



Jernbane-
direktoratet

Mulighetsrommet

Vedlegg 5.1 KVVU GREEN

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	Innledning.....	5
1.1	Firetrinnsmetodikken	5
1.2	Standardisert beskrivelse av mulighetene	5
1.3	Delrapportens oppbygning.....	7
2	Tiltak som kan redusere behovet.....	8
2.1	Muligheter som reduserer behovet for persontransport (på jernbanen)	8
2.1.1	Innrette samfunnet slik at behovet for daglige reiser reduseres	8
2.1.2	Redusere tilbudet på ikke-elektrifiserte persontrafikklinjer med lavt belegg.....	9
2.2	Muligheter som reduserer behovet for godstransport (på jernbanen).....	10
2.2.1	Økt lokal produksjon	10
2.2.2	Overføre godstransporten til vei.....	11
2.3	Muligheter som reduserer behovet for drift og vedlikehold på jernbanen.....	12
2.3.1	Ingen videre utbygging eller større oppgradering av jernbanen.....	12
3	Tiltak som gir mer effektiv utnyttelse av eksisterende løsninger	13
3.1	Smartere togframføring og logistikk-løsninger.....	13
3.1.1	Økt automatisering av togtrafikken.....	13
3.1.2	Optimalisering av kjøremønster/-adferd per linje	14
3.1.3	Driver Advisory System (DAS/C-DAS)	15
3.1.4	Effektivisering av vekt og aerodynamikk.....	16
3.1.5	Redusere tomgangskjøring	17
3.1.6	Plassering av hensettingsanlegg slik at tomtogkjøring reduseres	18
3.2	Smartere og mer energieffektivt vedlikehold.....	19
3.2.1	Smart vedlikehold av infrastrukturen.....	19
3.2.2	Deling/samarbeid om arbeidsmaskinflåte med Sverige.....	20
3.2.3	Mer energieffektiv forflytning av arbeidsmaskiner.....	21
3.3	Endre prioritering mellom togkategoriene	22
3.3.1	Permanent buss for tog for å prioritere godstrafikken i stedet.....	22
4	Mindre eller større investeringer som ikke innebærer bytte av energibærer.....	23
4.1	Overgang til mer energieffektiv teknologi.....	23
4.1.1	Overgang til mer energieffektive metoder og maskiner for vedlikehold.....	23
4.1.2	Strategisk utvikling av arbeidsmaskinflåten med hensyn til energibruk.....	24
4.1.3	Forbedre traksjonssystem og energieffektivitet.....	25
4.1.4	Redusere vekten på kjøretøy	26
4.1.5	Multipurpose kjøretøy	27
4.2	Optimalisert trafikkflyt og kryssingsmønster	28
4.2.1	Optimalisering av rutemodellen for energieffektivitet.....	28
4.2.2	Lengre kryssingsspor for å få lengre og mer effektive godstog.....	29
4.3	Andre muligheter	30
4.3.1	Leasing av nyere dieselskjøretøy i en overgangsfasen	30
4.3.2	Modifisere kjøretøy for å redusere klimagassutslipp	30
4.3.3	Karbonfangst av utslipp fra kjøretøy på jernbanen.....	31
4.3.4	Karbonfangst fra luft med tog i bevegelse.....	31
5	Mindre eller større investeringer som innebærer bytte av energibærer.....	32
5.1	Elektriske løsninger – elektrifisering	33
5.1.1	Helelektrifisering med standard kontaktledning.....	33
5.1.2	Elektrifisering uten elektrifisering av tunellene.....	34
5.2	Elektriske løsninger – batteribaserte løsninger.....	35
5.2.1	Helbatteri med ladepunkt i enden av banestrekningen.....	35

5.2.2	Helbatteri med lading underveis fra ladepunkt eller batteribytte	36
5.3	Drivstoffbaserte løsninger – hydrogen og lignende	37
5.3.1	Hydrogen med brenselcelle	37
5.3.2	Hydrogen med forbrenningsmotor	39
5.4	Drivstoffbaserte løsninger – diesel fra ikke-fossile kilder	41
5.4.1	Biodiesel	41
5.5	Drivstoffbaserte løsninger – biogass og bioalkohol	43
5.5.1	Biogass	43
5.5.2	Bioalkohol	44
5.6	Hybrider KL-batteri	46
5.6.1	Delelektrifisering med batteri	46
5.7	Hybrider KL-drivstoff	47
5.7.1	Delelektrifisering med biodiesel	47
5.7.2	Delelektrifisering med hydrogen	48
5.8	Hybrider batteri-drivstoff	49
5.8.1	Hybrid batteri-biodiesel	49
5.9	Tribrider KL-batteri-drivstoff	50
5.9.1	Tribrid KL-batteri-biodiesel	50
5.10	Annet	51
5.10.1	Flerdrivstoffmotor	51
5.10.3	Kjernekraftdrevne tog	52
5.11	Muligheter utenfor KVUens tema/omfang/mulighetsrom	52
6	Silingsoversikt	53

1 Innledning

Denne rapporten kartlegger åpningen av mulighetsrommet i KVV Green. Den inngår som et underlag til hovedrapportens kapittel om mulighetsstudien. For nærmere beskrivelse av aktiviteter og metoder som er benyttet i åpningen og kartleggingen av mulighetsrommet, henvises det til konseptvalgutredningens hovedrapport.

1.1 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 man i neste omgang kan sette sammen konseptforskjellige alternativer som utredes videre.

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.

1.2 Standardisert beskrivelse av mulighetene

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 enkelt har bidragsyterne stilt med et stort antall skriftlige kilder, mens for andre er kildene primært fagekspert som har vært tilstede på verksteder, og det er færre skriftlige kilder.

Det er vurdert at en viss variasjon er akseptabelt, såfremt ulikhetene ikke gir opphav til mangelfullt vurderingsgrunnlag i siliingsprosessen. I slike tilfeller har ytterligere informasjon blitt innhentet og aktuelle mulighetskort oppdatert.

Dette beskrives i det følgende.

Tabell 2 Mal for mulighetskort

Tittel	Navn	Trinn X																																												
Beskrivelse	Hovedtrekkene i løsningen, inkludert forutsetningene for at dette kan fungere i praksis. Krav til infrastruktur og kjøretøy. Konsekvenser for drift og for jernbanens brukere. Kan omtales under fordeler eller ulemper, dersom det passer bedre.																																													
Fordeler	Kort om fordelene ved den foreslåtte løsningen.																																													
Ulemper	Kort om ulemper ved den foreslåtte løsningen.																																													
Modenhet	Beskrivelse av modenhet for aktuelle teknologier og regelverk, inkludert usikkerhet knyttet til framtidig utvikling. Gjerne noe om når løsningen kan forventes å være moden.																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="6">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="15">Kilder Lenker limes inn her!</td> </tr> </tbody> </table>			Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+	Kilder Lenker limes inn her!														
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																
Kilder Lenker limes inn her!																																														

Nederst i tabellen kartlegges det (på overordnet nivå) aktuelle segmenter, baner og bruksperioder for den løsningen som beskrives. Kartleggingen krever ikke høy grad av vitenskapelighet knyttet til disse tabellene. De vil bl.a. brukes til å sikre at vi har med oss muligheter for alle relevante segmenter, baner og bruksperioder videre til alternativanalysen, der konsekvenser og muligheter for bruk vil kartlegges i mye større detalj, og med høye krav til dokumentasjon osv. Under disse punktene brukes fargepalettens tre lyseste nyanser av blå, som følger:

Absolutt aktuell
Delvis aktuell
Forventes ikke å være veldig aktuell, men kanskje i noen grad
Ikke aktuell

Aktuelle segmenter:

PT: Persontransport

GT: Godstransport

SL: Skiftelok

AM: Arbeidsmaskiner

Aktuelle baner

NO: Nordlandsbanen

RA: Raumabanen

RØ: Rørosbanen

SO: Solørbanen

Aktuell bruksperiode (fra ca.): Henviser til når løsningen antas å kan tas i bruk. For eksempel kan det skyldes at en teknologi ikke er moden enda eller at regelverk som tillater bruk ikke er modent enda. I andre tilfeller kan det skyldes at det at overgang til nye løsninger kan ta flere år å utrede, planlegge og bygge, selv

om løsningen er moden. For enkelte løsninger så kan det også være at de kun er aktuelle i en begrenset periode (det vil si de går ut på dato som følge av for eksempel forventede endringer i regelverk eller annet).

Kilder: Helt nederst listes aktuelle kilder opp (aller helst med lenker). Målet om en halv side omfatter ikke kildehenvisninger, der alle relevante kilder bør med, selv om det tar plass. Vurdering av kilder og kildekritikk vil være viktig når mulighetene skal følges opp videre. Det gjelder spesielt for muligheter vi er usikre på om skal tas med videre i alternativanalysen eller ikke. For slike kan det være nødvendig å innhente ytterligere informasjon for å kunne gjennomføre en grovsiling av konseptet.

1.3 Delrapportens oppbygning

Det ble identifisert mange muligheter gjennom prosjektets aktiviteter for å åpne mulighetsrommet. Disse ble supplert og bearbeidet videre i prosjektet til 41 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
2. Tiltak som gir mer effektiv utnyttelse av eksisterende løsninger
3. Mindre eller større investeringer som ikke innebærer bytte av energibærer
4. Mindre eller større investeringer som innebærer bytte av energibærer

2 Tiltak som kan redusere behovet

2.1 Muligheter som reduserer behovet for persontransport (på jernbanen)

Flere av mulighetene som beskrives i det følgende er foreslått og utarbeidet av personer som deltar i både denne KVUen og i KVVU for bedre utnyttelse av ERTMS – Automatisk togframføring (ATO). Disse KVVUene har begge effektmål som berører energieffektivitet og tilbudskvalitet, og der det er relevant er mulighetene og beskrivelsene av disse samkjørt mellom de to KVVUene.

2.1.1 Innrette samfunnet slik at behovet for daglige reiser reduseres

Tittel	Innrette samfunnet slik at behovet for daglige reiser reduseres	Trinn 1
Beskrivelse	<p>Å innrette samfunnet slik at behovet for daglige reiser innebærer å redusere behovet for de ulike reiser som skjer med jernbanen.</p> <p>For å redusere behovet for arbeidsreiser er det viktigste virkemidlet å tilrettelegge for økt bruk av hjemmekontor, eller i det minste videreføring av høy grad av hjemmekontor for de yrkesgrupper det passer for, i lys av at pandemien allerede har ført til betydelig økning i bruk av hjemmekontor for en del yrkesgrupper. Et mer fleksibelt arbeidsliv kan begrense rushtidstoppe</p> <p>For å redusere behovet for handelsreiser og lignende, er plassering av et minimumstilbud av butikker og offentlige tjenester i nærheten av der folk bor et viktig virkemiddel. Det kan være i små byer og tettsteder, og innad i bydeler i større byer.</p> <p>Bedre knutepunktutvikling og økt grad av samlokalisering av arbeidsplasser, butikker, offentlige tjenester, utdanningsinstitusjoner, barnehager, osv. vil også bidra til å redusere transportbehovet, da én reise kan gjennomføres for å dekke mange formål.</p>	
Fordeler	Det er en fordel at reiser begrenses til opplevelser, ferie og fritid. På denne måten styrkes bærekraftsmål og gir mennesker mer fritid. Det kan bidra til å redusere behovet for reiser med jernbanen, og dermed gjøre det mulig å redusere antallet avganger, noe som innvirker på energibruk, punktlighet osv.	
Ulemper	Det blir behov for mer styring og mindre fri lokalisering av næring, arbeidsplasser, skoler sykehus, osv. Offentlig transport til slike steder kan fremdeles være dyr å drifte. Når lokaliseringvalg knyttes til å minimere behovet for reiser, kan det medføre høyt prispress på de mest aktuelle områdene.	
Modenhet	Teknisk sett er dette gjennomførbart, men mange av de foreslåtte virkemidlene er ikke i tråd med dagens lover og retningslinjer, som i stor grad tillater private virksomheter å velge selv, og vektlegger lokaliseringsbeslutninger på relativt lokalt nivå. Vi vet mye om hva det krever, men det kan ta tid å endre samfunnsfunksjoner osv.	

Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+

Kilder

2.1.2 Redusere tilbudet på ikke-elektrifiserte persontrafikklinjer med lavt belegg

Tittel	Redusere tilbudet på ikke-elektrifiserte persontrafikklinjer med lavt belegg	Trinn 1																																												
Beskrivelse	<p>Flere av de ikke-elektrifiserte jernbanestrekningene har relativt lavt antall reisende langs strekningen, og også få reisende per avgang, sammenlignet med f.eks. Østlandet, men også med regiontogtilbudet Melhus/Lundamo-Trondheim-Steinkjer (som delvis går på en ikke-elektrifisert strekning).</p> <p>Et alternativ til å implementere løsninger som reduserer eller fjerner utslippene per avgang, er å legge ned persontogtilbudet på linjer med få reisende, eventuelt skalere antallet avganger ned.</p> <p>Dette forutsetter imidlertid at reisene ikke overføres til andre transportmidler som til sammen gir høyere utslipp enn togtilbudet ville gitt. Ettersom persontrafikken på vei (både personbil og kollektivtransport) delvis er elektrifisert og utviklingen går raskt, er dette aktuelt for korte reiser. For lengre reiser, som eventuelt overføres til fly, vil dette tiltaket gi negativ klimagevinst. Det gjelder bl.a. reiser med fjerntoget på Nordlandsbanen, reiser på Raumabanen som skjer i forlengelse av fjerntogtilbudet Oslo-Trondheim og lengre reiser på Rørosbanen.</p> <p>Dersom antallet avganger reduseres, må det vurderes om tilbudet fremdeles er relevant å opprettholde på linjer med få avganger per dag. Dersom en reduksjon i antallet avganger medfører behov for flere sett per avgang, vil klimaeffekten være svært liten.</p>																																													
Fordeler	Ved å legge ned eller skalere ned togtilbudet kan man realisere raske klimakutt innenfor jernbanesektoren, forutsatt at man kan unngå at for mange reisende velger bensinbil eller fly i stedet. Tiltaket vil gi reduserte kostnader for persontrafikk på jernbanen.																																													
Ulemper	Transportarbeid overføres til andre transportformer som muligvis kan være mer forurensende og ha høyere utslipp av klimagasser. Nettutslipp for transportsektoren kan muligvis øke. Raumabanen er en svært attraktiv turistattraksjon, en nedlegning vil da i det perspektivet være negativt. Chartertog eller sesongtrafikk kan evt. veie opp for ordinær rutetrafikk hele året.																																													
Modenhet	Krever ingen grad av modenhet. Tall og underlag foreligger for å kunne ta avgjørelsen.																																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="6">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																
Kilder																																														

2.2 Muligheter som reduserer behovet for godstransport (på jernbanen)

2.2.1 Økt lokal produksjon

Tittel	Økt lokal produksjon	Trinn 1																																												
Beskrivelse	<p>For å redusere behovet for frakt av gods og varer på jernbanen, spesielt kombitransportsegmentet, er det aktuelt å øke lokal produksjon, slik at det blir behov for mindre transport. Det gjelder bl.a. matvarer og andre forbruksvarer som kan produseres hovedsakelig av lokale råvarer.</p> <p>Ved å øke lokal produksjon på steder med elektrifisert bane, eller i nærheten av forbruker, kan transportmengdene reduseres. En mulighet som er foreslått er lakseoppdrett i Oslo (eller andre steder med elektrisk bane). Andre muligheter er økt lokal matproduksjon langs de ikke-elektrifiserte strekningene. Som følge av klimatiske forhold er det mye som ikke kan dyrkes eller produseres til en konkurransedyktig pris, og subsidier eller andre (sterkt) styrende virkemidler kan forventes å måtte inngå i tiltaket.</p> <p>For råvarer er det også aktuelt å flytte foredlingspunkt for å redusere fraktmengdene.</p>																																													
Fordeler	Tiltaket kan redusere behovet for å transportere varer på jernbanen. Færre avganger og reduserte fraktmengder kan gi reduserte klimagassutslipp fra jernbanen.																																													
Ulemper	Kan være vanskelig å oppnå uten bruk av svært styrende politikk. Kan øke kostnadsnivået for forbrukere, og redusere utvalg i matvarer osv. En del aktuelle virkemidler kan antas å ikke være compatible med EØS-regelverk o.l.																																													
Modenhhet	Litt er mulig å få til, men kan kreve mye å realisere i så stor skala at det har merkbar effekt.																																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="6">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																
Kilder																																														

