

Oktober 2017

TEMAPLAN: LÅG- OG NULLUTSLEPPSBUSSAR I HORDALAND



Låg- og nullutsleppsbusser i Hordaland – kort fortalt

I tråd med Kollektivstrategi for Hordaland må kollektivtilbudet styrkast for å oppnå nullvekst i personbiltrafikken i Bergensområdet. Vidare utbygging av Bybanen er ryggraden i kollektivsystemet.

Fossilfri låg- og nullutsleppsteknologi skal på sikt takast i bruk i heile bussparken. Elektrifisering gjev null utslepp i drift og har prioritet føre biodrivstoff. Utbygging av Bybanen er ei pågåande storstilt elektrifisering av kollektivtrafikken.

For å sikre best mogleg nytte av investeringar skal eksisterande infrastruktur utnyttast optimalt, med utgangspunkt i leidningsnett for trolleybuss og likerettarar for Bybanen. Investeringar i ladeinfrastruktur skal verte prioritert der denne vil verte best utnytta – på endehaldeplassar og terminalar med fleire linjer og/eller hyppige avgangar.

For å sikre effektiv drift og låge kostnader skal ein halde talet på teknologiar i kvart kontraktområde lågt. Tiltak for elektrifisering bør vere samla i enkelte kontraktområde, og det er busstrafikken i Bergen som er mest eigna til dette.

Skyss skal gjere busstrafikken i fylket enno meir berekraftig ved å

1. redusere lokale utslepp med nyaste reinseteknologi

Vi vil syte for euro VI-standard på bussparken frå 2020 i Bergensområdet og innan 2025 elles i fylket.

2. redusere klimapåverknaden ved å elektrifisere med fornybar energi der det er mest effektivt

Vi vil gradvis elektrifisere om lag ti prosent av energiforbruket til bussane i Hordaland innan 2025. Alle tiltak for elektrifisering er knytte til Bergen, noko som betyr elektrifisering av ein vesentleg del av bussparken her. Dette forutsett både utvida leidningsnett (trolley) og hurtigladestasjonar.

3. redusere klimapåverknaden ved å ta i bruk lokalt produsert biogass der dette er føremålstenleg

Vi vil nytte all biogass frå Bergen kommune sitt biogassanlegg i Rådalen i kontraktområdet Bergen nord så snart som råd. Det svarar til halvparten av energiforbruket i kontraktområdet.

Vi vil vurdere tilgangen på lokalt produsert biogass før oppstart av alle nye anbod.

4. redusere klimapåverknaden ved å erstatte diesel med berekraftsertifisert biodiesel, der ikkje elektrifisering eller biogass er føremålstenleg

Vi vil stille krav om berekraftsertifisert og palmeoljefritt biodrivstoff for nye kontraktar. Frå 2020 vil dette kravet gjelde om lag 65 prosent av dagens energibruk for busser i Hordaland.

Vi vil erstatte resten av dieselforbruket med biodiesel så snart som råd, seinast innan 2025.

5. sikre låg miljøbelastning og klimapåverknad frå produksjonen av fornybar energi gjennom sertifiseringskrav

Vi vil stille krav om at biodrivstoff skal vere berekraftsertifisert og palemoljefritt. Frå 2018 gjev det minst 50 prosent mindre klimapåverknad frå biodiesel og biogass samanlikna med fossile drivstoff. Krava til berekraftsertifiserte biodrivstoff vert oppdatert av europeiske og nasjonale mynde. Lokalt produsert biogass er forventa å gje 90 prosent mindre klimapåverknad enn naturgass.

Vi vil stille krav om at elektrisitet for elbusar er garantert fornybar. Til dømes vasskraft gjev heile 99 prosent mindre klimapåverknad enn ved fossile drivstoff.

