

NULLFIB

DELRAPPORT 1:

Kostnadseffektivitetsanalyse av å innføre
nullutslippsteknologi på Nordlandsbanen

Sammendrag

Nordlandsbanen og Trønderbanen driftes i dag ved hjelp av dieseltog som har store CO2 utslipp. Disse togene har også høyere driftskostnader enn elektriske tog, både for persontrafikk og godstrafikk. En overgang til bruk av elektriske tog vil derfor både ha en klimagevinst og en gevinst for driftskostnader ved kjøretøyene. Problemene med standard kontaktledning er at investeringskostnadene på jernbaneinfrastrukturen er høy. Jernbanedirektoratet vil med denne rapport utrede hva som er mest kostnadseffektivt av følgende nullutslippsteknologier:

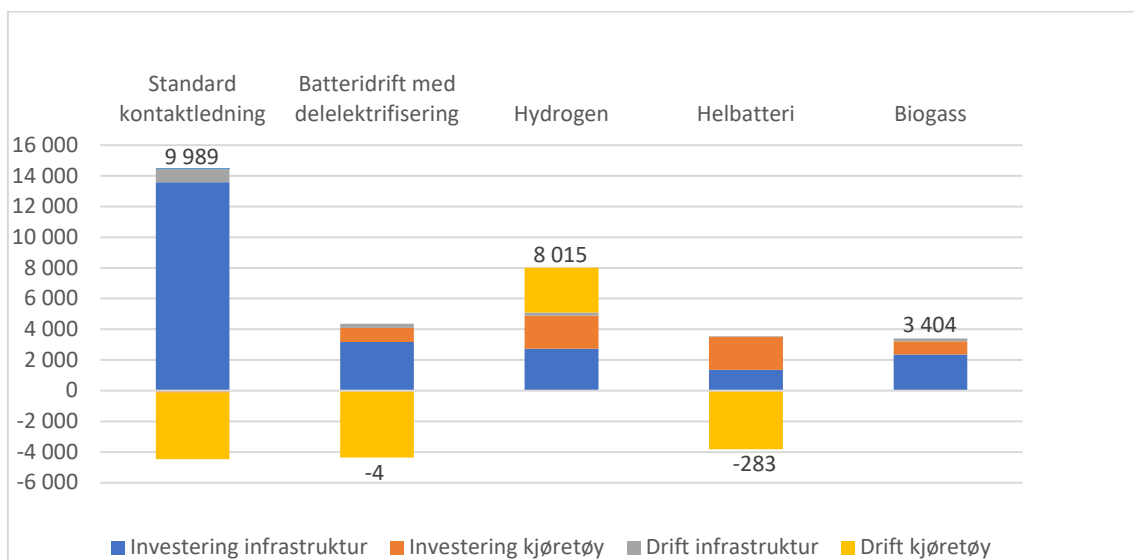
- Biodiesel
- Standard kontaktledning
- Batteridrift med del-elektrifisering
- Helbatteri
- Hydrogen
- Biogass

Det fokuseres på følgende endringer i kostnader ved å gå over fra dieseldrift til ovennevnte teknologier:

- Investeringer på jernbaneinfrastrukturen
- Investeringer i kjøretøy
- Driftskostnader jernbaneinfrastruktur
- Driftskostnader kjøretøy

Det er summen av disse endringene i kostnader som definerer hvilken teknologi som er mest kostnadseffektiv samfunnsøkonomisk for å nå mål om nullutslipp for tog som går på Nordlandsbanen. Det beregnes en nåverdi over 75 år som er antatt levetid for standard kontaktledning for å kunne sammenligne de aktuelle teknologiene. Strekningen Stjørdal-Trondheim holdes utenfor her.

Resultatet ble som i figuren nedenfor i basisalternativet:



Tallene over og under søylene viser nettoeffekten av å gå over fra bruk av diesel til de andre teknologiene. Helbatteri blir mer kostnadseffektivt enn diesel og den mest kostnadseffektive for å oppnå nullutslipp på Nordlandsbanen med en nåverdi over 75 år på kostnadsbesparingen for samfunnet på -283 millioner kroner. Deretter kommer batteridrift med del-elektrifisering og biodiesel

ganske litt ut, del-elektrifisering 4 millioner kroner bedre. Det er antatt at biodiesel vil ha omtrent samme kostnad som diesel, og derfor er det ikke en egen figur for biodiesel. Kostnadsforskjellen, det vil si tallene ovenfor/under søylene for andre nullutslippsteknologier er både en kostnadsforskjell fra diesel og biodiesel.

Helbatteri og batteridrift med del-elektrifisering kommer relativt bra ut fordi disse teknologiene har mye lavere driftskostnader for lokomotivene enn for hydrogen, biogass og biodiesel, og fordi det ikke er nødvendig med så store investeringer på jernbaneinfrastrukturen som det er med standard kontaktledning, som har en beregnet investeringskostnad på 14,1 milliarder kroner. Både biogass, hydrogen, batteridrift med del-elektrifisering og helbatteri krever betydelige investeringer på jernbaneinfrastrukturen, men ikke så høye som ved standard kontaktledning. Den beregnede investeringskostnad for batteridrift med del-elektrifisering er 3,3 milliarder kroner, for helbatteri er det estimert 1,1 mrd kr i investeringskostnader for ladeanlegg, og reinvestering i samme beløp etter 40 år for sistnevnte.

Biogass og Hydrogen er ikke tilrådelig med hensyn på å innføre mest mulig kostnadseffektiv teknologi. Det er sikkerhetsaspekter ved biogass og hydrogen som også trekker i retning av at disse teknologiene ikke bør tas i bruk på Nordlandsbanen.

Anbefalingen basert på kostnadseffektivitetsanalysen må da være å innføre enten helbatteridrift eller batteridrift med deelektrifisering for å erstatte dagens dieseldrift på Nordlandsbanen. Ifølge kostnadseffektivitetsanalysen er helbatteridrift bedre enn batteridrift med del-elektrifisering i flest sensitivitetsanalyser, men i noen alternativ kommer batteridrift med deelektrifisering nokså likt ut med helbatteri eller bedre. For eksempel kan en sterk økning i togtrafikken medføre at batteridrift med deelektrifisering kommer bedre ut enn helbatteridrift.

Det er gjort flere sensitivitetsanalyser med både sterkere vekst i togtrafikk og nullvekst i togtrafikk, ingen nedgang i batteripriser og 40% økning/nedgang i investeringskostnadene på infrastrukturen samt en nesten 50% økning i pris på diesel og biodiesel. Ingen av disse endrer på at det mest kostnadseffektive av nye nullutslippsteknologier er helbatteridrift, batteridrift med del-elektrifisering eller biodiesel. En sterk økning i investeringskostnadene og nullvekst i togtrafikk kan imidlertid medføre at det også blir en samfunnsøkonomisk kostnadsøkning i forhold til dieseldrift ved å innføre helbatteridrift også, forutsatt at dagens dieselpriser legges til grunn.

Det er ikke forsøkt tallfestet eventuelle samfunnsøkonomiske gevinster ved redusert CO₂ utslipp. Men det sensitivitetsalternativet med en prisøkning som ligger i nærheten av 50% på diesel og en slik økning at det blir like kostbart å kjøre dieseltog som hydrogentog, kan betraktes som en konsekvens av høyre avgift på diesel som skal gjøre at togoperatørene må betale for høyere miljøkostnader ved CO₂ utslipp. Dette vil imidlertid ikke forandre på rangeringen av teknologiene, men bare medføre at nullutslippsteknologiene kan komme bedre ut i forhold til dieseldrift.

For investeringskostnader er det tallfastet en usikkerhet for elektrifisering og del-elektrifisering på +/- 40%. Vi kan imidlertid ikke på nåværende tidspunkt tallfeste usikkerheten for andre teknologier, dvs eksagt hvor stor variasjon det kan bli i estimatene. Dette må skje i en senere fase i utredningsarbeidet. På grunn av denne usikkerheten er det noe usikkert om helbatteri er mer kostnadseffektivt enn batteridrift med del-elektrifisering, da anslagene for del-elektrifisering antas som sikrere enn helbatteridrift.

