptet er teknisk mulig per i dag, men fremtidig utvikling vil påvirke graden av elektrifisering som er nødvendig.

Den primære fordel er at det kan brukes energi med lav miljøpåvirkning (elektrisitet) og høy energieffektivitet, samtidig som (hel)elektrifiseringens store kostnader unngås.

Den primære ulempen er den begrensede batterikapasiteten, hvilket vil kreve elektrifisering i ulik grad avhengig av bl.a. kjøretøytype og batteriutvikling. En del kjøretøy har ikke batteri som standardløsning og vil kreve nyutvikling og tilpasning eller hybride løsninger.

Batteri utgjør et eget konsept som omfatter både lading i stillstand (ladepunkter, f.eks. ved endestasjon), batteribytte, eller lading i bevegelse underveis. Dette konsept har en viss fleksibilitet i den forstand at graden av elektrifisering (andel elektrifisert av hele banen), og om kjøretøyet lades stillestående, ved bytte av batteri, eller lades fra KL mens det er i bevegelse, kan tilpasses enkelte baner. Derfor deles konseptet in i to hovedsakelige varianter som presentert nedenfor. Disse kan brukes hver for seg eller i kombinasjon på den samme banen.

Variant A innebærer bruk av batterier med lading i stillstand eller med bytte av batterier, eksempelvis ved en stasjon eller et kryssingsspor med lengre oppholdstid. Det kan vurderes forskjellige metoder for

energioverføring; lading via kabel, ved standard pantograf (på taket) eller ved batteribytte. Muligvis kan det brukes robotarm for tilkobling av kabel eller automatisering av batteribytte. Følgende mulighet inngår:

- Batteri med stillestående lading

Variant B innebærer bruk av batterier med lading i bevegelse, der batteriene lades via strømvtageren på de deler av banen som er elektrifisert. Den elektrifiserte strekningen må være tilstrekkelig lang for at kjøretøyene skal få tid til å lade opp batteriet, for så å klare turen på en ikke-elektrifisert strekning frem til neste lademulighet. Varianten bruker konvensjonelt kontaktledningsanlegg, men det er ikke utelukket at det kan brukes en annen spenning og frekvens enn det som brukes på øvrige nettet. En fordel med denne varianten er at de elektrifiserte strekningene kan plasseres på deler av banen som ikke er så kostbar å elektrifisere.

- Batteri med deelektrifisering (lading i bevegelse)

1.5.9 Konsept 4: Elektrifisering

Konseptet innebærer helelektrifisering av banene med kontaktledningsanlegg (KL). Ved å elektrifisere de ikke elektrifiserte stekningene er det betydelig økte kostnader forbundet med utvidelse av dagens tunneler (opp mot 50% på Nordlandsbanen). Konseptet benytter derfor alternative løsninger til standard KL i tunneler, evt. også under broer over jernbanen, der disse er for lave til at standard KL kan benyttes uten kostbar og tidkrevende ombygging.

De primære fordelene med elektrifisering er lave driftskostnader for togtrafikken, høy energieffektivitet og velutprøvd teknologi. Helelektrifisering gir mer robust strømtilførsel og mer fleksibilitet for tilkobling til strømmettet enn deelektrifisering.

De primære ulempene med elektrifisering er høye investeringskostnader for infrastrukturen.

Variantene skilles av hvilken metode og teknologi som benyttes for å redusere kostnadene ved å elektrifisere tunneler uten plass til standard KL. Det innebærer at konseptvalgutredningen ikke vurderer en egen løsning med standard KL hele veien (inkludert alt arbeid med tunneler det vil innebære), kun muligheter med reduserte utbyggingskostnader i tunnel.

Variant A innebærer elektrifisering med den beste løsningen for å redusere kostnadene. En mulighet er dobbel kontaktråd, som gir fartsbegrensninger på 60-100 km/t. Hvilken teknisk løsning som legges til grunn avklares i det videre arbeidet. Følgende muligheter inngår:

- Helelektrifisering med standard kontaktledning

Variant B innebærer elektrifisering, men uten at det monteres kontaktledningsanlegg i tunneler som er for lave til det, selv om strømføringen langs banen er gjennomgående (f.eks. ved kabel, føring utenfor tunnel eller blank line i tunnel). Det innebærer at togene må kjøre gjennom på et batteri med tilstrekkelig kapasitet. Dette stiller ekstra krav til kjøretøyene som brukes (sammenlignet med standard elektriske kjøretøy) men disse batteriene vil være nyttige i andre tilfeller (energioptimering, skifting, hensetting, ved strømbrydd). Følgende mulighet inngår:

- Elektrifisering uten elektrifisering av tunnelene

1.5.10 Supplerende muligheter som fyller funksjonshull i andre konsepter, for enkelte segmenter

Mulighetsstudien har i tillegg synliggjort at det finnes kjøretøy som er hybrider/tribrider og som kombinerer batteri med biodiesel, eventuelt batteri og KL med biodiesel. Disse har egenskaper som gjør at de ikke er interessante som generelle løsninger for alle segmenter/strekninger, men som kan supplere og fylle hull i andre konsepter, spesielt batterikonseptet. Dette gjelder spesielt for arbeidsmaskiner.

- Hybrid batteri-biodiesel – supplement til andre konsepter, spesielt helbatteri for f.eks. arbeidsmaskiner eller andre strekninger/segmenter der batterier ikke har høy nok energitetthet.
- Tribrid KL-batteri-biodiesel – supplement til deelektrifisering med batteri (til arbeidsmaskiner)
- Flerdrivstoffmotorer – supplerer konseptene for andre energibærere, spesielt for arbeidsmaskiner.