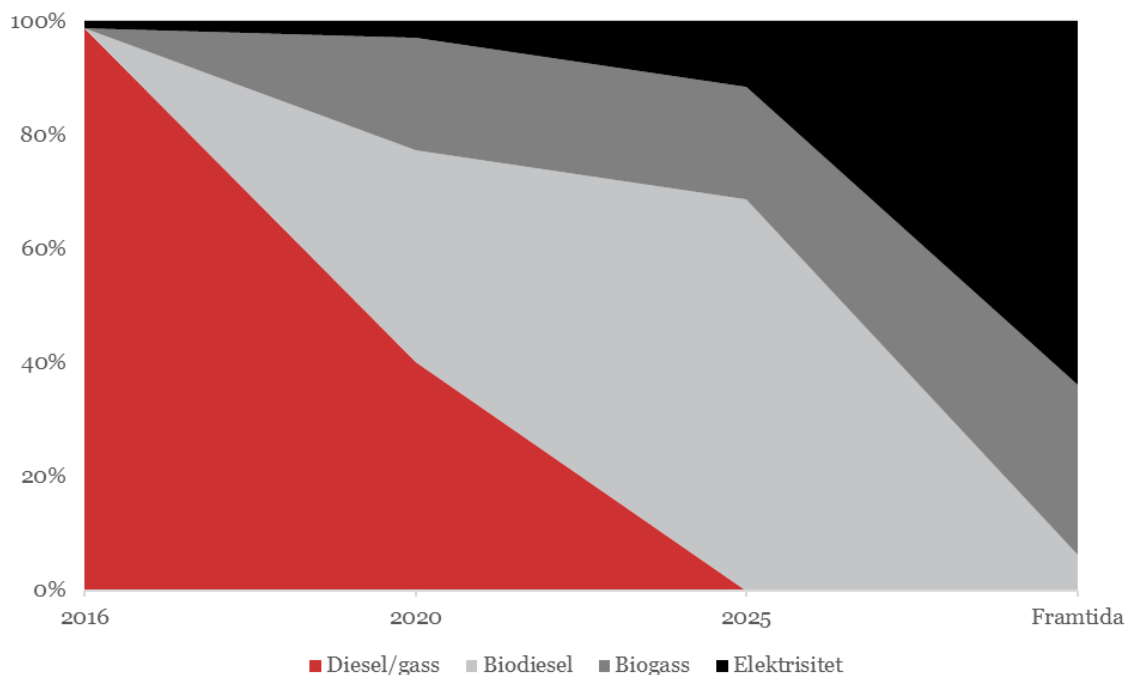
6. stadig oppdatere ambisjonar og konkrete planar i tråd med den teknologiske utviklinga

Vi vil bygge intern kompetanse og kapasitet på fagområdet, utveksle erfaring med andre kollektivtrafikksselskap og føre dialog med bransjeaktørar.

Vi vil leggje dei siste tilgjengelege data til grunn for krav og kriterier i alle anbudsprosessar. Utforming av anboda skal til ei kvar tid vere tilpassa eit oppdatert kunnskapsgrunnlag.

Med desse ambisjonane vert busstrafikken i Bergen fossilfri innan 2020, og i heile Hordaland innan 2025. Vi reduserer CO₂-utsleppa frå busstrafikken med minst 40 prosent mellom 2016 og 2020 og minst 60 prosent mellom 2016 og 2025. Vi har tru på ein stadig raskare overgang til låg- og nullutsleppsteknologi slik som illustrert i *Figur 1*.

Det er lagt til grunn at tiltak innanfor Bergen blir finansiert gjennom den nye byvekstavtalen for Bergen.



Figur 1 Ambisjon for innføring av låg- og nullutsleppsteknologi for bussane i Hordaland i forhold til dagens forbruk av energi.