Prosjektnummer: 21007122	Saksnummer: 201901309-1	Revisjon: 00
Utarbeidet av: Nils Henning Anderssen	Kontrollert av: Haakon Gjersum	Godkjent av: Stephen Oommen

Innhold

1 Bakgrunn	5
2 Forutsetninger	6
3 Økonomiske nøkkeltall for de ulike teknologiene	7
3.1 Estimerte kostnader investeringer på jernbaneinfrastrukturen på Nordlandsbanen, fyllestasjon hydrogen og biogass, omformerstasjoner helbatteriløsning (2019-priser).....	7
3.2 Kostnader knyttet til investering og drift av kjøretøyene	8
4 Kostnadseffektivitetsanalyse av å innføre nullutslippsteknologi for gods- og persontrafikk på Nordlandsbanen	10
4.1 Definisjon på kostnadseffektivitetsanalyse.....	10
4.2 Generelle forutsetninger.....	10
4.3 Forutsetninger godstrafikk antall togkilometer	10
4.4 Forutsetninger persontrafikk antall togkilometer	11
4.5 Resultat – Basisalternativ	11
4.6 Sensitivitetsanalyse 40% økning i kostnader ved jernbaneinfrastrukturinvesteringer	12
4.7 Sensitivitetsanalyse 40% nedgang i kostnader ved jernbaneinfrastrukturinvesteringer	14
4.8 Sensitivitetsanalyse – ingen nedgang i batteripriser.....	15
4.9 Sensitivitetsanalyse vekst i togtrafikk.....	15
4.10 Sensitivitetsanalyse – nullvekst i togtrafikk.....	16
4.11 Sensitivitetsanalyse – økning i priser på diesel/biodiesel	17
5 Forskjell fra beregningene i SINTEF rapporten «Analyse av alternative driftsformer for ikke-elektrifiserte baner»	19
6 Konklusjon	21
7 Figurliste	22
8 Tabelliste	23
9 Referanser	24

1 Bakgrunn

Norge har frem til 2030 å kutte 45 prosent av klimagassutslippene. Transportsektoren står for 30 prosent av de totale utslippene, og mye må dermed gjøres innenfor denne sektoren frem mot 2030. Den teknologiske utviklingen innenfor løsninger med nullutslipp går derimot svært raskt. Det er derfor et behov for å kartlegge aktuelle nullutslippsløsninger som vil kunne ha en positiv virkning på sektorens utslipp og samtidig gi økonomiske besparelser. Jernbanedirektoratet har derfor gjennomført prosjektet «NULLutslippsløsninger For Ikke-elektrifiserte Baner» (NULLFIB). Hensikten er å utrede tilgjengelige valg for nullutslippsløsninger og gi anbefaling for videre satsning. Dette er delrapport 1 som utreder hva som er mest kostnadseffektivt av de nevnte nullutslippsløsningene.

Dieseltogene som går på Nordlandsbanen har store CO2 utslipp. Det er derfor ønskelig å vurdere forskjellige teknologier som kan gi nullutslipp. Estimert på investeringer i standard kontaktledning har vist seg å være kostbare. Det er derfor ønskelig å vurdere andre teknologier som ikke krever så omfattende investeringer på jernbaneinfrastrukturen. I dette notat drøftes ikke egenskapene ved de ulike teknologiene, det fokuseres på kostnadsforskjeller. Det vises til utredningen vedrørende tekniske egenskaper ved de ulike teknologiene. Nullutslippsløsningene som vurderes er:

- Elektrifisering
- Batteridrift med del-elektrifisering
- Biodiesel
- Helbatteri
- Hydrogen
- Biogass

2 Forutsetninger

Det fokuseres på endringer i kostnader ved å gå over fra bruk av diesel til de ovennevnte teknologiene. Vi ser ikke på det totale kostnadsbildet for vedlikehold av jernbaneinfrastrukturen som vil være uavhengig av teknologi. Dette betyr for eksempel at endringer i kostnader for vedlikehold av jernbaneinfrastruktur gjelder bare KL-anlegg for alternativet standard kontaktledning.

Det legges til grunn at strekningen Stjørdal-Trondheim blir elektrifisert uavhengig av NULLFIB-prosjektet. Det er allerede bevilget penger til oppstart av elektrifisering av strekningen Stjørdal-Trondheim.

For å kunne sammenligne de ulike teknologiene brukes nåverdimetoden med en tidshorisont på 75 år som er antatt levetid på standard kontaktledning. Det antas at det for hver teknologi investeres i de nødvendige kjøretøy for å drifte et togtilbud som i dag i begynnelsen av perioden, og at det må investeres i nye kjøretøy 30 og 60 år frem i tid. For batteritog antas det utskifting av batterier hvert 15. år.

Det beregnes endring i følgende kostnader: Investeringer i jernbaneinfrastruktur, investeringer i kjøretøy, drift av jernbaneinfrastruktur, drift av kjøretøy.

Å gjøre beregninger så langt frem i tid gir nødvendigvis usikre estimater. Kostnadsestimatene er i stor grad svært usikre fra begynnelse til slutt i beregningsperioden. Men det antas at hovedbildet beregningene gir om hvilke teknologier som kommer best ut er ganske sikkert.

Det antas ikke betydelige kjøretidsgevinster ved å gå over fra dieseltog til elektrisk tog på Nordlandsbanen. Det er et potensial på 15-20 minutter, men det er ikke sikkert man kan ta ut hele gevinsten fordi det er andre tog på strekningen, og det må passe med kryssinger. Vi legger dermed ikke til grunn kjøretidsgevinster ved standard kontaktledning eller batteridrift med del-elektrifisering, da det er usikkert hvor stor en kjøretidsgevinst vil bli. Det legges til grunn samme kjøretid for alle teknologier. De nye teknologiene vil det være knyttet noe usikkerhet til bl.a. på grunn av lading av batterier, fylling av drivstoff, mindre trekraft til lokomotivet og kanskje mindre pålitelighet. Men det antas at kjøretidsforskjeller ikke vil påvirke konklusjonene i denne sammenheng.

Standard kontaktledning har den fordelen at det ikke er nødvendig med skifting av lokomotiv i Trondheim, og således en potensiell tidsgevinst, spesielt for godstransport. Dette er ikke tallfestet, men det antas at det ikke har så stor betydning at det får betydning for konklusjonene.

Det antas også at det kreves 15 % mer togkilometer og tilhørende ekstra driftskostnader kjøretøy gods, dvs energikostnader, vedlikeholdskostnader lokomotiv og lønnskostnader for lokfører for å frakte samme mengde gods med helbatteri/hydrogen som øvrige teknologier, på grunn av at det kreves lagring av denne teknologien i vogner i toget som kunne ha vært brukt til nyttelast for gods. Dette er anslag, og det er ikke tatt høyde for at det er antagelser om vekst i batterieffektivitet og nedgang i antall batterivogner over tid fra 2020-2050 fra 3 til 2 batterivogner for godstog. For persontog antas det at batteritog ikke får konsekvenser for antall passasjerer. For togene som går mellom Trondheim og Steinkjer kreves det ingen ekstra plass for batterier i forhold til diesel, samt at batterivogner vil være uproblematisk i forhold til å frakte samme antall passasjerer som med dieseltog for fjerntog mellom Trondheim og Bodø. Det er beregnet kostnaden ved investeringer i vogner og tilhørende batteri- og hydrogenteknologi. For batteridrift med del-elektrifisering antas det ikke nødvendig med lagring av batteri i vogner og det legges ikke til ekstra togkilometer i forhold til diesel verken for gods eller personer.

Det benyttes en kalkulasjonsrente på 4% år de første 40 årene, deretter 3 % som følger av retningslinjer fra Finansdepartementet for samfunnsøkonomiske analyser.

3 Økonomiske nøkkeltall for de ulike teknologiene

3.1 Estimerte kostnader investeringer på jernbaneinfrastrukturen på Nordlandsbanen, fyllestasjon hydrogen og biogass, omformerstasjoner helbatteriløsning (2019-priser)

Tabell 1: Investerings- og driftskostnader på jernbaneinfrastrukturen

	Investering infrastruktur. mill. kr.	Drift infrastruktur årlig pr meter i kroner	Fyllestasjon hydrogen og biogass mill.kr
Diesel (referanse)	0	-	-
Biodiesel	0	-	-
Standard kontaktledning	14 122	50	-
Batteridrift med del- elektrifisering	3 292	50	-
Helbatteri	1 100	1,5*	-
Hydrogen	1 578	150	300
Biogass	1 578	150	54

*MNOK/år, Kilde: Jernbanedirektoratet

Det mest kostbare å investere i er standard kontaktledning for elektrifisering. Dette er beregnet 14,1 milliarder kroner, Batteridrift med del-elektrifisering er til sammenligning langt mindre kostbart å investere i fordi det bare er nødvendig å elektrifisere 219 km noe som utgjør 3,3 mrd kr. Kostnaden blir lavere pr km ved batteridrift med del-elektrifisering på grunn av at en unngår tunneler.

Det er også betydelige kostnader i investering i infrastruktur for hydrogen og biogass gjennom sikring av tunneler, beregnet til 30 000 kr pr meter tunnel. Her må alle tunneler fra Trondheim-Bodø sikres for å kunne kjøre slike tog mellom Trondheim og Bodø, dvs. 52 589 meter tunnel. Det er også kostnader ved fyllestasjoner for hydrogen og biogass med i beregningene. Tiltakene som må legges til grunn for bruk av gass i tunell, vil omfatte ventilasjonssystemer, og overvåkningssystemer. Dette er ikke like robuste systemer med like lang levetid som for eksempel KL anlegg, de er teknisk mer avanserte og komplekse. Ut fra dette legges det til grunn reinvesteringer etter 30 år og 60 år. For fyllestasjon hydrogen antas en levetid på 20 år, mens tilsvarende levetid for fyllestasjon biogass settes til 30 år.

For helbatteri er investeringene på 1,1 milliarder kroner knyttet til ladeanlegg og elektrifisering basert på dette i Steinkjer, Mosjøen, Mo i Rana og Bodø. Levetiden på slike ladeanlegg er satt til 40 år og det antas da reinvestering 40 år etter åpningsåret for kjøring av tog på helbatteri.

Det antas stor usikkerhet ved disse estimatene. For investeringskostnadene på jernbaneinfrastrukturen gjør vi en sensitivitetsanalyse ved en 40% økning/reduksjon, i tråd med usikkerheten for elektrifisering og del-elektrifisering der det foreligger anslag for dette.