1.6 Siling av konsepter

I det følgende presenteres en overordnet evaluering av de identifiserte konseptene opp mot konseptvalgutredningens effektmål.

- E1: Jernbanen bidrar til at transportsektorens utslipp reduseres med minst 55 % innen 2030.
- E2: Jernbanen bidrar til at transportsektorens utslipp reduseres med 90-95 % innen 2050.
- E3: Energiløsninger for jernbanen gir mer effektiv bruk av samfunnets samlede energiresurser.
- E4: Togtilbudets attraktivitet ivaretas uavhengig av valgte klimavennlige løsninger.

Tabell 11 – Siling av konsepter iht. effektmålene i konseptvalgutredningen:

Konsept	E1	E2	E3	E4	Kommentar
Endret samfunnsstruktur	Ikke relevant for denne konseptvalgutredningens effektmål. Hører hjemme på overordnet samfunnsnivå, men kan ikke løses av jernbanesektoren alene.				
Endret fordeling mellom transportmidler	Effekt på klimagassutslipp fra jernbanen vil avhenge av energibærer på jernbanen. Gir reduserte utslipp fra transportsystemet som helhet.				
Optimalisering av energiforbruk	Vil alene ikke gi store nok reduksjoner i klimagassutslipp. Kan implementeres uavhengig av hovedkonsept. Anbefalt vurdert videre som tiltak uavhengig av KVVU.				
0 Fossil diesel					Referansealternativet.
1a Ikke-fossil diesel					
1b Ikke-fossil diesel m. deelektrifisering					
2a Hydrogen					Rekkevidden for tunge tog kan gi ulemper for togtilbudet – må avklares nærmere i alternativanalysen.
2b Hydrogen med deelektrifisering					
3a Batteri med stillestående lading					Batteri med punktlading vil gi økte framføringstider på Nordlandsbanen, som svekker togtilbudets attraktivitet. Ikke realistisk som fullverdig konsept for alle baner. Kan kombineres med 3b.
3b Batteri med deelektrifisering					
4a Hel-elektrifisering					Konseptene er svært like og består av kostnadsoptimalisert elektrifisering.
4b Elektrifisering uten KL i tunneler					Bør dermed kombineres til ett konsept.

Konsept 0 Fossil diesel gir dårlig måloppnåelse for alle effektmålene. Dette er konseptvalgutredningens nullalternativ, som effekten av øvrige konsepter vil sammenlignes med.

Konsept 1 Ikke-fossil diesel kan gi store reduksjoner i klimagassutslipp, avhengig av drivstoffets opphav og iblandingsgrad. Biodrivstoff basert på restavfall og andre biologiske råvarer har en produksjonsgrense (før produksjonen krever bruk av mat eller matjord), og dersom det forventes knapphet er det mulig at samfunnet er bedre tjent med at drivstoffet prioriteres til sektorer med få andre alternativer for lav-/nullutslippsteknologi, slik som luftfart og landbruk. Dette utredes nærmere.

Konsept 2 Hydrogen har potensiale for tilstrekkelige utslippsreduksjoner, men der dette forutsetter bruk av fossilfri hydrogen uten nettutslipp av klimagasser. Hydrogen gir lengre rekkevidde i forhold til egenvekt enn for eksempel batteriteknologi. Energieffektiviteten for hydrogen er imidlertid lavere enn for f.eks. kontaktledning og batteri. Mulige krav til plassering av fyllestasjoner kan gi ulemper for togtilbudet, og dette må avklares nærmere i alternativanalysen. Det påpekes imidlertid at det også gjenstår å avklare om hydrogen i tunnel tilfredsstiller rammebetingelse 8 Samfunnsikkerhet. Dette er et komplekst tema som vil følges opp i alternativanalysen.

Konsept 3 Batteri, variant A med stillestående lading kan gi uheldige konsekvenser for togtilbudets attraktivitet, i den forstand at det kan gi behov for hyppige stopp for lading og/eller store batteripakker for tunge tog over lengre strekninger. Det kan imidlertid være en aktuell løsning for lettere tog og over kortere strekninger. Som følge av dette anbefales det at mulighetene som ligger i punktlading utredes i kombinasjon med mulighetene som ligger i lading i bevegelse, dvs. at konsept 3a og 3b samles i ett felles konsept for batteri, som kan inneholde elementer av begge. Batteri har potensiale til å gi god måloppnåelse for klima. For arbeidsmaskiner med tyngre arbeidsoppgaver, kan batteridrift være en begrensning for gjennomføring av vinterberedskapen som f.eks. snøfresing. Det kan benyttes hybrid løsning med KL/batteri for arbeidsmaskiner på elektrifiserte strekninger.

Konsept 4 Elektrifisering har generelt høy forventet oppnåelse av effektmål, men høy infrastrukturkostnad. Både variant a og b, som beskrevet tidligere, har til hensikt å redusere investeringskostnadene ved å redusere behovet for å utvide tunneler og heve broer, og er således veldig like. Det er derfor funnet hensiktsmessig å samle elektrifisering til ett konsept, der den mest egnede løsningen vil legges til grunn for kostnadsestimatet i konseptet.

1.7 Gjenstående konsepter

På bakgrunn av silingen av konsepter, og videre arbeid med å forenkle og spisse disse inn mot de aller mest aktuelle framtidige løsningene, gjenstår følgende konsepter som trekkes videre til alternativanalysen:

0 Fossil diesel



1a Ikke-fossil diesel



2a Hydrogen



3 Batteri



4 Elektrifisering



1b Ikke-fossil diesel med del-elektrifisering



2b Hydrogen med del-elektrifisering