1	Fleire kollektivreisande gjev betre miljø og lågare klimapåverknad.....	5
2	Gjere kollektivtrafikken enno meir berekraftig.....	6
2.1	Kollektivstrategi for Hordaland.....	6
2.2	Andre politiske vedtak	6
2.3	Rammer for temaplanen.....	6
2.4	Kva er låg- og nullutsleppsteknologi?	8
2.5	Kva er relevante utslepp?	8
2.6	Fagleg utgreiing legg grunnlag for temaplanen	10
3	Låg- og nullutsleppsteknologiar – kvar står vi i dag?	11
3.1	Reduksjon i lokale utslepp frå bussparken	11
3.2	Reduksjon i klimapåverknad frå kollektivtrafikken.....	11
3.3	Vidare utbygging av Bybanen	12
3.4	Forlenging av trolleylinja.....	12
3.5	Bruk av biogass frå Rådalen	12
3.6	Bruk av biodrivstoff i Nordhordland	12
4	Kva er best egna låg- og nullutsleppsteknologiar i Hordaland?	13
4.1	Lokale forhold	13
4.2	Biodrivstoff.....	13
4.3	Elektrifisering	14
4.4	Korleis få høgast nytte og lågast kostnad?	16
5	Aktuelle tiltak i Hordaland.....	17
5.1	Lading undervegs	17
5.2	Lading på haldeplass	17
5.3	Biogass	18
5.4	Berekraftsertifisert biodiesel	18
5.5	Oversikt effekt av aktuelle tiltak	19
5.6	Oversikt kostnader ved aktuelle tiltak	20
6	Utfordringar for gjennomføring	22
6.1	Tilgang og prisutvikling på berekraftig biodrivstoff	22
6.2	Behov for areal til lading.....	22
6.3	Behov for strømforsyning til lading	22
6.4	Avklaring av eigarskap og vedlikehald for infrastruktur	23
6.5	Førebuing og etablering av rutinar	23
6.6	Teknologisk utvikling og kontraktmessige bindingar	23
7	Ambisjonsnivå for redusert klimapåverknad for bussane i Hordaland.....	24
7.1	Når og korleis går vi over til låg- og nullutsleppsteknologi?	24
7.2	Samla ambisjonsnivå – fossilfri innan 2025	25
7.3	Langsiktig utvikling.....	26
7.4	Oppsummert ambisjonsnivå	28

1 Fleire kollektivreisande gjev betre miljø og lågare klimapåverknad

Kollektivtrafikken er eit viktig verkemiddel for å redusere den totale klimapåverknaden frå vegsektoren. Per passasjer har bussreiser lågare CO₂-utslepp frå energiproduksjon og –bruk enn privatbilreiser. Satsing på auka kapasitet, hyppigare avgangar og stabil og føreseieleg drift er grunnleggjande for å oppnå dette.

Miljø- og kapasitetsutfordringar i byområdet er bakgrunnen for målet om nullvekst i personbiltrafikken i Bergensområdet: Den forventa persontransportveksten må verte dekkja gjennom kollektivtransport, gange og sykkel. I snitt må talet på kollektivreiser auke med kring 60 prosent i dei ni største byområda i Norge (inkludert Bergensområdet) fram til 2030, og meir enn doblast fram mot 2050, i følgje strategirapport frå forarbeidet til NTP 2018-2027. Kollektivstrategi for Hordaland, vedteke i fylkestinga i 2014, viser retning for kva som skal til for å oppnå dette.

Dersom ein skal klare å dimensjonere eit rutetilbod som er rusta for den ønska veksten er det viktig at satsinga på låg- og nullutsleppsteknologi vert balansert mot behovet for kontinuerleg styrking av rutetilbodet.

Miljøstrategi for Skyss er ein del av Kollektivstrategi for Hordaland. Denne legg til grunn at riktig prioritering av kollektivkronene inneber balanse mellom stadig å utvikle tilbodet for å få fleire reisande, og å få lågare utslepp med nye teknologiar og drivstoff.