3.2 Kostnader knyttet til investering og drift av kjøretøyene

Tabell 2: Kostnader knyttet til investeringer og drift av kjøretøyene

Type kjøretøy	Diesel	Biodiesel	Hydrogen	Biogass	Del-elektrifisering med batteridrift	Helbatteri	Standard kontaktledning
Investeringer kjøretøy (MNOK)							
110m motorvogn	90	99	170	103	140	150	90
60 m motorvogn	60	66	113	87	93	120	60
6 akslet lok gods	45	50	70	68	58	70	45
6 akslet lok person	45	50	70	68	58	70	35
El-lok til hydrogendrift			35				
Hydrogencontainer for å sette på godsvogn for å drifte persontog			40				
Hydrogencontainer for å sette på godsvogn for å drifte godstog			55				
El-lok til hydrogendrift			35				
Utviklingskostnad batterikjøretøy						50	
Kostnad batterivogn med kontainer gods						14	
Kostnad batterivogn med kontainer person						14	
Driftskostnader kjøretøy (NOK)							
Driftskostnader kjøretøy gods pr togkilometer	71,4	71,4	89,3	71,4	29,0	33,4	28,4
Driftskostnader kjøretøy person pr togkilometer	39,7	39,7	49,6	39,7	19,5	19,5	18,9

Kilde: Jernbanedirektoratet

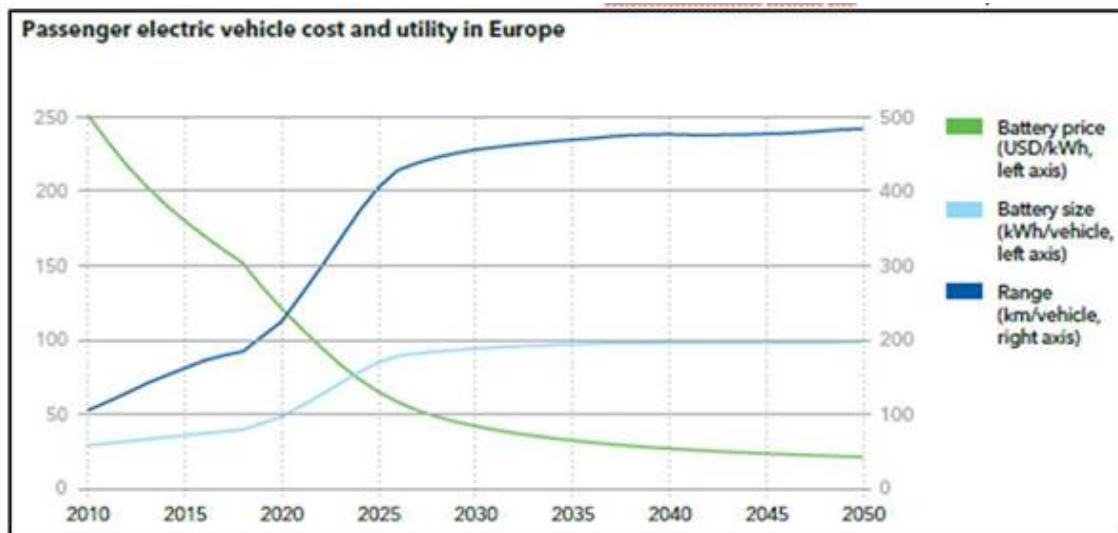
Disse tallene ligger til grunn for beregningene. Det er ulike priser for kjøretøy mellom ulike teknologier. Standard kontaktledning og diesel ligger relativt lavt når det gjelder pris på kjøretøyer, mens nyere teknologier som batteri og hydrogen har dyrere kjøretøyer. Dette kommer blant annet av at det er knyttet utviklingsprosjekter til kjøretøyene og lagring av ny teknologi som batterier og hydrogen, samt at markedet er mindre enn for tradisjonelle elektriske lokomotiv og diesellokomotiv. Elektriske- og batterikjøretøy har imidlertid den fordel at de er relativt billige i drift, som en ser av tallene for driftskostnader pr togkilometer. Det som gjør at helbatteri kjøretøy er dyrere i drift enn batteridrift med del-elektrifisering for gods er at det antas 15% ekstra togkilometer for å kjøre samme mengde gods på grunn av batterivogner. Det er også ekstra kostnader ved større mengder batterier som kommer i tillegg for helbatteri, og som inngår i beregningen for investering i vogner og kjøretøy.

Enkelte av komponentene trengs det mange av som kontainer batterivogn der det kreves 15 kontainere med batteri for å ha tilstrekkelig batterikapasitet til å kjøre godstog på Nordlandsbanen uten forsinkelser knyttet til lading av batterier. Det betyr en samlet mengde på 15 kontainere for drift av godstrafikken på Nordlandsbanen, slik at det ikke behøves å vente på opplading som tar mange timer. Ferdig ladede batterikontainere antas å stå klar til enhver tid. Tilsvarende tall for persontrafikk for fjerntogene Bodø-Trondheim er 10 kontainere. Både antall kontainere og pris på batterier avtar i tråd med forventet utvikling; prisnedgang på batterier og større effekt på batteriene.

Drift kjøretøy, det vil si energi og vedlikehold pr togkilometer er viktige tall i beregningene som går 78 år frem i tid, dvs. de følger levetiden til standard kontaktledning som det antas tas tre år å investere i. Det som er det sentrale er om de teknologiene som har investeringer på jernbaneinfrastrukturen likevel kan lønne seg samfunnsøkonomisk fordi de er billigere i drift. Tallene viser at det er billigere å kjøre elektriske og batterilokomotiv enn for de andre teknologiene. Hydrogen er dyrest i drift, deretter ligger diesel, biodiesel og biogass likt.

Det antas at det benyttes 60 m motorvogn eller kortere på Nordlandsbanen/Trønderbanen og at det til sammen er behov for 14 av disse for å drifte et tilbud som i dag. Det antas 5 lokomotiv på fjerntogstrekningen mellom Bodø og Trondheim. For gods antas det og 5 lokomotiver.

Prisene på kjøretøy for del-elektrifisering og helbatteri er inkludert batterier. Det antas at batteriene må skiftes ut hvert 15. år, og det er antatt en kostnad pr lokomotiv/tog på 30 millioner kroner for heldrift på batteri og 10 millioner kroner for batteridrift med del-elektrifisering for gods og halvparten av dette for kjøretøy persontrafikk. Dette er ikke med i driftskostnadene i tabellen ovenfor, men er med i beregningen. Ovennevnte priser gjelder i dag. Vi legger til grunn at prisen på batterier synker med 65 % fra i dag til 2030 og fremover, det vil si fra og med første utskifting av batterier i lokomotivene, basert på figuren nedenfor.



Kilde: DNV GL Energy Transition Outlook 2019 s 83

Figur 1: Prognose batteripriser

SINTEF antar også at prisene på batterier vil synke kraftig i fremtiden (SINTEF, 2019).

4 Kostnadseffektivitetsanalyse av å innføre nullutslippsteknologi for gods- og persontrafikk på Nordlandsbanen

4.1 Definisjon på kostnadseffektivitetsanalyse

Kostnadseffektivitetsanalyse er en type samfunnsøkonomisk analyse der en vurderer ulike tiltak mot hverandre. Kostnadseffektivitetsanalyse er aktuelt i de tilfeller der nytten av tiltakene er den samme, men kostnaden er ulik. Analysen skal dermed finne det tiltaket som oppnår målet til lavest mulig kostnad (Wikipedia, 2014).

I dette tilfellet dreier det seg om å nå mål om nullutslipp for tog som kjører på Nordlandsbanen. Kostnadseffektivitetsanalysen benyttes til å vurdere hvilke teknologier som oppnår målet om nullutslipp til lavest mulig kostnad for samfunnet.

4.2 Generelle forutsetninger

Vi antar at diesel og biodiesel har de samme kostnadene, og at biodiesel og diesel kommer likt ut. Det antas at for de teknologiene som krever investeringer på jernbaneinfrastruktur, dvs standard kontaktledning, batteridrift med del-elektrifisering, hydrogen og biogass tar det tre år å bygge denne. For disse teknologiene er det for de tre første årene antatt at det kjøres dieseltog. Det er ikke lagt inn eventuelle konsekvenser med tilhørende kostnader for togfremføring mens infrastrukturen bygges.

4.3 Forutsetninger godstrafikk antall togkilometer

Antall togkilometer i 2018 var:

Tabell 3: Antall togkilometer gods

Strekning	Kjørte km 2018
Brattøra - Bodø - Brattøra	1 143 600

Kilde: Jernbanedirektoratet

Antall togkilometer er sentral i beregningene, sammen med tall for driftskostnader kjøretøy, jfr kap 3.2. Antall togkilometer for gods var 1 143 600 i 2018. Malmtransport til og fra Rana gruber er holdt utenfor i denne sammenheng. Ifølge en godsprognose basert på en rapport fra Asplan Viak – Nord-Norgebanen Markedspotensial (Asplan Viak, 2019) referansealternativet der Nord-Norgebanen ikke bygges ut, er veksten som forutsettes fra 760 000 tonn gods på Nordlandsbanen i dagens situasjon til 1 040 000 tonn i 2030 og videre vekst til 1 470 000 tonn i 2050. Det forutsettes altså i nærheten av en dobling av godsmengdene på Nordlandsbanen i 2050. En slik vekst kan føre til en økning i togkilometer fra tallene i 2018.