2.2.2 Overføre godstransporten til vei

Tittel	Overføre godstransporten til vei	Trinn 1																																												
Beskrivelse	<p>Overføring av godstransport til vei vil gi reduserte utslipp fra jernbanen, men kan forventes å gi samlet sett større utslipp fra transportsektoren som helhet, fram til andelen lav- og nullutslippskjøretøy for tungtransport på vei har økt betydelig. Tungtransport med diesel på jernbane er i de fleste tilfeller mer klimavennlig enn tungtransport med diesel på vei, som følge av større energieffektivitet.</p> <p>En stor del av utslippen er fra gods på Nordlandsbanen, og på Nordlandsbanen er det kanskje mest utfordrende for å finne et alternativ til diesel, fordi transportavstanden er lang. Det er imidlertid også her, på de lange etappene, at jernbanen har sitt konkurransefortrinn, og er mer klimavennlig enn tilsvarende transport på vei. Også for tungtransport på vei kan det forventes å ta lengst til å finne fullgode og økonomisk bærekraftige lav-/nullutslippsløsninger for tungtransporten. Det er også slik at en del transporter, f.eks. malmtog, er mer eller mindre helt avhengig av transporter på jernbane fordi det ikke er økonomisk og praktisk mulig å bruke lastebiler for slik transportarbeid.</p> <p>Klimaeffekten av tiltaket hviler tungt på når man forventer at tungtransport på vei vil overføres til lav- og nullutslippskjøretøy i så stor grad at det veier opp for jernbanens energieffektivitet.</p>																																													
Fordeler	Tar bort eller reduserer utslippene fra jernbanen, isolert sett. På lengre sikt kan den redusere utslippene fra transportsektoren som helhet.																																													
Ulemper	<p>Lite realistisk med hensyn til vekten på tog som kjøres i dag. Foreløpige prognoser tyder på at andelen lav- og nullutslippskjøretøy på vei vil være høy på 2030-tallet og overgangen ikke vil være fullendt til 2050. Lange transportetapper i spredt befolkede områder (slik som Trondheim-Bodø) kan forventes å være blant de siste som overføres til nye typer lastebiler. Vil med andre ord ikke gi klimagevinst før på lengre sikt.</p> <p>Økonomisk ikke lønnsomt å flytte transport over på vei, og kan gi økte priser til forbrukerne. Kan også forventes å medføre økt slitasje og økt antall alvorlige ulykker på vei, evt. behov for kapasitetstiltak i veinettet.</p>																																													
Modenhhet	Teknisk mulig per i dag.																																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="6">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																
Kilder																																														

2.3 Muligheter som reduserer behovet for drift og vedlikehold på jernbanen

2.3.1 Ingen videre utbygging eller større oppgradering av jernbanen

Tittel	Ingen videre utbygging eller større oppgradering av jernbanen.	Trinn 1																																												
Beskrivelse	<p>Arbeidsmaskiner på jernbanen brukes til å drifte og vedlikeholde eksisterende jernbane, og til å bygge ny. Ved å ikke bygge mer jernbane, vil det ikke være behov for å bruke arbeidsmaskiner som del av utbyggingen, og mengden infrastruktur som skal driftes og vedlikeholdes vil ikke øke, men holdes som i dag. Uten større utskiftning/oppgraderinger når forventet levetid er nådd, vil imidlertid infrastrukturens tilstand forfalle på sikt, med konsekvenser for både punktlighet og behovet for korrektivt vedlikehold.</p> <p>Muligheten innebærer å redusere bruk av arbeidsmaskiner ved å ikke utløse behov for å bruke dem. Det betyr ingen videre utbygging eller større oppgraderinger av jernbanen, samtidig som slitasjen på eksisterende infrastruktur må minimeres.</p>																																													
Fordeler	Reduserer utslippene fra arbeidsmaskiner på jernbanen. Sparer staten og skattebetaleren for store investeringer.																																													
Ulemper	Redusert attraktivitet for jernbane. Tiltaket vil styre jernbanen mot en avviklingsfase på lang sikt, etter hvert som banens standard blir utdatert sammenlignet med samfunnsutviklingen og samfunnets og næringslivets forventninger til transporttilbudet.																																													
Modenhet	Teknisk mulig.																																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="6">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																
Kilder																																														

3 Tiltak som gir mer effektiv utnyttelse av eksisterende løsninger

3.1 Smartere togframføring og logistikk-løsninger

3.1.1 Økt automatisering av togtrafikken

Tittel	Økt automatisering av togtrafikken	Trinn 3
Beskrivelse	<p>Det er et stort potensial for automatisering i jernbanesektoren, som et lukket system. Det er mange måter å automatisere jernbanen på. Det er et håp om at økt grad av automatisering skal gi mer energieffektiv kjøring, lavere kostnader (bl.a. fordi kostnader til fører reduseres), mer trafikkapasitet og bedre punktlighet. Både person- og godstrafikken kan automatiseres gjennom automatisering av togframføringen og automatisering av vending og hensetting.</p> <p>F.eks. kan automatiske godsterminaler gi mulighet for automatisk skifting og omlastning. Det finnes allerede i forbindelse med registrering og sortering. Dette kan utvikles videre til automatisk rangering av gods og automatisk bygging av togstammer. På sikt også automatisk fremføring. Dette reduserer klimagassutslipp på godsterminaler på grunn av mer effektiv skifting og dermed redusert skiftetransport, men på sikt kan også nye energibærere i kombinasjon med dette gi lavest mulig miljøbelastning fra terminalene.</p> <p>Løsningen kan være kombinerbar med nye energibærere også. Det pågår en egen KVV for automatisering av jernbanen.</p>	
Fordeler	Krever ikke omfattende ny infrastruktur til energiforsyning. Kombinerbar med andre alternative løsninger. Sikrer effektiv drift og bidrar til lav miljøbelastning med en gitt energibærer.	
Ulemper	<p>Automatisering av togtrafikken kan kreve store investeringer i ombygging av kjøretøy (både kostbart og komplekst, jf. ombygging av kjøretøy til ERTMS) og også i infrastruktur, avhengig av hvilken grad av automatisering som velges.</p> <p>Tiltaket kan ikke oppnå målsatte klimagassreduksjoner i sektoren alene, men kan eventuelt inngå i en tiltakspakke.</p>	
Modenhhet	Generelt sett er modenheten for automatisering av togtrafikken lav. Det avhenger imidlertid av hvilken grad av automatisering man vurderer (f.eks. med fører til stede vs. helt uten fører til stede) og hvilket segment man vurderer, ettersom persontrafikken er mer moden enn godstrafikken.	

Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+

Kilder

3.1.2 Optimalisering av kjøremønster/-adferd per linje

Tittel	Optimalisering av kjøremønster/-adferd per linje	Trinn 2																																												
Beskrivelse	<p>Optimalisering av kjøremønster og kjøreadferd per linje kan gjøres uten automasjon. Men det er avhengig av hvor godt lokføreren kjører, og det hjelper om føreren har en optimal hastighetsprofil per linje, evt. per avgang, dersom det er stor variasjon.</p> <p>I utgangspunktet er optimalisering av kjøremønster per linje en statisk optimalisering iht. den aktuelle ruteplanen. I tillegg kommer operativ optimalisering av det statiske i lys av trafikkinformasjon og eventuelle avvik på den enkelte avgang. Optimaliseringen skjer med utgangspunkt i rutetabellen og krever at lokførerne læres opp i bruk av informasjonen.</p> <p>Løsningen krever at det igangsettes et arbeid for å utarbeide et optimalt kjøremønster, og at informasjonen blir tilgjengelig for fører. Løsningen kan med fordel kombineres med bedre info fra togledelsen, slik at hastigheter kan tilpasses neste signal o.l.</p> <p>Datamaskinstøtte til føreren C-DAS.</p>																																													
Fordeler	<p>Tiltaket gir mer energieffektiv kjøring, og vil redusere energikostnadene og CO₂-utslipp på ikke-elektrifiserte baner.</p> <p>Tiltaket kan gi betydelig gevinst for vedlikeholdskostnader for kjøretøyene. Flytoget har gjort dette og reduserte bl.a. slitasje på bremsebelegg ved å redusere hastighet til 180 km/t, på avsnitt der det ikke er behov for å kjøre i 210 km/t.</p>																																													
Ulemper	<p>Det kan kreves noe tid til opplæring av førerne.</p> <p>Tiltaket kan ikke oppnå målsatte klimagassreduksjoner i sektoren alene, men kan eventuelt inngå i en tiltakspakke.</p>																																													
Modenhet	Teknologien er tilgjengelig. Det er ingen hindre.																																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="6">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																
Kilder																																														

3.1.3 Driver Advisory System (DAS/C-DAS)

Tittel	Driver Advisory System (DAS/C-DAS)	Trinn 3																																												
Beskrivelse	<p>Løsningen innebærer å anskaffe et Driver Advisory System/Connected Driver Advisory System (DAS/C-DAS). Dette innebærer at et system, evt. TMSen (transportstyringssystemet) gir fører informasjon om optimal kjørehastighet basert på beregninger for hele jernbanenettet. Dersom et tog får stoppsignal lenger frem på strekningen, er det unødvendig å ligge i topphastighet, da høyere hastigheter krever mer energi og fører til mer slitasje på komponenter på kjøretøyet og i infrastrukturen. For å kunne kjøre med lavere fart, må imidlertid fører få denne informasjonen.</p> <p>Løsningen fordrer investering i et slikt system under TMS-prosjektet, som oppdaterer trafikkstyringsteknologien (traffic management system) for Norsk jernbane. Det vil også være behov for utstyr for å gi denne informasjonen til føreren underveis.</p>																																													
Fordeler	<p>Lavere driftskostnader pga. redusert energiforbruk og mindre slitasje på kjøretøy og infrastruktur. Høyere komfort pga. jevnere kjørestil. Mer effektive kryssinger, avhengig av C-DAS</p>																																													
Ulemper	<p>Krever ekstrautstyr i kjøretøyene, som er dyrt og tidkrevende å montere.</p> <p>Tiltaket kan ikke oppnå målsatte klimagassreduksjoner i sektoren alene, men kan eventuelt inngå i en tiltakspakke.</p>																																													
Modenhet	<p>Moderat modenhet. Det krever både nye funksjoner i togstyringssystemet og endring i ombordutrustningen.</p>																																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="6">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																
Kilder																																														

3.1.4 Effektivisering av vekt og aerodynamikk

Tittel	Effektivisering av vekt og aerodynamikk	Trinn 2																																												
Beskrivelse	<p>Det er flere forhold knyttet til vekt og aerodynamikk som kan bidra til å redusere energiforbruket per avgang. Noen eksempler på dette følger:</p> <p>Optimalisering av godstogstammer: Ved å kun kjøre nødvendig antall vogner per avgang kan mengden «dødvekt» som fraktes reduseres. Forslaget innebærer å se på muligheten for å bare sette i trafikk den mengde vogner som er nødvendige for å tilfredsstille behovet, dette for å redusere energibehovet og utslipp.</p> <p>En større utfordring her er at det er retningsubalanse på mange av godstoglinjene, og det bør undersøkes om det er potensial for å øke fraktvolumer i den underdimensjonerte retningen, for å gi mer effektiv bruk av vogner som uansett fraktes.</p> <p>Optimalisering av plassering av last på godstog: Sørge for at fulle container står samlet, og tomme vogner står samlet, for å forbedre aerodynamikken og resultere i lavere energiforbruk og utslipp. Det er også potensiale for å bedre aerodynamikken på tomme tømmertog.</p> <p>Videre er det mulig å gjøre noen vogntyper lettere, dog innenfor regler for minste tillatte aksellast (som er nødvendig for å hindre avsporing og gi sikker togdeteksjon).</p>																																													
Fordeler	Dette vil redusere energiforbruk og dermed også klimagassutslipp per avgang. Sparer togoperatørene for penger.																																													
Ulemper	<p>Omstokking av vognene i en togstamme kan være tidkrevende og forsinke/forbyrde operasjoner på godsterminaler. For kombitog kan det også kreve beslutningsstøtte ved lasting.</p> <p>Tiltaket kan ikke oppnå målsatte klimagassreduksjoner i sektoren alene, men kan eventuelt inngå i en tiltakspakke.</p>																																													
Modenhhet	Tilgjengelig og mulig.																																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="6">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																
Kilder																																														

3.1.5 Redusere tomgangskjøring

Tittel	Redusere tomgangskjøring	Trinn 2																																												
Beskrivelse	<p>Det kan også være aktuelt med systemer som gir tilgang på mer klimavennlig energi for tomgangskjøring, fordi tomgangen kan trenge for å forsyne toget med energi. Det kan være behov for en energilagring ombord for å sikre tilførsel på energi uten at det er behov for tomgang på en stor motor.</p> <p>For arbeidsmaskiner (men også for skiftelok og godslok) kan det være aktuelt med en hjelpemotor i tillegg til hovedmotor, og der hjelpemotoren kan brukes ved arbeidsoppgaver som krever lite effekt eller ved nødvendig tomgang (f.eks. for varme om bord).</p> <p>Flere togvarmeposter kan redusere behovet for å kjøre motoren for å produsere varme til fører. Det er allerede togvarmeposter på hensettingsanlegg hvor man ikke har KL, og alle persontogene er utstyrt med kontakt for slik strøm. På nye hensettingsanlegg med banestrøm er det ifra cirka 2021 slutt med å bygge TVP fordi kjøretøyene normalt henter energi via kontaktledning (KL) i hensettingsanlegget.</p> <p>Muligheten for å redusere tomgangskjøring gjelder bl.a. i hensettingsanlegg. Tiltaket kan innebære endring i rutiner for førere eller annen personell for å slå av kjøretøyet.</p>																																													
Fordeler	Redusere energiforbruket og tilsvarende utslipp.																																													
Ulemper	<p>Vil påvirke rutinene i det daglige arbeidet for skiftning. Kan kreve noe grad av investering, men der det vil være avhengig av teknisk løsning.</p> <p>Tiltaket kan ikke oppnå målsatte klimagassreduksjoner i sektoren alene, men kan eventuelt inngå i en tiltakspakke.</p>																																													
Modenhhet	Anses å være teknisk mulig per i dag. Sannsynligvis mest aktuelt i en overgangsperiode til diesel kan bli helt skiftet ut. Avhengig av teknisk løsning så vil det muligvis gå seg til som følge av en gradvis og planlagt utskiftning av kjøretøy.																																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="6">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																
Kilder	Elkraftportalen (banenor.no)																																													

3.1.6 Plassering av hensettingsanlegg slik at tomtogkjøring reduseres

Tittel	Plassering av hensettingsanlegg slik at tomtogkjøring reduseres	Trinn 2																																												
Beskrivelse	<p>Mer hensetting der togene burde stå og der hvor personale bor kan redusere energibruk til tomtogkjøring.</p> <p>Dette er allerede et kriterium i valg av lokalisering for nye hensettingsanlegg, i tillegg til utfordringene med tilgang på store og sentrale arealer, tilstrekkelig kapasitet i omkringliggende baner, mv. Det er dermed usikkert hvor stort det gjenstående potensialet er.</p> <p>Ved utvikling i togtilbudet vil behovet for hensetting endre seg over tid. Det er dermed krevende å optimalisere over tid, men det tilstrebes i den grad det lar seg gjøre.</p> <p>Det er bygget hensettingsanlegg på Støren og Steinkjer allerede. Det eneste større hensettingsanlegget som gjenstår å bygge på de ikke-elektrifiserte strekningene er Rognan. Det er dermed først og fremst ved etablering av dette anlegget at dette hensynet bør ivaretas.</p>																																													
Fordeler	Tiltaket kan potensielt redusere tomtogkjøring og posisjonskjøring, og dermed redusere klimagassutslipp fra trafikken.																																													
Ulemper	<p>Høye investeringskostnader i nye anlegg, som antageligvis er uakseptable kostnader med mindre det allerede eksisterer behov for nye hensettingsanlegg. Andre tiltak for å redusere utslipp kan forventes å gi større klimaeffekt per krone.</p> <p>Tiltaket kan ikke oppnå målsatte klimagassreduksjoner i sektoren alene, men kan eventuelt inngå i en tiltakspakke.</p>																																													
Modenhhet	Teknologien er moden, men det tar lang tid å planlegge og regulere nye hensettingsanlegg.																																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="6">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="15">Kilder</td> </tr> </tbody> </table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+	Kilder															
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																
Kilder																																														

3.2 Smartere og mer energieffektivt vedlikehold

3.2.1 Smart vedlikehold av infrastrukturen

Tittel	Smart vedlikehold av infrastrukturen	Trinn 2																																													
Beskrivelse	<p>Ved å vedlikeholde infrastrukturen smartere kan man redusere behovet for bruk av arbeidsmaskiner og dermed redusere energiforbruket (og dieselforbruket). Dette innebærer integrering av teknologi som overvåker infrastrukturens tilstand og varsler før komponenter svikter, bl.a. sensorer for infrastrukturstatus, f.eks. installert på togene eller på sporveksler. Her følger noen eksempler:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Infrastruktureier kan bruke droner, kameraer og satellitt for å drive tilstandsovervåkning av infrastrukturen. Sensorer for overvåkning kan f.eks. bli installert på togene og i infrastrukturen. Dette gir mindre behov for å visitere. • Større bruk av CBM (Condition Based Maintenance) innebærer vedlikehold bare når det er nødvendig. • Mer effektive maskiner kan føre til bruk av færre kroner per sporkilometer. Bedre organisering av arbeidet kan gi bedre effekt med mindre/samme ressursbruk. Bane NOR har en rapport om dette. • Mer effektiv planlegging av drift- og vedlikeholdsaktiviteter for mindre kjøring (planlegge slik at man kan gjøre mer når man først kjører ut med en spesifikk arbeidsmaskin). Dette er lettere å realisere dersom vedlikeholdet kan planlegges i god tid og er mindre tidskritisk. Det spiller dermed på lag med økt bruk av preventivt vedlikehold (sensorer m.m.) og mindre bruk av korrektivt vedlikehold. • Optimalisert plassering av beredskapsmateriell kan gi kortere transportavstander. <p>Mange av disse tiltakene jobber Bane NOR med i egen regi, men da med hensyn til økonomi, først og fremst. Det forventes imidlertid å også gi effekter på klimagassutslipp.</p>																																														
Fordeler	<p>Muligheten gir redusert behov for å kjøre dieseldrevne arbeidsmaskiner og vedlikeholdsmateriell, og dermed reduserte klimagassutslipp. Bedre vedlikehold gir høyere opptid på infrastrukturen.</p> <p>Lavere behov for reparasjon kan gi mindre driftsforstyrrelser for togtilbudet. Lavere kostnader for vedlikehold.</p>																																														
Ulemper	<p>Krever investeringer i teknologi for smart vedlikehold/tilstandsovervåkning. Krever nye datasystemer for oppfølging av vedlikehold.</p> <p>Tiltaket kan ikke oppnå målsatte klimagassreduksjoner i sektoren alene, men kan eventuelt inngå i en tiltakspakke.</p>																																														
Modenhet	<p>Store deler har høy modenhet og er allerede tatt i bruk. Men for å få full effekt kreves det utvikling av både teknologi, organisasjon og metode, og dette tar tid.</p>																																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="7">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)							PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																							
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																	
Kilder																																															