Utviklinga i passasjertal dei siste åra viser at kollektivtrafikken spelar ein stadig større rolle i folks reisevanar. Dette er ei utvikling Skyss må leggje til rette for at held fram gjennom å tilby eit konkurransedyktig og påliteleg kollektivtilbod. Derfor er det eit premiss for innføringa av ny teknologi at drifta er påliteleg og lever opp til passasjerane sine forventingar.

- I 2016 vart det gjennomført **9 millionar fleire bussreiser** i Bergen kommune enn i 2010 – ei auke på 62 prosent.
- I 2016 var passasjerveksten for buss og bybane på **9 prosent** i Bergen.
- I første kvartal 2017 vart det gjennomført over **19,4 millionar kollektivreiser**. 87 prosent (**17 millionar**) av desse reisene var i Bergensområdet.
- Det vert gjennomført om lag **180 000 daglege påstigingar** i Bergensområdet.
- Det vert gjennomført om lag **5500 daglege avgangar** med buss i Bergensområdet.

2 Gjere kollektivtrafikken enno meir berekraftig

2.1 Kollektivstrategi for Hordaland

Kollektivstrategi for Hordaland viser strategisk retning for utvikling av kollektivtrafikken. Kort oppsummert er det peikt ut fire hovudgrep for å nå overordna mål:

- Styrke og forenkle rutetilbodet; best tilbod der flest reiser
- Tilby enklare reiser; god informasjon, enkle betalingsløyningar
- Tilby effektive reiser; konkurransedyktig og føreseieleg reisetid
- Sørge for miljøvenleg drift; sikre låge utslepp, bidra i fagleg og teknologisk utvikling

Denne temaplanen for låg- og nullutsleppsbussar i Hordaland er ei vidareutvikling av det siste punktet til ein meir konkret handlingsplan.

Skyss sin miljøstrategi er ein del av kollektivstrategien. Ambisjonane frå denne har vore førande for innhaldet i temaplanen. I miljøstrategien er det mellom anna slått fast at:

- Skyss vil bruke lokalprodusert biogass til bussane i Bergensområdet.
- Skyss vil vidareutvikle bruk av elektrisitet som framdriftsteknologi for bussar.
- Skyss vil bruke dei mest støysvake bussane i støyutsette område.

- Skyss vil ta initiativ til utvikling og utprøving av ny og meir miljøvennleg teknologi og drivstoff.
- Skyss vil utvikle anbudsprosessar som sikrar innovasjon og miljøvennleg teknologisk utvikling.

2.2 Andre politiske vedtak

Det er eit nasjonalt mål at nye bybussar «skal være nullutslippskjøretøy eller bruke biogass innen 2025». Vidare skal 75 prosent av nye langdistansebussar nytte nullutsleppsteknologi innan 2030.¹

Fylkestinget i Hordaland har vedtatt at kollektivsektoren så langt som råd skal nytte framdriftsteknologi som er basert på fornybar energi innan 2025. I tillegg er det vedtatt at anbudsrundane for bussdrift i Bergen 2020 skal førebuast med tanke på eit nullutsleppsalternativ. Temaplanen skal følgje opp desse vedtaka.

2.3 Rammer for temaplanen

Føremålet med temaplanen er å setje ambisjonsnivå for utsleppskutt og å konkretisere korleis Skyss vil leggje til rette for låg- og nullutsleppsteknologi for bussparken i Hordaland. Viktige rammer for arbeidet er knytt til utforming av linjenettet, kontraktar som er

¹ Innst. 460 S (2016-2017): Innstilling fra transport- og kommunikasjonskomiteen om Nasjonal transportplan 2018–2029. Tilgjengeleg på www.stortinget.no.

inngått, og tidspunkt for komande anbodskonkurransar.

2.3.1 Linjenettet må vere tilpassa reisebehovet

Linjenettet for buss er i utvikling for å vere tilpassa endringar i reisebehov og veginfrastruktur. I vurdering av moglege elektrifiseringstiltak er lengde, frekvens og endehaldeplass for den enkelte busslinja avgjerande. I arbeidet med temaplanen har ein teke utgangspunkt i dagens linjenett for buss i Bergensområdet. I vidare arbeid vil ein sjå moglege endringar i linjenettet opp mot moglegeheit for elektrifisering. Å treffe reisebehovet vil likevel vere første prioritet i endringar i linjenettet.