I Transportetatens svar på oppdrag 2 fra Samferdselsdepartementet til NTP 2022-33 om transportomfanget frem mot 2050 (Samferdselsdepartementet, 2019), er det prognoser for vekst for Nordlandsbanen. Det er beregnet en vekst i transportarbeidet, det vil si antall tonnkilometer på 1,72% frem mot år 2030, og 1,29% fra år 2030 til år 2050. Vi antar en tilsvarende vekst i antall togkilometer i basisalternativet, det vil si en økning fra 1 143 600 kilometer til 1 782 688 i år 2050. En slik vekst antas å kunne håndteres kapasitetsmessig. Fra 2050 legger vi ikke til grunn en vekst, men uendret antall togkilometer i resten av perioden.

4.4 Forutsetninger persontrafikk antall togkilometer

Tabell 4: Antall togkilometer persontrafikk

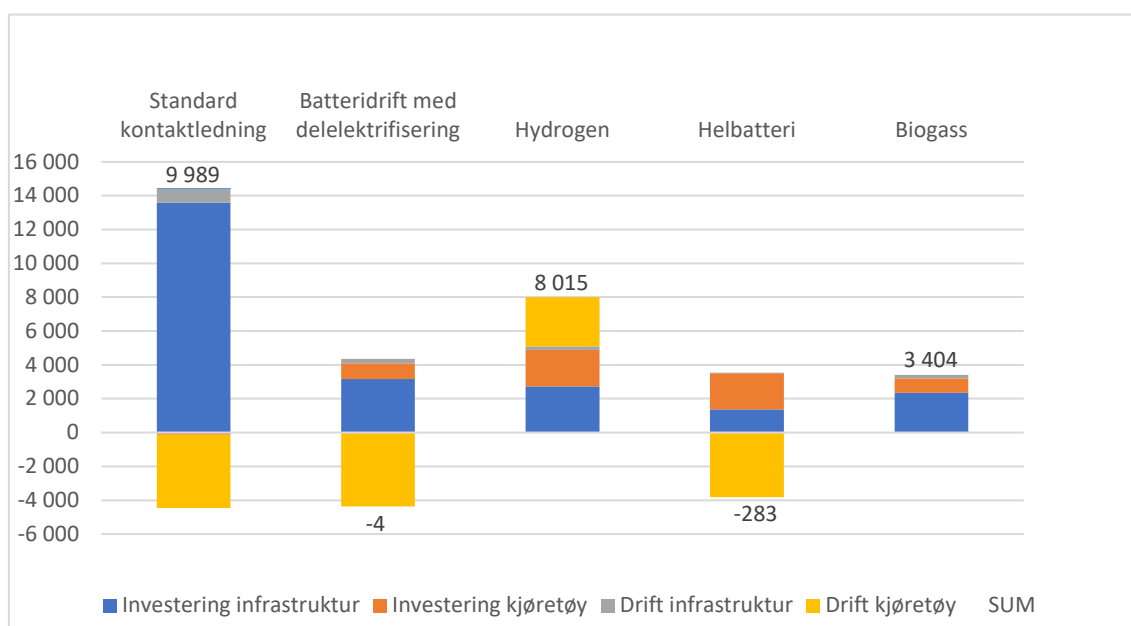
Strekning	2017	2018
Dagtog Trondheim - Bodø	3 288 570	3 386 170

Kilde: Jernbanedirektoratet

Vi legger til grunn 3 386 170 togkilometer i utgangspunktet. Her er alle persontogene med, også de som går bare i Trøndelag mellom Trondheim og Steinkjer. Vi legger i tråd med planer til ny operatør SJ en vekst på 5% pr år frem mot år 2030. Etter kontrakten med SJ går ut har vi ikke tilsvarende beregningsgrunnlag. En slik vekst fører til en økning fra 3 386 170 togkilometer i basis til 5 791 500 togkilometer fra 2030 og utover.

Vi skal på samme måte som for godstrafikk beregne økonomiske virkninger for persontrafikk. Det som skiller analysen her er først og fremst tallene for drift og vedlikehold av lokomotiv, viser til kapittel 3.2. Det er lavere driftskostnader for persontoglokomotiv enn for godslokomotiv, men forskjellene i kostnader mellom de ulike teknologiene har stor betydning også for persontrafikk.

4.5 Resultat – Basisalternativ



Figur 2: Endring i kostnader ved å innføre annen teknologi enn diesel/biodiesel for persontransport og godstransport på Nordlandsbanen. Nåverdier 75 år. Millioner 2019 kr.

Tallene ovenfor/under søylene viser nettovirkningene. For standard kontaktledning ser en investeringene ligger over 0, mens driftskostnad kjøretøy ligger under 0. Alt måles i forhold til dagens dieseldrift. Det betyr at kostnadsøkningen for standard kontaktledning i forhold til diesel kommer som en følge av investering på jernbaneinfrastrukturen for å kunne kjøre elektriske tog der. Drift kjøretøy kommer under 0 fordi det er billigere å kjøre elektriske kjøretøy enn dieselskjøretøy. Tallet 9 989 millioner kroner er en summering av alle positive og negative kostnadstall og viser kostnadsøkningen i forhold til å kjøre dieseltog på strekningen 75 år frem i tid. Siden vi antar at diesel og biodiesel kommer likt ut er disse nettovirkningene også en kostnadsforskjell fra biodiesel.

For batteridrift med del-elektrifisering og helbatteridrift er summen negativ. Dette skyldes først og fremst at investeringene som nåverdi er mindre enn for standard kontaktledning, og at reduksjonen i driftskostnadene dermed blir større i absoluttverdi enn investeringene på infrastrukturen og i togmateriell. Helbatteridrift kommer bedre ut enn batteridrift med del-elektrifisering med -283 mot -4. Dette skyldes mindre infrastrukturinvesteringer for helbatteridrift. Å drifte et tilbud på helbatteridrift er dårligere enn batteridrift med del-elektrifisering, det kreves estimert 15% ekstra togkilometer for gods og ekstra kostnader for både gods og persontog på grunn av en større batterimengde, men dette tapet oppveier ikke helt gevinsten av mindre infrastrukturinvesteringer som er fordelene helbatteridrift har sammenlignet med batteridrift med del-elektrifisering.

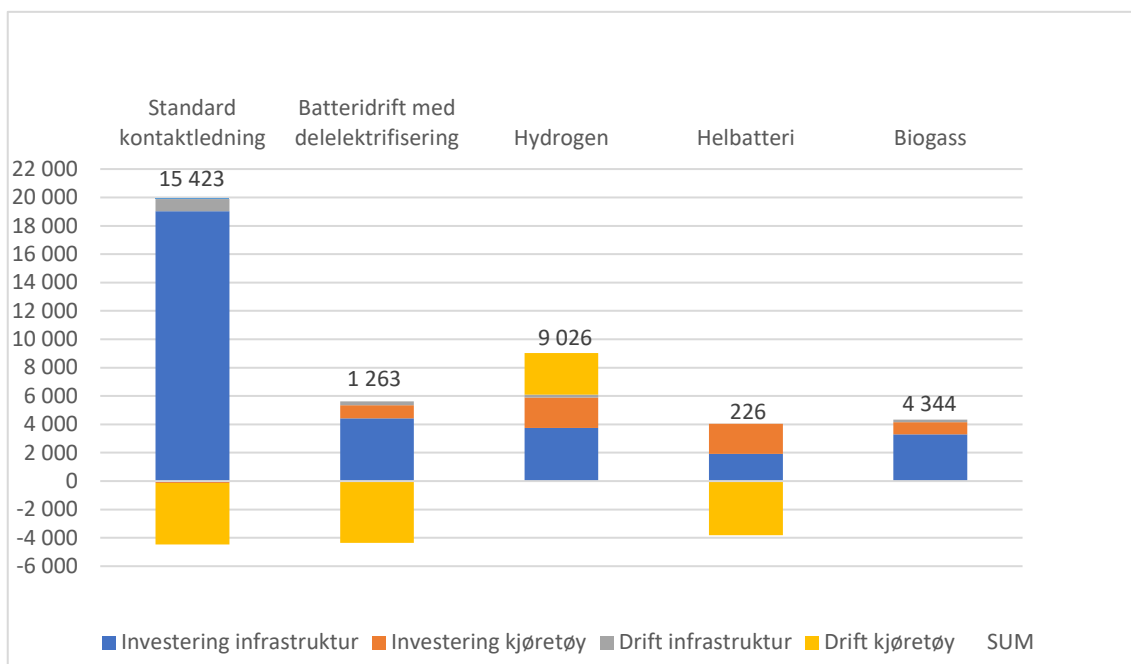
Hydrogen kommer dårlig ut med 7 817 millioner kroner både på grunn av investeringskostnader og fordi kjøretøyene er dyre i drift. For biogass er det forutsatt samme driftskostnader som dieseltog, slik at kostnadsøkningen her skyldes infrastrukturinvesteringer og kjøretøyinvesteringer.

For biodiesel forventes det helt marginale forskjeller fra diesel og det må antas at denne energiformen kommer omtrent likt ut med diesel. Det er en marginal økning på kjøretøyinvesteringer som i den store sammenheng vil ha liten betydning. Men biodiesel kommer ikke så bra ut som helbatteri fordi driftskostnadene for sistnevnte kjøretøy er langt rimeligere.

