



Teknologitrender for jernbanesektoren

wsp

Forord

Denne rapporten gir et oppdatert kunnskapsgrunnlag om teknologiutvikling innen transportsektoren, med fokus på teknologitrender som har betydning for jernbanen spesielt. Rapporten legger særlig vekt på teknologitrender som forbedrer produktiviteten i jernbanen.

Jernbanedirektoratet har vært oppdragsgiver for utredningen. Arbeidet ble gjennomført i perioden fra oktober 2023 til januar 2024 i tett kontakt med oppdragsgiver, der Jon Robert Dohmen i innovasjonsseksjonen har vært kontaktperson. Vi vil takke ham og hans kollegaer Pål M. Danielsen, Ann Kristin Bjerknes, Kristen Sandaas, Ove Skovdahl, Isabelle Tardy, Bjørn Bryne og Geir Hansen for et svært godt samarbeid i noen intensive måneder.

Hos WSP har Julia Obrovac vært oppdragsleder. Assisterende oppdragsleder og redaktør for rapporten har vært Johannes Raustøl. Ulla M. Vesterås har bidratt i alle oppdragets faser hhv. datainnhenting, intervjuer, utarbeidelse av trendkort og sammenstilling av rapport. I tillegg har Therese Skåtun og Endor Nordengen bistått i arbeidet.

Et panel av håndplukkede internasjonale ekspert fra WSP har bidratt i arbeidet med faglige råd og vurderinger ved viktige milepæler.

Are Kristiansen
Oppdragseier WSP

Norsk team



Julia
Obrovac



Johannes
Raustøl



Ulla M.
Vesterås

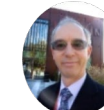


Therese
Skåtun



Endor
Nordengen

Globalt ekspertpanel



Jon
Elphick



Tom
Grahamslaw



Giles
Perkins



Dale
Sinclair



Johan
Palm



Jeff
Sider



Dan
Scott



Sida
Jiang



Pradeep
Vasudev



Ian
Johnson



Anna
Nordling

Innhold



Del 1 - **Oppsummering**

s. 1



Del 2 - **Jernbanesektoren**

s. 3



Del 3 - **4 Dimensjoner**

s. 8



Del 4 - **Fremtidige teknologitrender**

s. 16







Vedlegg

Oppsummering

4 megatrender og 17 teknologiske trender på jernbanesektorens radar

Det er fire grupper av teknologitrender som vil endre måten transport oppfattes og brukes i de kommende tiårene. Disse megatrendene drives av en rekke underliggende teknologitrender.

Data deles og verden blir mer sammenkoblet gjennom *konnektivitet*, den virkelige verden *digitaliseres*, menneskelige funksjoner *automatiseres* og *energisystemet* transformeres. Innenfor hver av disse kategoriene har vi identifisert fire-fem sentrale teknologitrender med betydning for jernbanen. Noen teknologitrender som AI kan få enorme ringvirkninger og revolusjonere måten vi lever våre liv.

 Konnektivitet	 Digitalisering	 Automasjon	 Elektrifisering
<ul style="list-style-type: none">• Tingenes internett• Kommunikasjonsteknologi• Intelligente transportsystemer• MaaS med autonome kjøretøy	<ul style="list-style-type: none">• Digitale tvillinger• Cybersikkerhet• Datainfrastruktur• Blokkjedeteknologi	<ul style="list-style-type: none">• Kunstig intelligens• Automatisering av drift og vedlikehold• ATO (Automatisk togfremføring)• Roboter og droner• Moderne, modulariserte byggemetoder	<ul style="list-style-type: none">• Nye energibærere• Batteriteknologi• Smart energistyring• Energieffektivitet

Oppsummering

Før 2030 forventes flere teknologitrender oppnå høy grad av modenhet i markedet

Teknologiutviklingen går raskt og allerede i dag ser vi tidlige versjoner eller piloter innenfor mange av teknologitrendene. Noen trender har også høy grad av modenhet i dag. Prikkene på radaren beskriver når trenden forventes å nå et stort gjennombrudd som en moden teknologi.

Ny teknologi vil kunne gi store produktivetsgevinster for jernbanesektoren

Top 5 teknologitrender vises under gitt ulike mål.

NTP-mål	Verdi for pengene	Kapasitet	Operasjonell driftsstabilitet
<ul style="list-style-type: none"> Intelligente transportsystemer Tingenes internett Cybersikkerhet Batteriteknologi Energieffektivitet 	<ul style="list-style-type: none"> Automatisering i drift og vedlikehold Moderne, modulariserte byggemetoder Roboter og droner Kunstig intelligens Energieffektivitet 	<ul style="list-style-type: none"> Kommunikasjonsteknologi Automatisering i drift og vedlikehold Kunstig intelligens Datainfrastruktur Digitale tvillinger 	<ul style="list-style-type: none"> Cybersikkerhet Datainfrastruktur Kommunikasjonsteknologi Automatisering i drift og vedlikehold Roboter og droner

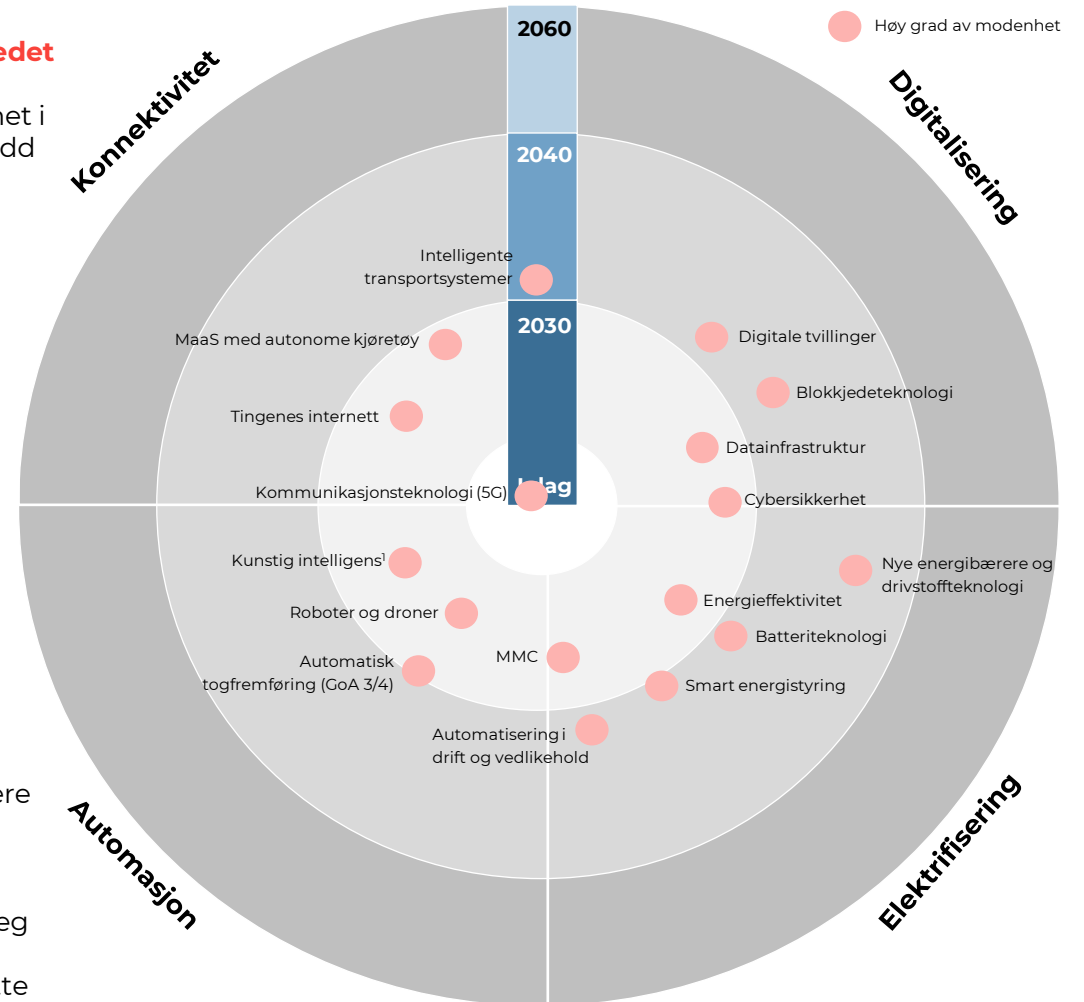
Implementeringstakten i sektoren må opp for å kunne høste gevinstene av ny teknologi

Viktige hemmere som bremser utviklingen og implementering av ny teknologi i sektoren er datadeling, interoperabilitet, krav til ny kunnskap og ferdigheter, bekymring for datasikkerhet og manglende regelverk. For å høste gevinstene raskere bør jernbanesektoren fokusere på å løse disse utfordringene.

Nye teknologier kan også føre med seg nye utfordringer

Teknologisk utvikling løser ikke alle problemer – og kan i flere tilfeller bringe med seg nye. Eksempelvis kan sikkerheten utfordres i møte mellom menneske og maskin. Samtidig bringer digitaliseringen med seg økt behov for sikkerhet også i cyber. Dette er og vil være en ekstra kostnad ved implementering av nye teknologier.

Hvilke teknologitrender er mest modne?



Jernbanesektoren

Mål for jernbanesektoren

Transportpolitiske mål, NTP 2023 - 2036

Målene i gjeldende Nasjonal transportplan er styrende for hele samferdselssektoren, inkludert Jernbanedirektoratet:

Et effektivt, miljøvennlig og trygt transportsystem i hele landet i 2050

Mer for pengene

Effektiv bruk av ny teknologi

Enklere reisehverdag og økt konkurransevne for næringslivet

Bidra til oppfyllelse av Norges klima- og miljømål

Nullvisjon for drepte og hardt skadde

Styringsmål for Jernbanedirektoratet

For å nå NTP-målene har Samferdselsdepartementet (SD) fastsatt 7 mål for styring av Jernbanedirektoratet:

- Helhetlig og koordinert utvikling og drift av et attraktivt jernbanetilbud
- God kundeopplevelse gjennom høy driftsstabilitet og god avvikshåndtering
- SD får analyser og beslutningsgrunnlag med høy kvalitet og relevans
- Reisende kan reise sømløst med tog og annen kollektivtransport.
- Jernbanesektoren er innovativ, deler data og utnytter ny teknologi.
- Bidra til oppfyllelse av Norges klima- og miljømål.
- Nullvisjon for drepte og hardt skadde.

«Mer for pengene» og bruk av ny teknologi

I gjeldende NTP er det lagt stor vekt på å få mer ut av pengene som brukes og ressursene som allerede finnes i transportsektoren. I tillegg fremheves effektiv bruk av ny teknologi gjennom eget mål.

Vekten på effektiv ressursutnyttelse og bruk av ny teknologi reflekteres også i styringsmålene fra Samferdselsdepartementet, samtidig som de trekker frem viktigheten av en helhetlig og koordinert utvikling av jernbanen.

Sektorens formål, organisering og egenskaper har betydning for teknologisk utvikling

Jernbanen som kontekst for innføring av ny teknologi

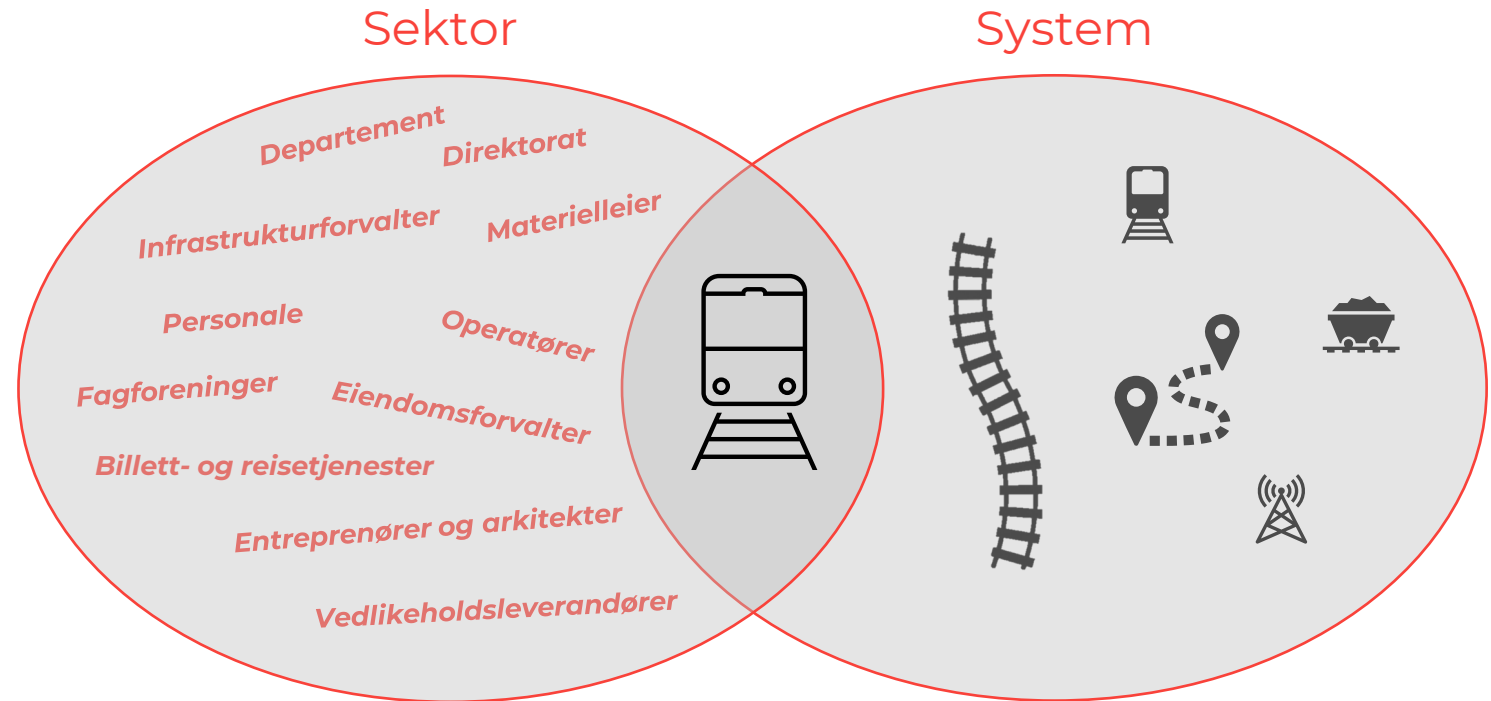
Teknologisk utvikling påvirkes av ytre drivkrefter, men også av egenskapene og kjennetegnene til den aktuelle sektoren eller virksomheten. Faktorer av betydning er eksempelvis hvordan den aktuelle virksomheten er organisert og hva virksomhetens verdiskapende eiendeler består av.

I det følgende beskrives en del egenskaper ved jernbanen etterfulgt av en vurdering hvordan de er relevante med tanke på innføring av ny teknologi.

Egenskaper ved jernbanen beskrevet på neste slide er fordelt i to kategorier:

Systemegenskaper refererer til de iboende egenskaper ved jernbanesystemet

Sektoregenskaper refererer til sektorens formål og organisering



En kapitalintensiv sektor med ulike aktører

Systemegenskaper

Nytt og gammelt

Den lange levertiden på infrastruktur og materiell gjør at utskiftingstakten er langsom. Dette innebærer at nyere og eldre infrastruktur og materiell til enhver tid må operere sammen.

Høye kapitalkostnader og stor geografisk utstrekning

I Norge har vi omlag fire tusen kilometer med jernbaneinfrastruktur. Dette innebærer at utskifting og modernisering både er kostbart og tidkrevende.

Grad av standardisering

Jernbanen frakter gods og personer med togmateriell med ulike egenskaper og alder. Infrastruktur som signalanlegg og kommunikasjonssystemer er også ulikt både innad i Norge og på tvers av Europa. Jernbanesektoren standardiseres. Graden av standardisering er foreløpig relativt lav sammenliknet med andre bransjer som for eksempel luftfart.

Sektoregenskaper

En statlig sektor med mange eiere

Jernbanesektoren består av ulike aktører med sine roller, mål og ansvarsoppgaver. Aktørene samler inn data og har ulik innsikt, spisskompetanse og produkt- og tjenesteansvar. Deling av data, informasjon og innsikt styres gjennom avtaler mellom aktørene.

Jernbanen er en brikke i et helhetlig transportsystem

Transportsektoren jobber for gode transportløsninger for mennesker som skal fra A til B. Fra et kundeperspektiv er slutt tjenesten ikke en tur med jernbanen, men en helhetlig, sømløs reisekjede.

Betydning for innfasing av ny teknologi

- I jernbanesektoren vil eiendeler og systemer til enhver tid ha ulike teknologiske modenhetsnivåer.
- Innfasing av ny teknologi som krever fornyelse av infrastruktur vil ofte innebære betydelig investeringer målt i tid og penger for å kunne oppnå effekter på hele systemet.
- Større grad av standardisering av infrastruktur, materiell og prosesser vil legge til rette for effektivisering og automatisering av oppgaver og prosesser.
- Å ta i bruk teknologier i parallell krever ulike sett med kompetanser for å drifte og utvikle virksomheten

- Høye kapitalkostnader og ulike eiere gjør at investeringer blir kostbare for den enkelte aktør. Realisering av stordriftsfordeler krever tett samarbeid på tvers. Nyttan av investeringer kan også komme hos annen aktør enn der investeringen gjøres.
- For en mest mulig effektiv og skalerbar utnyttelse av ny teknologi bør planlegging og innfasing koordineres på tvers av relevante aktører.

Drivkrefter som påvirker jernbanesektoren

Rapporten fokuserer på teknologiske trender og deres betydning for jernbanesektoren

Drivkrefter er faktorer som påvirker, former eller driver en bestemt situasjon, utvikling eller endring. Disse kreftene kan være både interne og/eller eksterne og spiller en rolle i å påvirke system, en prosess eller en hendelse.

Sentrale drivkrefter for jernbanesektoren er oppsummert i figuren til høyre og er fordelt på syv kategorier. Noen av drivkreftene påvirker samfunnet som helhet som fokus på grønn vekst, økt fokus på natur, miljø og sikkerhet og strengere personvern. Andre drivkrefter er mer sektorspesifikke og knyttet opp mot de reisende og nye mobilitetsløsninger.

Teknologi er i seg selv en drivkraft som påvirker sektoren. Samtidig vil de øvrige drivkreftene være med på å påvirke og forme jernbanesektorens teknologiske utvikling.



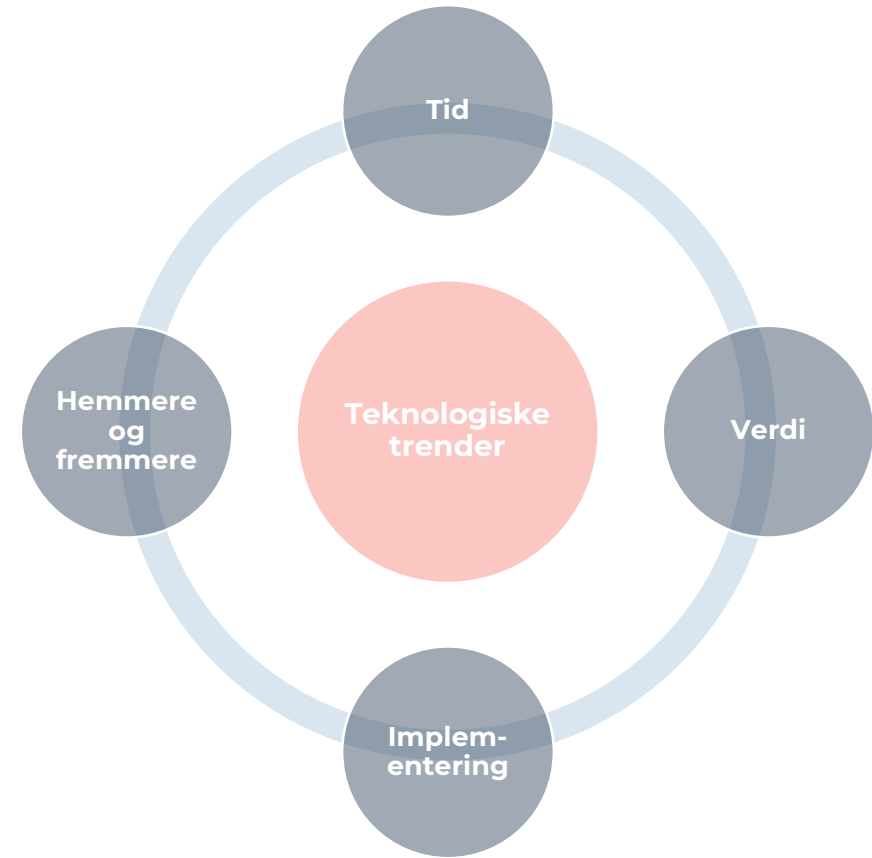
4 dimensjoner

Tid, verdi, hemmere, fremmere og implementering

Flere av dimensjonene ved trendkortene er nyttige å se i sammenheng

For å skaffe et overblikk oppsummerer vi trendkortene i fire dimensjoner

- **Tid** gir en formening om teknologisk modenhet og et tidsløp mot implementering i jernbanesektoren
- **Verdi** sier noe om hvilken positiv og negativ effekt og betydning de ulike teknologitrendene vil ha for sektoren
- **Hemmere og fremmere** tar for seg ulike faktorer, hendelser, indikatorer og drivkrefter som underbygger utvikling i trenden.
- **Implementering** beskriver forhold som påvirker implementeringstakten i jernbanesektoren



Tid | Flere sentrale teknologier forventes å oppnå høy grad av modenhet innen 2030

►► Teknologiutviklingen går raskt og allerede i dag ser vi tidlige versjoner eller piloter innenfor mange av teknologitrendene. Noen trender har også høy grad av modenhet i dag.