2.3.2 Kontraktar set rammer for tiltak

Innføringa av ny framdriftsteknologi vil vere tett knytt opp mot anbodsprosessane Skyss har ansvar for, då det i hovudsak er her fylkeskommunen som oppdragsgjevar har handlingsrom til å stille nye og meir ambisiøse krav til materiell og utslepp.

Temaplanen har hovudfokus på busskontraktane som har oppstart i 2019 og 2020. Dette gjeld busskontraktane for Bergensområdet (Bergen sør, Bergen nord, Bergen sentrum og Vest) samt Austevoll og Osterøy.

Nye kontraktar for busskøyring i Hardanger og Voss, Modalen og Vaksdal og Sunnhordland er starta opp i løpet av dei siste åra, og anbudsprosess for Nordhordland er under gjennomføring med oppstart i 2018. Dersom det

skal verte stilt nye krav innafor eksisterande kontraktar vil dette krevje forhandlingar og mogleg økonomisk kompensasjon til aktuell operatør.

Det er viktig å samordne vurdering av aktuelle tiltak med inngåtte kontraktar og kontraktstrategiar framover. Slik kan vi sikre at vi ikkje legg opp til unødvendige ekstrakostnader, og legg betre til rette for god gjennomføring.

Skyss vil halde talet framdriftsteknologiar i kvart kontraktområde så lågt som råd. Dette vil sikre operatøren stordriftsfordelar og bidra til å unngå unødvendig stor kostnadsvekst. Større volum gjev betre tilgang på reservedelar, vedlikehaldstenester og kompetanse. Dessutan gjer færre framdriftsteknologiar bussparken meir fleksibel, og er gunstig for stabil dagleg drift.

2.4 Kva er låg- og nullutsleppsteknologi?

Motortypar kan kombinerast med energiberarar av ulikt opphav, jamfør *Tabell 1*.

Lågutsleppsteknologi er forbrenningsmotor med fornybar energi (biodrivstoff eller hybride løysingar). Er biodrivstoffet berekraftsertifisert, er ein sikra minst 50 prosent lågare klimapåverknad i eit livssyklusperspektiv.

Avfallsbasert biodrivstoff, til dømes lokalprodusert biogass, gjev lågast klimapåverknad blant lågutsleppsalternativa.

Nullutsleppsteknologi er heilelektriske løysingar, lagra til dømes i batteri eller hydrogen. Med garantert fornybart opphav er klimapåverknaden opptil 99 prosent lågare enn fossilt drivstoff. Dessutan gjev nullutsleppsteknologi lågare støy og ingen lokale utslepp.

Tabell 1 Kombinasjonar av motortype og energiberar utgjør framdriftsteknologiar med ulikt utsleppsnivå – fossilt versus låg- og nullutsleppsteknologi basert på fornybart.

Drivstoff	Fossilt:	Fornybart (lågutslepp):	Fornybart (nullutslepp):
Forbrenningsmotor	Diesel Bensin Gass	Biodiesel Bioetanol Biogass	
Hybrid	Diesel Bensin Gass Elektrisitet	Biodiesel Bioetanol Biogass Elektrisitet	
Elektromotor	Elektrisitet (t.d. frå kull) Hydrogen (t.d. frå naturgass)		Elektrisitet (t.d. frå vasskraft) Hydrogen (t.d. frå vindkraft)

2.5 Kva er relevante utslepp?

Dagens diesel- og gassbusser forureinar lufta og slepp ut klimagassar. Nitrogenoksid (NOX) og svevestøv frå forbrenningsmotoren er helsefarlege lokale utslepp, medan CO₂ frå fossile drivstoff fører til global oppvarming.