Resultatene er avhengige av hvor mange tog som kjører, eller togkilometer vi beregner ut fra. Viser til kapittel 4.3 og 4.4 om antall togkilometer og vekst. Vi mener de prognosene vi har for dette ikke overdriver veksten. Det kan være motsatt og, at veksten blir større og da vil dette virke enda mer i retning av anbefaling av batteridrift med deelektrifisering eller helbatteri, som har lave driftskostnader for kjøretøyene. Fjerntogstrategien legger til grunn enn økning i togtrafikken på Nordlandsbanen som vi ikke har lagt til grunn her.

4.6 Sensitivitetsanalyse 40% økning i kostnader ved jernbaneinfrastrukturinvesteringer

Det vil være usikkerhet ved infrastrukturinvesteringene. For batteridrift med del-elektrifisering er det beregnet en usikkerhet på pluss/minus 40%. Det er ikke beregnet en tilsvarende usikkerhet for andre teknologier. Her ses på konsekvensene av en 40% økning i estimerte kostnader ved infrastrukturinvesteringene for alle teknologier.

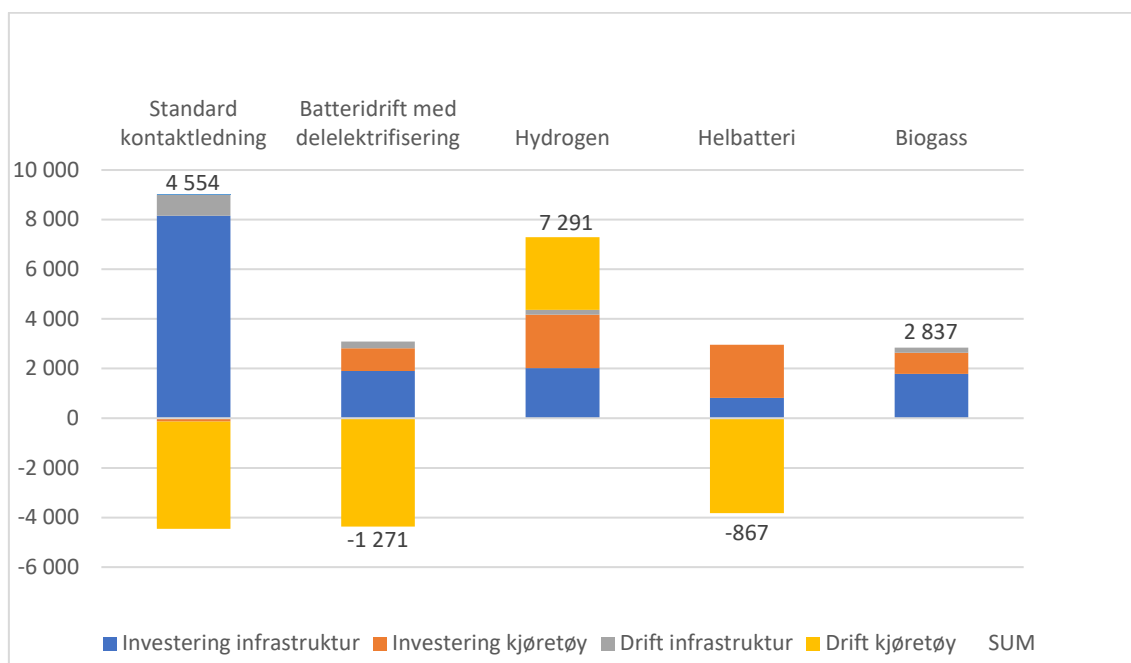


Figur 3: Endring i kostnader ved å innføre annen teknologi enn diesel/biodiesel for persontransport og godstransport på Nordlandsbanen. Nåverdier 75 år. Millioner 2019 kr. Sensitivitetsanalyse 40% kostnadsøkning infrastrukturinvesteringer.

En 40% økning i de estimerte kostnadene for infrastrukturinvesteringene vil føre til at ingen teknologier blir billigere enn diesel/biodiesel. Standard kontaktledning får nå en nåverdi på over 15 milliarder kroner. Batteridrift med del-elektrifisering vil få en nåverdi på 1 263 millioner kroner. Helbatteri vil med en slik økning i infrastrukturkostnadene styrke sin posisjon i forhold til batteridrift med del-elektrifisering fordi det estimert koster som nåverdi 1,9 (med reinvestering) mrd kr for ladestasjoner mens det estimert koster 4,4 mrd kr i nåverdi å delelektrifisere 219 km av Nordlandsbanen.

Nåverdien av hydrogen er på 9 mrd kr og biogass på 4,3 mrd kroner. Ved en slik økning i kostnadene vil biodiesel som har verdien 0 være langt billigere enn disse teknologiene. Det kan med dette antas at en kan utelukke at hydrogen og biogass er mindre kostnadseffektivt enn batteridrift med del-elektrifisering. Hovedårsaken til dette er høye driftskostnader for kjøretøyene samtidig som det er infrastrukturinvesteringer som ikke ligger så langt unna det som er nødvendig for batteridrift med del-elektrifisering og helbatteridrift.

4.7 Sensitivitetsanalyse 40% nedgang i kostnader ved jernbaneinfrastrukturinvesteringer



Figur 4: Endring i kostnader ved å innføre annen teknologi enn diesel/biodiesel for persontransport og godstransport på Nordlandsbanen. Nåverdier 75 år. Millioner 2019 kr. Sensitivitetsanalyse 40% kostnadsnedgang infrastrukturinvesteringer

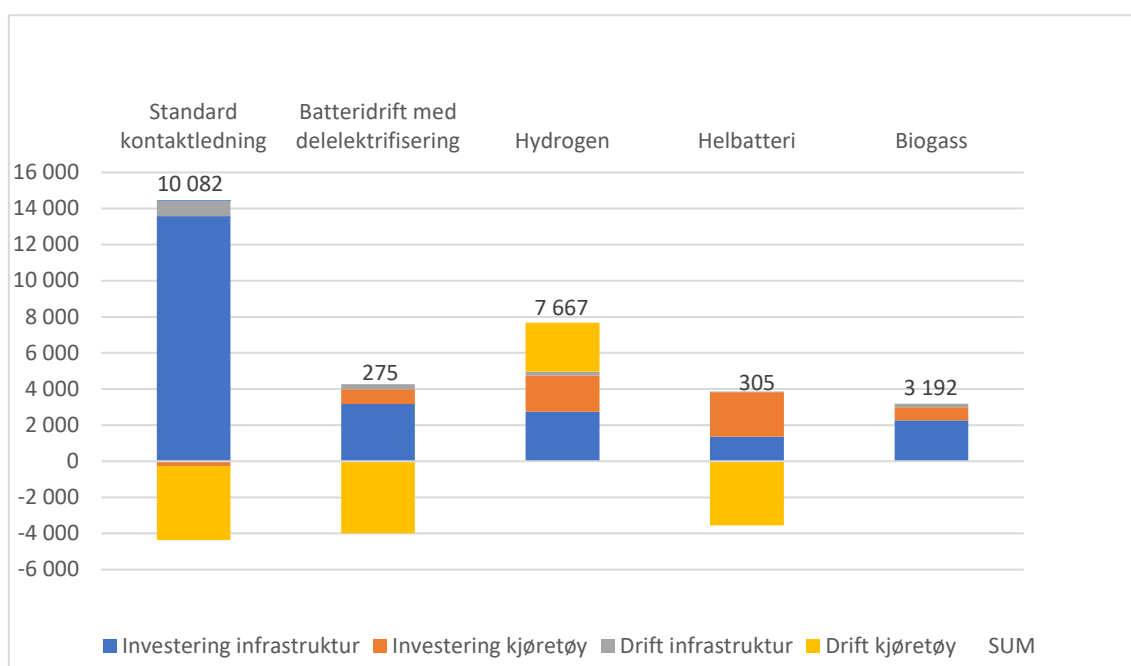
En nedgang i infrastrukturinvesteringene på 40% gjør at batteridrift med del-elektrifisering kommer bedre ut enn helbatteri. Differansen er på 404 millioner kroner i favør av batteridrift med del-elektrifisering. Årsaken til dette er at batteridrift med del-elektrifisering er billigere i drift enn helbatteri, fordi det trengs mindre batterier og ingen lagring av batterier i vogner ved batteridrift med del-elektrifisering for gods. Om kostnadene ved infrastrukturinvesteringene blir redusert med 40% har del-elektrifiseringen større fordeler enn helbatteri av dette, pga at infrastrukturinvesteringene er høyere enn for helbatteri. En kombinasjon av lavere infrastrukturinvesteringer og mer effektiv drift gjør at batteridrift med del-elektrifisering kan bli mer kostnadseffektiv samfunnsøkonomisk enn helbatteri om kostnadsforskjellen mellom infrastrukturinvesteringene reduseres mye fra estimatene.

Det presiseres imidlertid at estimatene for kostnadene er usikre, både for helbatteridrift og batteridrift med del-elektrifisering. For sistnevnte er det blant annet usikkerhet ved om lengden på del-elektrifiseringen er riktig. Om det viser seg nødvendig med en lengre strekning for del-elektrifisering, vil infrastrukturinvesteringene øke. Helbatteriestimatene er også usikre.

Ellers kommer standard kontaktledning adskillig bedre ut på grunn av at de høye infrastrukturinvesteringene blir redusert med 40 % og at elektriske lokomotiv er de mest kostnadseffektive av alle lokomotiv i drift. Hydrogen har nå en langt høyere kostnad enn standard kontaktledning på grunn av høye driftskostnader for kjøretøyene.