3.2.2 Deling/samarbeid om arbeidsmaskinflåte med Sverige

Tittel	Deling/samarbeid om arbeidsmaskinflåte med Sverige	Trinn 2																																												
Beskrivelse	<p>Det er foreslått mulighet for effektiv planlegging for bruk av arbeidsmaskiner, og også leie ut til Sverige. Bjugstad Utleie AS og Bane NOR tilbyr utleie av maskiner, Baneservice eier egne maskiner.</p> <p>En lignende mulighet er å gjennomgå balansen av leie vs. eie. Dersom maskiner kan leies så kan muligens mer effektive maskiner anskaffes. F.eks. ha et felles leiemarked med Sverige, slik at ikke begge må eie de samme maskinene, slik at de blir stående mindre andel av tiden. Det vil nok ikke være mulig for alle typer arbeidsmaskiner, men kan vurderes for de maskiner som brukes til arbeid som planlegges i god tid.</p> <p>Dette tiltaket er i praksis allerede iverksatt, og inngår som en naturlig del av jernbanselskapenes kontinuerlige optimalisering av arbeidsmaskinflåtene de eier og bruker.</p>																																													
Fordeler	Mindre stillstand av maskiner, og mer effektiv utnyttelse av disse. Kan forenkle anskaffelsen av nye kjøretøy når det finnes bedre alternativer til diesel på arbeidsmaskiner fordi det finnes andre som kan bruke kjøretøyene og kjøpe ut norske eiere.																																													
Ulemper	<p>Det er lite sannsynlig at dette forslaget vil medføre utslippsreduksjoner i drift.</p> <p>For å lage et tilbud på vedlikehold eller nybygging, er tilgang på riktig maskin til riktig pris og riktig tid helt nødvendig. Man kan risikere at dette ikke vil fungere.</p>																																													
Modenhet	Teknisk mulig å bruke maskiner i begge land. Det vil være en utfordring å planlegge bruket av kjøretøyene mellom landene.																																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="6">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																
Kilder																																														

3.2.3 Mer energieffektiv forflytning av arbeidsmaskiner

Tittel	Mer energieffektiv forflytning av arbeidsmaskiner	Trinn 2																																												
Beskrivelse	<p>Det er foreslått mulighet for å finne løsninger for å trekke arbeidsmaskiner sammen med gods- og persontog, evt. bruke elektriske (eller bimodale) lokomotiver for å trekke vedlikeholdsmateriell på elektrifisert bane. Dette vil redusere behovet for transport med bruk av diesel.</p> <p>Frakt av arbeidsmaskiner over lengre avstander skjer noen ganger allerede ved hjelp av godstog, f.eks. ved frakt av arbeidsmaskiner til Narvik. Det er kanskje potensiale for å gjøre dette litt mer, men det forventes å allerede brukes i et hensiktsmessig omfang.</p>																																													
Fordeler	Lavere forbruk av diesel når arbeidsmaskinen ikke kjører selv, ettersom godstogene går uansett.																																													
Ulemper	Det kan bli komplekst å realisere dette, ettersom det vil kreve planlegging og samarbeid mellom ulike aktører. Virker først og fremst aktuelt over lengre avstander, og der brukes det allerede. Dermed er mye av potensialet for hensiktsmessig bruk allerede hentet ut, og økt bruk av annet materiell til å trekke arbeidsmaskiner kan gi forsinket vedlikehold eller lite effektiv bruk av kjøretøyparken.																																													
Modenhhet	Teknisk mulig. Uklart om dette forslaget lar seg gjennomføre i større omfang enn i dag, ettersom mange av arbeidsmaskinene har behov for å forflytte seg selv.																																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="6">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																
Kilder																																														

3.3 Endre prioritering mellom togkategoriene

3.3.1 Permanent buss for tog for å prioritere godstrafikken i stedet

Tittel	Permanent buss for tog for å prioritere godstrafikken i stedet.	Trinn 2																																													
Be skrivelse	<p>En sammenligning av utslippseffekter av transport på jernbane og vei, viser at godstransport med dieseldrevne tog er mer energi- og utslippseffektivt enn dieseldrevne lastebiler. Samtidig er utslippsfrie personbiler og busser allerede i markedet, mens utslippsfrie lastebiler er ennå ikke innført i større skala. Det er dermed aktuelt å overføre persontrafikken til elektriske busser. Det vil frigjøre kapasitet for godstransport på jernbanen og redusere utslipp fra transportsektoren, selv med dagens dieselt teknologi på jernbanen. Løsningen er kompatibel også med nye energibærere på jernbanen.</p> <p>Løsningen er prinsipielt mulig å innføre på alle de ikke-elektrifiserte strekningene. Den er imidlertid mest aktuell på Nordlandsbanen nord for Steinkjer. Dette skyldes det relativt beskjedne antallet persontogavganger på strekningen Steinkjer-Bodø, og at Nordlandsbanen ikke lenger har kapasitet til alle godstogene som ønsker å kjøre. De andre ikke-elektrifiserte banene har ikke kapasitetsbrist for framføring av godstog i samme omfang som Nordlandsbanen, og gevinstene ved å prioritere ned persontrafikken vil dermed være mindre.</p> <p>Ved å erstatte fjerntogavgangene Trondheim-Bodø med busser med nullutslipp vil det være mulig å forsterke busstilbudet på strekningen i form av høyere frekvens innenfor samme kostnadsramme, eventuelt billigere enn dagens togtilbud. Strekningen er lang, og det bør prioriteres å anskaffe busser som gir god kvalitet på ombordopplevelsen, dvs. luksusbusser, sovebusser, eller lignende. Anslagsvis kan det ta ca. 5 år å anskaffe egnede busser, da disse sannsynligvis ikke er hyllevare på samme måte som bybusser.</p> <p>Løsningen gir mer kapasitet og en lang planleggingshorisont for vekst for godstrafikken. Det gjør det også mulig å utvikle togtilbudet på banen helt på godstrafikkens premisser, f.eks. med puljekjøring av godstog for å redusere tid og energitap som følge av kryssinger.</p> <p>Løsningen vil sannsynligvis kreve økt kapasitet i infrastrukturen Trondheim-Steinkjer for å realisere sitt fulle potensiale, ettersom denne delen av Nordlandsbanen fremdeles vil ha et høyt antall persontog. Det kan også oppstå kapasitetsproblemer mellom Oslo og Eidsvoll.</p>																																														
Fordeler	<p>Reduserte utslipp på persontransport og på godstransport oppnås. Større satsing på buss kan gi lønnsomhet for ny teknologi. Transportmiddelet vil oppnå større fyllingsgrad med mindre energiforbruk og lavere kostnad per passasjer. Det må kreves busser med nullutslipp. Personreisetilbudet Trondheim-Mosjøen-Bodø vil få høyere frekvens.</p> <p>Løsningen gir gode muligheter for vekst på gods og dermed større investeringsmulighet for operatørene. Med mer ledig kapasitet vil gods lettere kunne tilpasse lading/fylling på strekningene, eller man kan bruke all ekstra kapasitet til å øke frekvensen.</p>																																														
Ulemper	<p>Persontogtilbudet fjernes, og ulempen er at kundene mister valgfrihet. Tog oppleves ofte som bedre enn buss, selv om setekomfort osv. er lik (skinnfaktor). Det blir flere busser på veiene, men dette vil mer enn oppveies av færre vogntog på veiene.</p> <p>En kjent utfordring er trafikkapasiteten fram til Steinkjer, som kan bli en flaskehals for økt godstrafikk på resten av Nordlandsbanen.</p>																																														
Modenhet	Teknologien er kommersielt tilgjengelig og har vært i drift over tid.																																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="7">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)							PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																							
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																	
Kilder																																															

4 Mindre eller større investeringer som ikke innebærer bytte av energibærere

4.1 Overgang til mer energieffektiv teknologi

4.1.1 Overgang til mer energieffektive metoder og maskiner for vedlikehold

Tittel	Overgang til mer energieffektive metoder og maskiner for vedlikehold	Trinn 3																																												
Beskrivelse	<p>Overgang til mer energieffektive metoder og maskiner for vedlikehold, beredskap osv. kan redusere energiforbruk og CO2-utslipp fra arbeidet. Her nevnes et par eksempler, men det finnes nok enda flere slike muligheter.</p> <p>Eksempel, batterier for arbeidsmaskiner med lav ytelse:</p> <p>En del arbeidsmaskiner bruker dieselforbrenningsmotorer som egentlig er dimensjonert for en ytelse som arbeidsmaskiner ikke benytter hele tiden. Her kan det være aktuelt med en standardisert løsning med eksempelvis batterier for å brukes ved lavt behov av ytelse.</p> <p>Eksempel, skinnfres:</p> <p>I Norge så slipes skinner, men i f.eks. Danmark så tillates ikke sliping, i Danmark freses skinnene. Fresing krever langt lavere energi og genererer mindre varme. Det kan derfor være mer energieffektivt å frese i stedet for sliping. En fresemaskin kan vedlikeholde 2 000 m/skift, mens for sliping er tallet 200 m/skift. Teknikken kan brukes med både diesel- og hydrogenkjøretøy.</p> <p>Effektiv benyttelse av denne muligheten krever at man ser på hver enkelt oppgave og hver arbeidsmaskin og gjør vurderinger av energieffektivitet, hensiktsmessighet osv.</p>																																													
Fordeler	Mer egnede/tilpassete arbeidsmaskiner kan redusere energiforbruk og utslipp. F.eks. kan skinnfres være mer energi- og tidseffektivt enn skinnsliping.																																													
Ulemper	<p>Det er noe risiko forbundet med å ta i bruk nye/uprøvde metoder og teknikker. Løsningen krever investeringer i materiell. For eksempelet om skinnfres er det uklart om teknologien dekker behovet i Norge. Hvis teknologien skal være utslippsfri, så må det brukes noe annet enn diesel, f.eks. hydrogen.</p> <p>Tiltaket kan ikke oppnå målsatte klimagassreduksjoner i sektoren alene, men kan eventuelt inngå i en tiltakspakke.</p>																																													
Modenhet	Blandet modenhet. Men f.eks. skinnfres er i bruk i Danmark, dog er det er den fossilbaserte varianten som er i bruk i Danmark, ikke hydrogen.																																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="6">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																
Kilder	Linsinger presents first hydrogen milling train for emission-free track maintenance RailTech.com																																													

4.1.2 Strategisk utvikling av arbeidsmaskinflåten med hensyn til energibruk

Tittel	Strategisk utvikling av arbeidsmaskinflåten med hensyn til energibruk	Trinn 4																																												
Beskrivelse	<p>Riktig balanse mellom multipurpose og spesialiserte arbeidsmaskiner: Mer spesialiserte arbeidsmaskiner kan gi mer effektiv utførelse av arbeidet, og være lettere og dermed kreve mindre energi å transportere. Arbeidsmaskiner som kan gjøre mange oppgaver veier ofte mer, men til gjengjeld så holder det kanskje å kjøre bare én maskin i stedet for flere. Løsningen innebærer å ta en grundig gjennomgang av balansen mellom spesialiserte vs. generelle arbeidsmaskiner, sett opp mot behovet, og så kontinuerlig arbeid med å realisere og opprettholde den balansen ettersom utslitte arbeidsmaskiner skal byttes ut.</p> <p>Utfordre gamle funksjonskrav – kartlegge materiell og Valg av teknologi ved nyanskaffelser må også avhenge av arbeidsmaskinenes funksjoner.</p>																																													
Fordeler	<p>Kan gi lavere kostnader, lavere energiforbruk og lavere utslipp. Enklere maskiner gir også mer pålitelige maskiner og enklere vedlikehold av disse.</p>																																													
Ulemper	<p>Hvis implementeringen ikke er gjennomtenkt, så kan det gi motsatt effekt som fordelene.</p> <p>Tiltaket kan ikke oppnå målsatte klimagassreduksjoner i sektoren alene, men kan eventuelt inngå i en tiltakspakke.</p>																																													
Modenhhet	<p>Det er i varierende grad teknisk mulig, avhengig av hvilke tekniske funksjoner som vil bli kombinert i samme kjøretøy.</p>																																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="6">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																
Kilder																																														

4.1.3 Forbedre traksjonssystem og energieffektivitet

Tittel	Forbedre energieffektivitet i traksjonssystem	Trinn 3																																												
Beskrivelse	<p>Smart styring av motoren og gjenbruk av regenerert energi fra motorene for å redusere energiforbruket og tilpasses det faktiske behovet kan bidra til å redusere klimagassutslipp fra jernbanen. Det innebærer å stille krav om at nye kjøretøy som anskaffes bruker energieffektive traksjonssystem (system for å levere energi til motoren) og at regenerert energi fra motorbremsing blir gjenbrukt ved bruk av eksempelvis et lite traksjonsbatteri.</p> <p>Eksempel, krav til energilagring</p> <p>Et alternativ er å se til at det finns et batterisystem (med lav mengde energi) som effektiviserer energiforbruket og tillater en optimal bruk av forbrenningsmotoren, slik at forbrenningsmotoren hele tiden kan arbeide på optimalt turtall. Kan brukes i kombinasjon med f.eks. biodiesel eller annen alternativ på miljøvennlig diesel.</p> <p>I kombinasjon med dette kan det også være krav til at regenerert energi skal lagres og gjenbrukes på kjøretøyet.</p> <p>Bane NOR opplyser at om lag 20% av all strøm toget trekker tilbakeføres til kontaktledning i dag evt. videre via omformerstasjon og ut i nettet. I USA er det på ikke elektrifiserte baner anskaffet egne lokomotiver med batteri og elektriske motorer som regenererer energi fra nedoverbakkekjøring og bremsing. Lokomotivene kjører sammen med diesellokomotiv i samme tog. En kraftigere variant vises i kilde, og der er dieselforbruket redusert med 11%.</p> <p>Muligheten kan innebære å stille krav til nye kjøretøy med drivstoff som energikilde, men egne nasjonale krav kan gi negativ påvirkning på interoperabilitet. Tiltaket vil spare operatør for energikostnader, men potensialet for nyere materiell antas å være lite. Eldre materiell vil nok uansett skiftes ut med materiell som tilfredsstillende dette.</p>																																													
Fordeler	Redusert energiforbruk, reduserte CO ₂ utslipp, redusert støy og lokale utslipp i byer. Trenger ingen (eller lave) infrastrukturinvesteringer. Utpøvd teknologi.																																													
Ulemper	<p>Det vil være et utslipp av CO₂ allikevel hvis det brukes sammen med diesel. Det er også uklart om diesel vil være tilgjengelig på markedet i fremtiden, og av den årsaken kan løsningen bli mindre relevant i fremtiden, f.eks. hvis batterier har helt erstatt diesel så vil dette forslag ikke gi mening.</p> <p>Vil kreve en viss grad av investeringer i kjøretøy (økte kjøretøykostnader). Evt. kortere tog lengde for gods.</p> <p>Tiltaket kan ikke oppnå målsatte klimagassreduksjoner i sektoren alene, men kan eventuelt inngå i en tiltakspakke.</p>																																													
Modenhhet	Teknologen finnes, se f.eks. bimodale kjøretøy som tilbys på markedet.																																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="6">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																
Kilder	Microsoft Word - FLXdrive results_05XX21_final-1.docx (wabteccorp.com)																																													

4.1.4 Redusere vekten på kjøretøy

Tittel	Redusere vekten på kjøretøy	Trinn 3																																												
Beskrivelse	<p>En produktutvikling mot lettere persontog er viktigst for kjøretøy med batteridrift (av hensyn til rekkevidde) men alle persontog uansett energibærer vil kunne få lavere energikostnader. Europe's Rail har definert dette som et tiltak for videre arbeid.</p> <p>Tiltak kan eksempelvis være lettere materialer benyttet til interiørutrustning, f.eks. togstoler i lettere materialer fremfor stål. Større komponenter på toget, som for eksempel boggi, vil ifølge flere produsenter på sikt også bli lettere.</p> <p>Det er nødvendig å ha en høy vekt på lokomotiver for å unngå at drivhjulene spinner ved akselerasjon. Av den grunn kan ikke egenvekten til lokomotivet reduseres. Ved batteridrift, så kan batterier fylle deler av dette vektbehovet, slik at behovet for ballastvekt reduseres.</p> <p>Innenfor busstransport pågår det kontinuerlig arbeid for å redusere kjøretøyets vekt for å gi økt rekkevidde med uendret energibruk. Erfaring viser at lettere konstruksjon gir økt rekkevidde med samme batteripakke.</p> <p>Nyere kjøretøy er allerede en god del lettere enn tidligere. Det er en utfordring å gjøre dette samtidig som man øker gjenvinnbarheten av toget. Tiltaket er spesielt relevant for tog som stopper ofte.</p> <p>Utviklingen av motorvognsett innen Europes Rail vil gå vekk fra pneumatiske systemer (bremses, pantograf) og gå over til elektriske systemer. Det er antydnet 25 kg vektreduksjon pr. meter kjøretøy.</p>																																													
Fordeler	Mindre energiforbruk for alle typer persontog, inkludert lengre rekkevidde for batteritog. Tiltaket er også nyttig for batterilokomotiver.																																													
Ulemper	<p>Det må vurderes om sikkerhet opprettholdes og om levetid blir redusert som følge av lettere konstruksjoner. Det kan være høyere kostnader for å benytte lettere materialer i komponenter og konstruksjon.</p> <p>Tiltaket kan ikke oppnå målsatte klimagassreduksjoner i sektoren alene, men kan eventuelt inngå i en tiltakspakke.</p>																																													
Modenhetsnivå	Modenhetsnivå er høyt for mange komponenter, men lavere for hele togsett. Det handler mest om at tog ikke er drivende for denne typen utvikling.																																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="6">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																
Kilder	https://www.ebusco.com/electric-buses/ebusco-3-0/ InnoTrans 2022																																													