🔄 Alle de teknologiske trendene er i stadig utvikling slik at prikkene på radaren handler vel så mye om å rangere tidslinjen for de ulike teknologiene opp mot hverandre på en svært forenklet måte. Prikkene antyder også når trenden forventes å nå et stort gjennombrudd som en moden teknologi. Enkelte teknologier vil trolig ha flere gjennombrudd.¹

🕶 Usikkerheten for fremtiden er stor og ulike fremtidsbilder vil kunne påvirke og forme den teknologiske utviklingen.

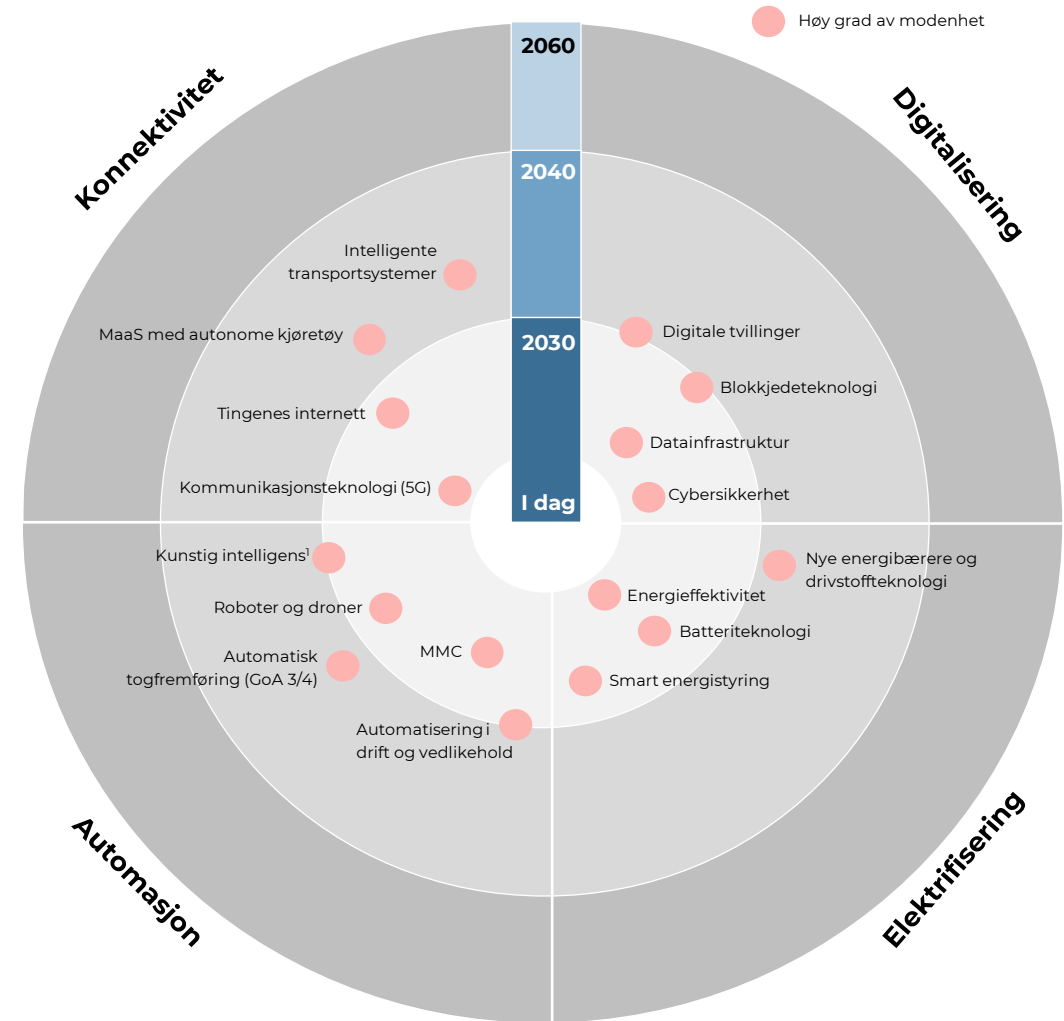
Teknologisk modenhet

Høy Før 2030 ser vi at flere av teknologiene knyttet til automasjon blir modne – som roboter og droner, datainfrastruktur, MMC og batteriteknologi. Cybersikkerhet og energieffektivitet er teknologitrender som er her i dag og som trolig vil utvikles parallelt med nye produkter i sektoren.

Mid Rundt 2030 forventes viktige teknologier som digitale tvillinger, kunstig intelligens, automatisering av drift og vedlikehold å nå høy grad av modenhet.

Lav Lengst ut på tidshorizonten er full automasjon og kobling mellom multimodale transporters, intelligente transportsystemer og tingenes internett – komplekse teknologier og grensesnitt.

Hvilke teknologitrender er mest modne?



Betydning	Effekt
Rød – høy betydning	Positiv ↗
Oransje – Medium betydning	Usikker →
Grå – Ingen/lav betydning	Negativ ↘

Verdi | De ulike teknologitrendene har forskjellig påvirkning på verdikategoriene

Konnektivitet				
Teknologitrend	NTP-mål	Mer for pengene	Kapasitet	Operasjonell driftstabilitet
Kommunikasjonsteknologi	↗	↗	↗	↗
Intelligente transport systemer	↗	→	↗	→
Tingenes internett (IoT)	↗	↗	↗	→
Mobilitet som en tjeneste med autonome kjøretøy (MaaS)	→	↘	↘	→

Digitalisering				
Teknologitrend	NTP-mål	Mer for pengene	Kapasitet	Operasjonell driftstabilitet
Digitale tvillinger	↗	↗	↗	→
Cybersikkerhet	↗	↘	↘	↗
Datainfrastruktur	↗	↗	↗	↗
Blokkjede	→	→	→	→

Automasjon				
Teknologitrend	NTP-mål	Mer for pengene	Kapasitet	Operasjonell driftstabilitet
Kunstig intelligens (AI)	↗	↗	↗	→
Automasjon i drift og vedlikehold	↗	↗	↗	↗
Automatisk togfremføring (ATO)	↗	↗	↗	↗
Roboter og droner	↗	↗	↗	↗
Moderne, modulariserte byggemetoder	↗	↗	→	→

Elektrifisering				
Teknologitrend	NTP-mål	Mer for pengene	Kapasitet	Operasjonell driftstabilitet
Nye energibærere	↗	→	↘	→
Batteriteknologi	↗	↗	↘	↘
Energieffektivitet	↗	↗	→	→
Smart energistyring	↗	↗	→	→

Verdi | Top 5 teknologitrender innen hver av verdikategoriene gir et sammensatt bilde. Tydelig at ulike teknologistrategier bør tilpasses målbildet

Top 5 | NTP-mål

- Intelligente transportsystemer
- Tingenes internett
- Cybersikkerhet
- Batteriteknologi
- Energieffektivitet

Top 5 | Mer for pengene

- Automatisering i drift og vedlikehold
- Moderne, modulariserte byggemetoder
- Roboter og droner
- Kunstig intelligens
- Energieffektivitet

Top 5 | Kapasitet

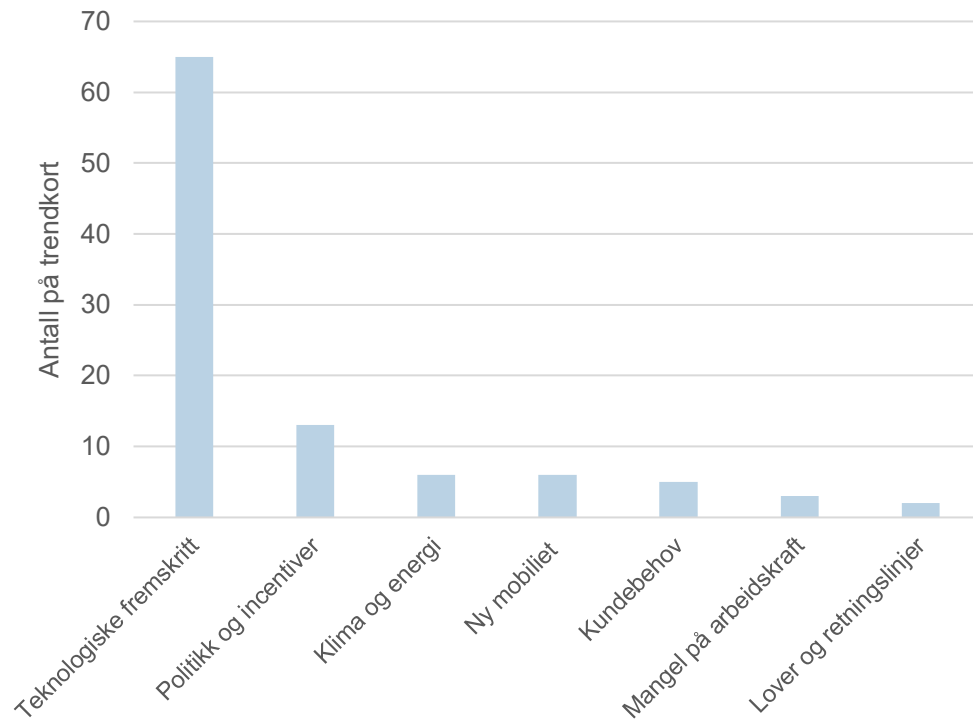
- Kommunikasjonsteknologi
- Automatisering i drift og vedlikehold
- Kunstig intelligens
- Datainfrastruktur
- Digitale tvillinger

Top 5 | Operasjonell driftsstabilitet

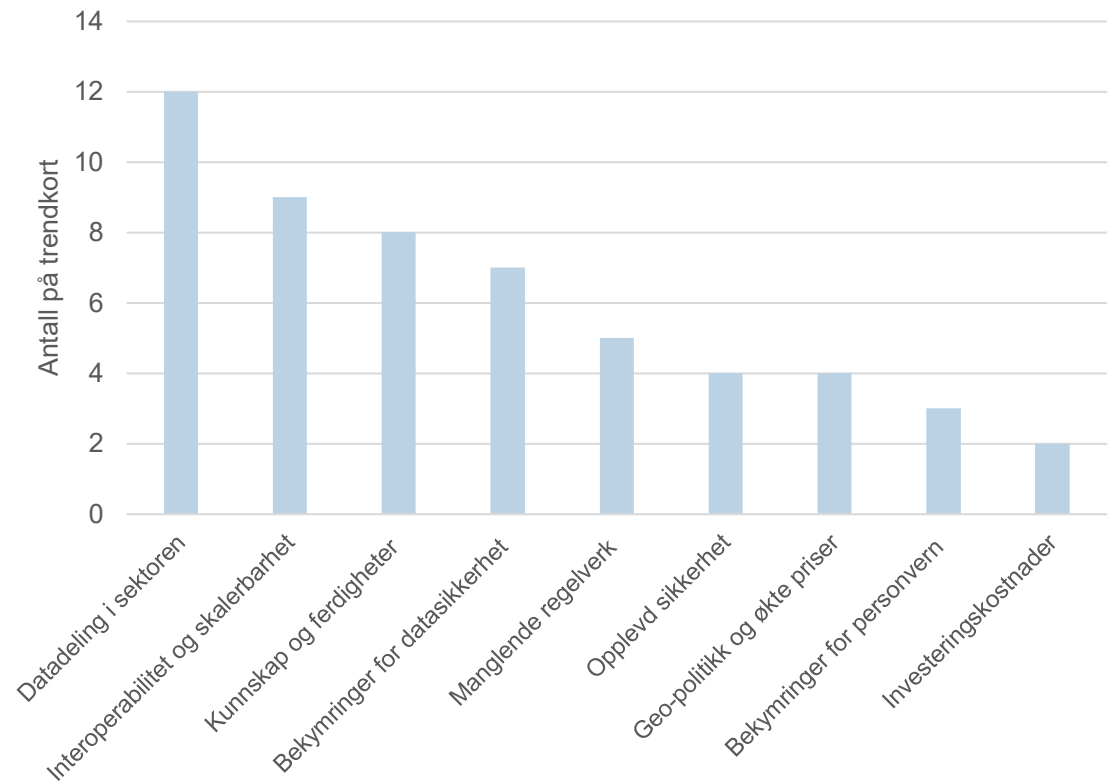
- Cybersikkerhet
- Datainfrastruktur
- Kommunikasjonsteknologi
- Automatisering i drift og vedlikehold
- Roboter og droner

Fremmere og hemmere | Andre teknologiske fremskritt er den viktigste fremmeren ... mens en rekke hemmere vil bremse utviklingen mot teknologisk modenhet og implementering i jernbanesektoren

Akselerere utviklingen | Andre teknologiske fremskritt er den viktigste fremmeren



Bremse utviklingen | Begrensninger innen datadeling og interoperabilitet kan hemme utviklingen for sektoren



Note: Diagrammene er basert på en sammenstilling av hemmerne og fremmerne fra trendkortene

Fremmere | Modnere, billigere og mer tilgjengelig teknologi

Hemmere | Datadeling, interoperabilitet, bekymringer og kompetanse

FREMMERE

Mange av fremmerne i trendkortene handler om at tilgrensende og muliggjørende teknologi blir modnere, mer avansert, billigere og/eller mer tilgjengelig. Sentrale «teknologiske fremskritt» fra trendkortene:

- **Sensor-, radar- og teknologi** blir rimeligere og mer tilgjengelig og muliggjør innhenting av nødvendig data og innsikt.
- Utvikling innen **kunstig intelligens** er sentralt for alle teknologitrender som innebærer å overføre oppgaver fra mennesker til automatiserte datadrevne prosesser.
- Utviklingen innen **tingenes internett** innebærer flere komponenter er bygget for å kommunisere med omverdenen.
- **Systemer som øker konnektivitet** som 5G muliggjør sammenkobling og er et premiss for å kunne høste gevinster ved implementering av annen teknologi.
- **Økt datakraft, skyløsninger og edge** gjør det mulig å behandle stadig økende datamengder.
- I tillegg er **politiske og økonomiske faktorer** som prisutvikling på energibærere og politiske målsetninger og rammebetingelser viktige fremmere for enkelte teknologitrender, spesielt på energifeltet.

HEMMERE

Hemmerne fra trendkortene er mer varierte og er både knyttet opp mot interne forhold i sektoren og mer generelle forhold som bekymring for sikkerhet og endrede krav til kunnskap og kompetanse

- **Kunnskaps- og datadeling i sektoren** – Kravet til kontinuerlig og sømløs dataflyt mellom ulike aktører kan være en utfordring ved implementering og utnyttelse av nye teknologiske løsninger.
- **Interoperabilitet og skalerbarhet** – For at ny teknologi skal ha en stor betydning for effektivitet og ressursutnyttelse bør løsningene kunne skaleres. Dette krever kompatible systemer som lar seg sammenkoble.
- **Bekymringer for sikkerhet** – Klimaendringer, kriger og pandemi har gjort at verden oppleves mer usikker, med økt bekymring for uønskede hendelser og cyberangrep.
- **Krav til ny kunnskap og kompetanse** – Planlegging for, implementering av og vedlikehold av nye teknologiske løsninger krever ny kompetanse.
- **Offentlige anskaffelser** – Høye krav til lang erfaring i anbudskonkurranser gjør det utfordrende for gründere som ønsker at offentlige virksomheter bør ta større risiko.

Fremtidige teknologitrender



Jernbane-
direktoratet

Fremtidige teknologitrender

Den teknologiske utviklingen i samfunnet går i et raskt tempo, og transportsektoren står fremfor teknologiske fremskritt som kan forbedre transport av personer og gods på mange måter. Denne utviklingen har potensial til å forandre hvordan vi ser på jernbaneinfrastruktur, drift og vedlikehold og reiseopplevelser.

Jernbanedirektoratet øker innsatsen innen innovasjon og teknologi og jobber kontinuerlig med å identifisere teknologier som vil kunne skape gevinster for jernbanesektoren. Viktige kriterier i arbeidet er blant annet mer effekt og nytte for pengene, bedre driftsstabilitet, forbedret kundeopplevelse og bedre kapasitet.

Økt produktivitet gjennom fokus på teknologi

I dette kapitlet presenteres oppdatert kunnskap om teknologiutvikling, med fokus på teknologitrender som har betydning for jernbanen spesielt.

Kapitlet belyser problemstillinger som:

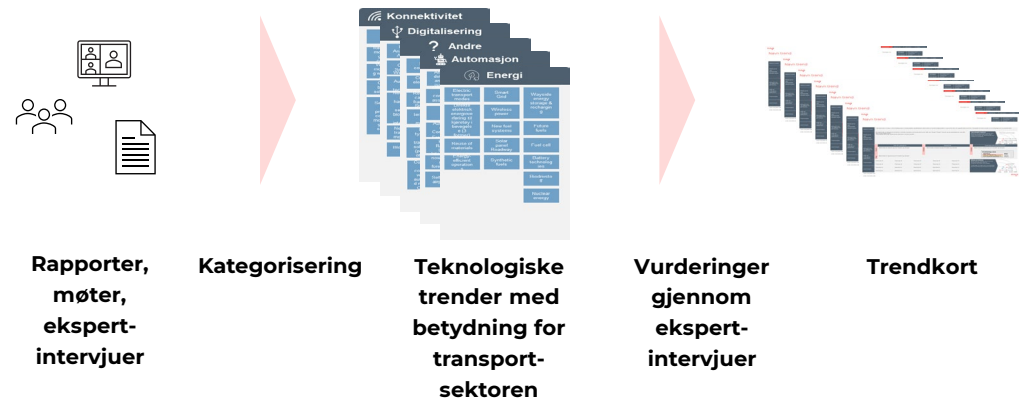
- Hvilke teknologiske trender vil utfordre jernbanen – hvordan kan jernbanen tilpasse seg disse?
- Hvilke teknologier vil kunne gjøre jernbanen mer produktiv?
- Hvordan kan jernbanen gjøres mer attraktiv for nye investeringer:
 - Hvordan få mer verdi for pengene?
 - Hvordan øke kapasiteten?
 - Hvordan sikre bedre operasjonell driftsstabilitet?
- Hvilke fremmere muliggjør teknologiutviklingen? Hva drar i andre retning?

Det presenteres 17 teknologitrender som WSP vurderer vil ha stor betydning for jernbanesektoren

Fokus er på teknologitrender innen følgende teknologiske megatrender:

- Konnektivitet
- Digitalisering
- Automasjon
- Elektrifisering

Innholdet er basert på en gjennomgang av trendrapporter samt intervjuer med internasjonale eksperter innenfor transportsektoren, jernbane og teknologi i WSP.



Ny teknologi for bedre ressursutnyttelse i sektoren

Effektiv ressursutnyttelse gjennom bruk av ny teknologi

Teknologi har stor og økende påvirkning på livene vi lever. Effektiv bruk av ny teknologi gir et stort potensial for mer effektiv ressursutnyttelse og økt produktivitet. I jernbanesektoren handler økt produktivitet i stort om å få mer ut av den infrastrukturen og de eiendeler man har til rådighet.

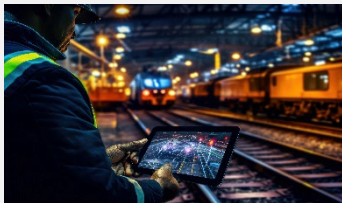
Ved å gjøre jernbanen mer produktiv vil den også bli mer attraktiv for nye investeringer – og gjennom fornyet styrke kunne levere på flere av målene for transportsektoren. Eksempelvis vil flere reisende med jernbane (fra bil) bidra til målet om reduserte klimautslipp.

I denne rapporten beskrives et utvalg teknologiske trender. Et sentralt fokus er hvilke betydning teknologiene kan ha for mer effektiv ressursutnyttelse i jernbanesektoren, vurdert med vekt på tre parametere:

- Mer for pengene
- Økt kapasitet på infrastrukturen
- Bedret operasjonell driftsstabilitet

Tabellen under viser eksempler på hvordan ny teknologi kan ha betydning for de tre parameterne.

Mer for pengene



Effektivisering av overvåkning, kontroll og vedlikehold



Mer automatisert og datadrevet i planlegging, utredning og beslutningsprosesser



Effektivisering og standardisering i konstruksjon

Kapasitet



Testing og optimalisering i digitale verdener (digital tvilling)



Økt sporkapasitet gjennom optimalisering av vedlikehold



Økt kapasitetsutnyttelse gjennom informerte kunder og simulering av kundebevegelser

Operasjonell driftsstabilitet



Tryggere og mer effektiv togfremføring gjennom automasjon og førerstøtte



Økt robusthet overfor ønskede hendelser som ekstremvær, ulykker og cyberangrep



Mer automatisert og datadrevet informasjonsflyt og beslutningstaking – prediktivt vedlikehold og asset management

4 teknologiske megatrender

Det er spesielt fire grupper av teknologitrender som vil endre måten transport oppfattes og brukes i de kommende tiårene. Disse megatrendene drives av en rekke underliggende trender som blir grundig vurdert i det følgende kapitlet.

Konnektivitet

Den økende sammenkoblingen mellom mennesker, enheter og systemer skaper en stadig mer sammenvevd verden, der teknologier som tingenes internett (IoT) og 5G spiller en sentral rolle.

For transport handler konnektivitet om sammenkobling mellom kjøretøy, infrastruktur, ytre omgivelser, fører, driftssystemer, og kunder.

Trenden drives frem av overgangen til mer intelligente, samhandelnde transportsystemer og kravet til sømløs kommunikasjon og informasjonsoverføring mellom transportsystemet og brukerne.

Digitalisering

Digitalisering viser til den omfattende overgang til digitale teknologier og avansert datainfrastruktur for å behandle, lagre og overføre informasjon.

Digitalisering av informasjon og kunnskap om jernbanens eiendeler og deres virkemåte vil effektivisere prosesser, forbedre tilgjengeligheten av data, datakvalitet og styrke beslutningstaking.

Samtidig utfordrer digitalisering etablerte forretningsmodeller og reiser spørsmål om datakvalitet og -sikkerhet. Datasikkerhet er en integrert del av den digitale transformasjonen, med økt vekt på implementering av robuste systemer for å bekjempe cybertrusler.