4.8 Sensitivitetsanalyse – ingen nedgang i batteripriser

Vi har utfra prognoser antatt at batteriprisene i fremtiden senkes med 65%, fra og med første utskifting av batterier i lokomotivene. Det antas utskifting av batterier hvert 15. år. Det vil si at vi antar i denne sensitivitetsanalysen at prisene på batterier ligger fast på dagens nivå. Det antas at det kreves 30 millioner kroner for kjøretøy gods og 15 millioner kroner for kjøretøy persontog for helbatteri. Tilsvarende priser for batteridrift med del-elektrifisering er 10 millioner pr kjøretøy for gods og 5 millioner kroner for persontog. Disse prisene senkes med 65% fra og med første utskifting etter 15 år. For batterivogner i godstog er det antatt en nedgang fra investeringer på 209,2 mill kr i basis til 73,1 mill kr fra og med første batteriutskifting etter 15 år. Tilsvarende nedgang for batterivogner i persontog er en nedgang fra 141,5 mill kr til 73,1 mill kr. Nedgang i pris tas bort her og det brukes basispriser.



Figur 5: Endring i kostnader ved å innføre annen teknologi enn diesel/biodiesel for persontransport og godstransport på Nordlandsbanen. Nåverdier 75 år. Millioner 2019 kr. Sensitivitetsanalyse ingen nedgang i batteripriser.

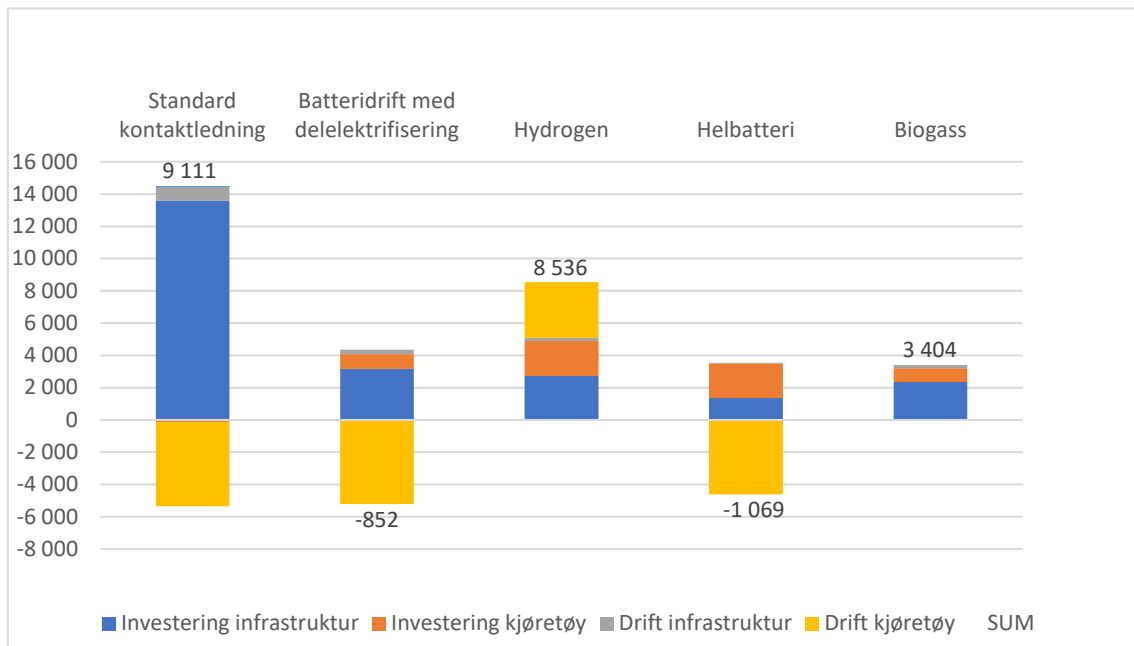
Ved å ta bort forutsetningen om prisnedgang på batterier på 65%, gjør det at batteridrift med delelektrifisering kommer litt bedre ut enn helbatteri med 30 millioner kroner. Dette fordi kostnaden på batteri har mest å si for helbatteri. Sammenlignet med de andre teknologiene ser en at disse teknologiene klart fremdeles er mest kostnadseffektivt når en ser bort fra biodiesel. Batteridrift med del-elektrifisering og helbatteri vil fremdeles være langt mer kostnadseffektivt enn biogass og hydrogen for å oppnå nullutslipp på Nordlandsbanen som en ser klart av figuren. Forskjell på en kostnad på 275 millioner kroner for batteridrift med del-elektrifisering og 3 192 millioner kroner for biogass for eksempel. Vi understreker at slike konstante priser på batteri er ikke det som regnes som mest sannsynlig.

4.9 Sensitivitetsanalyse vekst i togtrafikk

I basisalternativet har vi lagt til grunn en vekst i persontrafikk på 5% pr år frem mot 2030, og deretter ingen vekst i antall togkilometer. En vekst på 5% pr år gir en 70% økning fra dagens nivå i antall

togkilometer i år 2030. For godstransport er basisalternativet en vekst på 1,7% årlig vekst frem mot 2030 og deretter 1,29% frem mot år 2050.

Vi skal her se på hva som skjer om vi antar at årlig vekst for gods på 1,29% fortsetter ut beregningsperioden. For persontransport legger vi til grunn 1% årlig vekst fra 2030 og ut beregningsperioden. Dette gir følgende resultat.



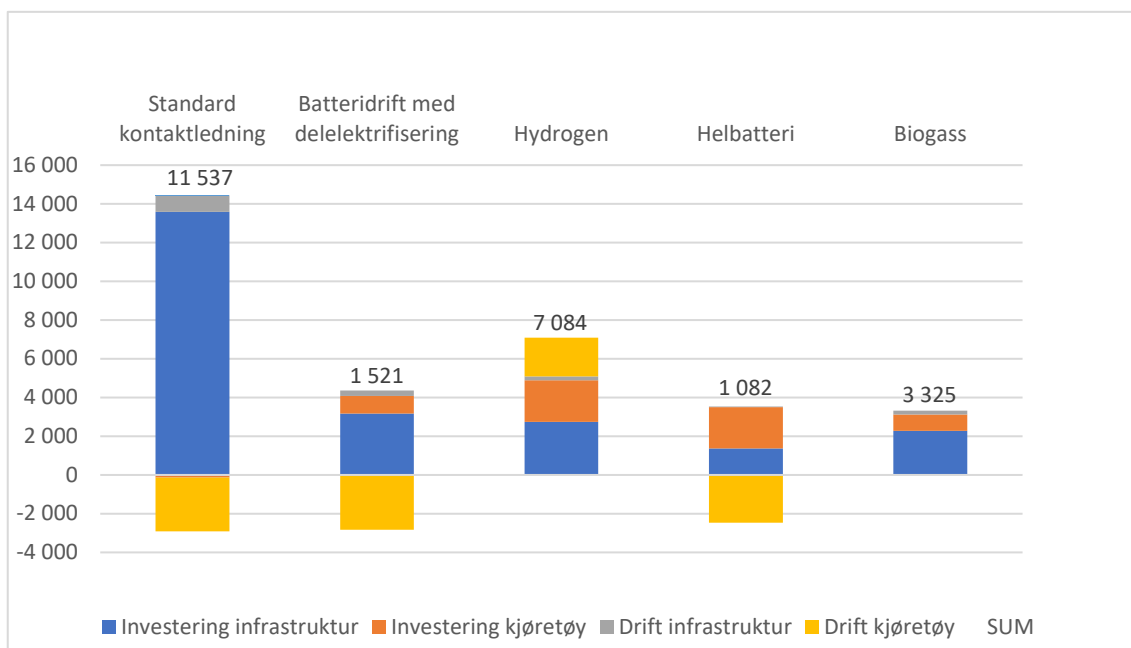
Figur 6: Endring i kostnader ved å innføre annen teknologi enn diesel/biodiesel for persontransport og godstransport på Nordlandsbanen. Nåverdier 75 år. Millioner 2019 kr. Sensitivetsanalyse større vekst i togtrafikk.

Veksten frem mot 2030 for persontrafikk er det samme som i basisalternativet og for gods det samme som frem mot år 2050. For persontrafikk antas det årlig økning på 1% i antall togkilometer pr år fra 2030 og ut beregningsperioden. For gods antas det at veksten på 1,29% fra 2030-2050 fortsetter ut beregningsperioden.

Ved å forutsette en slik vekst for togtrafikk fører det til at også batteridrift med del-elektrifisering kommer klart bedre ut enn diesel, og helbatteri kommer enda bedre ut. En kan ikke se bort fra en slik vekst i antall togkilometer og resultatet anses ikke som usannsynlig. Det er imidlertid ikke gjort vurderinger av hvorvidt en slik vekst i antall kjørte kilometer med tog er mulig uten investeringer på infrastrukturen. Hydrogen nærmer seg langt mer ved en slik vekst i togtrafikk kostnaden på standard kontaktledning, på grunn av høyere driftskostnader for kjøretøyene.

4.10 Sensitivetsanalyse – nullvekst i togtrafikk

Vi skal her se på et tilfelle hvor det er ingen vekst i togtrafikk fra dagens nivå.



Figur 7: Endring i kostnader ved å innføre annen teknologi enn diesel/biodiesel for persontransport og godstransport på Nordlandsbanen. Nåverdier 75 år. Millioner 2019 kr. Sensitivitetsanalyse nullvekst togtrafikk.