4.1.5 Multipurpose kjøretøy

Tittel	Bruke multipurpose kjøretøy	Trinn 3																																												
Beskrivelse	En mulighet er å bruke multipurpose kjøretøy som kan brukes for både vedlikehold og for å trekke gods- og eventuelt persontog. Et eksempel kan være vedlikeholdsmaskiner som kan brukes til f.eks. transport av gods den tid de ikke brukes for vedlikehold av jernbanen. En løsning kan være at kjøretøyene leies for spesifikke oppdrag/opplegg, og har mulighet til å brukes i forskjellige opplegg parallelt.																																													
Fordeler	En fleksibel maskinpark gjør at kjøretøyeier/-bruker kan påta seg ulike oppdrag og bruke kjøretøyene effektivt.																																													
Ulemper	Det er uklart om dette vil ha noen merkbar effekt på klimagassutslipp. Det er også uklart om det vil gi mer fordeler enn ulemper i praksis, siden det muligvis vil kreve omfattende planlegging av bruk av kjøretøyene mellom forskjellige organisasjoner.																																													
Modenhet	Slike kjøretøy er tilgjengelige.																																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="6">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																
Kilder	Tjenester - Grenland Rail																																													

4.2 Optimalisert trafikkflyt og kryssingsmønster

4.2.1 Optimalisering av rutemodellen for energieffektivitet

Tittel	Optimalisering av rutemodellen for energieffektivitet	Trinn 2
Beskrivelse	<p>Det er mulig å redusere energiforbruk ved å optimalisere av rutemodellen slik at den gir færre stopp. En slik rutemodell vil sannsynligvis kreve at persontogene tilpasser seg godstransportens behov i større grad enn i dag, ettersom godstogene er mye tyngre og det krever mye energi å stoppe og starte framdriften på disse.</p> <p>En rutemodell som er utformet for redusert energibruk kan innebære puljekjøring av godstog i én retning og så i den andre. Et annet grep er å legge til grunn at persontogene tar kryssingstapet når de møter godstog.</p> <p>Sammen med utbygging av andre/lengre kryssingsmuligheter, kan dette potensielt gi større effekt på energiforbruk og kapasitet. Med lengre kryssingsspor kan det også gi positiv effekt på framføringstiden.</p> <p>Dette tiltaket er også et mulig supplement til overgangen til nye energibærere, spesielt dersom Rørosbanen elektrifiseres (helt eller delvis), ettersom det muliggjør retningsdrift for kombigodstog mellom Hamar og Støren, slik at f.eks. tog som kjører nordover fra Alnabru kjører Rørosbanen Hamar-Støren, og tog sørover kjører Dovrebanen. Driftsopplegget kan eventuelt bli mer effektivt med bygging av et tilsving sørfra mellom Dovre- og Rørosbanen ved Hamar.</p>	
Fordeler	Lavere energiforbruk, lavere utslipp, lavere energikostnader. En slik rutemodell kan gi økt kapasitet.	
Ulemper	<p>Vil kreve tilpasning i både persontogtrafikken og godstogtrafikken. Kan innebære lengre framføringstid for persontogene, eventuelt også færre avganger. For både person- og godstogene kan det gi mindre fleksible avgangstidspunkt, som i mindre grad møter markedets behov og ønsker. Puljekjøring kan utfordre terminalkapasiteten dersom mange tog ankommer på kort tid. Kan kreve noe tiltak i infrastrukturen.</p> <p>Tiltaket kan ikke oppnå målsatte klimagassreduksjoner i sektoren alene, men kan eventuelt inngå i en tiltakspakke.</p>	
Modenhhet	Teknisk mulig. Men juridisk sett er det uklart om kapasitetsfordelingsforskriften gjør det mulig for Bane NOR å prioritere energieffektivitet på bekostning av togselskapenes ønsker om ruteleier.	

Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+

Kilder

4.2.2 Lengre kryssingsspor for å få lengre og mer effektive godstog

Tittel	Lengre kryssingsspor for å få lengre og mer effektive godstog	Trinn 4																																													
Beskrivelse	<p>Ved å bygge lange kryssingsspor med samtidig innkjør, eventuelt kryssingsparseller, i stedet for korte kryssingsspor, kan togene på de ikke-elektrifiserte banene kjøre uten å måtte stoppe for å krysse hverandre på de enkeltsporede banene.</p> <p>Lengre kryssingsspor kan også muliggjøre lengre godstog. Dette vil øke transportkapasiteten på strekningene, og kan bidra til å redusere kostnadene. Dette kan gi overføring av godstrafikk fra vei til bane, noe som vil gi reduserte klimagassutslipp fra godstrafikken (fram til høy grad av nullutslippskjøretøy på vei, som forventes å ta noen tiår å realisere).</p> <p>Tiltaket bør kombineres med nye rutemodeller som drar nytte av den nye infrastrukturen.</p> <p>Tiltaket er mest aktuelt å vurdere som en del av en strategi for utvikling av gods- og persontogtilbudet på lange enkeltsporede strekninger, da økt energjeffektivitet kun er en liten del av det som kan realiseres.</p>																																														
Fordeler	Reduserte klimagassutslipp, økt kapasitet og redusert framføringstid. Sannsynligvis også bedre punktlighet (avhengig av hvor mange tog man skal kjøre).																																														
Ulemper	<p>Bygging av lange kryssingsspor og kryssingsparseller er kostbart, spesielt dersom det skal gjøres i et omfang som virkelig monner og gir tydelige gevinster for godstrafikken.</p> <p>Tiltaket kan ikke oppnå målsatte klimagassreduksjoner i sektoren alene, men kan eventuelt inngå i en tiltakspakke.</p>																																														
Modenhet	Kjent og tilgjengelig teknologi.																																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="7">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)							PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																							
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																	
Kilder																																															

4.3 Andre muligheter

4.3.1 Leasing av nyere dieselskjøretøy i en overgangsfase

Tittel	Leasing av nyere dieselskjøretøy i en overgangsfase	Trinn 3																													
Beskrivelse	<p>Det er foreslått en mulighet for å lease nyere dieselskjøretøy i en overgangsfase, ettersom nyere kjøretøy har lavere utslipp enn eldre kjøretøy. Tanken er å gjøre dette som et midlertidig tiltak for å redusere utslipp før en løsning med ny energibærer implementeres.</p> <p>Den største utfordringen med løsningen er at det ikke finnes noen stor pool med moderne diesel-lok som kan leies. De må i så fall bygges. Det finnes heller ikke tilgjengelige lokomotiver for persontrafikk.</p>																														
Fordeler	Nyere dieselskjøretøy har lavere utslipp enn eldre.																														
Ulemper	Det utsetter overgang til mer moderne teknologi. Løsningen er krevende å realisere i praksis, fordi den krever bygging av flere dieselskjøretøy, som vil ha lang levetid.																														
Modenhets	Teknologien er kommersielt tilgjengelig og har vært i drift over tid.																														
	<table border="1"><thead><tr><th colspan="4">Aktuelle segmenter</th><th colspan="4">Aktuelle baner</th><th colspan="6">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th></tr><tr><th>PT</th><th>GT</th><th>SL</th><th>AM</th><th>NO</th><th>RA</th><th>RØ</th><th>SO</th><th>2025</th><th>2030</th><th>2035</th><th>2040</th><th>2045</th><th>2050</th><th>2055+</th></tr></thead></table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+	
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																							
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																	
Kilder	<p>https://www.railcare.se/en/news/reduced-emissions-and-maintained-capacity-with-engine-conversion/</p> <p>Avklaring og informasjonsinnhenting fra CargoNet og OnRail per e-post.</p>																														

4.3.2 Modifisere kjøretøy for å redusere klimagassutslipp

Tittel	Modifisere kjøretøy for å redusere klimagassutslipp	Trinn 3																													
Beskrivelse	<p>Nyere dieselt teknologi har lavere utslipp enn eldre dieselmotorer som brukes på den norske jernbanen i dag. Det antas at eldre lok benyttes av økonomiske årsaker.</p> <p>For disse kjøretøyene er det aktuelt å bytte ut motoren med nyere komponenter/motorer eller gjøre andre typer endringer. En mulighet er å bytte ut gamle dieselmotorer, noe som kan redusere forbruk og utslipp vesentlig avhengig av hva slags motor som benyttes i kjøretøyene. Dette krever også modifisering av kjøretøyet for å tilpasses den nye motoren.</p> <p>Enkelte motorer finnes det veldig mange av rundt om i verden, og det er egne selskaper som spesialiserer seg i ombygging av slike. Dette gir ikke like mye forbedring som en helt ny motor, men det er billigere og enklere å gjennomføre. For skiftelok finnes det også firma som bygger om til batterilok eller batterihibrider.</p> <p>Tiltaket er særlig aktuelt i en overgangsfase, fram til ny energibærer realiseres. En slik ordning kan kreve tilskudd eller incitament. Tiltaket forventes å kreve godkjenning av SJT, som kan være tidkrevende.</p>																														
Fordeler	Bytte av motor i dieselskjøretøy kan redusere forbruk og utslipp med inntil 40 % (se kilde).																														
Ulemper	Tiltaket innebærer investeringer i teknologi som potensielt kun benyttes i en kortere periode.																														
Modenhets	Teknologien er kommersielt tilgjengelig og har vært i drift over tid. Tjenesten kan kjøpes i dag.																														
	<table border="1"><thead><tr><th colspan="4">Aktuelle segmenter</th><th colspan="4">Aktuelle baner</th><th colspan="6">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th></tr><tr><th>PT</th><th>GT</th><th>SL</th><th>AM</th><th>NO</th><th>RA</th><th>RØ</th><th>SO</th><th>2025</th><th>2030</th><th>2035</th><th>2040</th><th>2045</th><th>2050</th><th>2055+</th></tr></thead></table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+	
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																							
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																	
Kilder	<p>https://www.railcare.se/en/news/reduced-emissions-and-maintained-capacity-with-engine-conversion/</p>																														

4.3.3 Karbonfangst av utslipp fra kjøretøy på jernbanen

Tittel	Karbonfangst av utslipp fra kjøretøy på jernbanen	Trinn 3
Beskrivelse	I USA jobbes det med å utvikle teknologi som vil gjøre det mulig å fange karbon fra eksos på lastebiler. Teknologien kan ettermonteres på eksosrøret på eksisterende trailere, og skal ta liten plass. CO ₂ renses ut og samles opp på en tank. EU har også bevilget midler til pilottesting av bevegelig karbonfangst fra maritim transport. Prosjektet heter EverLoNG, og vil teste karbonfangst fra to LNG-skip. Teknologien virker ikke å være under utvikling eller uttesting for bruk på jernbanen, som ligger mellom disse to løsningene i størrelse på utslipp og lagringsbehov underveis. Infrastrukturmessig vil en framtidig løsning innebære behov for deponeringstanker og tid til å deponere CO ₂ i endepunktene av ruten. Krever logistikk-løsning til deponi (Langskip CCS e.l.).	
Fordeler	Kan monteres på eksisterende kjøretøy, og vil rense ut CO ₂ fra både fossil diesel og andre typer drivstoff som slipper ut CO ₂ (dvs. biodrivstoff blir karbonnegative).	
Ulemper	Kostnad ukjent. Man må finne plass inne i eller utenpå toget til å montere utstyr og tank, som kanskje kan være mer krevende på motorvognsett. Kanskje lengre vendetider.	
Modenhet	Ikke tilgjengelig for jernbane. Er i pilotfasen for tungtransport på vei og maritim transport. Det er ingen teknisk grunn til at det ikke også skal fungere på jernbanen, men det må være et stort nok marked for at noen skal utvikle og selge løsninger.	

Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+

Kilder <https://www.treehugger.com/remora-mobile-carbon-capture-semitrucks-5216771>
<https://www.offshore-energy.biz/everlong-ship-based-carbon-capture-project-wins-eu-funding/>

4.3.4 Karbonfangst fra luft med tog i bevegelse

Tittel	Karbonfangst fra luft med tog bevegelse	Trinn 4
Beskrivelse	Karbonfangst fra luft krever mye energi (bl.a. til vifter). En start-up som heter CO ₂ Rail har foreslått å bruke tog i bevegelse til å fange CO ₂ fra luften. Åpninger i en spesialtilpasset vogn vil la omkringliggende luft blåse forbi et karbonabsorberende materiale, og dermed fjerne behovet for vifter. Det kreves også energi for å fange karbonet fra luften, og selskapet foreslår å bruke togets bremseenergi til å lade et batteri, og å bruke denne kraften til å fange karbonet, lukke cellen, slippe karbonet og sette den under trykk i beholdere. Derfra fraktes den til et CO ₂ -lagringsanlegg. Konseptet hevder å kunne fange CO ₂ for mindre enn 50 dollar per tonn.	
Fordeler	Dersom kostnaden stemmer, er det en rimelig måte å fange CO ₂ på. Løsningen kan kombineres med alle energibærere.	
Ulemper	Karbonfangst fra luft er ekstremt energikrevende. Det må sikres at det faktisk er nok energi(overskudd) i togdriften til at det gir mening å montere dette på et tog.	
Modenhet	Ideen om karbonfangst fra luft på tog er på et teoretisk stadium. De anleggene som er bygget er for store til å settes på tog og bruker andre prinsipper.	

Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+

Kilder <https://spectrum.ieee.org/carbon-capture-2657738131>

5 Mindre eller større investeringer som innebærer bytte av 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.. Elektrifisering uten KL i tunneler er sortert under KL, fordi alternativet innebærer full elektrifisering langs banen, men innebærer kjøring på et lite batteri gjennom tunneler som er for lave til at kontaktledningen kan henges opp.

Tabell 3 Mulige energibærere på jernbanen og mulige kombinasjoner av disse

Energibærer	Kontaktledning (KL)	Batteri	Biodiesel og biodrivstoff	Hydrogen
Kontaktledning (KL)	Full 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	Se speilbilde	Helbatteri Helbatteri med lading i endene Helbatteri med lading underveis	Batteri-biodrivstoff Hybrid batteri-biodiesel	Hydrogen-batteri Se hydrogen
Biodrivstoff	Se speilbilde	Se speilbilde	Biodrivstoff Biodiesel Biogass Bioalkohol	Biodrivstoff-hydrogen Hybrid biodrivstoff-hydrogen (ikke beskrevet)
Hydrogen	Se speilbilde	Se speilbilde	Se speilbilde	Hydrogen Hydrogen med brenselcelle* Hydrogen med forbrenningsmotor
Kontaktledning og batteri	Se annen rute	Se annen rute	KL-batteri-biodiesel Tribrid KL-batteri-biodiesel	KL-batteri-hydrogen Se KL-hydrogen

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

**Løsningen innebærer et lite batteri på kjøretøyene

Legende for tabell

Rene energibærere
Hybrider
Tribrider
Duplikater
Silt ut/ikke aktuelle

5.1 Elektriske løsninger – elektrifisering

5.1.1 Helelektrifisering med standard kontaktledning

Tittel	Helelektrifisering med standard kontaktledning	Trinn 4
Beskrivelse	<p>Det som kalles for elektrifisert jernbane, eller elektrisk jernbane, er baner som er utstyrt med et kontaktledningsanlegg (KL-anlegg). KL er et elektrisk høyspenningsanlegg der strøm forsynes til toget fra en kontaktråd (kobbertråd) som henger over skinnene og strøm returneres til omformer gjennom skinner og returledning. Togene er utstyrt med en strømvtager på taket som sleper langs kontaktråden og lager nødvendig kontakt mellom kjøretøy og KL-anlegg til å få overført energi. Det er ingen lagring av energi i toget og energi fra nedoverkjøring og motorbrems tilbakeføres fra toget til banestrøm og eventuelt til strømprodusent. Denne returstrømmen utgjør cirka 20% av forbruket.</p> <p>Elektrifisering er velutprøvd teknologi, og den største ulempen er høye kostnader til utbygging, samt mer infrastruktur som må vedlikeholdes. Det finnes ulike tekniske løsninger som er beskrevet og godkjent i Bane NORs Teknisk regelverket eller løsninger hos andre europeiske land som kan vurderes for å redusere kostnader på infrastrukturen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tuneller: Dobbel kontaktråd i tuneller kan redusere behovet for utvidelse av enkelte tuneller. Ulempen er fartsbegrensning mellom 60-100 km/h. En annen metode er bruk av strømskinne, som krever mer høyde i tunnelen, men tillater høyere hastighet. • Sentralisert nett med større omformerstasjoner og transmisjonsanlegg som går ved siden av banen i stedet for å lage mange omformerstasjoner. • Banestrømteknologi: Bruk av 50 HZ teknologi. <p>Helelektrifisering kan skje som ett stort prosjekt per bane, eller trinnvis. Hybride kjøretøy KL/diesel kan eventuelt gi utslippsreduksjoner og reduserte distansekostnader per trinn i utbyggingen. Standard kjøretøyløsning ved ferdigstilling av hele strekningen er elektriske tog. For Nordlandsbanen kan det være mest fordelaktig å starte utbyggingen på de mest energikrevende delene av banen: Trondheim-Steinkjer, Bodø-Rognan, over Saltfjellet.</p>	
Fordeler	<p>Kjøretøyene som benyttes på elektrisk jernbane har en enkel, sterk og velprøvd grunnkonstruksjon, som gir høy pålitelighet, lave vedlikeholdskostnader og høy energieffektivitet. Det at det ikke lagres energi i kjøretøyet er gunstig i et sikkerhetsmessig perspektiv, men det medfører utfordringer dersom det er avvik i KL-systemet.</p> <p>En sammenkobling av alle omformerstasjoner gir bedre utnyttelse og bedre redundans av disse, sammenlignet med delelektrifisering. Omformere kan plasseres mer fritt og mer hensyntatt overliggende nett og det kan bli færre omformere ref. delelektrifisering</p>	
Ulemper	<p>Det er høye investeringskostnader knyttet til bygging av KL-anlegg, og det behøves en viss trafikk på banen for å gjøre tiltaket samfunnsøkonomisk lønnsomt å investere i.</p> <p>Store utslipp av klimagasser grunnet tunellarbeider, og kontaktledningsanlegg.</p>	
Modenhet	<p>KL systemet er det mest brukte systemet for energiforsyning til jernbanekjøretøy i Norge, og utgjør om lag 66% av det nasjonale jernbanenettet. Det finnes eldre planer for elektrifisering Trondheim-Steinkjer men disse må nok oppdateres.</p>	

Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+

Kilder	<p>Elektrisk systembeskrivelse av kontaktledningsanlegg – Lærebøker i jernbaneteknikk (jernbanekompetanse.no)</p> <p>DOKUMENTTYPE (banenor.no)</p> <p>Teknisk regelverk (banenor.no)</p> <p>Jernbanedirektoratet. 2019. Nullfib sluttrapport.</p>
--------	---

5.1.2 Elektrifisering uten elektrifisering av tunellene

Tittel	Elektrifisering uten elektrifisering av tunellene	Trinn 4																																												
Beskrivelse	<p>Denne muligheten er en variant av helelektrifisering, der man ikke elektrifiserer tunneler. Tunellene har i dag for lav høyde og må utvides for å få plass til oppheng av kontaktledning, noe som i stor grad bidrar til høye investeringskostnader.</p> <p>Løsningen innebærer at man bygger sammenhengende strømforsyning langs banene, med vanlig KL mesteparten av strekningen. I tunneler som er for lave henges det imidlertid ikke opp KL, og togene kjører gjennom med et traksjonsbatteri, evt. en liten dieselmotor. Dette traksjonsbatteriet gjør det mulig å kjøre gjennom én eller flere tunneler, avhengig av avstanden mellom tunnelene.</p> <p>Løsningen vil kunne inndeles i ulike byggetrinn der kost/nytte avgjør hvilke strekninger som bygges først, men planen er helelektrifisering.</p> <p>Det er cirka 162 tunneler på Nordlandsbanen, de 12 lengste har snittlengde på litt over 1 km hvor den lengste er 4,5 km (den er elektrifisert). På Rørosbanen er det 6 tunneler og disse er svært korte med unntak av Drøylitunnelen som er 1,1 km. På Raumabanen er det 6 tunneler med snittlengde 0,4 km. Det er ikke gjort en energiberegning som evaluerer energibehovet ved flere tett plasserte tunneler. Nullfib1 har kartlagt tunneler på Nordlandsbanen dvs. info, tegninger, fotoer etc.</p>																																													
Fordeler	<p>Kostnader: Helelektrifisering av banestrekninger får vesentlig lavere kostnader. Bane NOR antok i Nullfib1 at utvidelse/strossing av tunneler kostet 150 000 kr pr meter tunnel. I Nullfib1 kostet helelektrifisering av Nordlandsbanen ca. 14 mrd. kr. Av dette var kostnaden på overgangsbruer 0,4 mrd. og tunneler 6,8 mrd. kr. Kostnadene til helelektrifisering vil iht. til disse tallene kunne bli om lag halvert.</p> <p>Drift: Batteriene vil gi enklere løsning for drift ved verkstedsområder og hensetting der det ikke er elektrifisert.</p> <p>Byggetid og stengning: Den totale byggetiden blir kortere og vil ikke gi lange stengninger av banen grunnet at tunneler ikke skal utvides/strosses. Stengning ved bygging av infrastruktur vil også bli kortere fordi tunneler ikke skal utvides.</p> <p>Miljø: Stor reduksjon av miljøinngrep, lokale utslipp og klimautslipp.</p> <p>Vedlikehold og avvik: Man unngår vedlikeholdsarbeid av KL i tunneler og batteriene vil gi større mulighet for å komme ut av tunell ved strømbrydd eller bedre mulighet til å komme frem til nærmeste stasjon ved strømbrydd.</p>																																													
Ulemper	<p>Små batterier (eller en annen løsning for energilagring ombord) i elektriske kjøretøy er en tilleggskostnad.</p> <p>Hybrid KL/diesel kjøretøy koster mer enn diesel kjøretøy. En evt. nyanskaffelse av hybrid KL/diesel skal etter cirka 15 år kun benytte KL. De hybride kjøretøyene kan fortsatt benyttes, men da blir ikke investeringen i diesel fremdrift benyttet.</p> <p>Det må etableres en teknisk løsning for å senke eller beskytte strømvtagere på toget ved kjøring gjennom tunnel, eksempelvis: baliser, ERTMS, kontaktledning uten strøm, GPS osv.</p>																																													
Modenhet	Kan bestilles.																																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="6">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																
Kilder	delrapport-3-del-elektrifisering-og-infrastrukturiltak (39).pdf norconsult-utredning-del-elektrifisering-av-nordlandsbanen-versjon (3).pdf																																													

5.2 Elektriske løsninger – batteribaserte løsninger

5.2.1 Helbatteri med ladepunkt i enden av banestrekningen

Tittel	Helbatteri med ladepunkt i enden av banestrekningen	Trinn 3																																													
Beskrivelse	<p>Et rent batterikonsept (helbatteri) baseres på at transport/drift av persontog, godstog og arbeidsmaskiner gjennomføres med energi som er lagret i kjøretøyets batterier. I stedet for et KL- anlegg langs hele banen, må dette konseptet ha ladestasjoner i endepunktene. Lading vil kreve et opphold inntil batteriet er oppladet. Ladestasjoner kan bygges for sakte lading eller hurtig lading, avhengig av behovet. En stor del av persontogsflåten benyttes eksempelvis ikke på natta og kan derfor lades sakte. Ladestasjonene kan i tillegg ha stasjonære batterier som sørger for den høyeste ladeeffekten uten krav til sterkt strømnett. Et alternativ til lading er batteribytte på endestasjon eller bytte av kjøretøy på endestasjon.</p> <p>Kjøretøyene som benyttes kan bygges likt med dagens elektriske kjøretøy eller de kan være enklere bygget uten strømvaktaker og får lading via vekselstrøm eller likestrøm med tilkobling via kabel, robotarm etc.</p> <p>Helbatteri kan evt. suppleres med batterivogner (evt. batteri i kombinasjon med hydrogen eller biodiesel) som kan brukes som energibanker. Vognene vil enkelt kunne byttes ut ved behov, eller det kan suppleres med flere vogner. Konseptet vil fungere for lok og vogner, og anleggsmaskiner hvor det kan brukes både til fremdrift, men også alternativ til diesellaggregater ved stasjonært arbeid.</p> <p>Oppgave/bruksmønster for skiftelok tilsier at en erstatning med helbatteri er interessant og at det kun er behov for stasjonær lading. Flere av dagens skiftelok er svært gamle. F.eks.: CargoNet eier og drifter til sammen 11 stk. SKD 226 skiftelok, disse kjøretøyene er fra 1972-1974 og bør antakelig byttes ut pga. 50 års alder og at de benytter fossil diesel.</p>																																														
Fordeler	<p>Konseptet krever ikke kostbar elektrifisering av spor med omformerstasjoner og endringer av tunneler. Det er kun nødvendig å bygge ut ladekapasitet på endepunkter eller ved driftsbaser. Naturen blir derfor i større grad skånet ettersom det er lite behov for ny utbygging.</p> <p>Å lade i endepunktene gir færre bindinger i ruteplanlegging enn ved låste ladestrekninger. Batterikjøretøy har høyere motoreffekt og dermed høyere akselerasjon enn dieselskjøretøy.</p> <p>Utviklingen innen batteriteknologi vil kunne ha størst potensialet med reduserte ladetider. Å lade fra 20% til 80% energimengde på under 10 min er i dag realistisk på høyeffektbatterier.</p> <p>Batteriteknologi er under rask utvikling. En batterivogn kan benyttes for å få tilstrekkelig stort batteri for lange strekninger, i fremtiden vil den samme energimengden muligvis kunne innlemmes i kjøretøyet. Det innebærer at strekninger og segmenter som krever batterivogn med i dagen, muligvis kan fortsette som helbatteristrekninger uten batterivogn i fremtiden.</p>																																														
Ulemper	<p>Det er utfordringer med energimengde som knytter seg til drift på lengere strekninger og særlig for gods. Løsningen er også utfordrende for linjer der vendetiden er kortere enn tiden det tar for opplading, og kan i slike tilfeller medføre behov for flere kjøretøy. Mye volum og vekt til batteri tar kapasitet fra kjøretøyet.</p>																																														
Modenhet	<p>Høy modenhet. Teknologien eksisterer og er i rask utvikling. Den er mer moden for persontog enn for godlokomotiver. Skal teknologien brukes i Norge må den nok tilpasses til en viss grad.</p> <p>Enkelte strekninger kan være aktuelle allerede på kort sikt: Raumabanen og Saltenpendelen (helt nord på Nordlandsbanen). På mellomlang sikt: Tog som kun betjener deler av Rørosbanen (Trondheim-Røros først, så Hamar-Røros). På lang sikt: Alle baner.</p>																																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="7">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)							PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																							
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																	
Kilder	<p>Jernbanedirektoratet. 2021. Nullfib2. Nullutslipp – batteridrift på jernbanen. Hovedrapport.</p> <p>Jernbanedirektoratet. 2019. Nullfib sluttrapport.</p>																																														

5.2.2 Helbatteri med lading underveis fra ladepunkt eller batteribytte

Tittel	Helbatteri med lading underveis fra ladepunkt eller batteribytte	Trinn 3																																													
Beskrivelse	<p>Løsningen er et rent batterikonsept (helbatteri) basert på at man i tillegg til å lade på endestasjoner lader fra ladepunkter underveis. Kjøretøyene vil da ha behov for batteripakker som ikke er like store som ved endepunktslading. Ladestedene kan være på jernbanestasjoner, kryssingsspor eller godsterminaler. Det vil bli ulik praksis for hvor persontog, godstog og arbeidsmaskiner lader batteriene.</p> <p>Løsningen innebærer å ta i bruk teknologi som kanskje kan sammenlignes med gruvedrift og ferjedrift der batterikjøretøyet lades ofte og med svært høy effekt. Det er viktig at teknologien med batteritype og ladesystem tilfredsstillende økte krav til kortere reisetid osv. For gods må man vurdere hvor lenge man venter på passerende tog og hvor det skjer. Det betyr at for gods kan det ligge store muligheter i en ventetid som allerede finnes. Imidlertid kan endring i rutemodellen innebære endring i hvor togene venter lenge.</p> <p>Batteribytte underveis er et alternativ til punktlading som vil kunne fungere for persontog, godstog og arbeidsmaskiner. Særlig for arbeidsmaskiner kan det være enkelt å etablere batteribytte.</p> <p>Muligheten kan også suppleres med batterivogner (evt. batteri i kombinasjon med hydrogen eller biodiesel) som kan brukes som energibanker. Vognene vil enkelt kunne byttes ut ved behov, eller det kan suppleres med flere vogner. Konseptet vil fungere for lok og vogner, og anleggsmaskiner hvor det kan brukes både til fremdrift, men også alternativ til diesellaggregater ved stasjonært arbeid.</p>																																														
Fordeler	<p>Samme fordeler som helbatteri med endepunktslading.</p> <p>Batteripakken får lavere vekt, volum og pris, sammenlignet med endepunktslading og det blir enklere å tilpasse kjøretøyet for lange strekninger.</p> <p>For arbeidsmaskiner kan et hurtigladdenettverk bygges og det kan evt. også benyttes av tunge lastebiler, anleggsmaskiner og busser. En slik felles utnyttelse av laderressurser er mulig.</p>																																														
Ulemper	<p>Løsningen vil kreve lengre framføringstid sammenlignet med endepunktslading. Det kan være at stopptiden på enkelte stasjoner må øke. Hvor lenge og ofte avhenger av løsningen som velges (størrelse på batterier, ladeteknologi osv.)</p> <p>Arbeidsmaskiner og spesialkjøretøy uten KL har redusert fleksibilitet sammenlignet med bimodale kjøretøy, ettersom de brukes på både elektrifiserte og ikke-elektrifiserte linjer.</p>																																														
Modenhet	<p>Høy. Teknologien eksisterer og er i rask utvikling. Den er mer moden for persontog (motorvognsett) enn for godslokomotiver. Skal teknologien brukes i Norge må det sørges for kompatibilitet med norske klimaforhold og da spesielt den norske vinteren, samt norske lover og forskrifter.</p>																																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="7">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)							PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																							
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																	
Kilder	<p>https://www.railway.supply/en/the-es3000-battery-shunting-locomotive-is-successfully-operated-at-the-voutre-quarry-france/</p> <p>Ny batteribytteløsning kan revolusjonere elektriske hurtigbåter (skipsrevyen.no)</p> <p>Jernbanedirektoratet. 2021. Nullfib2. Nullutslipp – batteridrift på jernbanen. Hovedrapport.</p> <p>Jernbanedirektoratet. 2019. Nullfib sluttrapport.</p>																																														

5.3 Drivstoffbaserte løsninger – hydrogen og lignende

5.3.1 Hydrogen med brenselcelle

Tittel	Hydrogen med brenselcelle	Trinn 4
Beskrivelse	<p>Hydrogen er en energibærer som kan lagre primærenergi fra ulike kilder. Dagens mest dominerende form for hydrogenproduksjon er reformering av naturgass, som er knyttet til CO₂-utslipp. Alternativt kan hydrogen produseres ved elektrolyse med elektrisitet og vann som input. Hvis elektrisiteten som brukes er fornybar energi, får vi grønt hydrogen.</p> <p>Drivverket til et tog basert på hydrogen og brenselceller ligner på et konvensjonelt elektrisk tog. Alle komponenter bruker elektrisitet som energikilde. Brenselceller har begrenset evne til å øke effekt ved behov. Det er derfor naturlig at brenselcellen går på en konstant effekt og at produksjonen lagres i et batteri. Energien og effekten toget trenger tas fra batteriet.</p> <p>Hydrogen som lagres i toget kan enten være trykksatt gass (opptil 700 bar for kjøretøybruk i dag) eller flytende gass, avkjølt under -250 °C og lagret i isolerte tanker. Energitettheten til flytende hydrogen er høyere enn for komprimert hydrogen i gassform.</p> <p>I dag brukes hydrogen hovedsakelig til oljeraffinering og i kjemisk industri. Europeisk energipolitikk har imidlertid et sterkt fokus på å skalere opp produksjonen og skape etterspørsel etter hydrogen som energibærer, samt skape en hydrogenøkonomi. Det er i dag ikke noe storskala produksjon i Norge, men det er planlagt flere store anlegg for produksjon av grønt hydrogen i Norge.</p> <p>I dag jobber tyske, franske og britiske jernbaneoperatører med småskala test-, forskning- og pilotprosjekter for hydrogentog på ikke-elektrifiserte jernbanelinjer. Flere togprodusenter tilbyr persontog med hydrogendrift, men dette har til nå vært begrenset til små persontog, og utviklingen innenfor lange persontog og godstog har vært mer begrenset.</p> <p>For arbeidsmaskiner er markedet for hydrogendrift svært lite, og det finnes ikke eksisterende løsninger med hydrogen for alle de forskjellige arbeidsmaskiner som brukes i Norge. For skiftelokomotiv finnes det minst én produsent som tilbyr skiftelokomotiv med hydrogendrift, og som er tilgjengelig på markedet.</p>	
Fordeler	<p>Teknologien er tilgjengelig og kan innføres uten større infrastrukturinvesteringer på jernbanen. Hovedkomponentene for drivverket ligner på konvensjonelle elektriske tog.</p> <p>Energilagringstettheten (energi per masse og volum) er høyere enn for batterier.</p> <p>Når grønt hydrogen brukes er produksjon av drivstoffet utslippsfritt. Utnyttelsen av hydrogen i brenselceller har ingen lokale utslipp. Prosessen etterlater kun vann og elektrisitet. Vannet kan f.eks. brukes i togets anlegg. Spillvarmen fra brenselcellene kan muligens brukes til oppvarming av vogner/vann for å øke systemets effektivitet.</p> <p>Det forventes sterk vekst i hydrogenproduksjon og etterspørsel på sikt. Utstøys- og hydrogenprisene er spådd å gå betraktelig ned.</p>	
Ulemper	<p>Teknologien har utfordringer relatert til sikkerhet, spesielt i tunneler, som følge av hydrogens fysiske egenskaper. Regelverket for bruk av denne teknologien innen jernbane kan ikke anses som ferdig utviklet. Sikkerhet ved plassering av fyllestasjoner må også avklares.</p> <p>Teknologien har per i dag noen driftsøkonomiske utfordringer, basert på erfaringer fra drift i trafikk i Tyskland. Lav energieffektivitet <i>well-to-wheel</i> er en av forklaringene.</p> <p>Det må bygges distribusjonsinfrastruktur for hydrogen for å gi nok drivstoffstasjoner langs banen og ved endestasjoner. Et lokalt hydrogenlager ved fyllestasjonene er nødvendig.</p> <p>Lagring av hydrogen er komplekst og kapitalkrevende sammenlignet med konvensjonelle dieseltanker. Lang lagringstid er forbundet med store tap ved lagring som flytende hydrogen på grunn av fordamping. Energibehovet for å gjøre hydrogen flytende er høyt.</p>	

Modenhet Selve brenselcelleteknologien er moden og har ulike anvendelser i dagens industri. Håndtering av hydrogen i liten og mellomstor skala er godt utprøvd.