Euro-standarden set grenseverdier for kor mykje lokale utslepp køyretøy kan ha for å verte godkjent for sal. Utsleppskrava vart først sett i 1993 og er seinare skjerpa fleire gongar. Frå 2014 gjeld standarden Euro VI som krav til nye køyretøy. Alle busser kjøpte inn etter 2014 held denne standarden. Euro VI gir ein betydeleg reduksjon i lokale utslepp samanlikna med tidlegare Euro-klassar. Grenseverdiane for Euro

VI er sette ned med 91–94 prosent samanlikna med Euro III og 67–77 prosent samanlikna med Euro V. I tillegg vart Euro VI-køyretøy sertifisert etter meir realistisk testing av reelle utslepp, og nyare undersøkingar syner at køyretøya oppfyller krava også i reell drift.

Altså vil overgangen til Euro VI-køyretøy gje ein vesentleg reduksjon i lokale utslepp. Dei største ulempene med forbrenningsmotoren, trass Euro VI-standard, er låg energieffektivitet, høge støynivå, restmengda lokale utslepp og CO₂-utsleppet.

CO₂-utsleppet frå forbrenningsmotoren inngår i ei meir komplisert berekning av

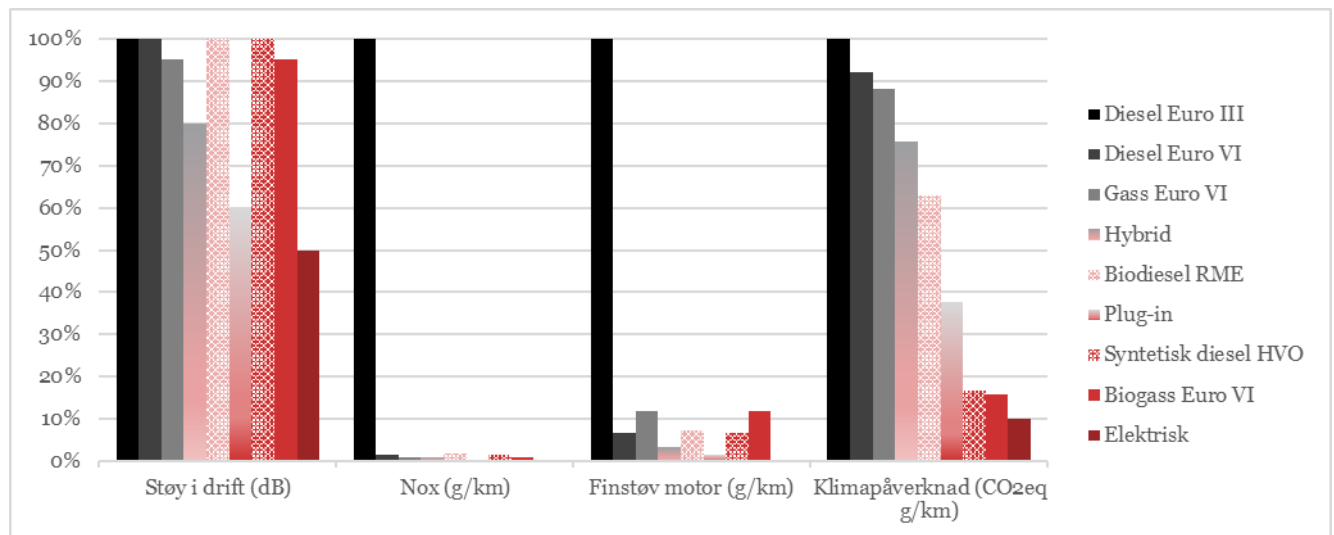
klimapåverknaden til både produksjonen og bruken av drivstoffet. Forbrenning av fossile drivstoff bidreg direkte til global oppvarming og klimaendringar ved å endre karbonbalansen i atmosfæren. Forbrenninga av biobaserte (fornybare) drivstoff, til dømes biogass eller biodiesel, vert vege opp av karbonopptaket i drivstoffet sin vekstfase og endrar ikkje karbonbalansen. Det avgjerande er altså kva klimapåverknad drivstoffet har.