Det som skjer om det blir ingen vekst i togtrafikk er at både helbatteridrift og batteridrift med delelektrifisering blir klart dyrere enn å kjøre dieseltog, forutsatt at ikke dagens dieselpriker øker i fremtiden. Men selv om en får ingen vekst i togtrafikk er fremdeles batteridrift med delelektrifisering og helbatteri langt mer kostnadseffektiv enn biogass og hydrogen. Om biodieselpriker kommer på nivå med dagens dieselpriker, vil biodiesel være klart mer kostnadseffektiv enn helbatteri og batteridrift med delelektrifisering forutsatt ingen vekst i togtrafikken.

4.11 Sensitivitetsanalyse – økning i priser på diesel/biodiesel

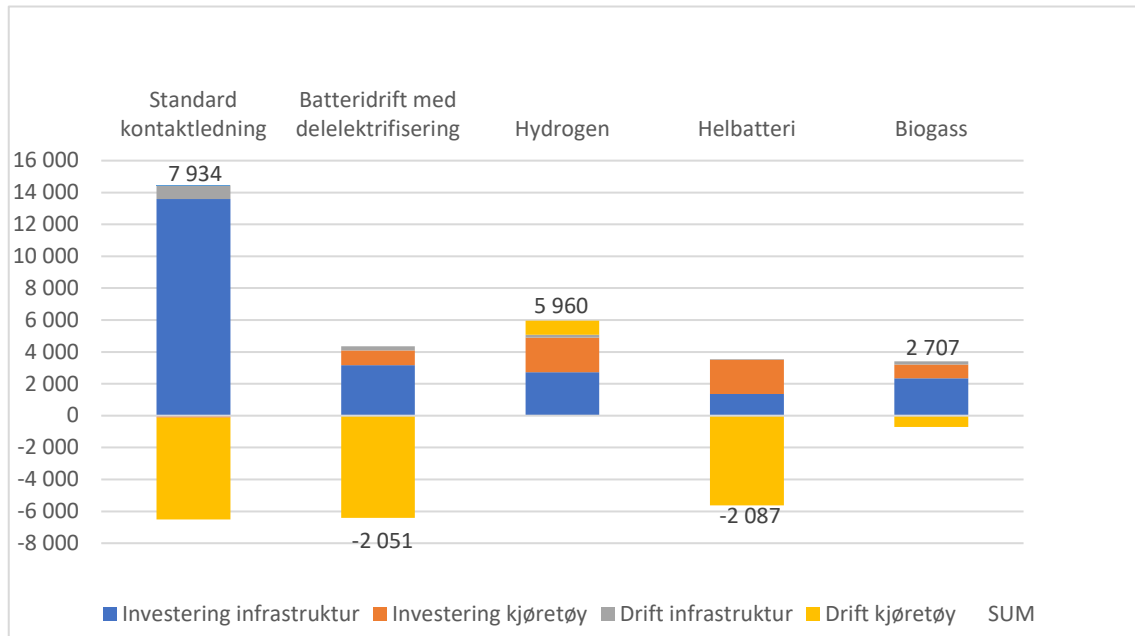
I basialternativet kom biodiesel nesten likt ut med batteridrift del-elektrifisering, 4 millioner kroner dyrere. Vi har her antatt at prisen på biodiesel og diesel er lik og ellers vedlikeholdskostnadene de samme for kjøretøyene. Ut fra dette kom vi frem til en driftskostnad på 71,4 kroner pr kjørte kilometer for gods og 39,7 kr pr togkilometer for persontog, jfr. kap. 3.2.

Ut fra dagens markedspriser er det antagelig en underestimert å hevde at prisen på biodiesel er lik prisen på diesel. Antagelig er en markedspris for biodiesel noe høyere enn diesel. I fremtiden trenger ikke det være slik, ved for eksempel en høyere avgift på diesel av klimahensyn. Vi beregner 75 år frem i tid. Tall fra Miljødirektoratet viser ganske små forskjeller på prisene på konvensjonell biodiesel og diesel, henholdsvis 7 kr pr liter og 6,29 kr liter (Miljødirektoratet, 2019). Samme kilde viser imidlertid langt høyere pris på avansert biodiesel (HVO) på 10 kr literen som er den prisen som vi benytter for tog på Nordlandsbanen.

Det er vanskelig å fremskrive prisene på diesel og biodiesel. For biodiesel er dette avhengig av hvordan drivstoffet fremstilles og markedet er ikke så godt utviklet. Avgiftspolitikken til myndighetene vil antagelig ha mye å si for dieselpriker.

Vi velger her å se på en følsomhetsanalyse hvor driftskostnaden ved å kjøre tog med diesel eller biodiesel vokser slik at den blir lik satsen for hydrogen, dvs. en økning fra 71,4 kroner pr togkilometer til 89,3 kr pr togkilometer. Ved å skille ut energikomponenten med vedlikeholdskomponenten

(33/38,4) i satsen på 71,4 og anta at det bare er energikomponenten som øker antar vi en økning i biodiesel/dieselprisen på 38,4 + (89,3-71,4) = 38 + 17,6, tilsvarende en økning på 46%. Vi antar tilsvarende økninger i satsen for persontrafikk, det vil si en økning fra 39,7 kr pr togkilometer til 49,6 kr pr togkilometer som er lik satsen for hydrogen.



Figur 8: Endring i kostnader ved å innføre annen teknologi enn diesel/biodiesel for persontransport og godstransport på Nordlandsbanen. Nåverdier 75 år. Millioner 2019 kr. Sensitivitetsanalyse økning i dieselpriser/biodieselpriser

En slik økning i biodieselprisene vil føre til batteridrift med del-elektrifisering og helbatteri kommer omtrent likt ut med en nåverdi på ca -2,1 mrd kr, og vil altså være langt mer kostnadseffektiv enn diesel/biodiesel. Dette som en følge av at batterikjøretøyene blir enda mer kostnadseffektive i forhold til biodiesel- og dieseldrivstoff. Biogasskjøretøy er med denne endringen billigere i drift enn biodiesel, men infrastrukturinvesteringene og dyrere kjøretøy gjør at dette alternativ samlet sett blir mer kostbart for samfunnet. Hydrogen har fremdeles ingen komponenter som gir en kostnadsbesparing i forhold til biodiesel/diesel. En slik økning i dieselprisene/biodieselprisene vil føre til at alle andre nullutslippsteknologier enn biodiesel vil bli mer kostnadseffektive enn i basisalternativet.

5 Forskjell fra beregningene i SINTEF rapporten «Analyse av alternative driftsformer for ikke-elektrifiserte baner»

SINTEF antar i rapporten sin (SINTEF, 2019) at nåverdimetoden ikke er egnet til å sammenligne ulike teknologier, ut fra store usikkerheter i den fremtidige utviklingen for de ulike teknologiene, herunder prisutvikling, og at komponenter i de ulike teknologier som for eksempel batterier har ulik levetid. De antar også at periodene for reinvesteringene ikke er konstante, noe som vanskeliggjør beregninger etter nåverdimetoden

SINTEF har ut fra dette brukt en annuitetsmetode, der de beregner årsverdier. Slik vi forstår det må da en annuitet, dvs. en årskostnad, for standard kontaktledning beregnes over 75 år og for batteri som for eksempel varer 15 år beregnes det en annuitet over 15 år. De beregner ulike annuiteter frem i tid ut fra prisutvikling på blant annet batterier.

Jernbanedirektoratet benytter generelt nåverdimetoden i samfunnsøkonomiske analyser, da dette er den vanlige metode, og som ligger til grunn i veileder i samfunnsøkonomiske analyser i jernbanesektoren (Jernbanedirektoratet, 2018). NULLFIB skal dessuten beregne kostnader til Klimakur 2030, og i Miljødirektoratets veileder for utredning av klimatiltak som skal brukes inn i Klimakur 2030, legges det til grunn bruk av nåverdimetoden for å beregne kostnader knyttet til tiltak som gir reduserte CO₂ utslipp. For å kunne sammenligne de ulike teknologiene på en god måte mener vi det er best å beregne en nåverdi over et likt antall år for de ulike teknologiene. På denne måten får man svar på hvorvidt endring i kostnader fra dagens dieseldrift vil innebære en samfunnsøkonomisk gevinst eller en kostnad, og hvilke teknologier som koster minst for samfunnet. Vi antar at kjøretøyene har lik levetid for de ulike teknologiene og utskiftingen er etter 30 år og 60 år. Det er store forskjeller i driftskostnader for lokomotivene til de ulike teknologiene, og for å få frem dette best mulig i det samfunnsøkonomiske kostnadsbilde, vil det være viktig å regne på dette over likt antall år for de ulike teknologiene.

Det vi skal ta stilling til er å innføre nye teknologier. Vi benytter lengden på den teknologi som har lengst levetid på 75 år, det vil si standard kontaktledning for å bestemme antall år det skal beregnes over. Vi legger inn reinvestering i infrastruktur for omformerstasjoner/ladeanlegg knyttet til helbatteriløsningen som har en antatt levetid på 40 år. Hydrogen og biogass infrastruktur har en antatt levetid på 30 år. Batterier byttes ut hvert 15. år. Kjøretøyene skiftes ut hvert 30. år, og dette er likt for hver teknologi. Ved å legge inn slike reinvesteringer får vi sammenlignet de ulike teknologiene i forhold til hvor godt de kommer ut samfunnsøkonomisk.