Automasjon

Automatisering handler om å innføre teknologi som gjør det mulig å utføre oppgaver eller prosesser tidligere utført av mennesker, med minimal eller ingen menneskelig inngripen.

Virksomheter adopterer teknologi som muliggjør automatisering for å effektivisere prosesser, øke produktiviteten og redusere kostnader. Trenden er i rask vekst, drevet av avanserte teknologier som kunstig intelligens, maskinlæring og robotikk.

Automatisering vil forandre prosesser og operasjoner radikalt i hele jernbanesystemet fra planlegging og bygging av nye anlegg, til trafikkplanlegging, togfremføring og drift og vedlikehold.



Elektrifisering

Det globale målet om nullutslipp driver overgangen fra konvensjonelle energikilder til renere, mer effektiv og fornybare kilder, til mer effektivt energiforbruk og smartere styring av energibruk og distribusjon.

For transport vil dette føre til et stort skifte mot adopsjon av lavutslippsteknologier, -produkter og -tjenester, som inkluderer batteri- og hydrogenbrenselcellekjøretøy.

Utvikling innen blant annet batteriteknologi vil få stor betydning for jernbanesektoren både som energibærer på tog, men også innen bruk av droner, energilagring og innen automasjon og robotisering av ulike operasjoner.

17 teknologiske trender på jernbanesektorens radar

 Konnektivitet	 Digitalisering	 Automasjon	 Elektrifisering
			
<ul style="list-style-type: none"> Tingenes internett (IoT) Kommunikasjonsteknologi Intelligente transportsystemer MaaS med autonome kjøretøy 	<ul style="list-style-type: none"> Digitale tvillinger Cybersikkerhet Datainfrastruktur Blokkjedeteknologi 	<ul style="list-style-type: none"> Kunstig intelligens (AI) Automatisering av drift og vedlikehold ATO (Automatisk togfremføring) Roboter og droner Moderne, modulariserte byggemetoder (MMC) 	<ul style="list-style-type: none"> Nye energibærere Batteriteknologi Smart energistyring Energieffektivitet

Forklaring til trendkort

Intervall for når teknologien vil være teknologisk markedsklar/høy grad av modenhet

Teknologisk markedsklar	Teknologisk trend	
	Muliggjør	
5 års intervall	Anvendt	

Muliggjør = Teknologi som gjør det mulig å realisere andre teknologiske løsninger
 Anvendt = Trenden viser til teknologi anvendt i relevant kontekst

Beskrivelse
 Innhold: I den grad det er mulig - gi en rimelig objektiv og faktabasert beskrivelse av hva teknologitrenden er, og hvorfor den har oppstått (eller kommer til å oppstå hvis det er snakk om et tidlig tegn som er plukket opp).

Relevans og konkrete eksempler
 Innhold: En beskrivelse av relevans for jernbanen, mobilitet, transport, eventuelt samfunnet. Skjer det i Norge? Globalt? Hvorfor bør jernbanesektoren overvåke denne teknologitrenden?
 Teknologiske løsninger og konkrete eksempler innenfor trenden

Forklaring verdi

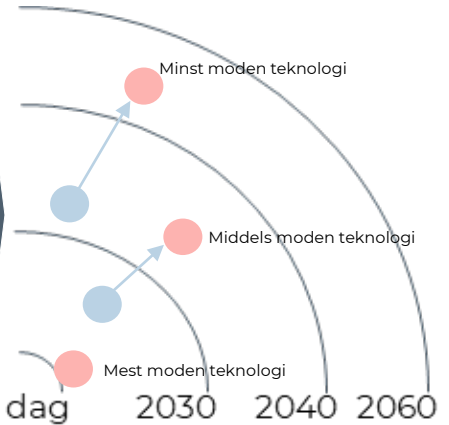
Betydning	Effekt
Rød – høy betydning	Positiv
Oransje – Medium betydning	Usikker
Grå – Ingen/lav betydning	Negativ

Teknologisk tidslinje
 Innhold: Beskrive en teknologisk tidslinje med noen teknologiske løsninger. Angir svært overordnet når disse ansees som modne for markedet.

Implementering i jernbanesektoren

Innhold: Beskrivelse tidslinjen mot implementering i jernbanesektoren og hvordan fremmere og hemmere påvirker veien til implementering av teknologien.

→ ● Implementeringshorisont Jernbanesektoren



Mål for transport-sektoren
 Positiv
 Innhold: Beskrivelse av hvordan teknologitrenden vil kunne få betydning for NTP-målene, og forventede positive og/eller negative effekter.

Fremmere
 Innhold: Kortbeskrivelse av faktorer, hendelser, indikatorer og drivkrefter som vil kunne fremme utviklingen av trenden teknologitrenden for jernbanesektoren.

Hemmere
 Innhold: Kortbeskrivelse av faktorer, hendelser, indikatorer og drivkrefter som vil kunne hemme utviklingen av trenden teknologitrenden for jernbanesektoren.

Betydning og effekt for jernbane
 Usikker
 Mer for pengene
 Innhold: Beskrivelse av hvordan teknologitrenden vil kunne få betydning for ressursutnyttelsen i sektoren, og forventede positive og/eller negative effekter.

Kapasitet
 Positiv
 Innhold: Beskrivelse av hvordan teknologitrenden vil kunne få betydning for trafikkapasitet på jernbaneinfrastrukturen, og forventede positive og/eller negative effekter.

Operasjonell driftsstabilitet
 Negativ
 Innhold: Beskrivelse av hvordan teknologitrenden vil kunne få betydning for operasjonell driftsstabilitet, og forventede positive og/eller negative effekter.

Tingenes internett (IoT)



Teknologisk markedsklar	Teknologisk trend	
	Muliggjør	v
2030-2035	Anvendt	

Beskrivelse	IoT refererer til sammenkobling av objekter som er innebygd med sensorer, programvare og andre teknologier. Formålet er å koble til og utveksle data med andre enheter og systemer. IoT er en muliggjør av andre teknologier, og kobler dem sammen for å gi mer nøyaktige data (gjerne sanntid) på tvers av nettverket. IoT er en forutsetning for teknologier som dataprosessering, 5G-nettverk, digitale tvillinger med flere.
Relevans og konkrete eksempler	<p>Gjennom IoT vil jernbanesektoren få tilgang på betydelige mengder data som vil være en muliggjør for automasjon, monitorering og datadrevne beslutninger i alle deler av sektoren. IoT vil kunne muliggjøre tjenester og løsninger som prediktivt vedlikehold, asset tracking, kundeinformasjon, sikkerhet og overvåkning, monitorering av stikkrenner/kantvegetasjon, bilder av sideterreng, monitorering av energiforbruk, rullende materiell, spor, veksler og annen infrastruktur, smart billettering og automatisk togfremføring (ATO).</p> <p>I dag brukes eksempelvis informasjon om temperatur ute og i togkupeene til å styre HVAC-anlegg. På digitale apper gis informasjon om trenghet på togene. Dette er i dag erfaringsbasert og ikke basert på live-data. De nyeste togene har en rekke innebygde sensorer som har mulighet til å måle en rekke faktorer, men det er i dag begrenset i hvor stor grad man klarer å benytte dette da det kreves systemer for å håndtere informasjonen. Blant annet finnes det eksempler på at tog kan produsere dobbelt så mye informasjon som det er mulig å overføre over nettverket per sekund. Edge computing og lokal prosessering av data – teknologier som presteres under digitalisering, vil være viktig til å løse slik problematikk.</p> <p>IoT vil i fremtiden være en sentral premissleverandør for kvalitet, nyskaping og god kundeopplevelse – men sektoren må evne og ønske å ta i bruk og dele dataene. Sanntidsdata vil være å foretrekke da det gir et oppdatert bilde og gir raskere datadrevne beslutninger. Et annet viktig element er at beregningene kan skje der målingen skjer (edge computing), og at resultatene kommer frem hel (informasjonsintegritet, alle IP-pakker).</p>
Mål for transport-sektoren	<p>Positiv</p> <ul style="list-style-type: none"> + Forbedret kundeopplevelse gjennom informasjon som bidrar til å redusere kø, forsinkelser og overganger. + Forbedret sikkerhet gjennom optimalisert vedlikehold eller muliggjøring av sanntidsinformasjonsflyt og informasjonsutveksling. +/- Trolig økte klimautslipp gjennom behov for betydelig økt serverkapasitet. Kan på sikt veies opp av ved mulighet for økt kapasitet på jernbanen med samme infrastruktur.
Betydning og effekt for jernbane	<p>Usikker</p> <p>Mer for pengene</p> <ul style="list-style-type: none"> + Mer effektive prosesser gjennom <i>mer presis informasjon i sanntid</i> + Bedre <i>kobling mot nye mobilitetsformer og fremtidige tjenester</i> som kan gi flere reisende på jernbanen - Avhengig av <i>store investeringer</i> i kommunikasjonssystemer og mottakersystemer av data, sikre datakvalitet, samt medfølgende cybersikkerhet. - Løpende kostnader som <i>energibruk</i> <p>Positiv</p> <ul style="list-style-type: none"> + Trafikkstyring og optimering av tidtabeller og flyten i nettverket + Presis kundeinformasjon i sanntid (eks: info om trenghet) + Sanntidsmonitorering av driftsoperasjoner <p>Usikker</p> <ul style="list-style-type: none"> + Gjennom presis sanntidsinformasjon vil den operasjonelle driftsstabiliteten kunne bli betydelig forbedret + Teknologien vil være en muliggjør for automasjon og mer optimalt vedlikehold som har stor betydning for å operasjonell driftsstabilitet. - Det krever et system og evne til å ta i bruk riktig data til riktig tid. En fallgrube ved teknologien kan være «overload» av informasjon. - Større sårbarhet for cyberangrep som kan få fatale konsekvenser

Teknologisk tidslinje
 Innenfor den teknologiske trenden er sensorteknologien den mest modne. Sensorer følger gjerne med komponenter, tog og maskiner i dag. Utviklingen av sammenkoblede systemer og sanntidsdata krever sammensetning av ulike former for teknologi. Dette vil forsinke utviklingen av IoT selv om enkeltelementer i dag er klare for markedet.

Teknologiske eksempler

Implementering i jernbanesektoren
 Det gjenstår mye for å oppnå det fulle potensialet til den teknologiske trenden – særlig vår og systemets evne til å ta i bruk dataene (særlig i sanntid) og nyttiggjøre oss av disse til datadrevne beslutninger. Dette skyldes særlig gammel kommunikasjonsteknologi og utfordringer med datadeling. Det vil også kreve store investeringer i cybersikkerhet ved å åpne for deling av data på dette nivået.

→ **Implementeringshorisont Jernbanesektoren**

	Fremmere	Hemmere
Fremmere	<ul style="list-style-type: none"> Billigere sensorteknologi Økende grad av MaaS og autonome biler 	<ul style="list-style-type: none"> Flere datadrevne beslutninger Økning av digitale flater
Hemmere	<ul style="list-style-type: none"> Oppsplitting av sektoren Geo-politikk gir økende priser på komponenter 	<ul style="list-style-type: none"> Bekymringer om datasikkerhet og datakvalitet Kunnskaps- og datadeling i sektoren

Kommunikasjonsteknologi



Teknologisk markedsklar	Teknologisk trend	
	Muliggjør	v
2025-2030	Anvendt	

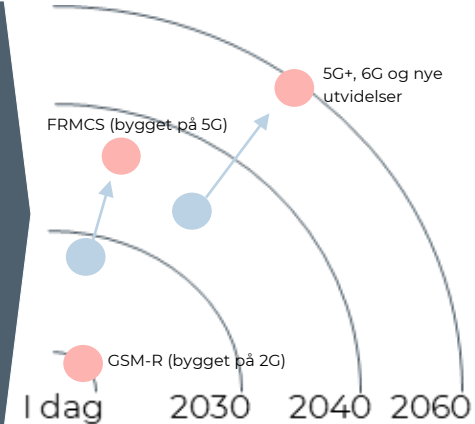
Beskrivelse	FRMCS er det fremtidige telekommunikasjonssystemet som etterfølgeren til GSM-R og som en muliggjør for digitalisering av jernbanetransport. FRMCS er designet for å bruke 5G kommunikasjonsteknologi, men også for å muliggjøre bruk av fremtidige systemoppgraderinger (5.5G, 6G, ...). FRMCS vil bli ny standard for jernbanen i Europa (EU/EØS).			
Relevans og konkrete eksempler	<p>Utviklingen av kommunikasjonssystemene i jernbanesektoren vil involvere avanserte teknologier som 5G (og fremtidige utvidelser) for raskere og mer pålitelig tilkobling, økende datamengder, IoT for datautveksling mellom enheter og AI for å øke sikkerheten og effektiviteten.</p> <p>5G-teknologi representerer en betydelig mulighet til å aktivere og støtte jernbanedigitaliseringen ved å la sektoren sende, motta og bruke økende datamengder, som er selve hjertet av fremtidig teknologiutvikling innen sektoren. 5G-teknologi vil muliggjøre overvåking av komponenter og tog, forvaltning av ressurser og fjernkontroll. Videre vil etablering av 5G ved jernbanenettverket forbedre passasjer- og pendleropplevelsen betraktelig.</p> <p>Dagens GSM-R system foreldes, vil trolig utvikles mot 2035 og må erstattes av et nytt kommunikasjonssystem. FRMCS er en neste generasjons kommunikasjonsstandard designet for jernbane og basert på 5G-teknologi. FRMCS er nødvendig for videreføring av kritiske tjenester som intern kommunikasjon og ERTMS når GSM-R er deaktivert. Teknologien vil også være en muliggjør for ATO på nivåene GoA3 og GoA4.</p> <p>I investeringsøyemed er det også store parallelle investeringsbehov innenfor jernbanen som bedre nettdekning til passasjerer og nødnett. Dersom dette er investeringer som kan sees i sammenheng vil det muligens være penger å spare. Også samarbeid med industrien burde utforskes. Her kan man se for seg ulike finansierings- og/eller forretnings samarbeid.</p>			
Mål for transport-sektoren	Positiv	<ul style="list-style-type: none"> + Muliggjør for en rekke teknologier + 5G- teknologien vil føre til en enklere integrasjon mot andre transportmidler. + Høyere sikkerhet for de reisende. 		
Betydning og effekt for jernbane	Positiv	<p>Mer for pengene</p> <ul style="list-style-type: none"> - Innføring av 5G-teknologien vil kreve store investeringer + Teknologien vil ha en betydelig positiv verdi for pengene. 5G-teknologien er en muliggjør for de andre effektiviseringene som det er behov for innen jernbanen. 	<p>Positiv</p> <ul style="list-style-type: none"> - 5G- teknologien vil ikke gi noen direkte kapasitetsforbedring + 5G- teknologien vil være en muliggjør for en rekke teknologier som vil kunne øke trafikkapasiteten på jernbanen. 	<p>Positiv</p> <ul style="list-style-type: none"> + 5G-teknologien vil være en muliggjør av økt dataflyt og dermed IoT, ITS mm. + Muliggjør store forbedringer innen forvaltning, drift og vedlikehold, fjernstyring og automasjon som øker driftsstabiliteten.

Teknologisk tidslinje
Dagens kommunikasjonsteknologi i jernbanen er ikke tilpasset en økende digital jernbanesektor eller verden rundt, og vil trolig fases ut i løpet av det neste tiåret. FRMCS teknologien vil kunne ta over og samtidig modernisere jernbanen. FRMCS-spesifikke komponenter forventes å være tilgjengelige rundt 2028. Teknologien er fleksibel for fremtidige systemoppgraderinger som 6G. .

Teknologiske eksempler

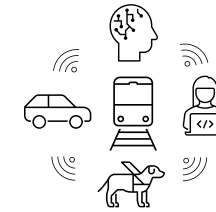
Implementering i jernbanesektoren
GSMR vil fases ut i 2032-33 og vil måtte erstattes av FRMCS dersom det fortsatt skal kjøres tog og KVVU FRMCS beskriver derfor en implementeringstid rundt 5 år. Det betyr at FRMCS kan være i bruk på utvalgte seksjoner i Norge fra 2030. En stor usikkerhet er knyttet til videre utbygging av 5G-dekning som kan dra ut i tid, i en tid med større fokus på vedlikehold enn investeringer.

→ **Implementeringshorisont Jernbanesektoren**



Fremmere	5G, 6G og nye utvidelser og synergier mot industri	Tingenes Internett (IoT)	Forbedret sensor- og radarteknologi	Øktende behov på grunn av mer dataanalyse og maskinlæring
	Standardisering av kommunikasjonsteknologi	Økt informasjonsbehov fra kunder og aktører i sektoren	Intelligente transportsystemer	Pull fra teknologier som har behov for ny kommunikasjonstek.
Hemmere	Krever betydelige investeringer	Kompleks sammenkobling mellom nytt og gammelt	Krever ny kunnskap og ferdigheter	Spesialiserte produkter (innen jernbane) fører til høye kostnader
	Mange brukere og ulike behov og krav	Vanskelig avveining mellom behov i dag og i fremtiden	Tid med mer fokus på vedlikehold enn investeringer	

Intelligente transportsystemer (ITS)



Teknologisk markedsklar	Teknologisk trend	
	Muliggjør	✓
2035-2040	Anvendt	

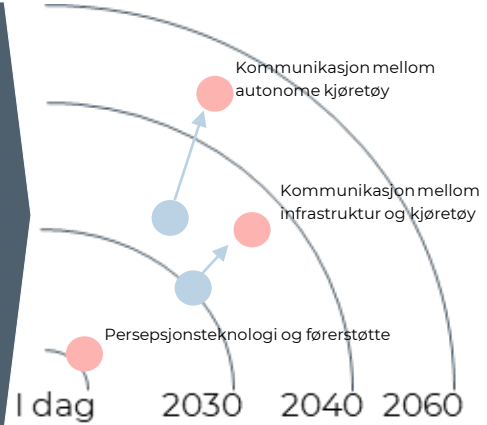
Beskrivelse	ITS refererer til bruken av avansert informasjons- og kommunikasjonsteknologi til transport og trafikkstyring. Undergrupper av dette kan eksempelvis være kommunikasjon mellom rullende materiell og infrastruktur eller mellom rullende materiell. Tilsvarende vil teknologien være sentrale for kommunikasjon mellom andre kjøretøy og maskiner. Teknologien muliggjør også kommunikasjon mot kundeledet og vil være sentral i å knytte jernbanen til first/last mile.			
Relevans og konkrete eksempler	<p>ITS lar rullende materiell, kjøretøy, kunder og infrastruktur kommunisere med hverandre og dele sanntidsinformasjon for å blant annet forbedre trafikkflyten, unngå ulykker og optimalisere ruter. Teknologien er også viktig som input for å informere kunder gjennom sanntidsinformasjon på digitale kundeflater. Teknologien forutsetter flyt av millioner av data per millisekund og bidrar sammen med tingenes internett og kommunikasjonsteknologi til konnektivitet i jernbanesektoren. Som en del av teknologien er det viktig å ha lokal dataprosessering (edge) for å redusere belastningen på kommunikasjonsinfrastrukturen.</p> <p>Det har vært en svært hurtig utvikling av ITS-teknologi som persepsjonsteknologi som kamera, radar, GPS og Lidar i transportsektoren. Teknologiene hjelper objekter med å tolke og sanse omgivelsene. Anvendelsen av denne informasjonen er restriktiv og brukes i størst grad til fører støtte. Evnene og mulighetene til teknologien er imidlertid stor og er i stadig utvikling innen teknologi for droner, roboter og utrusting av autonome biler. I Oslo testes eksempelvis de nye Oslo-trikkene for utvidet bruk av ITS-systemer på depoer. En annen lovende teknologi innenfor godstransport på bane er digital automated coupler (DAC) som vil bidra til å automatisk koble vogner og lok med hverandre. Flere av ITS-teknologiene er avgjørende for realisering og anvendelse.</p> <p>I dag er mye av signalsystemene i jernbanen utdaterte og det kreves ny kommunikasjonsteknologi for å muliggjøre teknologiene som nye autonome kjøretøy innehar. Med moderne kommunikasjonsteknologi kan jernbanen dra nytte av ITS til blant annet kommunikasjon mellom tog og infrastruktur, sporkryss, automatiske togfremføring, signalsystemer og godsvarestrømsystemer.</p>			
Mål for transportsektoren	<p>Positiv</p> <ul style="list-style-type: none"> + Færre menneskelige feil, som vil gi betydelig nedgang i farlige og alvorlige hendelser. Ved semi-autonome prosesser og i tilfeller der menneske og maskin misforstår hverandre kan imidlertid det motsatt skje. +(-) Selv om det vil kreve mer energi å drifte et slikt system så vil trolig gevinstene av økt kapasitetsutnyttelse av infrastrukturen være større 			
Betydning og effekt for jernbane	<table border="1"> <tr> <td> <p>Usikker</p> <ul style="list-style-type: none"> + Muliggjør for automasjon som vil spare penger + Bedre kobling mot nye mobilitetsformer og fremtidige tjenester som kan gi flere reisende på jernbanen - Avhengig av store investeringer i kommunikasjonssystemer og mottakersystemer av data, samt medfølgende cybersikkerhet. - Vil trolig gjøre datasystemene til jernbanen dyrere å drifte </td> <td> <p>Positiv</p> <ul style="list-style-type: none"> + Sanntidskommunikasjon i ITS med for eksempel ETCS level 3 muliggjør mer effektive togbevegelser og eksempelvis la togene kjører nærmere hverandre. </td> <td> <p>Usikker</p> <ul style="list-style-type: none"> + Raskere reaksjoner og prosesser, samt tidligere signaler på feil og utfordringer, vil kunne hindre forsinkelser og innstillinger. - Kobling mellom kjøretøy og på tvers av transportmoder vil samtidig kunne gjøre driftsstabiliteten mer utsatt. </td> </tr> </table>	<p>Usikker</p> <ul style="list-style-type: none"> + Muliggjør for automasjon som vil spare penger + Bedre kobling mot nye mobilitetsformer og fremtidige tjenester som kan gi flere reisende på jernbanen - Avhengig av store investeringer i kommunikasjonssystemer og mottakersystemer av data, samt medfølgende cybersikkerhet. - Vil trolig gjøre datasystemene til jernbanen dyrere å drifte 	<p>Positiv</p> <ul style="list-style-type: none"> + Sanntidskommunikasjon i ITS med for eksempel ETCS level 3 muliggjør mer effektive togbevegelser og eksempelvis la togene kjører nærmere hverandre. 	<p>Usikker</p> <ul style="list-style-type: none"> + Raskere reaksjoner og prosesser, samt tidligere signaler på feil og utfordringer, vil kunne hindre forsinkelser og innstillinger. - Kobling mellom kjøretøy og på tvers av transportmoder vil samtidig kunne gjøre driftsstabiliteten mer utsatt.
<p>Usikker</p> <ul style="list-style-type: none"> + Muliggjør for automasjon som vil spare penger + Bedre kobling mot nye mobilitetsformer og fremtidige tjenester som kan gi flere reisende på jernbanen - Avhengig av store investeringer i kommunikasjonssystemer og mottakersystemer av data, samt medfølgende cybersikkerhet. - Vil trolig gjøre datasystemene til jernbanen dyrere å drifte 	<p>Positiv</p> <ul style="list-style-type: none"> + Sanntidskommunikasjon i ITS med for eksempel ETCS level 3 muliggjør mer effektive togbevegelser og eksempelvis la togene kjører nærmere hverandre. 	<p>Usikker</p> <ul style="list-style-type: none"> + Raskere reaksjoner og prosesser, samt tidligere signaler på feil og utfordringer, vil kunne hindre forsinkelser og innstillinger. - Kobling mellom kjøretøy og på tvers av transportmoder vil samtidig kunne gjøre driftsstabiliteten mer utsatt. 		