Ein kan samanlikne klimapåverknaden til ulike framdriftsteknologiar ved å berekne differansen mellom opptak og utslepp av CO₂ frå energiproduksjonen og -bruken. Medan bruksfasen er mest relevant for fossile energibærarar (t.d. diesel og bensin), er produksjonsfasen meir relevant for fornybare energibærarar (t.d. biodiesel og biogass).

med Euro VI er dei lokale utsleppa så små at forskjellane mellom ulike typar drivstoff har vorte svært liten. Det er berre når det gjeld klimapåverknaden at andre framdriftsteknologiar skil seg vesentleg frå nye dieselbusser med moderne reinseteknologi (Euro VI).

I nye anbod vil Skyss som standard setje krav til Euro VI på busser med forbrenningsmotor. Det vil kunne vere avvik frå dette, t.d. i samband med kortsiktige løysingar i ei overgangsfase til elektrifisering. Dieselbusser med Euro VI-standard er referansepunkt for tiltaka som vert presentert i temaplan, inkludert kostnader og effektar. Utover dette vil dei tilrådde tiltaka i temaplanen ha hovudfokus på å redusere klimapåverknaden. Den målbare eininga for dette er reduksjon av CO₂-utslepp.

Figur 2 gir ei samla oversikt over nivået på målte utslepp etter framdriftsteknologi og syner at



Figur 2 Nivået på målte utslepp etter framdriftsteknologi – temaplanen konsentrerer seg om klimapåverknaden (kjelde: Hagman 2017 og Roland Berger 2015).

2.6 Fagleg utgreiing legg grunnlag for temaplanen

Store delar av innhaldet og tilrådingane i temaplanen byggjer på ei fagleg utgreiing av det teknologiske moglegheitsrommet for bussar i Bergensområdet, utført av konsulentselskapet Trivector på oppdrag frå Skyss våren 2017.

Trivector har vurdert dei teknologiske moglegheitene opp mot økonomiske og praktiske forhold (t.d. linjelengde, infrastrukturbehov, topografi mv.). Sentrale føresetnader for arbeidet har mellom anna vore:

- teknologisk modenheit og påliteleg drift – ingen «eksperiment» med dei reisande
- hovudfokus på å redusere klimapåverknaden gjennom tiltak som reduserer CO₂-utslepp

- mest mogleg nytte av investeringane - t.d. gjennom høgast mogleg utbytte av eksisterande og ny infrastruktur

Trolleybussen i Bergen er ei elektrisk buslinje som kan danne grunnlag for vidare elektrifisering av bussparken. Fylkesutvalet fatta i november 2016 vedtak om at trolleylinja skulle forlengast til Laksevåg som første byggetrinn for ei utviding av trolleydrifta. Rapporten «Teknisk forprosjekt Trolleybus Extension to Laksevåg» er utarbeidd som ein del av oppfølging av vedtaket. Ei slik forlenging av trolleylinja har vore ein føresetnad i arbeidet, og vurderingane frå utgreiinga ein del av grunnlaget for temaplanen. Vidare oppfølging av trolleylinja vil skje i samband med oppfølging av temaplanen.



Figur 3 Konsulentselskapet Trivector har gjennomført ei utgreiing som er del av det faglege grunnlaget for temaplanen. Utgreiing om mogleg forlenging av trolleybusslinja til Laksevåg er også ein del av grunnlaget.