Det er generelt usikkerhet i samfunnsøkonomiske beregninger langt frem i tid. Men vi mener tallgrunnlaget i denne sammenheng, basert på estimat fra fagfolk i Jernbanedirektoratet, Bane Nor og Norske Tog om kostnader ved ulike teknologier er bra nok basert på den tilgjengelige informasjon som finnes i dag, slik at de kvantitative beregningene gir god informasjon for beslutningstakerne. Vi har kilder for estimat om utvikling i batteripriser, som eksempel på estimat som Sintef regner for usikkert til å anslå, jfr kapittel 3.2. Vi har også kilder på hvor ofte batteriene må utskiftes. Det at ulike komponenter har ulik levetid gjør ikke nåverdimetoden uegnet, da det er mulig å legge inn reinvesteringer, slik det gjøres generelt i samfunnsøkonomiske analyser i jernbanesektoren. Vi gjør sensitivitetsanalyser med både endringer i infrastrukturkostnader og batteripriser blant annet.

Tallene i Sintefrapporten kan ikke sammenlignes med tallene her, da forutsetningene er forskjellige. Dette gjelder ikke bare metodeforskjellene drøftet ovenfor, men også selve kostnadstallene. Den største kostnadsforskjellen mellom våre beregninger og Sintefberegningen gjelder hydrogenteknologi. De ulike kostnadskomponentene for de ulike teknologiene er ikke satt opp så detaljert i Sintef sin

rapport som her, men figurene viser at hydrogen kommer relativt bra ut hos Sintef, men dårlig ut i beregningen her. Sintef legger ikke til grunn at det er nødvendig med sikring i tunneler som vi antar blant annet.

For øvrig vises det til rapporten Analyse av alternative driftsformer for ikke-elektrifiserte baner (SINTEF, 2019).

6 Konklusjon

Konklusjonen er at for alle teknologier som krever investeringer på jernbaneinfrastrukturen, er helbatteritog eller batteridrift med del-elektrifisering beste nullutslippsløsning på Nordlandsbanen kostnadmessig. Samlet sett, basert på basialternativ og sensitivitetsanalyser, kommer helbatteri noe bedre ut enn batteridrift enn del-elektrifisering. Men i flere sensitivitetsanalyser kommer batteridrift med delelektrifisering nokså likt ut med helbatteri eller bedre ut. Forskjellen i basialternativet på 279 millioner kroner som nåverdi over 75 år er heller ikke stor.

Bare teknologier basert på batteridrift kan potensielt gi en kostnadsbesparing i forhold til bruk av diesel/biodiesel. Det antas at en reduksjon i driftskostnader for lokomotivene ved overgang til batteri og/eller elektrifisering vil gi seg utslag i nytte for godskunder ved reduserte kostnader til godstransport, og lavere anbud på å kjøre tog på Nordlandsbanen ved konkurranseutsetting av persontogtrafikken.

Det antas at sikkerhetsaspektet, som ikke er tallfestet her, trekker i retning av at biogass eller hydrogen ikke er tilrådelig. Det antas at alle tunnelene fra Trondheim til Bodø må sikres for å kunne kjøre hydrogen og biogasstog, og usikkerhetene ved kostnadene til dette er store. Kostnadene ved sikring av tunneler er tallfestet, men ikke samfunnsøkonomisk kostnad ved ulykkesrisiko, så lenge det antas at ulykkesrisikoen ikke forsvinner helt selv med sikkerhetstiltak i tunnelene.

Batteridrift med del-elektrifisering og helbatteri er en bedre løsning enn hydrogen og biogass både på grunn av at det er billigere for drift av kjøretøy, og fordi en ikke har tilsvarende sikkerhetsutfordringer som for hydrogen og biogass. Med den forventede økning i godsmengder og godstrafikk samt dagens persontrafikk med forventet vekst på Nordlandsbanen kommer batteridrift med del-elektrifisering klart bedre ut enn både biogass og hydrogen.

Det antas usikkerhet i beregningene. Herunder vil prisutvikling på drivstoff som diesel og biodiesel, hydrogen og ikke minst usikkerhet i estimat på infrastrukturinvesteringer ha betydning. Samlet sett, ut fra ovennevnte beregninger med sensitivitetsanalyser, virker det likevel robust at helbatteri eller del-elektrifisering med bateridrift er beste løsning av de teknologiene som krever investeringer på jernbaneinfrastrukturen. Vi kan imidlertid ikke nå tallfeste usikkerheten, dvs eksagt hvor stor variasjon det kan bli i estimatene for helbatteridrift.

Det anses som sikkert at standard kontaktledning på hele Nordlandsbanen er for kostbart til å anbefales, på grunn av at andre billigere teknologier er tilgjengelige. Batteridrift med del-elektrifisering virker som et bedre alternativ enn helelektrifisering, fordi infrastrukturinvesteringene blir mye mindre enn for standard kontaktledning.

Det er foreløpig ikke beregnet reduserte kostnader samfunnsøkonomisk ved reduserte CO₂ utslipp og lokale utslipp. Dette vil ikke ha betydning for rangering av nullutslippsteknologiene ovenfor, men kan gjøre at alle nullutslippsteknologiene kommer bedre ut i forhold til diesel. For at det skal være slike gevinster, må det forutsettes at avgiften på diesel ikke er optimal med hensyn på at det betales for miljøkostnader ved lokale utslipp og globale utslipp ved togdrift. Sensitivitetsanalysen med økte dieselpriiser kan imidlertid betraktes som en tilsvarende effekt av økte samfunnsøkonomiske kostnader ved CO₂ utslipp, og en antar at disse kostnadene blir reflektert gjennom økte avgifter som gir økt pris på diesel.

7 Figurliste

- Figur 1:** *Prognose batteripriser* 9
- Figur 2:** *Endring i kostnader ved å innføre annen teknologi enn diesel/biodiesel for persontransport og godstransport på Nordlandsbanen. Nåverdier 75 år. Millioner 2019 kr.* 11
- Figur 3:** *Endring i kostnader ved å innføre annen teknologi enn diesel/biodiesel for persontransport og godstransport på Nordlandsbanen. Nåverdier 75 år. Millioner 2019 kr. Sensitivitetsanalyse 40% kostnadsøkning infrastrukturinvesteringer.* 13
- Figur 4:** *Endring i kostnader ved å innføre annen teknologi enn diesel/biodiesel for persontransport og godstransport på Nordlandsbanen. Nåverdier 75 år. Millioner 2019 kr. Sensitivitetsanalyse 40% kostnadsnedgang infrastrukturinvesteringer.* 16
- Figur 5:** *Endring i kostnader ved å innføre annen teknologi enn diesel/biodiesel for persontransport og godstransport på Nordlandsbanen. Nåverdier 75 år. Millioner 2019 kr. Sensitivitetsanalyse ingen nedgang i batteripriser.* 15
- Figur 6:** *Endring i kostnader ved å innføre annen teknologi enn diesel/biodiesel for persontransport og godstransport på Nordlandsbanen. Nåverdier 75 år. Millioner 2019 kr. Sensitivitetsanalyse større vekst i togtrafikk.* 16
- Figur 7:** *Endring i kostnader ved å innføre annen teknologi enn diesel/biodiesel for persontransport og godstransport på Nordlandsbanen. Nåverdier 75 år. Millioner 2019 kr. Sensitivitetsanalyse nullvekst togtrafikk.* 17
- Figur 8:** *Endring i kostnader ved å innføre annen teknologi enn diesel/biodiesel for persontransport og godstransport på Nordlandsbanen. Nåverdier 75 år. Millioner 2019 kr. Sensitivitetsanalyse økning i dieselpriiser/biodieselpriiser* 18

8 Tabelliste

Tabell 1: *Investerings- og driftskostnader på jernbaneinfrastrukturen* 7

Tabell 2: *Kostnader knyttet til investeringer og drift av kjøretøyene* 8

Tabell 3: Antall togkilometer gods 10

Tabell 4: Antall togkilometer persontrafikk 11

9 Referanser

Asplan Viak. (2019). *Nord-Norgebanen - Markedspotensial*. Tromsø: Asplan Viak.

Jernbanedirektoratet. (2018). *www.jernbanedirektoratet.no/strategier og utredninger/samfunnsøkonomiske analyser og transportanalyser*. Hentet fra [www.jernbanedirektoratet.no: https://www.jernbanedirektoratet.no/no/strategier-og-utredninger/analyse-og-metodeutvikling/samfunnsokonomiske-analyser-og-transportanalyser/](https://www.jernbanedirektoratet.no/no/strategier-og-utredninger/analyse-og-metodeutvikling/samfunnsokonomiske-analyser-og-transportanalyser/)

Miljødirektoratet. (2019). *Veileder for utredning av klimatiltak*. Oslo: Miljødirektoratet.

Samferdselsdepartementet. (2019). *Regjeringen.no*. Hentet fra NTP 2022-33: <file:///C:/Users/nils.anderssen/Downloads/ntp-oppdrag-2.pdf>

SINTEF. (2019). *Analyse av alternative driftsformer for ikke-elektrifiserte baner*. Trondheim: SINTEF.

Wikipedia. (2014). Hentet fra Wikipedia: <https://no.wikipedia.org/wiki/Kostnadseffektivitetsanalyse>