Teknologisk tidslinje
Den teknologiske trenden er under rask utvikling og en del av funksjonaliteten er allerede i bruk i et tidlig stadiet for teknologien. Eksempler på dette er persepsjonsteknologi som i dag brukes til basis fører støtte. Teknologier for kommunikasjon mellom autonome kjøretøy og med infrastruktur er fortsatt langt frem i tid. DAC er kanskje den mest modne av nye teknologier innen jernbanen hvor ITS vil være sentralt.

Teknologiske eksempler

Implementering i jernbanesektoren
Det gjenstår svært mye arbeid for å koble transportsystemet sammen i sanntid. Her er det også viktige muliggjørende teknologier, som kommunikasjonsteknologi som enda ikke er implementert. Jernbanen består av mange gamle komponenter og et lite fleksibelt regelverk som kan gjøre det vanskelig å oppnå et moderne grensesnitt som muliggjør en rask implementering.

→ **Implementeringshorisont Jernbanesektoren**



Fremmere	Persepsjonsteknologi i rask utvikling	Økende datatilgang (sanntidsdata, geoposisjon)	Systemer for økt konnektivitet som 5G, FRMCS	Tingenes Internett (IoT)
	Konkurransen fra autonome biler	Raskere dataprosessering	Global uttesting og implementering	Potensiale for sikker og effektiv trafikkflyt på lang sikt
Hemmere	Kompleks sammenkobling mellom nytt og gammelt	Mangel på standardisering og skalerbarhet	Etske problemstillinger ved algoritmeutforming	Bekymringer om personvern og tilknyttet lowerk (GDPR)
	Konkurransen mellom aktører - konkurranse-sensitiv informasjon	Kunnskaps- og datadeling i sektoren	Sikkerhet og geopolitikk	Bekymringer om datasikkerhet og datakvalitet

Mobilitet som en tjeneste (MaaS) med autonome kjøretøy



Teknologisk markedsklar	Teknologisk trend	
	Muliggjør	
2030-2035	Anvendt	v

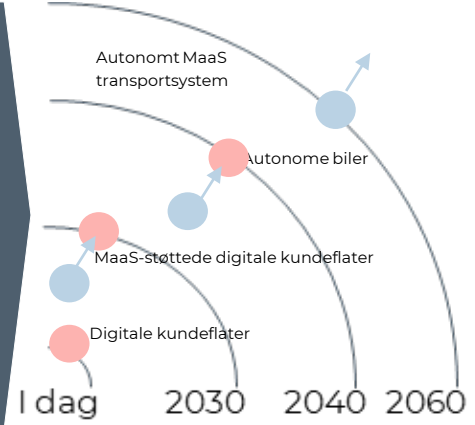
Beskrivelse	MaaS refererer til et skifte i transportbransjen der ulike former for transporttjenester (som eksempelvis jernbane, sparkesykler eller autonome biler) er integrert i en enkelt, tilgjengelig plattform. Målet er å gi brukerne en sømløs og omfattende mobilitetsløsning som omfatter ulike transportformer. I et MaaS-system kan brukere planlegge, bestille og betale for ulike transporttjenester gjennom én enkelt digital plattform. Graden av autonomi for transporttjenestene innen MaaS vil trolig øke over tid.						
Relevans og konkrete eksempler	<p>Ved hjelp av MaaS vil konnektivitet anvendes i en mer integrert verden som skaper nye forretningsmuligheter. Dagens digitale kundeflater er starten på en slik utvikling. Med autonome kjøretøy (eks: bil, lastebiler og tog) vil det kreve et helt annet nøyaktighetsnivå på informasjonsflyten for å sikre kvalitet.</p> <p>Ved å tilby multimodale transportalternativer og forenkle reisen/kundeopplevelsen (som eksempelvis gjennom smidigere overganger, flere tilbringeralternativer, kundefront, gods eller bagasjehåndtering, automatiske servicetjenester, tidtabeller) vil dette kunne løse mye av first/last-mile utfordringene til jernbanen. Dette vil kunne sikre nye kunder samt holde på dagens stamkunder både innen gods og personmarkedet.</p> <p>Samtidig vil autonome biler revolusjonere transportsektoren og utfordre jernbanen – særlig på faktorer som komfort og fleksibilitet. En trussel er at autonome biler vil dominere MaaS innenfor enkelte markeder (eks. lange reiser) – uten vesentlig rom for andre transportformer. For at jernbanen skal beholde sin rolle og plass i et fremtidig autonomt transportsystem vil det være viktig for jernbanesektoren at den evner å integrere slike transportformer ved blant annet tilrettelegging av stasjoner og digitale systemer. På denne måten vil man også sikre at jernbanen ikke utspiller sin rolle innenfor enkelte markeder og beholder sine konkurransefortrinn med lavt energiforbruk per person- og tonnkm., stor ombordkapasitet og arealeffektivitet.</p>						
Mål for transportsektoren	<p>Usikker</p> <ul style="list-style-type: none"> - Autonome biler med eller uten MaaS kan gi betydelig flere biler på veiene enn ønskelig. Negative konsekvenser vil være økt kapasitetsbeslag, mer kø, mindre effektive gods- og personstrømmer samt negative miljø og klimakonsekvenser. Grad og løsninger for deling av autonome biler samt eventuelle løsninger på rushtids-problematikken vil påvirke størrelsesorden på denne utfordringen. + Fordelene er at kundeopplevelsen og komforten vil bli bedre gjennom MaaS og autonome biler. Trolig vil også sikkerheten bedres på lang sikt gjennom færre menneskelige feil. 						
Betydning og effekt for jernbane	<table border="1"> <tr> <td>Negativ</td> <td> <p>Mer for pengene</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stor fare for at flere vil velge autonome biler fremfor jernbanen på en rekke strekninger som vil underminere finansene til jernbanen. + Samtidig vil nye forbedrede, kundetjenester kunne tiltrekke flere til jernbanen, men bli sterkt utfordret på komfort og fleksibilitet. +/- Dersom jernbanen evner å integrere de nye autonome tjenestene vil Jernbanens konkurransefortrinn kunne bestå – særlig urbant, rushtid og for tung godstrafikk. </td> <td>Negativ</td> <td> <p>Kapasitet</p> <ul style="list-style-type: none"> + Dersom jernbanen evner å integrere autonome biler og busser gjennom eksempelvis MaaS vil jernbanen kunne beholde kundegrnlaget i konkurransen mot autonome biler. - Hvis jernbanen ikke evner å tilpasse seg konkurransen på særlig utsatte markeder vil kapasiteten trolig bli redusert </td> <td>Usikker</td> <td> <p>Operasjonell driftsstabilitet</p> <ul style="list-style-type: none"> +/- Den operasjonelle driftsstabiliteten kan både forbedres og utfordres av MaaS. Positivt vil være at mer autonomi og helhetlige reisekjeder gir et mer datadrevet, integrert system. Samtidig vil flere «bevegelige deler» gjøre jernbanen avhengig av flere forhold og datapunkter som kan forstyrre fokus og evnen til å drifte kjernevirksomheten. </td> </tr> </table>	Negativ	<p>Mer for pengene</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stor fare for at flere vil velge autonome biler fremfor jernbanen på en rekke strekninger som vil underminere finansene til jernbanen. + Samtidig vil nye forbedrede, kundetjenester kunne tiltrekke flere til jernbanen, men bli sterkt utfordret på komfort og fleksibilitet. +/- Dersom jernbanen evner å integrere de nye autonome tjenestene vil Jernbanens konkurransefortrinn kunne bestå – særlig urbant, rushtid og for tung godstrafikk. 	Negativ	<p>Kapasitet</p> <ul style="list-style-type: none"> + Dersom jernbanen evner å integrere autonome biler og busser gjennom eksempelvis MaaS vil jernbanen kunne beholde kundegrnlaget i konkurransen mot autonome biler. - Hvis jernbanen ikke evner å tilpasse seg konkurransen på særlig utsatte markeder vil kapasiteten trolig bli redusert 	Usikker	<p>Operasjonell driftsstabilitet</p> <ul style="list-style-type: none"> +/- Den operasjonelle driftsstabiliteten kan både forbedres og utfordres av MaaS. Positivt vil være at mer autonomi og helhetlige reisekjeder gir et mer datadrevet, integrert system. Samtidig vil flere «bevegelige deler» gjøre jernbanen avhengig av flere forhold og datapunkter som kan forstyrre fokus og evnen til å drifte kjernevirksomheten.
Negativ	<p>Mer for pengene</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stor fare for at flere vil velge autonome biler fremfor jernbanen på en rekke strekninger som vil underminere finansene til jernbanen. + Samtidig vil nye forbedrede, kundetjenester kunne tiltrekke flere til jernbanen, men bli sterkt utfordret på komfort og fleksibilitet. +/- Dersom jernbanen evner å integrere de nye autonome tjenestene vil Jernbanens konkurransefortrinn kunne bestå – særlig urbant, rushtid og for tung godstrafikk. 	Negativ	<p>Kapasitet</p> <ul style="list-style-type: none"> + Dersom jernbanen evner å integrere autonome biler og busser gjennom eksempelvis MaaS vil jernbanen kunne beholde kundegrnlaget i konkurransen mot autonome biler. - Hvis jernbanen ikke evner å tilpasse seg konkurransen på særlig utsatte markeder vil kapasiteten trolig bli redusert 	Usikker	<p>Operasjonell driftsstabilitet</p> <ul style="list-style-type: none"> +/- Den operasjonelle driftsstabiliteten kan både forbedres og utfordres av MaaS. Positivt vil være at mer autonomi og helhetlige reisekjeder gir et mer datadrevet, integrert system. Samtidig vil flere «bevegelige deler» gjøre jernbanen avhengig av flere forhold og datapunkter som kan forstyrre fokus og evnen til å drifte kjernevirksomheten. 		

Teknologisk tidslinje
Den teknologiske trenden er under rask utvikling og en del av funksjonaliteten er allerede til stede i sektoren gjennom digitale kundeflater. Dersom ikke jernbanen evner å tilpasse seg er det en trussel for kollektivtransport generelt at autonome biler entrer markedet før resten av transportsystemet er «MaaS-klart» og dermed dominerer markedet med sine fordeler på fleksibilitet og komfort.

Teknologiske eksempler

Implementering i jernbanesektoren
Det gjenstår svært mye arbeid for å koble transportsystemet sammen i sanntid. Her er det også viktige muliggjørende teknologier, som kommunikasjonsteknologi, autonomi og IoT, som enda ikke er implementert. En oppsplittet sektor og konkurranse gjør det dyrere og hemmer sektorens evne til å utvikle effektive og konkurransedyktige alternativer til autonome biler.

→ **Implementeringshorisont Jernbanesektoren**



Fremmere	<ul style="list-style-type: none"> Økende datatilgang (eks: sanntidsdata, geoposisjon) Delingsmobilitet, Nye kundeforventninger 	<ul style="list-style-type: none"> Sentralisering av pris- og billetteringsorganer Økt informasjonsbehov fra kunder og aktører i sektoren 	<ul style="list-style-type: none"> Systemer for økt konnektivitet som 5G, FRMCS Privat- offentlig samarbeid Krever ny kunnskap og ferdigheter 	<ul style="list-style-type: none"> Tingenes Internett (IoT) AI, dataanalyse og maskinlæring Bekymringer om personvern og tilknyttet lowerk (GDPR)
Hemmere	<ul style="list-style-type: none"> Bekymring for sikkerhet ved aut. EV. Eks. saker fra Cruise og Tesla (SanF, US) Konkurranse mellom aktører – oppsplittet sektor 	<ul style="list-style-type: none"> Komplekst. Krever blant annet stor tilpasning av stasjoner mm. Mangel på multimodale kommunikasjons-systemer 	<ul style="list-style-type: none"> Bekymring - Sikkerhet og geopolitikk 	<ul style="list-style-type: none"> Kunnskaps- og datadeling i sektoren

Digitale tvillinger



Teknologisk markedsklar	Teknologisk trend	
	Muliggjør	
2030-2035	Anvendt	v

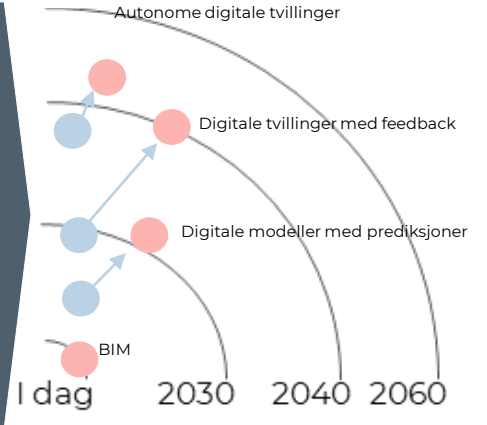
Beskrivelse	En digital tvilling refererer til en virtuell representasjon av et objekt, system eller prosess i den virkelige verden. Digitale tvillinger blir gjerne kontinuerlig oppdatert og synkronisert med den virkelige motparten, ved hjelp av IoT, sensorer og andre kilder. Integreringen av avanserte teknologier som kunstig intelligens, maskinlæring og dataanalyse forbedrer mulighetene til digitale tvillinger, og gjør dem i stand til å gi verdifull innsikt og støtte til beslutningstakere.		
Relevans og konkrete eksempler	<p>Innen jernbane er digitale tvillinger relevante for blant annet områder som testing, kapasitetsplanleggingsverktøy, modeller for utbygging, drift, og vedlikehold. Ved å lage en digital tvilling kan sektoren og aktørene overvåke, analysere og simulere ytelsen til fysiske enheter i sanntid. Dette gir bedre beslutningstaking, prediktivt vedlikehold og optimalisering av prosesser. Digitale tvillinger kan variere fra enkle modeller som representerer individuelle komponenter til komplekse modeller av hele systemer eller miljøer.</p> <p>Digitale tvillinger vil ha svært stor relevans for jernbanen da eksempelvis verdifull sporkapasitet kan bli tilgjengeliggjort ved at tester, vurderinger og opplæring kan bli gjennomført digitalt. Eksempelvis tar typetesting av tog svært lang tid og også innkjøring på nye strekninger vil være svært verdifullt å kunne gjøre digitalt.</p> <p>Gjennom teknologier som VR, AR, maskinlæring og Ai for å nevne vil etterhvert de digitale tvillingene i økende grad hjelpe og bistå oss i valg og beslutninger.</p>		
Mål for transport-sektoren	Positiv	<ul style="list-style-type: none"> + Muliggjør for en rekke teknologier som kan hindre ulykker. + Teknologien vil føre til en enklere integrasjon mot andre transportmidler blant annet gjennom MaaS. + Ved lav investeringskostnad er det stort potensial for innsparing. 	
Betydning og effekt for jernbane	Positiv	Mer for pengene	<ul style="list-style-type: none"> - Foreløpig er det svært dyrt å utvikle digitale tvillinger da det ikke finnes en egen hylleware eller software til dette formålet. Vil kreve store investeringer for hvert use case. + Store innsparingspotensialer ved behov for færre folk på sporene og prosesser kan effektiviseres. + et godt grunnlag for sirkulærøkonomiske løsninger som økt gjenvinning og gjenbruk.
	Positiv	Kapasitet	<ul style="list-style-type: none"> + Bedre planleggingsverktøy tilbudsutvikling og vurdering av driftskvalitet som tilbys. + Svært stor positiv effekt og betydning ved at tester, vurderinger og opplæring kan gjøres digitalt.
		Usikker	<ul style="list-style-type: none"> +/- Muligheten for å teste og drive opplæring digitalt vil trolig gi noe bedre driftstabilitet da dette i dag beslaglegger sporkapasitet og er vanskelig å få til – særlig i pressområder. - Digitale tvillinger kan også være komplekse og gi flere muligheter for feil og problemer

Teknologisk tidslinje
 BIM-modeller gir en representasjon av virkeligheten - en grunnleggende egenskap ved Digitale tvillinger. Å ta BIM-modellene over i drift og vedlikehold, samt innføre prediksjonsverktøy i modellene (eksempelvis parametrisering), vil være en videre utvikling. Autonomi og feedback fra digitale tvillinger hviler på flere andre teknologier som VR, AR, maskinlæring og AI for å nevne noen.

Implementering i jernbanesektoren
 Digitale tvillinger har stor relevans og mulig nytte for jernbanen men flere hemmere og barrierer vil kunne begrense omfanget av teknologien betydelig på kort og mellomlang sikt. Dette er særlig utfordringer ved datadelingen i sektoren, mangel på sanntidsdata, gammelt kommunikasjonsteknologi. Likevel kan det være enkelte use case hvor teknologien vises å være anvendbar.

Teknologiske eksempler

Implementeringshorisont Jernbanesektoren



Fremmere	Økende datatilgang gjennom IoT og digitalisering	Videreforedle BIM-modeller	Anvendelse av kunstig intelligens, dataanalyse og maskinlæring	Økt datakraft, skyløsninger og edge
	Avansert simulering og modellering	Systemer for økt konektivitet som 5G, FRMCS	Forbedret sensor- og radarteologi	Stort gevinst-potensiale i hele verdikjeden
Hemmere	Høy kompleksitet	Interoperabilitet mellom systemer (skalbarhet)	Oppsplitting av sektoren. Gir større kost per aktør og mindre datadeling	Kontinuerlig oppdatering og vedlikehold
	Krever data på et høyt presisjonsnivå / datakvalitet, samt deling	Krever store omstillinger i arbeidsmetoder	Cybersikkerhet og utdatert IKT	

Cybersikkerhet



Teknologisk markedsklar	Teknologisk trend	
	Muliggjør	
I dag	Anvendt	v

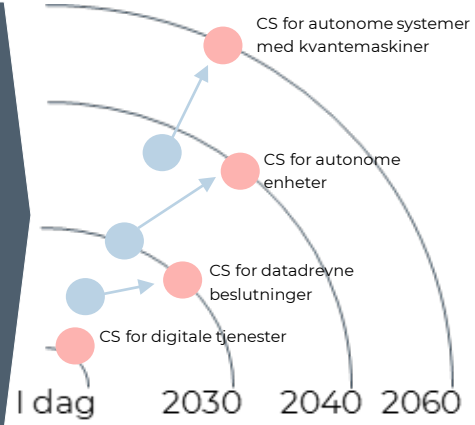
Beskrivelse	Cybersikkerhet (CS) er praksisen med å beskytte datasystemer, nettverk og digital informasjon mot tyveri, skade eller uautorisert tilgang. Dette kan blant annet gjøres gjennom brannmurer, kryptering eller tilgangskontrollsystemer.		
Relevans og konkrete eksempler	<p>Cybersikker handler om å beskytte digitale verdier. Når verden, og med den transportsektoren, blir mer digital vil også digitale verdier bli mer sårbare – som fører til et økende behov for cybersikkerhet. CS er knyttet til alle transportsektorens digitale tjenester og produkter. I den grad det kjøpes tjenester fra tredjeparter (slik som skytjenester) vil motparten ha medansvar for å cybersikre tjenestene.</p> <p>Jernbanen er svært utsatt for alvorlige ulykker der små feil, slitasje eller uregelmessigheter kan føre til store konsekvenser for involverte parter. For å unngå store ulykker og alvorlige hendelser har jernbanen derfor en svært detaljert sikkerhetsrammeverk å forholde seg til. Alle detaljene gjør jernbanen kompleks, men også sikrere.</p> <p>Når jernbanesektoren blir mer digital får sårbarheten flere dimensjoner. Fra å være fysisk blir den også digital. Dette har vært en utvikling jernbanen har levd med de siste tiårene da mange av komponentene i tog og systemer i dag er digitale. Samtidig vil omfanget av CS øke ettersom digitaliseringen fortsetter og automasjon i større grad vil overføre oppgaver og ansvar fra menneske til maskin. Denne autonomiseringen vil være en ny dimensjon innen cybersikkerhet og jernbanesektoren må tenke nøye igjennom hvilke ansvarsoppgaver som kan automatiseres, og rekkefølgen på disse, med cybersikkerhet som et sentralt vurderingskriterie. I fremtiden vil IT-systemene trolig måtte beskyttes mot ondsinnede, autonome, digitale aktører (f. eks AI-kvantedatamaskiner) som kan bli svært vanskelig å stoppe. Tilsvarende vil også ny teknologi som kvantedatamaskiner være en del av forsvarsverket. Det vil trolig dukke opp en rekke forretningsmodeller der CS kan kjøpes som en tjeneste.</p>		
Mål for transportsektoren	Positiv	<ul style="list-style-type: none"> + For sikkerheten vil cybersikkerhet være fundamental og betydningen vil øke med økt konnektivitet, automasjon og digitalisering av sektoren. - Det vil kreve en del energi å drifte systemene for cybersikkerhet som vil øke med grad av automatisering og mer avanserte prosesser. + Cybersikkerhet vil også være fundamentalt for å sikre tilliten til transportsystemet. 	
Betydning og effekt for jernbane	Negativ	Mer for pengene	<ul style="list-style-type: none"> - Investeringene i cybersikkerhet vil bli svært store ettersom den digitale verden utvikles og kobles med den fysiske. Dette vil ha en direkte negativ kostnadseffekt på hele sektoren og hvert av selskapene. En splittet sektor gjør det vanskeligere å høste stordriftsfordeler av fellesinvesteringer i cybersikkerhet.
	Negativ	Kapasitet	<ul style="list-style-type: none"> + Behovet for cybersikkerheten vil trolig begrense kapasiteten sammenlignet med en situasjon uten denne utfordringen. Dette skyldes at risikoen for angrep vil måtte legges inn i beregninger og dimensjoneringer for å redusere mulighetene for store ulykker og alvorlige hendelser. Det vil trolig bli en diskusjon av mulig nytteverdi opp mot et slikt risikopåslag.
	Positiv	Operasjonell driftsstabilitet	<ul style="list-style-type: none"> + Cybersikkerhet kan i fremtiden bli avgjørende for den operasjonelle driftsstabiliteten til jernbanen. - Krever store investeringer for å sikre infrastrukturen mot angrep, men kostnadene ved å la være kan bli høyere.