Det foreligger dokumentasjon av drift av endelig systemløsning under reelle driftsbetingelser på jernbanen, men fortsatt med noen begrenset driftserfaring. Mindre motorvognsett og mindre arbeidsmaskiner med hydrogen brenselceller er tilgjengelig i dag og kan anskaffes til Norge.

Teknologien har lavere grad av modenhet for godstog enn for persontog. Det gjenstår en del tekniske utfordringer som må løses, spesielt med hensyn til mengden hydrogen som er nødvendig å lagre. Alstom skal levere et hybridlokomotiv som bruker KL på elektrifiserte strekninger og hydrogen (egen vogn, fungerer som en energipakke) på ikke-elektrifiserte strekninger.

Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+

Kilder

Jernbanedirektoratet. 2019. Nullfib sluttrapport.
 Jernbanedirektoratet. 2019. Nullfib Delmål 4: Hydrogen, biogass og biodiesel.
<https://www.jarnvagsnyheter.se/20221018/13877/tyska-delstaden-baden-wurttemberg-vatgasdrivna-hybridtag-overtygade-inte>
<https://www.railtech.com/innovation/2020/11/27/linsinger-presents-first-hydrogen-milling-train-for-emission-free-track-maintenance/>
 Germany inaugurates world's first hydrogen-powered train fleet | transport News | Al Jazeera
[UK's first hydrogen train takes to the mainline marking major step towards decarbonising Britain's railways - University of Birmingham](https://www.birmingham.ac.uk/news/2022/04/20/uk-first-hydrogen-train-takes-to-the-mainline-marking-major-step-towards-decarbonising-britains-railways-university-of-birmingham)
[How Hydrogen Can Revolutionise Railway Operations in Europe \(railway-news.com\)](https://www.railnews.com/news/2022/04/20/how-hydrogen-can-revolutionise-railway-operations-in-europe)
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/e57fd1ee-aac7-494d-a351-f2a4024909b4/GlobalHydrogenReview2021.pdf>
<https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>
https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
<https://www.jernbanedirektoratet.no/contentassets/1f455e006cc84457b67e6c081c1becac/final-report-nullfib.pdf>
<https://www.jarnvagsnyheter.se/20221018/13877/tyska-delstaden-baden-wurttemberg-vatgasdrivna-hybridtag-overtygade-inte>
<https://www.railtech.com/innovation/2020/11/27/linsinger-presents-first-hydrogen-milling-train-for-emission-free-track-maintenance/>
<https://www.mobility.siemens.com/global/en/portfolio/rail/stories/hydrogen-drive-how-it-works.html>
[From 2025, Nestlé Waters France will use the first hydrogen-powered freight train through an innovative solution developed by Alstom and ENGIE | Alstom](https://www.alstom.com/en/press-releases/2022/04/20/2022-04-20-From-2025-Nestle-Waters-France-will-use-the-first-hydrogen-powered-freight-train-through-an-innovative-solution-developed-by-Alstom-and-ENGIE-Alstom)
[Pesa unveils hydrogen-powered shunting locomotive - International Railway Journal \(railjournal.com\)](https://www.railjournal.com/news/2022/04/20/pesa-unveils-hydrogen-powered-shunting-locomotive-international-railway-journal)

5.3.2 Hydrogen med forbrenningsmotor

Tittel	Hydrogen med forbrenningsmotor	Trinn 4
Beskrivelse	<p>Hydrogen kan brukes som drivstoff i en forbrenningsmotor. Teknologien slipper ut veldig lite CO₂ ved forbrenning siden hydrogen ikke inneholder karbonatomer. Samtidig vil NO_x dannes akkurat som ved all annen forbrenning.</p> <p>Det jobbes i dag med flere prosjekter knyttet til utvikling av forbrenningsmotorer drevet av hydrogen dedikert til tungtransport, marine og off-road maskiner. Det jobbes også med NPROXX Hydrogen, som er lagringsteknologier for både vei- og jernbanebasert transport. Videre jobbes det også med løsninger der man kjører forbrenningsmotorer på en blanding av ammoniakk og hydrogen.</p> <p>Sammenlignet med brenselceller så gir hydrogen med forbrenningsmotor høyere energieffektivitet ved høy last og ytelse, mens for hydrogen med brenselceller oppnås høyere energieffektivitet ved lavere last og ytelse.</p> <p>Markedet for hydrogen med forbrenningsmotorer er imidlertid ikke like utviklet som markedet for hydrogen med brenselceller.</p> <p>I en helhetlig vurdering så ser man at hydrogen med forbrenningsmotor tar med seg ulemper knyttet til hydrogen som energibærer (sikkerhet, kostnad), og ulemper knyttet til forbrenningsmotorer (energieffektivitet, drift- og vedlikeholdskostnader og lokale utslipp).</p>	
Fordeler	<p>Forbrenningsmotorer kan bruke mindre rent hydrogen enn brenselceller, noe som kan senke produksjonskostnaden for hydrogen. Det er enklere å håndtere hydrogenet med f.eks. ammoniakk enn under trykk.</p> <p>Det er mye erfaring innen drift, produksjon og vedlikehold av forbrenningsmotorer. Dette kan muliggjøre rask utvikling av hydrogenforbrenningsmotorer for jernbane og enklere implementering i dagens løsninger.</p> <p>Se også Hydrogen med brenselcelle: Fordeler.</p>	
Ulemper	<p>Håndtering av ammoniakk har sine egne sikkerhetsutfordringer samtidig som om noen av sikkerhetsutfordringene knyttet til hydrogen gjenstår, selv om lagrede volumer blir mye mindre.</p> <p>Forbrenningsmotorer er en mer kompleks konstruksjon enn tilsvarende elektriske motorer, og har dermed større behov for vedlikehold og reparasjoner.</p> <p>Avgir NO_x under forbrenning.</p> <p><i>Well-to-wheel</i> effektiviteten for forbrenningsmotor er noe lavere enn f.eks. brenselceller. Kombinasjonen av hydrogen og forbrenningsmotor etter OTTO-prinsippet vil samlet sett gi svært lav energitnytningsgrad. Dette vil igjen gi høye driftskostnader. Forbrenningsmotorer som drives på ammoniakk vil også ha noe tap i omforming av ammoniakk til hydrogen for å «dope» drivmiddelet.</p> <p>Se også Hydrogen med brenselcelle: Ulemper.</p>	
Modenhet	<p>Selve motorteknologien har høy grad av modenhet da motortypen har eksistert lenge. Det finnes motortyper i alt fra personbiltransport til industrielle applikasjoner.</p> <p>Det er imidlertid ikke utviklet en forbrenningsmotor for hydrogen spesielt for jernbane, og for jernbane er løsningen umoden. Graden av umodenhet er enda større for ammoniakk-motorer. Hydrogen forbrenningsmotorer er ikke en teknologi som det satses på innenfor jernbane, og det er ikke en teknologi der det finnes standard løsninger for jernbanen. Det er per dags dato ikke kjent at hydrogen med forbrenningsmotorer har blitt testet på tog.</p>	

Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+

Kilder

Jernbanedirektoratet. 2019. Nullfib sluttrapport.

Jernbanedirektoratet. 2019. Nullfib Delmål 4: Hydrogen, biogass og biodiesel.

<https://rollingstockworld.com/locomotives/diesel-locomotives-are-to-be-converted-to-hydrogen-combustion-traction-in-namibia/>

<https://www.cummins.com/news/2022/01/27/hydrogen-internal-combustion-engines-and-hydrogen-fuel-cells>

<https://energynews.biz/hydrogen-combustion-engine-ready-to-for-debut/>

[https://rail.ricardo.com/campaigns/routes-to-railway-decarbonisation/hydrogen-traction/hydrogen-internal-combustion-engines-\(ice\)](https://rail.ricardo.com/campaigns/routes-to-railway-decarbonisation/hydrogen-traction/hydrogen-internal-combustion-engines-(ice))

https://www1.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/tech_validation/pdfs/fcm03r0.pdf

5.4 Drivstoffbaserte løsninger – diesel fra ikke-fossile kilder

5.4.1 Biodiesel

Tittel	Biodiesel	Trinn 3
Beskrivelse	<p>Energi til å drive tog kan lagres som biodiesel. Biodiesel er i prinsippet det samme som ordinær diesel, men råmaterialet til biodiesel har et annet opphav enn den ordinære dieselen. Et biodiesel-drevet tog er teknisk tilnærmet likt et dieseltog. Likheten med ordinær diesel gjør at denne energibæreren, teknisk og praktisk, ofte anses som den raskeste og enkleste måten å erstatte bruk av fossil diesel på.</p> <p>Biodiesel produseres ved utvinning av olje fra oljeholdige planter og annet fett- og oljeholdig biologisk materiale. Biodiesel deles ofte inn i grupper ut ifra hvilket råstoff dieselen er utvunnet fra. Første generasjon: spiselige vegetabiliske oljer. Andre generasjon: ikke-spiselige landbruks- og skogrester. Tredje generasjon: algebasert råstoff.</p> <p>Dimetyleter (DME) er et eksempel på et potensielt karbonnøytralt drivstoff for bruk i dieselmotorer. Det kan produseres fra en rekke avfallsråvarer og unngår dermed utslipp av fossilt karbon. DME kjennetegnes ved lave utslipp av CO₂, NO_x, svevestøv og ingen utslipp av SO_x.</p> <p>Det er en kraftig økning i bruken av biodiesel og den prosentvise andelen av annen-generasjon biodiesel øker. Det meste av biodiesel er importert, men planer for innenlands produksjon finnes, og det er utsikter til at andelen norskprodusert biodiesel kan økes de neste årene.</p> <p>Med biodiesel vil mengden CO₂ og andre klimagasser som slippes ut fra trafikken ikke bli redusert. Men i motsetning til fossilt drivstoff blir biodiesel ansett som klimanøytralt ettersom det er basert på biomasse og derfor er en del av det naturlige kretsløpet.</p> <p>Biodieselens ulemper med hensyn til drift- og vedlikeholdskostnader tilsier at det kanskje først og fremst er en aktuell teknologi i en begrenset periode. Den muliggjør rask reduksjon av CO₂-utslipp fra trafikk og arbeidsmaskiner og krever få tiltak i infrastruktur og kjøretøy.</p> <p>Biodiesel som alternativ innebærer primært å sikre at krav til bærekrafts kriterier ivaretas, spesielt knyttet til klima- og miljøfotavtrykk. Spørsmål om lokale utslipp og metan må imidlertid adresseres og løses. Samtidig bør en se et biodrivstoffalternativ i sammenheng med den generelle utviklingen av togmateriell. Kostnader for innkjøp og drift av slike kjøretøy kan øke betraktelig (på lang sikt) om Europa satser på andre energibærere (f.eks. hydrogen eller batteri), og Norge satser på biodrivstoff.</p>	
Fordeler	<p>Det er behov for svært lite tilpassninger til nåværende infrastruktur for bruk av biodiesel.</p> <p>Biodiesel gir en rask reduksjon i globale CO₂-utslipp, med lave kapitalinvesteringer. Med biodiesel kjøper jernbanen seg tid til å se an utviklingen innen jernbanekjøretøy og investeringer i infrastruktur kan avvente mer kunnskap om den teknologiske utviklingen.</p> <p>Det er gjort tilstrekkelig erfaring med drift av biodieselmotorer. Det er flere transportselskap som benytter seg av biodiesel som hoveddrivstoff.</p> <p>Biodiesel blir betraktet som en relativt sikker energibærer og det er få sikkerhetsproblemer knyttet til bruk av biodiesel.</p> <p>Det er flere prosjekter som er annonsert for å øke produksjonen kraftig i Norden og i Europa, drevet av den økende etterspørselen pga. reduksjonsplikten innenfor EU.</p>	
Ulemper	<p>Biodieselskjøretøy har relativt høye vedlikeholdskostnader grunnet et stort antall komplekse mekaniske deler, som for konvensjonelle dieselmotorer.</p> <p>Bruk av biodrivstoff som erstatning for ordinær diesel er gunstig i forhold til klima, men det endrer derimot ikke på de lokale utslippene. Bruken av biomasse som energibærer kan være i konflikt med arealbruk og matsikkerhet. Dette avhenger av opprinnelsen og typen biomasse som brukes til å produsere biodiesel.</p>	

Biodrivstoff er en begrenset ressurs, men det er uenighet om hvor stor produksjonskapasitet den norske næringen har. En del av dette er at det er stor etterspørsel fra blant annet veitrafikk, hvor reduksjonsplikten vil øke etterspørselen kraftig i fremtiden. Det er et spørsmål om det er riktig å benytte biodiesel i en prosess med så lav energiutnyttelse, spesielt når det finnes andre og mer energieffektive alternativer på jernbanen, samtidig som det finnes færre modne alternativer for f.eks. flytrafikken. Selv om prosjekt for økt produksjon har blitt kunngjort så er etterspørselen forventet å være større enn tilbudet, spesielt i de kommende årene.

Biodiesel er ikke en foretrukket løsning (ref. Miljødirektoratet) og syntetisk diesel svært dårlig utnyttelse av energi, Det forbrukes mye grønn energi i fremstilling og energiutnyttelse i dieselmotor er like dårlig som fossil diesel. HVO100 er bare 60-95% utslippsfritt.

Det er usikkert om kjøretøyleverandørene vil tilby forbrenningsmotorer til jernbanekjøretøy på lang sikt.

Modenhhet Alle de europeiske produsentene av jernbanekjøretøy kan i dag tilby kjøretøy som kan benytte biodiesel som energibærer. Teknologien for bruk i jernbane er godt utprøvd og kommersielt tilgjengelig i et modent marked.

Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+

Kilder Jernbanedirektoratet. 2019. Nullfib sluttrapport.
Jernbanedirektoratet. 2019. Nullfib Delmål 4: Hydrogen, biogass og biodiesel.
[Circle K HVO Tekniske data .pdf](#)
[Miljødirektoratet 2022 priser på HVO og fossil diesel.pptx](#)

5.5 Drivstoffbaserte løsninger – biogass og bioalkohol

5.5.1 Biogass

Tittel	Biogass	Trinn 3
Beskrivelse	<p>Energi til å drive tog kan lagres som biogass. Biogass fylles på kjøretøyet som trykksatt gass eller som nedkjølt væske, og omsettes til mekanisk bevegelse ved hjelp av en forbrenningsmotor. For å få dette til å fungere som et operativt tog må det bygges opp som et standard dieseldrevet tog, der dieselmotor er byttet ut med gassmotor og dieseltanker er byttet ut med gasstanker. Et biogasstog er ellers svært likt et dieseltog.</p> <p>Biogass produseres ved at avgassene fra forråtning av biologisk materiale samles opp og renses slik at man får tilnærmet ren metan. Biologisk materiale som kan brukes i biogassproduksjon er f.eks. matavfall, slakteavfall, avløpslam og dyregjødsel.</p> <p>Biogass har de siste årene fått en kraftig oppgang i forbruk innenfor landtransport, og da særlig relatert til buss og lastebil. Det finns ulike småskala forskningsprosjekter i Europa. Biogass for jernbane har imidlertid ikke blitt implementert i større skala.</p>	
Fordeler	<p>Biogassens energitetthet og komprimerbarhet muliggjør plasseffektiv lagring av energi til lav vekt (sammenlignet med f.eks. batterier). Dagens gassinfrastruktur kan brukes for å transportere og bruke biogass. Gassmotorer fungerer med lavere vibrasjoner og mindre støy enn f.eks. en dieselmotor.</p> <p>Biogass produseres ved forråtning av biologiske avfallsprodukter, og løsningen kan anses som del av en sirkulær økonomi. Norge har rikelig med bioressurser tilgjengelig og det gjøres nye investeringer for å bygge ut infrastrukturen for biogassproduksjon.</p>	
Ulemper	<p>Energitettheten til komprimert biogass er lav sammenlignet med f.eks. biodiesel.</p> <p>Bærekraftsaspektet er sterkt knyttet til biomassens opprinnelse. Produksjon av biogass er temperaturavhengig og i kaldt klima kan ekstra oppvarming være nødvendig. Norge har i dag lav produksjonskapasitet og det er derfor begrenset tilgang til norskprodusert biogass.</p> <p>Bygging av ny gassinfrastruktur er knyttet til store investeringer. På grunn av dyrt høytrykksutstyr er (bio)gassdrevet kjøretøy (tog) dyrere ennkonvensjonelle dieselmotorer.</p> <p>Det er strenge sikkerhetsbestemmelser for lagring av trykksatte eksplosive gasser, noe som kan bli en utfordring for gassdrevne jernbanekjøretøy. Det kan også være problematisk å frakte energimengden som kreves for godstog over lengre avstander.</p>	
Modenhet	<p>Det er flere småskala forskningsprosjekter i Europa og over hele verden. Det er imidlertid kun liten erfaring med implementering i store jernbanesystemer.</p> <p>Det finnes ikke gassmotorer som er godkjent for jernbaneapplikasjoner i Europa, men det finnes i USA og Russland. Jernbanekjøretøy med biogassutstyr er ikke en standard hyllevare, selv om teknologien brukes i andre kjøretøy og teknisk sett kan brukes til drift på jernbanen.</p>	

Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+

Kilder	<p>Jernbanedirektoratet. 2019. Nullfib sluttrapport.</p> <p>Jernbanedirektoratet. 2019. Nullfib Delmål 4: Hydrogen, biogass og biodiesel.</p> <p>https://www.bioenergy-news.com/news/biomethane-powered-railcars-could-be-introduced-in-the-uk/</p> <p>https://www.sia-partners.com/system/files/document_download/file/2021-04/BioNGV%20TER%20Study_Final%20report_0.pdf</p> <p>https://uic.org/events/IMG/pdf/04_amanda_biogas_train_carlson.pdf</p> <p>https://www.nordicenergy.org/wp-content/uploads/2012/01/mapping_biogas_in_the_nordic_countries_-_final1.pdf</p> <p>https://www.europeanbiogas.eu/worlds-largest-liquid-biogas-producing-plant-due-open-norway/</p> <p>https://www.europeanbiogas.eu/norway-biogas-equal-to-electricity-and-hydrogen-in-all-policies/</p> <p>https://www.carbonlimits.no/wp-content/uploads/2020/01/Rapport-biogasspotensial.pdf</p>
--------	--

5.5.2 Bioalkohol

Tittel	Bioalkohol	Trinn 3
Beskrivelse	<p>Bioalkohol er en energibærer med høyt hydrogeninnhold som kan produseres fra ulike primære energikilder. Metanol er en type som produseres fra naturgass eller kull omtales som "grå" eller "brun" metanol. "Grønn" metanol produseres bl.a. via biologiske metoder (anaerob fordøyelse), termokjemiske metoder (gassifisering av biomasse) eller elektriske metoder (kraft-til-gass). Metanol fra de to første metodene kalles bio-metanol og fra sistnevnte e-metanol. I dag er det meste av metanolen som brukes av fossil opprinnelse, men det kan være CO₂-nøytralt, avhengig av produksjonsmetode.</p> <p>Metanol er en hydrogengassbærer som letter transport av drivstoffet fra produksjonsanlegget til brukeren fordi metanol er flytende ved atmosfærisk trykk og romtemperatur. Siden metanol er ikke-korrosiv, kan eksisterende lokomotivtanker brukes som beholdere for metanol.</p> <p>Metanol brukes i dag enten som energibærer i en forbrenningsmotor eller direkte i metanolbrenselceller (DMFC) som produserer elektrisitet. Ved bruk i brenselceller er det tekniske utstyret likt hydrogen med brenselceller og hovedkomponentene er liknende det i et vanlig elektrisk tog, men toget trenger bl.a. brenselceller og batteri i tillegg.</p> <p>For metanol i en forbrenningsmotor er det flere studier som indikerer at metanol kan brennes direkte. For bruk i eksisterende dieselmotorer med tenning uten gnist må metanol og diesel blandes. Metanol regnes også av noen som et potensielt alternativ drivstoff i marinsektoren.</p> <p>Det er prosjekter som jobber med bruk av metanol for jernbane. Spesielt India og Kina har store ambisjoner om å implementere metanol i sin transportsektor. En av grunnene er den store tilgjengeligheten av kull, som kan brukes til å reformere metanol og dermed redusere deres avhengighet av oljeimport. I Europa er det ingen pågående prosjekter for bruk av bioalkohol på jernbanen.</p>	
Fordeler	<p>Eksisterende drivstoffhåndteringsinfrastruktur kan brukes etter enkelte modifikasjoner. Diesellokomotivenes eksisterende tanker kan brukes som beholdere for metanol.</p> <p>Metanol er flytende ved atmosfærisk trykk og romtemperatur, og har høy hydrogengasskonsentrasjon og dermed høyt energiinnhold ved atmosfærisk trykk.</p> <p>Ved bruk i brenselcelle er det ingen lokale utslipp av luftforurensninger (NO_x, SO_x, PM).</p> <p>Metanolproduksjon finnes allerede i stor skala. Det er blant annet planlagt metanolproduksjonsanlegg i Finnfjord innen 2025.</p>	
Ulemper	<p>Metanol gjenbraker CO₂ fra andre kilder og er dermed kun karbondioksidnøytral avhengig av kildens råstoff. Majoriteten av dagens metanol er basert på fossile energikilder.</p> <p>I spesielle tilfeller kan metanol utvise korrosivitet, for eksempel i sure miljøer eller hvis vann har kommet inn i systemet.</p> <p>Sammenlignet med konvensjonelle fossile brenslere (diesel/bensin) har metanol en lavere energitetthet. Det kreves ca. dobbelt så mye (i vekt) for å lagre samme mengde energi.</p> <p>Grønn metanol har langt høyere kostnader enn grå metanol og er i det øvre kostnadsskiktet for energibærere.</p>	
Modenhet	<p>Blanding av metanol og konvensjonelt drivstoff er vanlig praksis i dag og en moden teknologi. Den direkte bruken av metanol i motorer er begrenset til racerbiler. Det finnes imidlertid flere testprosjekt og forskningsapplikasjoner for forbrenning av ren metanol i tunge kjøretøy (lastebil, jernbane, skip) globalt.</p> <p>Det finnes flere produsenter av metanoltilpassede brenselceller globalt, også i Skandinavia.</p> <p>Metanol som energikilde er imidlertid ikke under uttesting på jernbane i Europa, hverken i forbrennings- eller brenselcellemotorer.</p>	

Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell brugsperiode (fra ca.)						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+
Kilder				https://www.ieabioenergy.com/blog/publications/new-publication-case-story-green-methanol-from-biogas-in-denmark/ https://www.blue.world/products/ https://www.dti.dk/_/media/41868_Methanol%20and%20hydrogen%20UK.pdf https://www.alfalaval.com/industries/marine-transportation/marine/marine-news/a-carbon-neutral-methanol-fuel-cell-system-is-taking-shape-at-the-alfa-laval-test-training-centre/ https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/blogs/petrochemicals/093022-green-methanol-biomethanol-carbon-emissions-decarbonization https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jan/IRENA_Innovation_Renewable_Methanol_2021.pdf https://www.methanol.org/wp-content/uploads/2018/03/FCBI-Methanol-Marine-Fuel-Report-Final-English.pdf										

5.6 Hybrider KL-batteri

5.6.1 Deelektrifisering med batteri

Tittel	Deelektrifisering med batteri	Trinn 4																																												
Beskrivelse	<p>Batteridrift med del-elektrifisering er i prinsippet en kombinasjon av elektrifisert jernbane med kontaktledning (KL) og helbatteri. Kjøretøyene som benyttes er hybride KL-batteri og kan benytte KL-anlegg til fremdrift og lading under kjøring (ladestrekning) i tillegg til at de kan bruke energi lagret i batteriet til å drive toget på ikke-elektrifiserte banestrekninger. Ved ikke å lage for lange avstander mellom hver ladestrekning kan man også unngå de kjøretøyrelaterte utfordringene som er knyttet til bruk av batteri på lenger strekninger, eller i trafikkopplegg med tilnærmet kontinuerlig drift.</p> <p>Et kjøretøy under kjøring kan motta ca. 10 ganger så mye strøm (og dermed 10 ganger så mye ladeeffekt) fra KL over strømvaktakeren som et kjøretøy som står i ro. Utbygging av KL på seksjoner av en banestrekning vil fungere som hurtiglading av batteriet for kjøretøyer i bevegelse. Batteriet vil gi kjøretøyet nok energi for kjøring frem til neste ladestrekning.</p> <p>Teknologien for idriftsettelse av dette konseptet er moden og tilgangen på kjøretøy og teknologi er relativt god for persontogkjøretøy/togsett og infrastrukturelementer, men umoden når det gjelder løsninger for godstogkjøretøy/lokomotiv.</p> <p>Ladestrekningenes lengde avhenger av kjøretøyets effektbehov (vekt, hastighet, topografi), batteripakkenes egenskaper (Høyeffekt batterier eller høyenergi batterier) og overføringsteknologi (KL-pantograf-strømskinne m.m.) Løsningen forutsetter et batterielektrisk tog, hvor batteriet kan lades under kjøring.</p> <p>For arbeidsmaskiner innebærer løsningen at de kan kjøre på KL fram til arbeidsstedet (på strekninger med KL), og ellers bruke batteri. Det kan imidlertid være krevende å skulle ha nok energi i batteriet for en del arbeidsmaskiner. For arbeidsmaskiner kan det dermed være aktuelt å kombinere dette med en supplerende energikilde (energivogn el.), som beskrevet under helbatterimulighetene.</p>																																													
Fordeler	<p>Løsningen gir nullutslipp fra togtrafikken, og ca. de samme kjøretidsgevinstene som fullelektrifisering gir. Løsningen gir vesentlig lavere investerings- og vedlikeholdskostnad sammenlignet med utbygging til helelektrifisering. Løsningen gir også lavere driftskostnader sammenlignet med flytende drivstoff. Kjøretøyene er rimeligere enn med helbatteri (unntatt Raumabanen) grunnet mindre batteripakker.</p> <p>Ladestrekninger kan bygges på strategiske steder der toget har mest behov for tilførsel av kraft, og hvor investeringen er lavest – f.eks. unngås det elektrifisering som innebærer utvidelse av tunnelprofiler, nye overgangsbroer, m.m.</p>																																													
Ulemper	<p>Investeringskostnader til delvis elektrifisering med KL kan være høye, selv om de er lavere enn for en hel strekning. Batterier har ikke like høy energieffektivitet som KL. Det kan være krevende for noen typer arbeidsmaskiner å få nok energi fra batteri der KL ikke kan benyttes.</p> <p>Større negative konsekvenser ved ulykker pga. eksplosjonsfare ved kraftige batterier – men kontrollsystemene er velutprøvde, og det er en kjent teknologi.</p> <p>Teknologien er mindre utprøvd enn ren KL, spesielt ikke for lokomotiver og for norsk klima.</p>																																													
Modenhet	Kjent teknologi som er i bruk, dog under mer sentral-europeiske forhold, så rekkevidden i Norden er antakelig noe lavere for de samme togene.																																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="6">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																
Kilder	<p>Jernbanedirektoratet. 2021. Nullfib2. Nullutslipp – batteridrift på jernbanen. Hovedrapport.</p> <p>Jernbanedirektoratet. 2019. Nullfib sluttrapport.</p>																																													

5.7 Hybrider KL-drivstoff

5.7.1 Delelektrifisering med biodiesel

Tittel	Delelektrifisering med biodiesel	Trinn 3
Beskrivelse	<p>Det er mulig å kombinere KL med biodiesel eller lignende drivstoff. Løsningen innebærer at man elektrifiserer enkelte strekninger, men ikke alle, og bruker biodiesel som energikilde mellom de elektrifiserte områdene. Det vil være naturlig å elektrifisere strekninger med høyest energibehov, dvs. strekninger med mye trafikk eller store stigninger. Det gir togtrafikken tilgang på ren og svært effektiv energi der den trengs mest, og man sparer kostnader til KL der energibehovet er mindre.</p> <p>Løsningen muliggjør utnyttelse av eksisterende bimodale kjøretøy for persontrafikken (type 76). Bimodale kjøretøy for KL/diesel (eller biodiesel) er også tilgjengelige for godstrafikken, og benyttes allerede i Norge. Det finnes også flere typer arbeidsmaskiner som er bimodale KL-(bio)diesel.</p> <p>Løsningen kan også brukes som en overgangsløsning fram mot full elektrifisering, dersom man ønsker å gjennomføre det i etapper. Dette innebærer å tilrettelegge for en gradvis utvidelse av området med KL, slik at eksisterende bimodale kjøretøy kan flyttes til nye områder og erstattes av rent elektrisk materiell. Da bør de mest energikrevende strekningene prioriteres først. Løsningen muliggjør gradvis overgang fra gammel til ny teknologi.</p> <p>For arbeidsmaskiner er KL-biodieselhybrider en aktuell løsning, inkludert på de allerede elektrifiserte strekningene. Løsningen med KL/diesel-hybrid arbeidsmaskiner bruker banestrømmen (KL) som allerede er på plass til det meste av arbeidet, og krever dermed ikke ny infrastruktur.</p>	
Fordeler	<p>Muligheten drar nytte av kjøretøy som finnes og eies/brukes av norske togselskaper. Muligheten gir økt fremføringshastighet opp Saltfjellet, og tilgang på energi med lavt utslipp der behovet er størst. Ettersom biodiesel er dyrt, vil det å kombinere det med delelektrifisering redusere kostnadene.</p> <p>Det finnes å få kjøpt hybride kjøretøy KL/ diesel både som persontog, godslokomotiv, skiftelokomotiv og flere typer arbeidsmaskiner.</p>	
Ulemper	<p>Ingen nullutslippsløsning, men med andre generasjon biodiesel eller e-fuel vil reduksjonen være 100% på elektrifisert del og fra 65-95% eller 90-100% på ikke elektrifisert del, avhengig om man benytter HVO100 eller e-fuel.</p> <p>Krever mer kostbare kjøretøy som må ha flere tekniske systemer ombord. Kjøretøyene får noe høyere vekt (enn kjøretøy med kun KL eller kun forbrenningsmotor), hvilket påvirker energiforbruket.</p>	
Modenhhet	<p>Tilgjengelig for både persontog og godslokomotiver. Slike arbeidsmaskiner er å få kjøpt i markedet i dag, innenfor en del kategorier. Det er sannsynlig at løsningen kan brukes for alle arbeidsmaskiner, men at det for nye typer kan kreve et visst nivå av «nyutvikling» fordi det ikke er et produkt i standardsortimentet.</p>	

Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+

Kilder [Plasser & Theurer: Home \(plassertheurer.com\)](https://www.plassertheurer.com/)
[\[DE\] Harsco Rail to deliver hybrid UTVs to Deutsche Bahn – Railcolor News](https://www.railcolor.com/news/2019/07/11/de-harsco-rail-to-deliver-hybrid-utvs-to-deutsche-bahn/)
<https://www.norsketog.no/tog/type-76>

5.7.2 Deelektrifisering med hydrogen

Tittel	Deelektrifisering med hydrogen	Trinn 4
Beskrivelse	<p>Det er mulig å kombinere KL med hydrogen. Løsningen kan både kombineres med dagens bane, eller så kan det enkelte strekker elektrifiseres eller del elektrifiseres, og hydrogen kan brukes som energikilde mellom de elektrifiserte områdene. Det vil være naturlig å elektrifisere strekninger med høyest energibehov, dvs. strekninger med mye trafikk eller store stigninger. Det gir togtrafikken tilgang på ren og svært effektiv energi der den trengs mest, og man sparer kostnader til KL der energibehovet er mindre eller det er spesielt dyrt eller krevende å bygge ut KL.</p> <p>Denne muligheten må veies mot en løsning med kun bruk av hydrogen. Hydrogen har høyere driftskostnader for kjøretøyene enn bruk av KL og derfor kan det anbefales å redusere bruket av hydrogen til de mest kritiske delene av banen, og ellers bruke KL, særlig på de mest energikrevende delene.</p> <p>Flere av dagens gods- og persontoglinjer trafikkerer mellom elektrifiserte og ikke-elektrifiserte områder. Løsningen vil utnytte dette og ettersom energi fra KL er billigere enn hydrogen vil denne løsningen bruke KL hvor det er tilgjengelig.</p> <p>Hydrogen med brenselcelle krever imidlertid også et batteri. I praksis har derfor løsningen tre energibærere: KL, hydrogen og batteri. Dette gir muligheten til å lade opp batteriet under kjøring på KL, og bruke batteriet for å komplementere hydrogen i områder uten KL. Samtidig blir det et komplekst system med høy vekt og høyt volum.</p> <p>For arbeidsmaskiner er KL-hydrogen en aktuell løsning, inkludert på de allerede elektrifiserte strekningene. Løsningen med KL-hydrogen arbeidsmaskiner bruker banestrøm som allerede er på plass til det meste av arbeidet, men bruker hydrogen til områder hvor KL må kobles av. Markedet for arbeidsmaskiner med hydrogen er svært lite, og det finnes ikke ferdige løsninger for alle de forskjellige arbeidsmaskiner som brukes i Norge.</p> <p>For skiftelokomotiv kan løsningen være aktuell teknisk sett, og det finnes skiftelok med kun hydrogen. Teknisk sett bør det også være mulig å utstyre disse med KL, men et slik produkt tilbys ikke i markedet.</p>	
Fordeler	<p>Nullutslippsløsning (forutsatt klimanøytral hydrogenproduksjon).</p> <p>En fleksibel løsning som kan tilpasses forskjellige avstander mellom de elektrifiserte strekkene. Avhengig av hvor tett det del-elektrifiseres, gjør løsningen det enklere å utvikle godslokomotiver, fordi den reduseres mengden energi som må lagres i form av hydrogen.</p> <p>Se mulighetskort om hydrogen med brenselceller.</p>	
Ulemper	<p>Kan være en sikkerhetsutfordring med hydrogendrift i enkelte tunneler, da det er viktig å unngå oppsamling av hydrogen i kombinasjon med KL-anlegg (strømvatagere/gnister). Dette kan være spesielt relevant ved nødtømming.</p> <p>Kjøretøyene blir store og tunge som følge av mye teknisk utstyr. Det kan gi noen begrensninger for rekkevidde uten KL.</p> <p>Se mulighetskort om hydrogen med brenselceller.</p>	
Modenhet	<p>Teknologien er tilgjengelig for motorvognsett (Alstom skal levere til Frankrike).</p> <p>Kombinasjonen skal også leveres i et godslokomotiv for Nestlé fra Alstom. Kombinasjonen er ikke like utprøvd som eksempelvis ren hydrogendrift eller ren KL-drift.</p>	

Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+

Kilder

5.8 Hybrider batteri-drivstoff

5.8.1 Hybrid batteri-biodiesel

Tittel	Hybrid batteri-biodiesel	Trinn 3																																													
Beskrivelse	<p>Ved å kombinere batterier med biodiesel i hybride kjøretøy kan man oppnå noen av de fordelene knyttet til energieffektivitet som batterier har, samtidig som man beholder muligheten for de lange rekkeviddene (og energibehovet) som enkelte linjer og kjøretøy har og som biodiesel muliggjør. Muligheten innebærer at kjøretøyene har en batteripakke som benyttes primært/først, og suppleres med energi fra drivstoff dersom batteripakkens energi ikke er tilstrekkelig frem til neste lademulighet. Batteriet vil også ivareta regenerert energi fra bremsing og vil optimere totalforbruket av energi.</p> <p>Løsningen krever bimodale kjøretøy med både dieselmotor og batteripakke, som øker vekten og kostnadene knyttet til det enkelte kjøretøy. Samtidig så er det ikke behov for å bygge KL og det kan brukes løsninger for stasjonær hurtiglading. Dermed kan man unngå noe av de kostnadene og ulempene i byggefase og vedlikeholdet av infrastruktur som KL medfører.</p> <p>Lading av batteriene kan skje på ulike måter: stasjonær (hurtig)lading, batteribytte eller lading fra KL. Ettersom denne løsningen er utformet for å unngå behov for å bygge KL, er de to første mest nærliggende å vurdere. (Tribrider KL-batteri-biodiesel er beskrevet separat.)</p> <p>Denne løsningen har noen fordeler for arbeidsmaskiner på de ikke-elektrifiserte strekningene. Disse arbeidsmaskinene vil ha en god del energi i batteriet som kan brukes først, for så å supplere med drivstoff dersom det er behov for mer. Drivstoffet kan også brukes som supplement der det er behov for svært mye energi.</p>																																														
Fordeler	<p>Energieffektiviteten ombord kjøretøyet øker samtidig som man reduserer utslipp og drivstoffkostnader. Bremseenergi kan omdannes til elektrisitet og gjenbrukes.</p> <p>Hybrid elektrisk/diesel fremdrift er allerede en velprøvd teknologi i tunge maskiner som hjullastere og gravemaskiner.</p>																																														
Ulemper	<p>Ekstra komponenter for batterisystemet øker investeringskostnaden. Batterisystemet gjør at kjøretøyene blir tyngre og systemet tar plass. For noen av kjøretøytypene kan det bli problem med plass og vekt for batterisystemet, avhengig av kravene til dette systemet.</p> <p>Iblandingsgrad av biodiesel påvirker utslippene positivt, men dette er ikke nødvendigvis en nullutslippsløsning. Biodiesel er dyrere enn fossil diesel.</p>																																														
Modenhet	<p>Samme teknologisk modenhet som helbatteri og diesel. Kombinasjonen kan imidlertid sees som relativt ny i jernbanen. (Teknologien brukes i biler, se begrepet «series plug-in hybrid» som eksempel)</p> <p>Kjent teknologi som er i bruk for motorvogner, dog under mer sentral-europeiske forhold, så rekkevidden i Norden er antakelig noe lavere for de samme togene. Mindre moden for lokomotiver, men teknologien forventes å modnes mot 2030.</p>																																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="7">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)							PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																							
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																	
Kilder	<p>https://www.equipmentworld.com/maintenance/article/14953607/how-3-diesel-electric-and-hybrid-construction-machines-are-waging-war-on-wasted-energy</p> <p>https://cargocorrexion.com/hybrid-technology-mix-of-diesel-and-electric-drive/</p>																																														

5.9 Tribrider KL-batteri-drivstoff

5.9.1 Tribrid KL-batteri-biodiesel

Tittel	Tribrid KL-batteri-biodiesel		Trinn 4																																												
Beskrivelse	<p>Ved å kombinere deelektrifisering med batteri og biodiesel, vil man tilrettelegge for en energimiks som gir mange muligheter for optimalisering av energikilde i drift. Den gir imidlertid også høye kostnader til både infrastrukturen (dog mindre enn full elektrifisering) og kjøretøyene (som må utstyres med strømvtagere, batteri, dieseltanker og dieselgenerator). Med tribrider her menes systemer der alle tre energibærere er fullverdige løsninger, ikke kun hjelpemotorer/hjelpebatteri for mindre anvendelser.</p> <p>Diesel gir en rekkevidde som er lengere enn den rekkevidde som batteripakken kan gi. Diesel kan derfor være fordelaktig å bruke på lange ikke-elektrifiserte strekninger (f.eks. >150-200 km), mens batteriet kan brukes ved kortere ikke-elektrifiserte strekninger (<100-150 km). På denne måten kan man unngå problemet med for kort rekkevidde sammenlignet med hvis det bare brukes batterier. Det kan eksempelvis være et trafikopplegg der et godslokomotiv (eller persontog) kan bruke batteriet på de fleste ikke-elektrifiserte strekningene unntatt 1-2 strekninger som er for lange for batteridrift.</p> <p>Kombinasjonen kan brukes før batterier gir tilstrekkelig rekkevidde for å dekke alle ikke-elektrifiserte strekninger. I det perspektivet gir alternativet en fleksibilitet og kan sees som en løsning som dekker behovet på både mellomlang og lang sikt. Muligvis kan dieselutstyret tas bort og erstattes med batterier (typisk en midtlivsoppgradering) hvis teknologitvillingen er så rask at overgang til helbatteridrift er mulig innenfor kjøretøyets levetid.</p> <p>For arbeidsmaskiner gir denne løsningen mulighet til framdrift og en del operasjoner med strømtilførsel fra KL (der det er tilgjengelig), samtidig som batteri kan brukes der det ikke er KL, f.eks. ikke-elektrifiserte strekninger og ved strømbrydd. Batteridrift gir mindre støy og utslipp til luft enn biodiesel. Ved å allikevel ha biodiesel tilgjengelig som energikilde, kan dette brukes for å gi god rekkevidde også på ikke-elektrifiserte strekninger, og rikelig med energi for operasjoner som krever det (f.eks. dersom batteriet blir tomt).</p> <p>For skiftelokomotiv er dette alternativet mindre aktuelt, fordi disse ikke har krav til lang rekkevidde og der det sannsynligvis vil være tilgang på lademuligheter i kjøretøyets nærhet. Disse kjøretøy har også et lavere energibehov enn f.eks. godslokomotiv, så diesel i kombinasjon med batteri vil sannsynligvis ikke gi verdifulle fordeler.</p>																																														
Fordeler	<p>Kjøretøyene blir fleksible i bruk av mest egnet energikilde i en gitt situasjon. Dette har særlig fordeler for arbeidsmaskiner, men kan også brukes for andre typer kjøretøy. Denne løsningen kan dekke både elektrifiserte og ikke-elektrifiserte baner for arbeidsmaskiner. Spesielt aktuell for kjøretøy som brukes mye i tunnel, der batteridrift har store fordeler.</p> <p>Reduserer størrelse på batteri og rekkeviddebegrensninger for hybrider KL-batteri, samtidig som den høye energieffektiviteten til disse ivaretas.</p>																																														
Ulemper	<p>Kjøretøyene kan forventes å være dyrere, større og tyngre som følge av tre energisystemer om bord. Er dermed kanskje mest aktuelt i en overgangsfase fram til batteriteknologien er mer utviklet.</p>																																														
Modenhet	<p>Samme teknologisk modenhet som KL, helbatteri og (bio)diesel. Kombinasjonen er imidlertid ikke tilgjengelig for å kjøpe, men mulig å realisere, teknisk sett. Stoppes først og fremst av at det er lite hensiktsmessig, økonomisk sett, å kombinere tre energibærere, og at det kan bli problem med plass og vekt avhengig av kravene til disse energibærerne og kjøretøytypen.</p>																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="6">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+															
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																							
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																	
Kilder																																															

5.10 Annet

5.10.1 Flerdrivstoffmotor

Tittel	Flerdrivstoffmotor	Trinn 3																																												
Beskrivelse	<p>Det pågår utvikling av motorer som kan fungere med ulike typer drivstoff. Slike forbrenningsmotorer kan benytte konvensjonelt drivstoff, slik som diesel, men også gass, biometan og hydrogen. Det er uklart hvordan disse fungerer i praksis og om de trenger mindre justeringer i et verksted for å kunne bytte drivstoff eller om det går med "ett tastetrykk."</p> <p>Disse motorene utvikles bl.a. for tungtransport på vei, og det er mulig at de kan benyttes i arbeidsmaskiner på jernbanen. Kanskje er det også mulig å putte inn en slik forbrenningsmotor i nye lokomotiver, uten å måtte endre grunnkonstruksjon av kjøretøyene. De samme leverandørene vil kunne produsere disse motorene.</p> <p>Selv om motoren kan benytte flere drivstoffkilder, vil det være ulike krav til tankene som skal oppbevare drivstoffet, avhengig av fysiske egenskaper, spesielt om det er flytende drivstoff, gass eller flytende gass under trykk.</p>																																													
Fordeler	<p>Kjøretøyene kan bruke flere tilgjengelige energikilder, som gir økt fleksibilitet for tilgjengelighet og pris.</p> <p>Muligheten begrenser usikkerheten knyttet til valg av energibærer, og risikoen for å velge «feil» energibærer, dvs. en energibærer som viser seg å ikke bli standard.</p>																																													
Ulemper	Flerdrivstoffmotorer krever allikevel ulike tanksystemer for ulike energibærere.																																													
Modenhet	Teknologien er i modning, spesielt til bruk på vei. Det må innhentes ytterligere informasjon vedrørende modenhet og interesse på jernbane.																																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="6">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																
Kilder	<p>https://www.dieselprogress.com/news/fpt-industrial-debuts-new-engine-at-iaa/8023470.article</p> <p>man dual fuel marine engine MAN Engines</p> <p>MAN Engines: The first dual fuel hydrogen engines in use on a work boat (mantruckandbus.com)</p> <p>Ny motor er som et gigantisk kinderegg (at.no)</p>																																													

5.10.3 Kjernekraftdrevne tog

Tittel	Kjernekraftdrevne tog	Trinn 4																																												
Beskrivelse	<p>Kjernefysiske mikroreaktorer har kapasitet på 1-20 MW, og er dermed tilpasset kraftbehovet i et standard persontog eller lokomotiv. Disse enhetene er relativt små, og kan transporteres på lastebil. Teknologien bygger vanligvis på at man bygger inn det kjernefysiske drivstoffet og kasserer enheten etter 30-40 år, når det er brukt opp. Teknologien har betydelig lavere potensiale for overoppheting osv. enn konvensjonelle kraftverk.</p> <p>Løsningen forutsetter teknologisk utvikling, og ikke minst et regelverk som kan håndtere kjernekraft i bevegelse på land. I lyst av at man i Norge har besluttet å utvikle stasjonær kjernekraft, kan det være en svært lang vei å gå for å komme dit.</p> <p>Teknologien har blitt pekt på som en mulig arvtaker til batteri, og kan være en bedre produksjonsmessig løsning enn store batteripakker</p> <p>Atomkraft har blitt mer aktuelt i takt med mangelen på energi i Europa. Kjernekraftverk åpner opp igjen, og nye bygges ut.</p>																																													
Fordeler	Kraftproduksjonen skjer uten klimagassutslipp, og gir effektiv ressursbruk i samfunnet. Det er mye energi på relativt lite volum, og enheten har lang levetid.																																													
Ulemper	<p>Den kanskje største ulempen er potensialet for langvarig skade ved storulykker pga. stråling ved ulykkesstedet, samt sårbarhet for aktiv sabotasje. I tillegg kommer radioaktivt avfall som må håndteres etter bruksperioden.</p> <p>Norge har aldri hatt reaktorer for strømproduksjon, og regelverk er tilpasset store stasjonære reaktorer ment for forskning. Løsningen krever utvikling av et helt nytt regelverk.</p> <p>Løsningen har antakelig høye investeringskostnader hvis staten skal være med å utvikle teknologien, ettersom dette ikke er hyllevare på samme måte om andre nevnte energibærere.</p>																																													
Modenhet	Mikroreaktorer er foreløpig på utviklingsstadiet. Det er foreløpig ingen forskning på bruk som energibærer på jernbanen. Krever oppbygging av en helt ny kompetanseindustri.																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Aktuelle segmenter</th> <th colspan="4">Aktuelle baner</th> <th colspan="6">Aktuell bruksperiode (fra ca.)</th> </tr> <tr> <th>PT</th> <th>GT</th> <th>SL</th> <th>AM</th> <th>NO</th> <th>RA</th> <th>RØ</th> <th>SO</th> <th>2025</th> <th>2030</th> <th>2035</th> <th>2040</th> <th>2045</th> <th>2050</th> <th>2055+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)						PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+															
Aktuelle segmenter				Aktuelle baner				Aktuell bruksperiode (fra ca.)																																						
PT	GT	SL	AM	NO	RA	RØ	SO	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2055+																																
Kilder	https://inl.gov/trending-topic/microreactors/ https://www.iaea.org/newscenter/news/international-collaboration-key-to-effective-microreactor-development-deployment																																													

5.11 Muligheter utenfor KVUens tema/omfang/mulighetsrom

Det har blitt spilt inn noen muligheter som faller utenfor KVUens tema/omfang:

- **Hyperloop.** Hyperloop er ikke en mulighet som er relevant for jernbanen, og teknologien er også svært umoden.
- **Investere pengene i miljøprosjekter i andre land.** Denne muligheten bidrar ikke til samfunns målet.
- **Seil og damp som drivteknologi.** KVU-en vil ikke bruke tid på teknologier fra 1800-tallet og tidligere. Seil anses som urealistisk og damp er en foreldet motorteknologi, ikke en energikilde

6 Silingsoversikt

I det følgende gjengis en fullstendig oversikt over mulighetene og hvordan disse er vurdert opp mot rammebetingelsene.

Mulighet	1a	1b	2	3	4	5	6	7	8	9	10	K	Merknad	Konsept	
Innrette samfunnet slik at behovet for daglige reiser reduseres														Mulig, men vil ikke være tilstrekkelig for å nå klimamålene. Utenfor konseptvalgutredningens mandat.	Samfunnsstruktur
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.	Samfunnsstruktur
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.	
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 KVV for bedre utnyttelse av ERTMS gjennom økt automatisering (ATO)	Optimalisering - automatisering
Optimalisering av kjøremønster-/adferd per linje														Utredet i KVV for bedre utnyttelse av ERTMS gjennom økt automatisering (ATO)	Optimalisering - automatisering
Driver advisory system (DAS/C-DAS)														Utredet i KVV for bedre utnyttelse av ERTMS gjennom økt automatisering (ATO)	Optimalisering - automatisering
Effektivisering av vekt og aerodynamikk for godstog														Effekten av dette for klimagassutslipp forventes å være positiv, men ikke veldig stor.	Optimalisering
Redusere tomgangskjøring														Effekten av dette for klimagassutslipp forventes å være positiv, men ikke veldig stor.	Optimalisering
Plassering av hensettingsanlegg slik at tomtogkjøring reduseres														Potensialet for å optimalisere plassering av hensettingsanlegg på ikke-elektrifiserte strekninger er lite.	Optimalisering
Smart vedlikehold av infrastrukturen														Bane NOR jobber allerede med gjennomføring.	Optimalisering
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.	Optimalisering av togtilbudet
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.	Optimalisering
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.	Optimalisering
Forbedre traksjonssystem og energieffektivitet														God idé uavhengig av energibærer. Egne nasjonale krav kan gi utfordringer med interoperabilitet.	Optimalisering
Redusere vekten på kjøretøy														Effekten av dette for klimagassutslipp forventes å være positiv, men ikke veldig stor.	Optimalisering
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.	Optimalisering av togtilbudet
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.	Optimalisering av togtilbudet
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.	
Bygge om/bytte ut motoren i eksisterende dieselskjøretøy														Tjenesten tilbys allerede i markedet.	Optimalisering (med investering)
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
Elektrifisering uten elektrifisering av tunnelene														Krevende å realisere til 2030, men mulig med sterk politisk vilje og handlingskraft.	Elektrifisering
Helbatteri med endepunktlading														Hvorvidt batteriene har lang nok rekkevidde avhenger av hvilken bane og tidsperspektiv som vurderes.	Batteri
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.	Batteri

Mulighet	1a	1b	2	3	4	5	6	7	8	9	10	K	Merknad	Konsept	
Hydrogentog med brenselcelle														Tilgjengelig for persontog. Det er imidlertid utfordringer med tilstrekkelige energimengder for godstog. Sikkerhet i tunneler må avklares nærmere (rammebetingelse 8).	Hydrogen
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														Tilfredsstillelse av rammebetingelsen for klimagassutslipp avhenger av hvordan utslippene regnes og hvilken iblandingsgrad som forutsettes.	Ikke-fossil diesel
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.	Batteri
Delelektrifisering med biodiesel														Se diesel fra ikke-fossile kilder.	Ikke-fossil diesel
Delelektrifisering med hydrogen														Se hydrogen med brenselcelle.	Hydrogen
Hybrid batteri-biodiesel														Mulig, men egenskapene tilsier at løsningen primært er aktuell for å komplettere andre løsninger.	Supplerer andre konsepter
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.	Supplerer andre konsepter
Flerdrivstoffmotor														Teknologimodenhet må avklares nærmere.	Supplerer andre konsepter
Kjernerkeftdrevne tog														Denne løsningen er sikkerhetsmessig ikke forsvarlig. Teknologisk sett er løsningen også langt unna modenhet.	