Teknologisk tidslinje
 CS vil følge den teknologiske utviklingen innen sektoren. Følgelig vil det utvikles cybersikkerhet innen konnektivitet, digitalisering, automasjon og elektrifisering. Ettersom teknologiene blir mer avansert vil også cybersikkerheten gjøres mer avansert. Det vil derfor trolig være en utvikling mot et autonomt CS der AI og maskinlæring utvikler og bygger forsvarsverkene i den digitale verden.

Teknologiske eksempler

Implementering i jernbanesektoren
 Digitaliseringen av jernbanen er godt i gang og neste fase blir introduksjon av automatiske og autonome systemer. Ettersom transporttilbudet på jernbane er sårbart og myndighetene er tilbydere vil sikkerhetsnivået også være svært strengt i den digitale jernbaneverden. Dette kan gjøre at teknologi implementeres noe senere innenfor jernbane, men også gjøre jernbane til en foregangssektor innen cybersikkerhet.

→ **Implementeringshorisont Jernbanesektoren**



Fremmere	Sikkerhet og hindre ulykker	Fleire datadrevne beslutninger øker behovet	Geo-politikk og en mer splittet verdensorden	Tingenes internett (IoT) gir flere enheter og data å beskytte
	Digitalisering og automasjon	Tillit til transportsystemet	Behov for å håndtere større datamengder	Sikre operasjonell driftsstabilitet
Hemmere	Oppsplitting av sektoren	Store kostnader knyttet til investeringer og drift	Mangel på standardisering og skalerbarhet	Lite åpenhet om informasjon
	Liten vilje til å investere så lenge «det går bra»	Krever ny kunnskap og ferdigheter		

Datainfrastruktur



Teknologisk markedsklar	Teknologisk trend	
	Muliggjør	v
2025-2030	Anvendt	

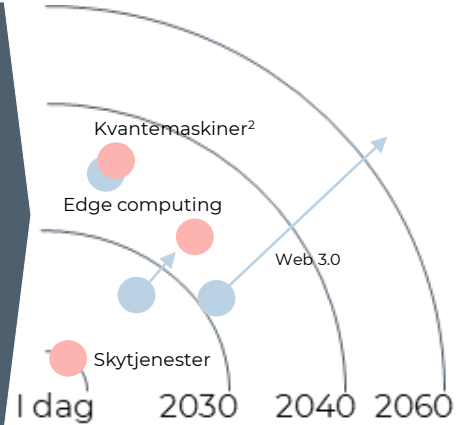
Beskrivelse	Datainfrastruktur referer til de grunnleggende komponentene og ressursene i datasystemer og nettverk, herunder maskin- og programvareelementer som er nødvendige for behandling, lagring og kommunikasjon av data. Datainfrastrukturen utgjør ryggraden i IT-systemer og er avgjørende for ulike applikasjoner, alt fra enkle oppgaver som tekstbehandling til komplekse prosesser som å kjøre dataanalyse i stor skala eller tilby skytjenester.																														
Relevans og konkrete eksempler	<p>Tradisjonelt er datainfrastruktur fysiske harddisker, servere og datasentre med mer. Dette er fortsatt en viktig del av infrastrukturen og datateknologi og infrastruktur vil være en helt sentral muliggjør for flere andre teknologier og integrasjon disse – som eksempelvis DAC som kombinerer teknologitrender som ITS, IoT og automasjon.</p> <p>De senere årene har det vært en stor vekst i skytjenester. Dette har muliggjort sentralisering av enorme datasentre og tjenester levert av noen få globale, dominerende aktører – Azure (Microsoft) og AWS (Amazon) og Google på en tredje plass.</p> <p>Kvantedatamaskiner er en ny teknologi som vil øke prosesseringshastigheten betydelig ettersom de behandler informasjon parallelt. Å bygge og drifte kvantemaskiner er imidlertid fortsatt en stor utfordring og foreløpig er dette på forskningsstadiet.</p> <p>Edge computing muliggjør mer prosessering i endene av nettverket. Teknologien vil få økende aktualitet med IoT, sanntidsdata og masseproduksjon av informasjon – der prosessorene vil gjøre utvelgelses av informasjon basert på algoritmer og etter hvert AI. Dette vil redusere både belastning på nettverket og alle dets elementer, samt gjøre informasjonsflyten mer håndterbar.</p> <p>Enkelte har de senere årene satt spørsmålsteget ved uavhengigheten til leverandørene av skytjenester og mener den dominerende posisjonene strider med den grunnleggende tanken ved internett. I dette er web 3.0-konseptet blitt lansert der IT-infrastrukturen skal distribueres i nettverket av uavhengige aktører. I Europa er et slikt semi-initiativ Gaia-X¹. Gaia-X ønsker å gå bort fra skytjenester, men har foreløpig ikke oppnådd noe gjennombrudd selv med en del sentrale industriaktører blant medlemmene.</p>																														
Mål for transportsektoren	<p>Positiv</p> <ul style="list-style-type: none"> + Datainfrastruktur har bidratt til effektiv bruk av ny teknologi og er en viktig brikke i å digitalisere transportsektoren. + Riktig datainfrastruktur vil også være viktig i overgangen til en mer moderne transportsektor og all innovasjon det fører med seg -/+ Det vil være viktig å investere i riktig datainfrastruktur og velge løsninger som kaster av seg på sikt sett opp mot kostnader 																														
Betydning og effekt for jernbane	<table border="1"> <tr> <td>Positiv</td> <td>Mer for pengene</td> <td>Positiv</td> <td>Kapasitet</td> <td>Positiv</td> <td>Operasjonell driftsstabilitet</td> </tr> <tr> <td></td> <td>+ Skytjenester har vært avgjørende for en rekke tjenester som teams, enklere fildeling mm. som igjen har gitt en rekke positive effekter</td> <td></td> <td>+ Evnen til IT-systemet vil være viktig for å kunne håndtere større datamengder som muliggjør automasjon og annen kapasitetsforbedring.</td> <td></td> <td>+ Stor kapasitet i datainfrastrukturen vil være avgjørende for å kunne håndtere store datamengder – som igjen muliggjør god cybersikkerhet, optimalisering av og datadrevne beslutninger</td> </tr> <tr> <td></td> <td>+ Med økende dataproduksjon kan edge computing gi stor nytte ved lokal prosessering fremfor belastning på resten av IT-systemet</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>- Manglende datakvalitet kan hemme uttak av nytteeffekter, men bedre infrastruktur øker datakvaliteten på sikt</td> </tr> <tr> <td></td> <td>- Skytjenester har de senere årene økt i pris og med økt teknologisk utvikling vil også datainfrastrukturen representere en økende kostnad</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>- En delt sektor – mister gevinsten av stordriftsfordeler innen IT</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Positiv	Mer for pengene	Positiv	Kapasitet	Positiv	Operasjonell driftsstabilitet		+ Skytjenester har vært avgjørende for en rekke tjenester som teams, enklere fildeling mm. som igjen har gitt en rekke positive effekter		+ Evnen til IT-systemet vil være viktig for å kunne håndtere større datamengder som muliggjør automasjon og annen kapasitetsforbedring.		+ Stor kapasitet i datainfrastrukturen vil være avgjørende for å kunne håndtere store datamengder – som igjen muliggjør god cybersikkerhet, optimalisering av og datadrevne beslutninger		+ Med økende dataproduksjon kan edge computing gi stor nytte ved lokal prosessering fremfor belastning på resten av IT-systemet				- Manglende datakvalitet kan hemme uttak av nytteeffekter, men bedre infrastruktur øker datakvaliteten på sikt		- Skytjenester har de senere årene økt i pris og med økt teknologisk utvikling vil også datainfrastrukturen representere en økende kostnad						- En delt sektor – mister gevinsten av stordriftsfordeler innen IT				
Positiv	Mer for pengene	Positiv	Kapasitet	Positiv	Operasjonell driftsstabilitet																										
	+ Skytjenester har vært avgjørende for en rekke tjenester som teams, enklere fildeling mm. som igjen har gitt en rekke positive effekter		+ Evnen til IT-systemet vil være viktig for å kunne håndtere større datamengder som muliggjør automasjon og annen kapasitetsforbedring.		+ Stor kapasitet i datainfrastrukturen vil være avgjørende for å kunne håndtere store datamengder – som igjen muliggjør god cybersikkerhet, optimalisering av og datadrevne beslutninger																										
	+ Med økende dataproduksjon kan edge computing gi stor nytte ved lokal prosessering fremfor belastning på resten av IT-systemet				- Manglende datakvalitet kan hemme uttak av nytteeffekter, men bedre infrastruktur øker datakvaliteten på sikt																										
	- Skytjenester har de senere årene økt i pris og med økt teknologisk utvikling vil også datainfrastrukturen representere en økende kostnad																														
	- En delt sektor – mister gevinsten av stordriftsfordeler innen IT																														

Teknologisk tidslinje
 Datainfrastruktur har utviklet seg voldsomt de senere årene med blant annet raskere prosessorkraft. Datasentre og skytjenester er i dag en vanlig del av IT-systemet. IT utviklingen har flere grener fremover med raskere og kraftigere datakomponenter og på sikt kvantemaskiner, edge og lokal dataprosessering der web 3.0 er en radikal versjon eller mer sentralisering/skytjenester.

Teknologiske eksempler

Implementering i jernbanesektoren
 Skytjenester er i dag implementert i sektoren og en rekke flere tjenester kan vurderes å kobles sammen i skyen. Trolig vil det være et behov for større prosessering av informasjon lokalt og implementering av løsninger for edge computing vil skjer gradvis i sektoren. Kvantemaskiner vil kunne effektivisere behandling i datasentre f.eks. gjennom skytjenester. Web 3.0 er usikkert om blir aktuelt for jernbanesektoren.

→ **Implementeringshorisont Jernbanesektoren**



Fremmere	Behov for å håndtere større datamengder	Flere datadrevne beslutninger	Stadig sterkere og mer avanserte databrikker	Tingenes internett (IoT)
	Større produksjonskapasitet globalt av databrikker	Dyre skyløsninger kan gi overgang mot edge	Hybrid arbeidshverdag	Global konkurranse mellom USA og Kina – driver for raskt utvikling
Hemmere	Oppsplitting av sektoren. Gir større kost per aktør og mindre datadeling	Bekymringer om datasikkerhet	Mangel på felles strategi i sektoren	Stor prisøkning på skytjenester
	Geo-politikk gir økende priser på komponenter	Mange forskjellige løsninger blant aktørene i sektoren	Cybertrussel gir mer kostbare løsninger	

Note: 1) Gaia-X: <https://gaia-x.eu/> 2) Kvantemaskinene vil være svært kostbare og trolig bare tilbys inne skytjenester fra de store it-gigantene i første omgang. Derfor tror vi implementeringen kan gå relativt raskt.

Blokkjedeteknologi



Teknologisk markedsklar	Teknologisk trend	
	Muliggjør	v
2025-2030	Anvendt	

Beskrivelse	<p>Blokkjede er en distribuert og desentralisert digital hovedbok som registrerer transaksjoner over et nettverk av datamaskiner. Hver transaksjon er gruppert i en "blokk", og disse blokkene er koblet sammen i kronologisk rekkefølge, og danner en "kjede". Nøkkelfunksjonene inkluderer åpenhet, sikkerhet gjennom kryptografi, og i mange tilfeller fraværet av en sentral myndighet.</p>						
Relevans og konkrete eksempler	<p>Blokkjede er i dag ingen ny teknologi, men har vært på markedet en god stund. Teknologien er mest kjent gjennom kryptovaluta der den muliggjør eksistensen og operasjonene til kryptovalutaen. Selv med den sentrale posisjonen innenfor kryptovaluta har ikke teknologien evnet å få noe gjennombrudd innen andre bruksområder. Dette har blant enkelte blitt ett argument for at teknologien ikke vil få noen stor utbredelse.</p> <p>Likevel er det flere interessante funksjoner ved teknologien, som også kan vise seg å få betydning i utviklingen av jernbanen i fremtiden. Betydningen av systematisering og oversikt over kjeder av kontrakter og hendelsesforløp kan være nyttig i både gods- og persontrafikken. I likhet med non-fungible tokens (NFTs) kan datainformasjon i sektoren deles og eierskap systematiseres og følges gjennom blokkjeden. Kanskje kan dette utvikle nye måter å dele data på? Og skape forretningsmessige insentiver? Vil blokkjede være en løsning på cybertrussel?</p> <p>Samtidig har blokkjeder flere utfordringer. Eksempelvis: Hvordan kan en statlig tjeneste kunne tillate å sette ut data og dermed eierskap på en desentralisert blokkjede? Det er ikke vanskelig å finne utfordringer ved dette dersom en ulykke skulle oppstå. Med økt geo-politikk har også nasjonalstater fått en styrket posisjon. Hvordan fordelene ved blokkjeder kan møte en mer hierarkisk struktur gjenstår å se. Kanskje vil digitale sentralbankpenger (CBDC) gi oss noen innblikk i et slikt system, der sentraliserte blokkjeder med begrenset eierskap lagres? Imidlertid ser det her ut som mange aktører velger løsninger uten blokkjede-teknologi.</p>						
Mål for transport-sektoren	Usikker	<p>+/- Ettersom det er vanskelig å tydelig se for seg eksakt løsning innen jernbanesektoren er det også vanskelig å vurdere denne opp mot betydning på mål i transportsektoren.</p>					
Betydning og effekt for jernbane	Usikker	Mer for pengene	Usikker	Kapasitet	Usikker	Operasjonell driftsstabilitet	
		<p>+/- Ettersom det er vanskelig å tydelig se for seg eksakt løsning innen jernbanesektoren er det også vanskelig å vurdere denne opp mot betydning på mer for pengene.</p>		<p>+/- Ettersom det er vanskelig å tydelig se for seg eksakt løsning innen jernbanesektoren er det også vanskelig å vurdere denne opp mot betydning for kapasitet.</p>		<p>+/- Ettersom det er vanskelig å tydelig se for seg eksakt løsning innen jernbanesektoren er det også vanskelig å vurdere denne opp mot betydning for operasjonell driftsstabilitet.</p>	

Teknologisk tidslinje

Blokkjeder er en teknologi som har vært på markedet en stund. Foreløpig har den ikke evnet å ta noen tydelig posisjon for tjenester innen jernbanesektoren. Men på sikt kan dette imidlertid endre seg. Det er ikke klart per nå hvilke videre utvikling som vil skje innenfor teknologitrenden. Og vi er ikke kjent med initiativer som tar blokkjede i bruk innen jernbanesektoren.

● Teknologiske eksempler

Implementering i jernbanesektoren

Det er ikke klart per nå hvilke videre utvikling som vil skje innenfor teknologitrenden, eller hvilke implikasjoner det eventuelt vil ha på jernbanesektoren. Per nå er det ingen aksjoner.

→ ● Implementeringshorisont Jernbanesektoren

Fremmere	Digitale verdikjeder og kontrakter gir synergier mot automasjon	Automatiske prosesser uten mellommenn tvinge seg frem? ²	Økende krav om at sensitive data må beskyttes	Suksess med Kryptovaluta
	Automatiske kontrakter er kostnadsbesparende og effektive	Motkraft i kampen mot Bigtech – dataeierskap og dyre skyløsninger	Desentralisering for å beskytte brukere (f.eks. Solid) ¹	Nye forretningsmuligheter
Hemmere	Mange anvendelser av blokkjede er tatt i bruk, men vil de slå an?	Utfordrende å desentralisere i tid med økt geo-politikk	Ingen hylleware – krever store investeringer i «upløyd mark»	Kan kreve mye energi dersom «proof-of-stake» krever mye regning
	Desentralisering kan skape usikkerhet om sikkerhet til informasjon	Kommunikasjons-teknologien innenfor jernbanen må fornyes	Dårlig rykte gjennom useriøse Kryptovalutaspekulanter	Tradisjonelle virksomheter motarbeider utviklingen

Kunstig intelligens (AI)



Teknologisk markedsklar	Teknologisk trend	
	Muliggjør	v
2025-2030	Anvendt	

Beskrivelse	Teknologi som evner å lære av egne erfaringer og løse komplekse problemer i ulike situasjoner og miljøer. AI er et bredt emne og refererer til muligheten til å innhente verdifull innsikt fra stadig større datamengder raskt og effektivt gjennom teknologier som maskinlæring (ML), computer vision (visuell maskinlæring) og naturlig språkbehandling (NLP). Anvendelse av AI muliggjør automatisering av produksjons- og beslutningsprosesser i alle typer bransjer.
Relevans og konkrete eksempler	<p>Gjennom anvendelse av avansert sensor- og monitorering-teknologi får jernbanesektoren tilgang til stadig mer omfattende datasett som dekker mange egenskaper på tvers av jernbanesystemet. Investering i kommunikasjonssystemer, utbredelsen av IoT og tilgang til anonymiserte metadata fra kommunikasjon vil være viktige elementer for å realisere de mulighetene som ligger i bruk av kunstig intelligens. Kunstig intelligens er en muliggjørende teknologi og et premiss for å utnytte potensialet innen automatisering innen planlegging, drift, vedlikehold og styring i jernbanesektoren.</p> <p>Kunstig intelligens kan anvendes til alt fra å hente ut informasjon fra et datasett til å få ansvar for styringen av en hel operasjon eller beslutningsprosess. Utviklingen innen generativ AI beskrives som et vippepunkt for innvirkningen av AI på samfunnet, og viser hvordan AI kan skape nytt ustrukturert innhold som tekst, video, kode og andre «ferdig produkter» basert på informasjon lært fra lignende formater av ustrukturert data. General AI (GAI) representerer den utvidet ideen av AI der maskiner innehar menneskehjernens kognitive egenskaper. Det er knyttet stor usikkerhet både når vi kan nærmer oss denne formen for kunstig intelligens og hvilke konsekvenser det vil få for samfunnet.</p> <p>Etter som AI-teknologien avanserer øker også potensialet for misbruk. Bruk av AI reiser også vanskelige spørsmål knyttet til etikk, datasikkerhet, personvern. Hva skjer når autonome systemer tar egne beslutninger som vi ikke er enige i og som i verste fall fører til skade? Reguleringer for anvendelse av AI er svært komplekst. Bruken av AI i EU vil bli regulert gjennom en ny forordning, som blir verdens første omfattende AI-lovgivning.</p>
Mål for transport-sektoren	<p>Positiv</p> <ul style="list-style-type: none"> + AI kan bidra til økt sikkerhet gjennom forbedret overvåkning, automatiserte trusselanalyser og anvendelse av maskinlæring for løpende læring om trusselbildet adaptiv adferd. - AI kan også utnyttes til mer sofistikerte former for dataangrep, gjøre systemer sårbare for manipulasjon og kan utfordre personvernet ved innsamling av store mengder data. +/- AI kan forbedre datakvalitet og fylle inn mangler i datasett, men på samme tid blir ikke AI bedre enn de data den trenes på.
Betydning og effekt for jernbane	<p>Positiv</p> <p>Mer for pengene</p> <ul style="list-style-type: none"> + AI har et stort potensial for å effektivisere og automatisere operasjoner og beslutningsprosesser innenfor alle deler av jernbanesektoren - Organisasjonelle, tekniske, etiske og regulatoriske problemstillinger må adresseres og løses før det virkelig store gevinstpotensialet ved bruk av AI kan realiseres <p>Positiv</p> <p>Kapasitet</p> <ul style="list-style-type: none"> + AI representerer muliggjørende teknologi for å øke kapasiteten i jernbaneinfrastrukturen gjennom rask og effektiv innhenting av innsikt. Innsikten vil kunne benyttes til å optimalisere og automatisere både trafikkplanlegging, drift, togfremføring, vedlikehold og andre prosesser som direkte eller indirekte påvirker kapasiteten. <p>Usikker</p> <p>Operasjonell driftsstabilitet</p> <ul style="list-style-type: none"> + AI representerer muliggjørende teknologi som kan forbedre operasjonell driftsstabilitet gjennom eksempelvis sanntidsovervåking og respons, feilregistrering og diagnostikk, monitorering av været og feedback om nødvendige tiltak i sanntid. - Bruk av AI kan også øke sårbarhet og risiko for misbruk

Teknologisk tidslinje
Anvendelse av kunstig intelligens er under kraftig utbredelse. McKinsey¹ viser til at andelen selskaper som har implementert AI i sin virksomhet har mer enn doblet seg siden 2017, med en andel i dag på 50-60 %. Selskapene som har implementert AI har imidlertid økt utnyttelsesområdene og bruken av teknologi som NLP og visuell maskinlæring betydelig innenfor sine virksomheter.

Teknologiske eksempler

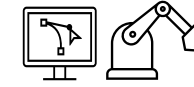
Implementering i jernbanesektoren
AI har hatt sitt inntog i samfunnet og befolkningens bevissthet gjennom Chat GDP. Samfunnets evne til å regulere anvendelse av AI, opp mot kommersielle interesser, vil være avgjørende hvordan den teknologiske utvikling innen automatisering vil se ut de nærmeste tiårene. For jernbanesektoren er anvendelse av kunstig intelligens et premiss for å kunne utnytte potensiale innen automatisering og autonomi.

→ **Implementeringshorisont Jernbanesektoren**

Fremmere	Økende bevissthet om AI i befolkningen	Høy implementeringstakt i alle bransjer	Økende datatilgang fra sensorer m.v	Tingenes internett (IoT)
Hemmere	Utvikling av metadata (Europes Rail)	Systemer for økt konnektivitet som 5G, FRMCS	Store investeringer og push fra Big tech selskaper	Krever ny kunnskap og ferdigheter
Hemmere	Implementering av lover og reguleringer for bruk av AI	AI blir ikke bedre enn dataene den trenes på	Bekymring for personvern og datasikkerhet	Krever ny kunnskap og ferdigheter
Hemmere	Oppsplitting av sektoren. Gir større kost per aktør og mindre datadeling	Interoperabilitet mellom systemer (skalbarhet)	Manglende standardisering av metadata	Frykt for å miste kontroll over beslutningsprosesser

Note: 1) Den årlig McKinsey rapporten (McKinsey global survey of the state of AI) viser at av organisasjonene som responderte på undersøkelsen har andelen som har implementert AI i sin virksomhet økt fra 20 prosent i 2017 til 50 prosent i 2022.

Automatisering i drift og vedlikehold



Teknologisk markedsklar	Teknologisk trend	
	Muliggjør	
2025-2030	Anvendt	v

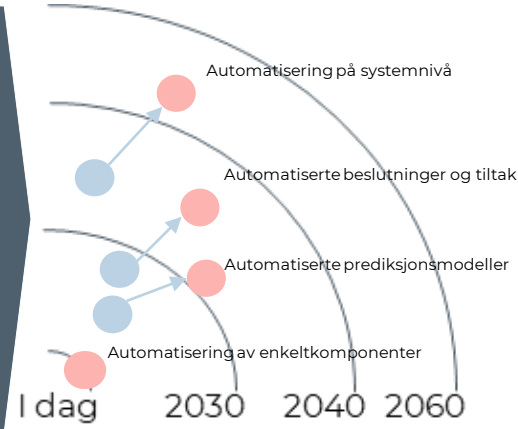
Beskrivelse	Refererer til bruk av teknologiske løsninger for automatisering og optimalisering av prosesser knyttet til drift og vedlikehold av eiendeler. Økt datatilgang, gjør det mulig å tenke fundamentalt annerledes rundt hvordan en organisasjon forvalter sine eiendeler, og hvilke roller menneskene i organisasjonen fyller. Automasjon av både planlegging og gjennomføring av drifts- og vedlikeholdsoppgaver er under rask utvikling i alle typer bransjer.						
Relevans og konkrete eksempler	<p>Siden jernbanesektoren er en kapitalintensiv bransje med mange og verdifulle eiendeler (assets), er potensialet for kostnadsuttak og forbedringer på dette området enormt. Teknologisk utvikling innen overvåking og monitorering gjør det mulig å samle inn presise data om eiendelens ytelse og tilstand på komponentnivå. I kombinasjon med økt datakraft og anvendelse av teknologier som maskinlæring og AI kan vedlikeholdsbehov på makro og mikronivå predikeres kontinuerlig basert på informasjon om enkeltkomponentens tilstand i sanntid. Informasjon om hver enkelt komponent og dens rolle og verdi for systemet gjør det mulig å kontinuerlig optimalisere og effektivisere vedlikeholdsplaner fra et systemperspektiv og integrere informasjonen i drifts- og styringssystemer.</p> <p>Gjennomføring av vedlikehold som utskifting av deler, lakkering, sliping og renhold overføres i økende grad fra mennesker til roboter og automatiserte prosesser i mange bransjer. Standardisering av porteføljen av eiendeler senker barrieren for å hente ut gevinster ved automatisering.</p> <p>Automatisering av operasjoner på havner, sidespor og terminaler skaper potensial for store gevinster for godstrafikken, og kan bidra til reduksjoner i kostnader for hele verdikjeden. I dag testes semiautomatiserte kraner på Alnabru som et ledd i å gjøre terminaloperasjonene mer effektive. DAC - og dets datanettverk muliggjør montering av sensorer på godsvognene for kontinuerlig overvåking av kritiske funksjoner/komponenter. Implementering av automatiserte systemer krever nøye planlegging, testing og overvåking for å minimere risikoene for at feil fører til alvorlige hendelser.</p>						
Mål for transportsektoren	<p>Positiv</p> <ul style="list-style-type: none"> + Betydelig potensial for å øke operasjonell effektivitet som igjen vil gi mer fornøyde passasjerer - Automatisering av oppgaver og beslutningsprosesser innebærer ofte samspill mellom mennesker og maskiner på nye måter. Dette kan medføre en sikkerhetsrisiko, spesielt i en overgangsfase. Mennesker kan bli kritiske og man må planlegge svært nøye for at ikke kunnskap om systemer skal gå tapt. 						
Betydning og effekt for jernbane	<table border="1"> <tr> <td>Positiv</td> <td> <p>Mer for pengene</p> <ul style="list-style-type: none"> + Stort potensial for reduserte kostnader gjennom overføring av driftsoppgaver fra mennesker til maskiner + Besparelser gjennom optimalisering av drifts- og vedlikehold fra et systemperspektiv - Krever investering i teknologi og ny kompetanse - Kompleks innfasing, krever endringer i både arbeidsoppgaver og tankesett </td> <td>Positiv</td> <td> <p>Kapasitet</p> <ul style="list-style-type: none"> + Forlenget levetiden på infrastruktur og kjøretøy og redusere sannsynligheten for feil og driftstans + Begrense nedetid som følge av både planlagt vedlikehold og infrastruktur </td> <td>Positiv</td> <td> <p>Operasjonell driftsstabilitet</p> <ul style="list-style-type: none"> + Gir mulighet for automatisert og smart drift og forvaltning av eiendeler, noe som kan resultere i økt pålitelighet, reduserte forsinkelser og bedre generell produktivitet i sektoren + Automatisert prediktivt vedlikeholdssystem muliggjør rask respons og håndtering av problemer før de utvikler seg til alvorlige hendelser - Færre mennesker som kan et fag vil gjøre systemet mer sårbart. </td> </tr> </table>	Positiv	<p>Mer for pengene</p> <ul style="list-style-type: none"> + Stort potensial for reduserte kostnader gjennom overføring av driftsoppgaver fra mennesker til maskiner + Besparelser gjennom optimalisering av drifts- og vedlikehold fra et systemperspektiv - Krever investering i teknologi og ny kompetanse - Kompleks innfasing, krever endringer i både arbeidsoppgaver og tankesett 	Positiv	<p>Kapasitet</p> <ul style="list-style-type: none"> + Forlenget levetiden på infrastruktur og kjøretøy og redusere sannsynligheten for feil og driftstans + Begrense nedetid som følge av både planlagt vedlikehold og infrastruktur 	Positiv	<p>Operasjonell driftsstabilitet</p> <ul style="list-style-type: none"> + Gir mulighet for automatisert og smart drift og forvaltning av eiendeler, noe som kan resultere i økt pålitelighet, reduserte forsinkelser og bedre generell produktivitet i sektoren + Automatisert prediktivt vedlikeholdssystem muliggjør rask respons og håndtering av problemer før de utvikler seg til alvorlige hendelser - Færre mennesker som kan et fag vil gjøre systemet mer sårbart.
Positiv	<p>Mer for pengene</p> <ul style="list-style-type: none"> + Stort potensial for reduserte kostnader gjennom overføring av driftsoppgaver fra mennesker til maskiner + Besparelser gjennom optimalisering av drifts- og vedlikehold fra et systemperspektiv - Krever investering i teknologi og ny kompetanse - Kompleks innfasing, krever endringer i både arbeidsoppgaver og tankesett 	Positiv	<p>Kapasitet</p> <ul style="list-style-type: none"> + Forlenget levetiden på infrastruktur og kjøretøy og redusere sannsynligheten for feil og driftstans + Begrense nedetid som følge av både planlagt vedlikehold og infrastruktur 	Positiv	<p>Operasjonell driftsstabilitet</p> <ul style="list-style-type: none"> + Gir mulighet for automatisert og smart drift og forvaltning av eiendeler, noe som kan resultere i økt pålitelighet, reduserte forsinkelser og bedre generell produktivitet i sektoren + Automatisert prediktivt vedlikeholdssystem muliggjør rask respons og håndtering av problemer før de utvikler seg til alvorlige hendelser - Færre mennesker som kan et fag vil gjøre systemet mer sårbart. 		

Teknologisk tidslinje
 Sensorer og monitoreringsteknologi, kunstig intelligens, økt datakraft og beslutningsstøtte er under rask utvikling. Mange bransjer implementerer muliggjørende teknologi og endrer tankesett rundt forvaltning av eiendeler. Overlating av beslutninger og gjennomføring fra mennesker til maskiner på et systemnivå krever sammenkoblede systemer med høy kompleksitet.

Teknologiske eksempler

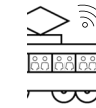
Implementering i jernbanesektoren
 Automatisering av drift- og vedlikehold har en svært stor potensiell verdi for jernbanen. Automatisering krever tilgang til data og informasjon om eiendeler med et høyt presisjonsnivå, endringer i arbeidsmetoder og forskrifter, og grundig testing og utprøving av systemer før de implementeres i daglig drift. Dette er barrierer som vil kunne begrense omfanget av automatiseringen på kort og mellomlang sikt.

→ ● Implementeringshorisont Jernbanesektoren



Fremmere	Kapitalintensiv bransje – stort potensiale	Anvendelse av kunstig intelligens	Roboter og droner i rask utvikling	Økt datakraft, skyløsninger og edge computing
	Alternativ i tid ved mangel på arbeidskraft	Tingenes Internett (IoT)	Forbedret sensor- lidar- og radarteologi	DAC - økt monitorering og datatilgang i godstransport
Hemmere	Betydelige investeringskostnader	Bekymringer om datasikkerhet	Ulike behov hos ulike aktører i sektoren	Gjeldene regelverk for tidsbestemt vedlikehold
	Krever ny kunnskap og ferdigheter	Interoperabilitet mellom systemer (skalbarhet)	Oppløst usikkerhet hos ansatte og kunder	Kunnskaps- og datadeling i sektoren

ATO (Automatisk togfremføring)



Teknologisk markedsklar	Teknologisk trend	
	Muliggjør	
2025-2030	Anvendt	v

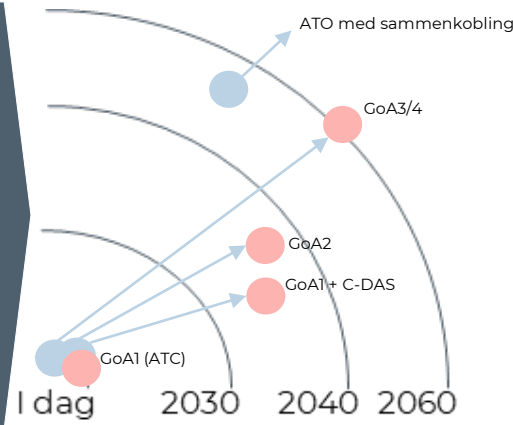
Beskrivelse	Beskriver en fremføringsmåte der datamaskiner erstatter førers oppgaver helt eller delvis. Sensorer og algoritmer benyttes for å kjøre tog automatisk og optimalisert, basert på sanntidsinformasjon fra blant annet trafikkstyringssystemer. ATO kan implementeres på ulike nivåer (Grade of Automation 1-4) med ulik grad av erstatning av førerens oppgaver og funksjoner. Det mest avanserte nivået (GoA 4) innebærer at tog kjøres uten fysisk fører ombord i tog.
Relevans og konkrete eksempler	<p>Automatisering inngår i en naturlig teknologisk videreutvikling av all transport fra privatbiler og lastebiler til kollektive transportmidler som trikk, metro og jernbane. Lukkede metrosystemer rundt om i verden kjører i økende grad allerede helt uten fører om bord (GoA4). Graden av automasjon i tradisjonelle jernbanesystemer med blandet trafikk er også økende med implementering av moderne signal-, sensor- og kommunikasjonssystemer, men teknologi brukes i mindre grad til å erstatte førerens funksjoner på jernbanen enn i metrosystemer.</p> <p>Danmarks S-bane skal frem mot 2037 omlegges fra en tradisjonell by-bane til et fullautomatisert førerløst transportsystem. Den pågående innføring av ERTMS på det norske jernbanenettet åpner et mulighetsrom for innføring av ulike nivåer av automasjon i togfremføring i Norge. Thameslink i London benytter ERTMS og ATO (GoA2) og er på flere måter sammenlignbart med trafikkmønstret rundt Oslo, med blandet trafikk av forskjellige kjøretøytyper, både gods og passasjertrafikk. ERTMS og ATO GoA2 sørger for robusthet i en ruteplan med opp mot 24 tog i timen pr. retning.</p> <p>Automatisering av togfremføringen krever teknologi for deteksjon av hindringer i sporet, posisjonsdeteksjonssystemer (ERTMS ev. supplerende systemer), trafikkstyringssystem, sensorer for å ivareta sikkerhet og sikt, med mer. Teknologibehovet avhenger av graden av automasjon, og av andre forhold, som ERTMS-nivå. Kombinasjonen av ATO og ASO (Automatic Shunting) vil kunne automatisere og effektivisere hele verdikjeden, inkludert laste- losseprosesser på terminaler og sidespor.</p>
Mål for transportsektoren	<p>Positiv</p> <ul style="list-style-type: none"> + Mer fornøyde passasjerer gjennom noe økt punktlighet og en mer behagelig kjøreopplevelse +/- Opplevd sikkerhet blant kunder og personale er en viktig forutsetning + Potensial for å øke operasjonell effektivitet, redusere driftskostnader gjennom optimalisert energiforbruk og mannskapsbehov
Betydning og effekt for jernbane	<p>Positiv</p> <p>Mer for pengene</p> <ul style="list-style-type: none"> + Reduserte energibruk og reduserte kostnader til lokfører (moderat besparelse sammenlignet med annen automatisering inne jernbane) + C-DAS (connected driver advisory system) automatiserer informasjon til fører, og er samfunnsøkonomisk lønnsomt (KVU ATO) - Realisering av gevinster ved automasjon krever koordinerte investeringer i systemer og teknologier. Det foreligger per i dag ingen helhetlig strategi, noe som øker risikoen for feilinvesteringer. <p>Positiv</p> <p>Kapasitet</p> <ul style="list-style-type: none"> + Optimaliserer akselerasjon-, hastighet- og bremseprofiler gir mer homogen togfremføring, og gir noe reduksjon av teknisk togfølgetid, større potensiale i kombinasjon med ERTMS level 3 (flytende blokk) + Potensielt noe reduserte oppholdstider på stasjoner +/-Gevinstpotensialet er størst for tett trafikkerte linjer med homogen trafikk <p>Positiv</p> <p>Operasjonell driftsstabilitet</p> <ul style="list-style-type: none"> + Økt punktlighet gjennom optimaliserte akselerasjons-, hastighets- og bremseprofiler + Mer homogen kjøring (færre manuelle operasjoner) + Direkte kobling mellom kjøretøy og trafikkstyringssystemet kan gjøre det lettere å styre trafikken og gjenopprette punktlighet i avvikssituasjoner - Øker risikoen for cyberangrep og dermed stabiliteten

Teknologisk tidslinje
Skinnegående transport kjøres førerløst i dag, noe som betyr at mye av den nødvendige teknologien er tilgjengelig allerede i dag. Persepsjonssystemer som utnytter kamera-, radar-, og lidar-teknologi er under rask utvikling. Teknologier som AI og maskinlæring vil åpne mulighetsrommet for blant annet autonom fremføring med sammenkobling til resten av transportsystemet.

Teknologiske eksempler

Implementering i jernbanesektoren
Jernbanestrekninger med ATC opereres med fører støtte tilsvarende GoA1 allerede i dag. I motsetning til en metro opererer jernbanen i et åpent system, med stor geografisk utstrekning, ulike togtyper og varierende infrastruktur. Denne kompleksiteten gjør at implementering av førerløse systemer (GoA3/GoA4) ligger relativt lang frem i tid, og vil trolig prioriteres først på de tetteste trafikkerte banestrekningene.

→ ● Implementeringshorisont Jernbanesektoren



Fremmere	Teknologi er testet og implementert (metro)	Anvendelse av kunstig intelligens	C-DAS blir i økende grad standard	EU Regulatory Framework and Industry Standards
	Forbedret sensor- og radarteknologi	Tingenes Internett (IoT)	Systemer for økt konnektivitet som 5G, FRMCS	Implementering av ERTMS
Hemmere	Betydelige investeringskostnader	Bekymringer for datasikkerhet	Motstand fra interesseorganisasjoner	Opplevd usikkerhet hos kunden
	Datadeling i sektoren	Interoperabilitet mellom systemer (skalbarhet)	Krever ny kunnskap og ferdigheter	Variierende infrastruktur og omgivelser

Roboter og droner



Teknologisk markedsklar	Teknologisk trend	
	Muliggjør	
2025-2030	Anvendt	v

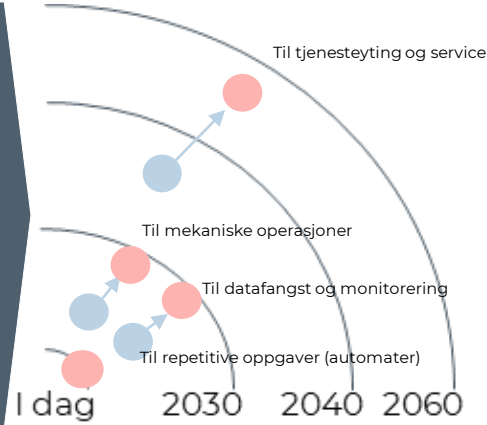
Beskrivelse	Roboter og droner er autonome eller semiautonome maskiner som kan gjennomføre et bredt spekter av mer eller mindre repetitive oppgaver. De er gjerne utstyrt med sofistikert programvare, kommunikasjonsteknologi, sensorer for datainnhenting og i økende grad AI for autonomi, beslutningstaking og tilpasningsevne. Droner er tilpasset oppgaver innen luftovervåking, fotografering, inspeksjon og levering.						
Relevans og konkrete eksempler	<p>Roboter og droner er i ferd med å spille en stadig større rolle i jernbanesektoren som i andre sektorer. Billettautomatene eller kioskaautomatene på togstasjonene er et eksempel på en enkel robot som allerede har vært i bruk i lang tid. Roboter utstyrt med avansert programvare, kommunikasjonsteknologi og AI er imidlertid i stand til å gjennomføre langt mer komplekse oppgaver, og har høy relevans for hele verdikjeden fra prosjektering og konstruksjon på byggeplass, til daglig drift og sektorstyring. Mer avanserte roboter gjør at disse i fremtiden kan brukes som togverter på togene, til hjelp med bagasje eller som informasjon- og servicemedarbeidere ved eksempelvis avvik i trafikken – alle tjenester som vil kunne bedre kundeopplevelsen. Bruk av droner til monitorering og datainnhenting er et eksempel på et område der den teknologiske utviklingen har gått svært fort de seneste årene.</p> <p>Droner og inspeksjonsroboter gjør det mulig å samle inn detaljert og presis informasjon om jernbaneinfrastrukturen og dens omgivelser og å overvåke byggeplasser og trafikk. Droner gir også adgang til områder som ellers er vanskelig tilgjengelige av sikkerhetsmessige eller andre årsaker. Dronene og robotene vil være i stand til å produsere ferdige analyser, rapporter og anbefalinger.</p> <p>Det finnes mange eksempler på oppstartsselskaper som er i ferd med å utvikle droner og roboter for inspeksjon av infrastruktur, topografiske undersøkelser, tekniske tilstands vurderinger, 3D CAD modeller, BIM modeller og etablering av grunnlag for virtuelle virkeligheter. Eksempler: Railway Robotics (Norge), UFLYSys (Italia), Scanbots (Polen), Unmanned Aerial Technology (England) og TerraDrone (Australia).</p>						
Mål for transport-sektoren	<p>Positiv</p> <ul style="list-style-type: none"> + Kan bidra til å styrke kundeopplevelsen, eksempelvis gjennom droner og roboter som bistår i overgang mellom transportmidler (bagasje, informasjon osv.) eller som er kundevertter om bord på togene. - Sikkerhet er en nøkkelfaktor i overføring oppgaver fra mennesker til droner og roboter. Bruk av roboter og droner krever høy tillit til at både menneskelig sikkerhet og datasikkerhet er ivarettatt på forsvarlig vis. 						
Betydning og effekt for jernbane	<table border="1"> <tr> <td>Positiv</td> <td> <p>Mer for pengene</p> <ul style="list-style-type: none"> + Avanserte droner kan gi sektoren tilgang til verdifull data og innsikt for en mer effektiv daglig drift og langsiktig sektorstyring. Mange typer oppgaver vil over tid kunne overføres fra mennesker til autonome eller semiautonome roboter. -Realisering av gevinster krever investering i teknologi, en helhetlig plan for anvendelse og ikke minst investering i kompetanse og opplæring. </td> <td>Positiv</td> <td> <p>Kapasitet</p> <ul style="list-style-type: none"> +Roboter og droner kan påvirke kapasitet gjennom å forenkle og automatisere vedlikehold og arbeid på sporene, automatisere terminaloperasjoner for gods, og automatisere stasjonsoperasjoner for persontog (kundeinformasjon, renhold m.v) +Roboter og droner kan bidra i større grad til overvåking og vedlikehold, både i verksted (rullende materiell) og over hele infrastruktur (bruer, tunneler, bergskjærer, osv.) </td> <td>Positiv</td> <td> <p>Operasjonell driftsstabilitet</p> <ul style="list-style-type: none"> + Betydningen avhenger av graden av hvor mange og hvor komplekse oppgaver som overføres fra mennesker til maskiner. Høy grad av automatisk monitorering og håndtering av situasjoner i sanntid kan potensielt øke driftsstabiliteten betraktelig. - Samtidig kan automatisering gjøre systemet sårbart og feil vanskeligere å ettergå. Færre mennesker som kan et fag vil gjøre systemet mer sårbart. </td> </tr> </table>	Positiv	<p>Mer for pengene</p> <ul style="list-style-type: none"> + Avanserte droner kan gi sektoren tilgang til verdifull data og innsikt for en mer effektiv daglig drift og langsiktig sektorstyring. Mange typer oppgaver vil over tid kunne overføres fra mennesker til autonome eller semiautonome roboter. -Realisering av gevinster krever investering i teknologi, en helhetlig plan for anvendelse og ikke minst investering i kompetanse og opplæring. 	Positiv	<p>Kapasitet</p> <ul style="list-style-type: none"> +Roboter og droner kan påvirke kapasitet gjennom å forenkle og automatisere vedlikehold og arbeid på sporene, automatisere terminaloperasjoner for gods, og automatisere stasjonsoperasjoner for persontog (kundeinformasjon, renhold m.v) +Roboter og droner kan bidra i større grad til overvåking og vedlikehold, både i verksted (rullende materiell) og over hele infrastruktur (bruer, tunneler, bergskjærer, osv.) 	Positiv	<p>Operasjonell driftsstabilitet</p> <ul style="list-style-type: none"> + Betydningen avhenger av graden av hvor mange og hvor komplekse oppgaver som overføres fra mennesker til maskiner. Høy grad av automatisk monitorering og håndtering av situasjoner i sanntid kan potensielt øke driftsstabiliteten betraktelig. - Samtidig kan automatisering gjøre systemet sårbart og feil vanskeligere å ettergå. Færre mennesker som kan et fag vil gjøre systemet mer sårbart.
Positiv	<p>Mer for pengene</p> <ul style="list-style-type: none"> + Avanserte droner kan gi sektoren tilgang til verdifull data og innsikt for en mer effektiv daglig drift og langsiktig sektorstyring. Mange typer oppgaver vil over tid kunne overføres fra mennesker til autonome eller semiautonome roboter. -Realisering av gevinster krever investering i teknologi, en helhetlig plan for anvendelse og ikke minst investering i kompetanse og opplæring. 	Positiv	<p>Kapasitet</p> <ul style="list-style-type: none"> +Roboter og droner kan påvirke kapasitet gjennom å forenkle og automatisere vedlikehold og arbeid på sporene, automatisere terminaloperasjoner for gods, og automatisere stasjonsoperasjoner for persontog (kundeinformasjon, renhold m.v) +Roboter og droner kan bidra i større grad til overvåking og vedlikehold, både i verksted (rullende materiell) og over hele infrastruktur (bruer, tunneler, bergskjærer, osv.) 	Positiv	<p>Operasjonell driftsstabilitet</p> <ul style="list-style-type: none"> + Betydningen avhenger av graden av hvor mange og hvor komplekse oppgaver som overføres fra mennesker til maskiner. Høy grad av automatisk monitorering og håndtering av situasjoner i sanntid kan potensielt øke driftsstabiliteten betraktelig. - Samtidig kan automatisering gjøre systemet sårbart og feil vanskeligere å ettergå. Færre mennesker som kan et fag vil gjøre systemet mer sårbart. 		

Teknologisk tidslinje
 Utviklingen av roboter og droner knytter seg primært til hvilke applikasjoner de utstyres med (programvare, sensor- og kommunikasjonsteknologi, energikilder og applikasjoner for AI). Mens teknologi for monitorering og mekaniske operasjoner i stor grad er på markedet, vil evnen til å tolke omgivelser og yte service basert på dette krever sammenkobling og anvendelse mer umoden teknologi (AI).

Teknologiske eksempler

Implementering i jernbanesektoren
 Viljen til å investere i blant annet droner viser at troen på teknologien er sterk i markedet. Batterier og andre sentrale komponenter er blitt betydelig bedre og rimeligere, noe som vil øke kvalitet og driftstid. Dette er faktorer som kan akselerere implementeringstakten. Utviklingen av smarte, autonome tilkoblede droner og roboter ligger imidlertid betydelig lenger fremme i tid.

→ ● Implementeringshorisont Jernbanesektoren



Fremmere	Muliggjørende teknologi blir billigere	Anvendelse av kunstig intelligens	Tingenes Internett (IoT)	Forbedret sensor- lidar- og radarteknologi
	Alternativ i tid ved mangel på arbeidskraft	Muliggjøres av økt datakraft, cloud og edge computing	Bedre batterier gir lengre rekkevidde/driftstid	Synergier mot forsvarsindustrien
Hemmere	Bekymring for sikkerhet i samspill menneske maskin (kort sikt)	Bekymringer om datasikkerhet - cybersårbarhet	Interoperabilitet mellom systemer kan svikte	Krever ny kunnskap og ferdigheter
	Oppsplitting av sektoren. Gir større kost per aktør og mindre datadeling	Mangel på standardisering	Skalerbarhet	



Moderne modulariserte byggemetoder (MMC)



Teknologisk markedsklar	Teknologisk trend	
	Muliggjør	
2025-2030	Anvendt	v

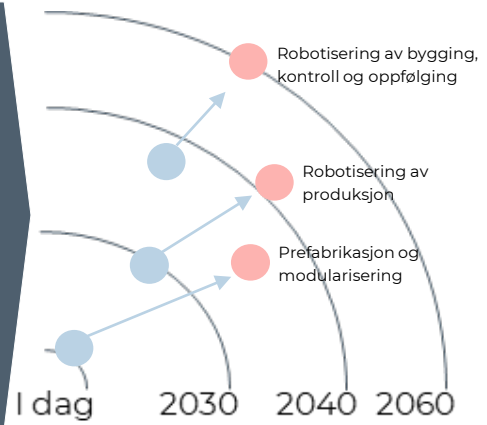
Beskrivelse	<p>Volumetrisk prefabrikasjon innebærer produksjon av komplette, ferdige moduler eller enheter i en fabrikk. Kit-a-part prefabrikasjon innebærer produksjon av mindre, individuelle komponenter som transporteres til byggeplassen og monteres der. Begge tilnærningene til prefabrikasjon kan redusere byggetider, minimere avfall og redusere kompleksiteten på bygninger gjennom fleksible, modulbaserte løsninger. Modularisert prefabrikering og konstruksjon muliggjør robotisering.</p>		
Relevans og konkrete eksempler	<p>Øktende bruk av automatiserte systemer og roboter har ført til en vekst innen prefabrikasjon og modulær konstruksjon. Dette gir fleksible, prefabrickerte, modulbaserte løsninger med stor skalerbarhet og lik standard.</p> <p>Slike løsninger vil kunne tenkes innen alt fra toaletter til bruelementer. Ved å redusere «sortementet» av forskjellige løsninger og standarder, men heller øke volumet per «sort» vil produksjonskostnadene reduseres betydelig. Med prefabrickerte produkter som kan håndteres av roboter (etter hvert også på byggeplass) vil dette gi store tidsbesparelser og skalafordeler. Underveis og etter utbygging vil det også være enklere for droner og roboter å gjøre befaringer på byggeplasser og sjekke om arbeidet følger de digitale modellene. Dermed vil bruken av blant annet BIM og digitale tvillinger få økt verdi. Som en del av MMC kan en også se for seg løsninger der 3D-printing av komponenter on-site blir fordelaktig.</p> <p>Teknologien gir økt mulighet for gjenbruk og levetidsoptimalisering. Eksempelvis kan togsett med behov for mid-lift upgrader lettere få tak i nye deler og disse kan i enkelte tilfeller også i større grad gjenbrukes. Selv om ikke norsk jernbanesektor alene kan sette rammene for modulariserte byggemetoder innenfor den Europeisk jernbanen, gir innkjøpsmakten store muligheter til å påvirke innenfor en kapitalintensiv sektor. MMC vil være en ny måte å bygge jernbane på i Europa som vil øke fokuset på produktivitetsvekst innen sektoren og dermed kunne bygge en mer konkurransedyktig sektor for fremtiden og nye investeringer. I motsatt fall kan modulariserte byggemetoder være en ulempe dersom de er tilpasset et spesielt formål eller ikke fungerer i henhold til nasjonalt/lokalt regelverk eller lignende.</p>		
Mål for transport-sektoren	Positiv	<ul style="list-style-type: none"> + Vil øke produktivitet og gi mer verdi for pengene + Sikkerhet på byggeplass vil forbedres + Kan bidra til reduserte klimautslipp ved å redusere indirekte utslipp knyttet til produksjon av materialer til bruk i byggefase (som ofte er 2-3 ganger høyere enn de direkte utslippene) 	
Betydning og effekt for jernbane	Positiv	Mer for pengene	Usikker
		<ul style="list-style-type: none"> + Svært store besparelser gjennom raskere produksjonsprosesser, effektiv materialbruk, standardisering av komponenter og stordriftsfordeler i produksjon, utbygging og kontroll. + Bedre sammenheng på tvers av jernbanesystemer vil føre til mindre kompleksitet i alle prosesser. - Kan kreve store investeringer å etablere overgangen til MMC for jernbanesektoren 	<ul style="list-style-type: none"> +/- Kapasiteten vil muligens økes gjennom flere standardiserte komponenter som kan forenkle trafikkflyten i systemet.

Teknologisk tidslinje
 Prefabrikasjon og modularisering er teknologi som er tilgjengelig i dag og allerede benyttes i mange andre sektorer med IKEA, LEGO og biler som gode eksempler. Fremover vil også robotisering av samfunnet i større grad gjøre seg gjeldende og da vil tilpasning av komponenter og produkter være viktig for å kunne høste produktivetsgevinstene av denne teknologien.

Teknologiske eksempler

Implementering i jernbanesektoren
 Prefabrikasjon og modularisering har vært på markedet i mange år, men trenden har ikke nådd jernbanen enda. Trolig krever det tydelig fokus og stor innsats for å få til denne nye retningen innen sektoren. Når prosesser og produksjon er tilpasset et mer robotisert produksjonsverdikjede vil gevinstene av dette være store. Da vil det også være relativt enkelt å implementere de mer avanserte formene for teknologien.

→ ● Implementeringshorisont Jernbanesektoren



Fremmere	Robotisering av samfunnet	Økt fokus på ombruk og gjenbruk	Billigere roboter og droner	Ønske om mindre materialsvinn
	Digitalisering av sektoren	Forbedring av AI	Alternativ i tid ved mangel på arbeidskraft	Digitale tvillinger muliggjør
Hemmere	Krever mye koordinering på tvers i Europa	Kultur om å bevare det gamle	Interesseorganisasjoner kan bremse	Opplevd usikkerhet hos kunden
	Lowverk i EU	For å oppnå full effekt med robotisering krever en del teknologi	Ønsker om «signalbygg» og spesialiserte løsninger fra flere aktører	Mangel på standardisering (skalerbarhet)
		Kapasitet	Operasjonell driftsstabilitet	
		Usikker	Usikker	
			<p>+ Den operasjonelle driftsstabiliteten vil kunne økes gjennom flere standardiserte komponenter som kan forenkle trafikkflyten i systemet. Gjennom færre komponenter vil kompleksiteten i grensesnitt reduseres betydelig og dermed redusere sannsynligheten for feil, og tiden det tar å rette feil vil også gå ned. Det vil også være enklere for automatiserte prosesser å rette feilene som oppstår.</p>	

Nye energibærere og drivstoffteknologier



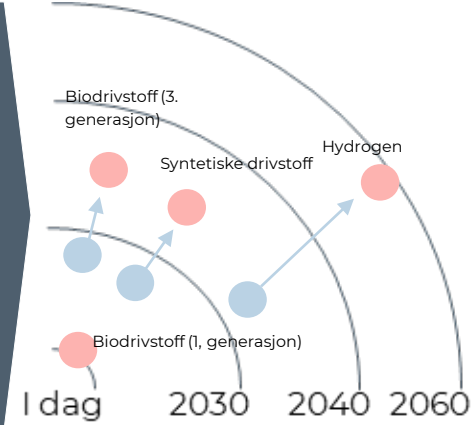
Teknologisk markedsklar	Teknologisk trend	
	Muliggjør	
2025-2030	Anvendt	v

Beskrivelse	Som følge av behovet for å finne alternativer til fossile drivstoff som løsning på klimaproblemet, pågår det utvikling av en rekke nye typer energibærere. Flere ulike teknologier er under utvikling. De viktigste blant disse er utviklingen av <i>biodrivstoff</i> (bioalkoholer, biodiesel og andre fettbaserte biodrivstoff, biogass m.m.), <i>hydrogen</i> (ren eller i blandinger som f.eks. ammoniakk), og <i>syntetiske drivstoff</i> . Batterier beskrives som egen trend.
Relevans og konkrete eksempler	Nye energibærere og drivstoffteknologier er relevante for omstilling av jernbanen til lavutslippssamfunnet. De er spesielt relevante for applikasjoner der batterier ikke er en egnet løsning, f.eks. som følge av svært høyt energiforbruk, inkludert enkelte arbeidsmaskiner på jernbanen, anleggsarbeid, eller kjøleaggregat på lastbærere m.m. De kan også være aktuelle i en overgangsfase til det kommer batterier med høyere energitetthet på markedet eller egnede lademuligheter lokalt. <i>Biodrivstoff</i> er drivstoff som har sin opprinnelse i biologisk materiale. Konvensjonelle biodrivstoff fremstilles av råstoff til mat eller dyrefôr. Avanserte biodrivstoff framstilles primært av rester, avfall og andre råstoff. For jernbanen er det spesielt nye biodrivstofftyper som kan brukes i eksisterende (eller tilpassede) dieselmotorer som er aktuelle, blant annet avanserte biodieseltypen slik som HVO (hydrogenisert vegetabilisk olje). Det er teknisk mulig å anvende biogass på jernbanen, men det har vært svært lite satsning på dette i Europa, sannsynligvis som følge av sikkerhetsregelverk på jernbanen. Videre er bruk av <i>hydrogen</i> - og hydrogenforbindelser slik som ammoniakk relevant for jernbanen, primært ved bruk av brenselceller som omdanner hydrogenet til strøm uten forbrenning. Brenselceller brukes primært med hydrogen eller hydrogenforbindelser, men utvikles også for bruk med ulike typer hydrokarboner. <i>Syntetiske drivstoff</i> produseres med ulike råmaterialer (inkludert fossile), hvor hydrogen og karbonmonoksid (eller -dioksid) kombineres. Disse kan brukes i tradisjonelle eller tilpassede motorer, eller med brenselceller. Som følge av usikkerhet knyttet til framtidige energibærere, og varierende energipriser, utvikles også motorer som kan brukes med flere drivstoff (multifuel).
Mål for transportsektoren	Positiv + Nye energibærere og drivstoffteknologier vil være viktige for at transportsektoren skal kunne redusere sine utslipp iht. Norges forpliktelser i klimaavtaler. Innblanding av biodrivstoff bør forbeholdes transportformer som er krevende å elektrifisere, spesielt fordi biomassen som brukes er en begrenset ressurs. De nye energibærerne har ulik egnethet i ulike transportmidler, som følge av ulik motorteknologi.
Betydning og effekt for jernbane	Usikker Mer for pengene - Per i dag er de nye drivstofftypene dyrere enn fossil diesel + Dersom klimamålene skal nås, antas det at pris/tilgang vil reguleres og at prisbildet vil kunne se annerledes ut. Prisene avhenger i stor grad av prisen på strøm (for grønn hydrogen og syntetiske drivstoff) eller vellykket oppskalering av karbonfangst der fossile råstoff benyttes (blått hydrogen osv.). Teknologiu utvikling for tredje generasjons biodrivstoff (fra alger o.l.) vil avgjøre framtidig pris. Negativ Kapasitet - Tanker for nye energibærere og drivstoffteknologier kan ta mer plass enn dagens dieseltanker (særlig hydrogen). - For lange godstog som skal gå over lengre avstander kan én vogn i togstammen måtte brukes til energivogn, og redusere effektiv tog lengde noe. Dette gjelder hydrogen og andre energibærere i gassform, men kan løses dersom løsninger for flytende hydrogen eller gass utvikles. Usikker Operasjonell driftsstabilitet +/- Nye energibærere og drivstoffteknologier forventes ikke å innvirke betydelig på driftsstabilitet på jernbanen. Enkelte konvensjonelle biodrivstoff fungerer dårlig ved lave temperaturer.

Teknologisk tidslinje
Behovet for å finne alternativer til fossile drivstoff driver frem en parallell utvikling og uttesting av forskjellige nye energibærere og drivstoffteknologier. Jernbane-, fly-, bil- og skipstransport stiller ulike krav til egenskapene ved energibærerne, som følge av ulik motorteknologi.

Implementering i jernbanesektoren
Framtidig pris på nye energibærere med lave utslipp vil være avgjørende for hvor raskt disse, i tillegg til batteriteknologi, vil komme til anvendelse i sektoren. For biodrivstoff så er det begrensninger på tilgang på råstoff som trolig vil bremse implementeringstakten. Biodrivstoff og syntetisk drivstoff kan være gunstig i en overgangsfase. Hydrogen har en rekke fordeler men det gjenstår mye før teknologien er kommersiell anvendbar.

→ **Implementeringshorisont Jernbanesektoren**



Fremmere	Parisavtalen	Rimelig vannkraft (hvor lenge?)	Subsidiering av nye teknologier, f.eks. hydrogen	Kosteffektiv CCS (nye blå drivstoff)
	CO2-priser	Tyskland ønsker hydrogen - synergier		
Hemmere	Usikkerhet knyttet til hva som blir markedsdominerende teknologi	Mostand mot vindkraft og brennbare gasser som energibærere	Manglende regelverk for anvendelse av bl.a. hydrogen	Tilgang på nok elkraft på kort og lang sikt
	Begrenset tilgang på egnet biomasse (for biodrivstoff)	Høye kostnader til teknologiutvikling	Tilhørende infrastruktur og arealkonflikter	Etablert, lønnsom verdikjede for diesel

Batteriteknologi



Teknologisk markedsklar	Teknologisk trend	
	Muliggjør	✓
2030-2035	Anvendt	✓

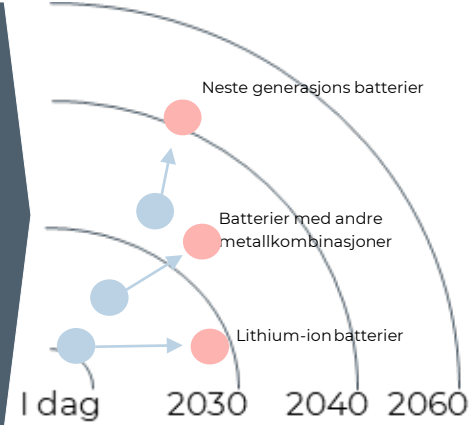
Beskrivelse	Batterier har i senere år blitt en viktigere og viktigere energibærer, som benyttes i et økende antall tekniske løsninger innenfor nær sagt alle sektorer. I transportsektoren brukes de som energibærer for selve transporten, og til å støtte opp under en stadig smartere og mer sammenkoblet sektor, innenfor både utbygging/infrastruktur og ikke minst grensesnittet mot kunden (smarttelefoner). Trenden er drevet fram av behovet for å redusere klimagassutslipp, og fordi batterier er en effektiv måte å frakte og omdanne energi på.												
Relevans og konkrete eksempler	<p>Batterier brukes i økende grad som en energibærer i transportsektoren. I KVV Green (2023) anbefales det å bytte ut dieseltog med batteritog for å kutte utslipp på ikke-elektrifiserte strekninger. Den brukes også som et energilagring som gjør det mulig å ta ut høyere effekt i kjøretøy med brenselceller. «Last mile» batterier i lokomotiver, motorvognsett og arbeidsmaskiner kan forenkle skifteoperasjoner på terminaler og redusere behovet for elektrifisering av hensettingsanlegg. Disse bruksområdene gjelder også andre deler av transportsektoren, men er foreløpig ikke aktuell der det kreves særskilt høy effekt (enkelte arbeidsmaskiner), der totalt energibehov er svært høyt (skip), eller der batterienes vekt blir en utfordring (fly, over lengre avstander).</p> <p>Mindre batterier er også en energikilde for tekniske løsninger som brukes ulike steder i transportsektoren, slik som roboter, tableter, telefoner, droner, sensorer osv. Stasjonære batterier utvikles for bruk i husholdninger og andre sektorer for å lagre energi, jevne ut energiforbruket over døgnet og dermed redusere energikostnader. BaneNOR vurderer batterier ved omformerstasjoner for å jevne ut strømtopper mot det omkringliggende nettet. Dette kan gi lavere effektavgifter og mindre utfordringer med flaskehals og spenningsfall.</p> <p>Batteritrenden støttes av at batterier kan lagre stadig mer energi innenfor et lavere volum og en lavere vekt. Litium-ion batterier dominerer markedet i dag. Prisen på Litium-ion skjøyt i været i 2022 og har trolig vært bidragsyter til utvikling av nye metaller i batterier. Forskningen på morgendagens batterier er svært stor. Trenden er at bruken av batterier øker, prisen reduseres mens kvaliteten forbedres.</p>												
Mål for transportsektoren	<p>Positiv</p> <ul style="list-style-type: none"> + Batteriteknologien kan bidra til å redusere CO2-utslipp fra transportsektoren og fra jernbanesektoren, forutsatt at strømmen de lades med også er fornybar. + Den kan også bidra til å redusere lokal luftforurensning og støy. Trenden er en viktig driver for overgangen til smart teknologi i en rekke sektorer. 												
Betydning og effekt for jernbane	<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Mer for pengene</th> <th colspan="2">Kapasitet</th> <th colspan="2">Operasjonell driftsstabilitet</th> </tr> <tr> <td>Positiv</td> <td>+/- Batterikjøretøyene er foreløpig dyrere enn fossile og helelektriske varianter i jernbanesektoren (krever investeringer). Det er rimeligere å vedlikeholde elektriske motorer enn forbrenningsmotorer, men batteriene må fornyes oftere enn kjøretøyene (anslagsvis hvert 15. år). + Batterier vil kunne muliggjøre en del automatisering av jernbanen gjennom å drifte kjøretøy, roboter og droner og er sann sett en viktig muliggjørere av andre produktivetsgevinster.</td> <td>Negativ</td> <td>- Batterier vil ta mer plass en dagens dieseltanker. For lange godstog som skal gå over lengre avstander kan én vogn i togstammen måtte brukes til energivogn, og redusere effektiv tog lengde noe. Graden av materiellutnyttelsen vil også kunne reduseres på grunn av ladetid for batteriene.</td> <td>Negativ</td> <td>- Topografi, værforhold og kulde i Norge vil føre til lavere rekkevidde på batterier.</td> </tr> </table>	Mer for pengene		Kapasitet		Operasjonell driftsstabilitet		Positiv	+/- Batterikjøretøyene er foreløpig dyrere enn fossile og helelektriske varianter i jernbanesektoren (krever investeringer). Det er rimeligere å vedlikeholde elektriske motorer enn forbrenningsmotorer, men batteriene må fornyes oftere enn kjøretøyene (anslagsvis hvert 15. år). + Batterier vil kunne muliggjøre en del automatisering av jernbanen gjennom å drifte kjøretøy, roboter og droner og er sann sett en viktig muliggjørere av andre produktivetsgevinster.	Negativ	- Batterier vil ta mer plass en dagens dieseltanker. For lange godstog som skal gå over lengre avstander kan én vogn i togstammen måtte brukes til energivogn, og redusere effektiv tog lengde noe. Graden av materiellutnyttelsen vil også kunne reduseres på grunn av ladetid for batteriene.	Negativ	- Topografi, værforhold og kulde i Norge vil føre til lavere rekkevidde på batterier.
Mer for pengene		Kapasitet		Operasjonell driftsstabilitet									
Positiv	+/- Batterikjøretøyene er foreløpig dyrere enn fossile og helelektriske varianter i jernbanesektoren (krever investeringer). Det er rimeligere å vedlikeholde elektriske motorer enn forbrenningsmotorer, men batteriene må fornyes oftere enn kjøretøyene (anslagsvis hvert 15. år). + Batterier vil kunne muliggjøre en del automatisering av jernbanen gjennom å drifte kjøretøy, roboter og droner og er sann sett en viktig muliggjørere av andre produktivetsgevinster.	Negativ	- Batterier vil ta mer plass en dagens dieseltanker. For lange godstog som skal gå over lengre avstander kan én vogn i togstammen måtte brukes til energivogn, og redusere effektiv tog lengde noe. Graden av materiellutnyttelsen vil også kunne reduseres på grunn av ladetid for batteriene.	Negativ	- Topografi, værforhold og kulde i Norge vil føre til lavere rekkevidde på batterier.								

Teknologisk tidslinje
Batterier som kilde til energi inngår i et økende antall tekniske løsninger for en smart, automatisert og sammenkoblet sektor. Dette driver frem utvikling av batteriteknologi med ulike egenskaper. Det investeres mye i forskning og utvikling av batterier som lages av alternative (mindre sjeldne) råmaterialer, med økt sikkerhet, lengre levetid og enda høyere energitetthet.

Teknologiske eksempler

Implementering i jernbanesektoren
Batterier er foreløpig anbefalt av KVV Green som energibærer på nye tog på dieselstrekninger. Samtidig har batterier stort potensiale inn i automasjon og robotisering av ulike operasjoner, samt i droner og energilagring. For at tilgangen på strøm skal være god kreves det en rekke tiltak innen nettutbygging, ladeinfrastruktur og funksjonalitet i forbindelse med økende bruk av kraft i jernbanesektoren.

→ **Implementeringshorisont Jernbanesektoren**

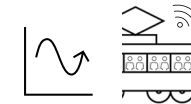


Fremmere	Satsing på FoU for batterier gir nye tekniske løsninger	Generell energiknapphet fremmer satsing på energieffektive løsninger	Internasjonal konkurranse på batteriteknologi	Rask utvikling av batteriteknologi
Hemmere	Synergier fra vekst i EV og bilindustrien	Avhengighet av sjeldne råstoffer presser prisene opp	Globale konflikter kan gi dårligere tilgang på sjeldne råstoffer	Kapasitet i kraftnettet på alle relevante steder
	Strømforsyning til kjøretøyene	Etikk- og miljøhensyn knyttet til utvinning av råstoff	Begrensinger ved høy effekt (lok - tunge og lange tog)	Arealkonflikter
			Krever investeringer med lav samfunnsøkonomiske lønnsomhet	

Kilder: Det henvises til KVV GREEN, bl.a. Alternativanalysen, for nærmere omtale av batterier til bruk på jernbanen, spesielt som primære energibærere. IEA (2023): Global EV outlook 2023. Kilde: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023/trends-in-batteries>



Smart energistyring



Teknologisk markedsklar	Teknologisk trend	
	Forutsetning	
2035-2040	Anvendt	v

Beskrivelse
Smart energistyring referer til bruken av teknologi for å effektivt overvåke, styre og optimalisere energiforbruket i et system. Dette kan inkludere bruk av sensorer, automatiseringssystemer og datateknologi. Energi og effektstyring er effektive verktøy for å holde energikostnader nede, øke energieffektiviteten, spare investeringer i et presset kraftnett og bidra til kutt i klimaavtrykk. Behov for balansekapasitet i kraftnettet blir stadig større på grunn av mer fornybar energi.

Relevans og konkrete eksempler
Energistyring integreres stadig mer der det er store energibehov. Bedre integrasjon mellom aktører som trenger store mengder energi og effekt, og aktører som har en variasjon og fleksibilitet i behov kan bidra inn i nettoperatorens balansemarked. Bedre kontroll over effektbehov vil kunne redusere investeringsbehovet i kraftsektoren, både i øvrig infrastruktur og i kraftnett. Det vil imidlertid stille store krav til aktørers styring og estimering av energi- og effektbehov.

Økt automatisering, bruk av maskinlæring og AI vil gi bedre estimater på energi- og effektbehov under ulike forhold (temperaturer, aksellast mv.) og for ulike togstrekninger, noe som muliggjør smartere energistyring. Detaljert kunnskap om energibehov benyttes også direkte til å optimalisere energibruk i togfremføringen gjennom å tilrettelegging for energieffektiv kjøreadferd (se trendkort Energieffektivisering).

Økt kontroll på aktørers effektbruk vil kunne tillate utnyttelse av en større del av kraftnettets sikkerhetsmargin, og dermed bedre utnyttelse av kraftinfrastrukturen. For jernbanesektoren kan eksempelvis automatisk samstyring av flere togsett, der en begrenser maksimal akselerasjon innen samme effektområde, spare overliggende nett. Dette kan øke samlet kapasitet og samtidig sikre at en ikke tar knekken på kraftleveransen. Regenerativ bremsing og dermed opplading av batterier eller tilsvarende utladning kan bidra i nettregulering. Om en i tillegg tar høyde for en fremtidig overdimensjonering av batterikapasitet i nye batteritog vil bidraget fra togsett til effektregulering kunne økes. Dette kan også bidra til å forlenge batterienes levetid gjennom å optimalisere batterilading/utlading.

Mål for transportsektoren	Positiv
	+Støtter opp om målsetning for klimagassutslipp. +Redusert energikostnader +Bedre samfunnsøkonomiske lønnsomhet ved å kunne redusere investeringsbehov i nett.

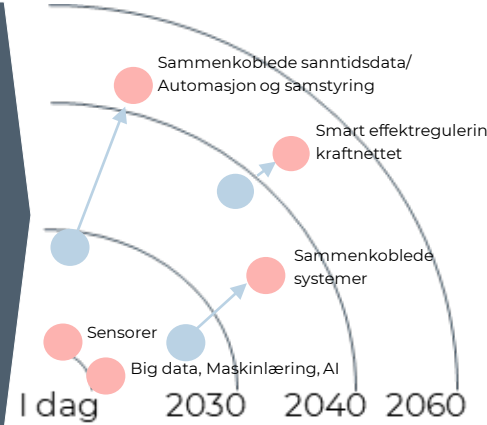
Betydning og effekt for jernbane	Positiv	Usikker
	+ Økt behov for balansekraft innebærer at potensiell inntjening ved deltakelse i balansemarked blir større. + Smart styring av batterikapasitet vil muliggjøre og optimalisere hvor en kjøper kraft og hvor store effektkostnader en pådrar seg. Det vil være en fordel både for togoperatør og på et samfunnsøkonomisk nivå mtp. investeringer i nettkapasitet.	+ En togflåte med muligheter for regulering av behov kan samordnes og dermed samlet legge krav på mindre energi og effekt i områder slik at flere eller større tog kan operere samlet der krafttilgang er dimensjonerende.

Teknologisk tidslinje
Sensorteknologi og relevante styringssystemer har falt drastisk i pris. Økende datainnhenting, skyløsninger, automatisering og IoT vil muliggjøre smart energistyring. Implementering av 5G og 6G teknologi vil bedre informasjonsflyt og øke sammenkoblingen mellom systemer. Selv om underliggende teknologi er på plass ligger trolig omstillingen i kraftnettet med implementering av effektregulering et stykke frem i tid.

● Teknologiske eksempler

Implementering i jernbanesektoren
En høyere energipris vil øke lønnsomhet og sette fart på energi og effekttiltak i jernbanen. Distribuert energiproduksjon vil gjøre drift av kraftnettet mer komplisert og kan sette begrensninger for effekt og bestemmelser for styring av energiforbruk. Lange levetider for togsett og annen teknologi innen jernbanen påvirker hvor raskt ny teknologi kan utnyttes til det fulle.

→ ● Implementeringshorisont Jernbanesektoren



	Fremmere	Hemmere
Høye og mer varierende energipriser	Distribuert energiproduksjon	Fremvekst av balansekraftmarkeder
Billigere sensorteknologi	Økende automatisering	Tingenes internett (IoT)
Treghet i teknologisk utskifting	Høye effektbehov	Ulike systemer mellom ulike aktører
Lavere energipriser		

	Kapasitet	Operasjonell driftsstabilitet
Usikker	+ En togflåte med muligheter for regulering av behov kan samordnes og dermed samlet legge krav på mindre energi og effekt i områder slik at flere eller større tog kan operere samlet der krafttilgang er dimensjonerende.	+ God utnyttelse av batterier, kjøreledninger og andre energikrevende komponenter vil kunne senke toppbelastning og dermed øke levetid og driftsstabilitet.

Energieffektivitet



Teknologisk markedsklar	Teknologisk trend	
	Forutsetning	
I dag	Anvendt	v

Beskrivelse
 Det er økende press på alle sektorer for å øke energieffektiviteten. Historisk sett har dette i stor grad skyldes at energi er kostbart. Trenden drives nå også av behovet for å redusere bruk av fossile energikilder. Trenden berører de aller fleste sektorer, og oppnås gjennom en rekke virkemidler, bl.a. systemer for smart energistyring, mer energieffektive motorer, tiltak for å redusere vekt, motstand eller friksjon, energigjenvinning, mer responsivt energiforbruk, bytte til mindre energikrevende råmaterialer og teknologier, m.m. .

Relevans og konkrete eksempler
 I transportsektoren har høyt energiforbruk også begrenset transportmidlenes rekkevidde. Økt energieffektivitet på jernbanen kan derfor ses i de lange linjene for motorteknologi fra damp til diesel til strøm. Hver motorteknologi har også gradvis blitt mer energieffektiv, drevet fram av etterspørsel men også av myndighetskrav (bl.a. Euro-klasser). Elektrifiseringen av store deler av jernbanen har hatt stor betydning for effektivisering av jernbanenes energiforbruk. Det er imidlertid fortsatt stort potensiale effektivisering i sektoren.
 Nye materialtyper muliggjør lettere konstruksjoner, og konstruksjoner som gjennom formgivning og materialvalg reduserer luft- og vannmotstand, samt friksjon mot underlaget. Det er også økt fokus på energigjenvinning, dvs. å gjenvinne bremseenergi, produktiv bruk av spillvarme til primære eller sekundære formål, og ideen forsøkes utvidet til nye energityper, f.eks. gjenvinning av energi fra vibrasjoner. Energieffektiviteten per transporterte enhet søkes også økt gjennom økte transportmengder per avgang, slik som lengre tog og underbygning som tåler høyere aksellast.
 En annen tilnærming til økt energieffektivitet er gjennom endring i kjøreadferd for kjøretøy/fartøy og andre tekniske systemer. Her brukes en rekke virkemidler, inkludert monitorering av energiforbruk koblet til incentivordninger for energieffektiv kjøreadferd, dataassisterte driver advisory systemer (C-DAS) og økende grader av selvkjørende transportmidler (inkludert ATO).

Mål for transportsektoren

Positiv	+ Tiltak for økt energieffektivitet har til hensikt å redusere samfunnets energibruk, og å redusere bruk av fossile energikilder.
	+ Energieffektiviseringstiltak bidrar dermed direkte til NTP-mål om å bidra til oppfyllelse av Norges klima- og miljømål.

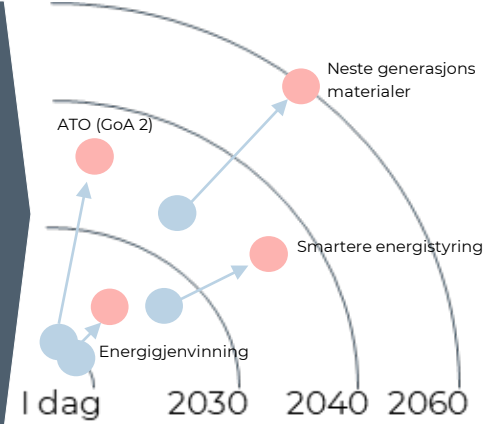
Betydning og effekt for jernbane	Positiv	Mer for pengene	Usikker	Kapasitet	Usikker	Operasjonell driftsstabilitet
		+Økt energieffektivitet vil kunne redusere kostnader til drift av jernbanen +I den grad energieffektiviseringen berører arbeidsmaskiner vil det også kunne bidra til noe reduserte kostnader til bygging, vedlikehold og fornyelse.		+ Tiltak for økt energieffektivitet kan forventes å innvirke noe på kapasiteten på jernbanen. Dette gjelder spesielt tiltak innrettet mot å øke transportmengder per avgang gjennom lengre tog, høyere toleranser for aksellast m.v.		+/- Tiltak for økt energieffektivitet forventes ikke å innvirke nevneverdig på operasjonell driftsstabilitet på jernbanen.

Teknologisk tidslinje
 Økt energieffektivitet drives frem av teknologisk utvikling på en rekke områder. Sentralt er teknologier knyttet til materialers egenskaper og toleransegrenser, energigjenvinning og -overføring, motoregenskaper og teknologi for smart monitorering og styring av energiforbruk. Tidslinjen viser eksempler på teknologi under utvikling med relevans for energieffektivisering.

● Teknologiske eksempler

Implementering i jernbanesektoren
 Videre energieffektivisering i jernbanen pågår stegvis ved innfasing av ny teknologi innen blant annet automatisering og smartere energistyring. Retningsvalg for utviklingen av togmateriell (motor-, drivstoffteknologi og nye materialtyper) vil ha stor betydning for energiforbruk. Lang turnovertid for materiell innebærer at effekten vil komme over tid med gradvis utskifting av togparken.

→ ● Implementeringshorison Jernbanesektoren



Fremmere	Generell energiknapphet fremmer satsing på energieffektive løsninger	Parisavtalen	Smart energistyring	Implementeringsklar teknologi innen energigjenvinning
	Høye energipriser	Europes Rail satsing	Økende effektivitet innenfor konkurrerende transportformer	Risiko forbundet med å satse på feil teknologi
Hemmere	Lang levertid på materiell og infrastruktur gir lav utskiftningstakt	Resirkulering av lette avanserte materialer er komplisert		

Litteraturliste

Bakken, T. et al. (2017) 'Teknologitrender som påvirker transportsektoren', SINTEF [Preprint], (948). Available at: <https://www.sintef.no/publikasjoner/publikasjon/1496926/>

Digitaliseringsdirektoratet (2022) 'Drivkrefter som påvirker offentlig sektor mot 2030'. Digitaliseringsdirektoratet. Available at: <https://www.digdir.no/innovasjon/hva-pavirker-fremtiden-drivkrefter-endering/3631>

Ekspertutvalget - teknologi og fremtidens transportinfrastruktur (2019) 'Teknologi for bærekraftig bevegelsesfrihet og mobilitet'. Samferdselsdepartementet. Available at: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/teknologi-for-barekraftig-bevegelsesfrihet-og-mobilitet.-rapport-fra-ekspertutvalget---teknologi-og-fremtidens-transportinfrastruktur/id2662050/>.

European Commission. Joint Research Centre. (2023a) *Everybody is looking into the future: a literature review of reports on emerging technologies and disruptive innovation*. LU: Publications Office. Available at: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/144730> (Accessed: 27 November 2023).

European Commission. Joint Research Centre. (2023b) *Scanning deep tech horizons: participatory collection and assessment of signals and trends*. LU: Publications Office. Available at: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/48442> (Accessed: 27 November 2023).

European Rail Research Advisory Council (2020) 'Strategic Research and Innovation Agenda'. European Rail Research Advisory Council. Available at: <https://errac.org/publications/rail-strategic-research-and-innovation-agenda-december-2020/>.

Francis Bédel and Christian Chavanel (2023) 'CES Las Vegas 2023 - Technical Report'. UIC Railway System Department. Available at: https://uic.org/IMG/pdf/ces_las_vegas_2023_uic_technical_report_en.pdf.

Jernbanedirektoratet (2021) 'En mer datadrevet jernbanesektor'.

Jernbanedirektoratet (2020) 'En mer datadrevet jernbanesektor'.

Jernbanedirektoratet (2023) 'KVU GREEN: Utslippsreduksjoner i jernbanesektoren, Hovedrapport'.

Jernbanedirektoratet (2023) 'Konseptvalgutredning FRMCS Fremtidig kommunikasjonsystem for jernbane Høringsversjon'.

Jernbanedirektoratet (2023) 'Potensialanalyse - Eterspørselspotensial i et langsiktig perspektiv'. Rådgivende innovasjonsstyre.

KPMG (2018) 'Fremsyn 2050 - Trender innen samferdsel frem mot 2050'. Available at: <https://www.sintef.no/publikasjoner/publikasjon/1596249/>.

McKinsey (2017) 'The rail sector's changing maintenance game'. Available at: <https://www.mckinsey.com/industries/travel-logistics-and-infrastructure/our-insights/the-rail-sectors-changing-maintenance-game>.

McKinsey (2023) 'Technology trends outlook 2023'. Available at: <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-top-trends-in-tech#new-and-notable>

National Highways (2022) *Digital Roads Horizon Scanning*.

Transport21 (2019) 'Strategirapport Transport21'. Available at: <https://www.transport21.no/rapporter/>.

Transportvirksomhetene (2019a) 'Strategisk mulighetsrom ved ny teknologi - NTP 2022-2033'. Available at: <https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/fokusomrader/nasjonalt-transportplan-ntp/2022-2033/ntp-2022-teknologi-mulighetsrom.pdf>.

Transportvirksomhetene (2019b) 'Teknologitrender i transportsektoren 2019 - NTP 2022-2033'. Available at: <https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/fokusomrader/nasjonalt-transportplan-ntp/2022-2033/ntp-2022-teknologi-trender.pdf>.

Transportvirksomhetene (2023) 'Utredning av forventet teknologi- og kostnadsutvikling for ulike transportmidler - NTP 2025-2036'. Available at: <https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/fokusomrader/nasjonalt-transportplan-ntp/2025-2036/vedlegg-4-teknologiutviklingsoppdraget.pdf>.

'Tverrsektorielt datasamarbeid i samferdselsektoren' (2022), 23 November. Available at: <https://www.digdir.no/media/3570/download>.

WSP (2017) *City of London International Comparative Study: Traffic Management*.

WSP (2019) *Abellio's world in 2030 - a report from WSP*.

WSP (2021a) *Abellio's world in 2030 - updated 2021 report from WSP*.

WSP (2021b) 'COVID-19 Effects on the City of London's Built Environment', February.

WSP (2022) 'HS2 Rail Systems Productivity and Innovation'.

WSP (2023a) 'New MobilityNEXT'.

WSP (2023b) 'WSP Power & Energy input', 11 August.



Jernbane-
direktoratet

WSP

Transport Advisory Norge