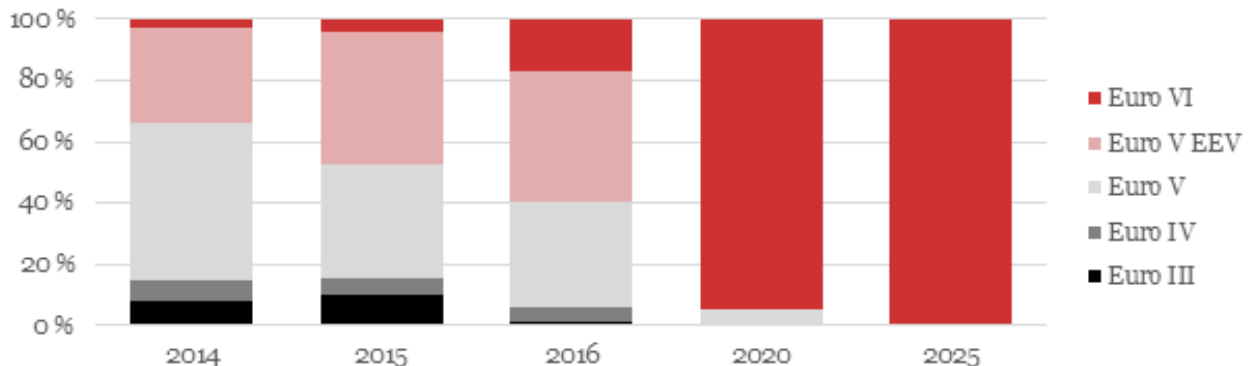
3 Låg- og nullutsleppsteknologiar – kvar står vi i dag?

I dag køyrer nærmare 800 bussar på oppdrag frå Skyss i Hordaland. Av desse er om lag 86 prosent dieselbussar, om lag 13 prosent gassbussar. Dei seks trolleybussane utgjer mindre enn ein prosent av bussparken.

3.1 Reduksjon i lokale utslepp frå bussparken

Dieselbussar som tilfredsstillar krava til Euro VI har som omtala i kapittel 2.5 svært låge lokale utslepp. I 2016 auka andelen av bussparken med

Euro VI-standard frå fire til om lag 17 prosent. Utskifting av bussparken i nye anbod i områda Hardanger og Voss, og Modalen og Vaksdal, var hovudårsaka til dette. Andelen bussar med Euro VI-standard aukar betydeleg gjennom jamn utskifting av bussparken ved inngåing av nye busskontraktar dei nærmaste åra, jamfør Figur 4. Skyss vil i all hovudsak stille krav om Euro VI-standard på bussparken i nye anbod. Dette gjer at ein frå 2020 i Bergensområdet og innan 2025 elles i fylket har minimert dei lokale utsleppa.



Figur 4 Bussar i oppdrag for Skyss etter registrering i euro-klasse – med prognose 2020 og 2025.

3.2 Reduksjon i klimapåverknad frå kollektivtrafikken

I 2016 var dei samla CO₂-utsleppa frå kollektivtrafikken i Hordaland på om lag 128 000 tonn. Fylkesvegferjene sto for om lag 44 prosent av desse utsleppa, medan bussane sto for om lag 38 prosent.

Tidlegare berekingar har vist at bussar i Skyss-regi står for om lag seks prosent av det totale

CO₂-utsleppet frå vegtrafikken, medan lette køyretøy (privatbilar) står for om lag 75 prosent.

I 2016 og 2017 har fylkeskommunen inngått avtalar for nye ferjeanbod med oppstart i perioden 2018-2020. Løysingane til dei vinnande operatørane inneber høg grad av elektrifisering av sambanda. Når alle nye kontraktar er starta opp etter 2020, kan ein forvente ein samla CO₂-reduksjon frå fylkesvegferjene på om lag 90

prosent. Dette tiltaket vil aleine medføre at det samla CO₂-utsleppet frå kollektivtrafikken i Hordaland vert redusert med 40 prosent i forhold til 2016. Dette er eit stort klimatiltak som også vil vere kostnadmessig krevjande for fylkeskommunen.

3.3 Vidare utbygging av Bybanen

Utbygging av Bybanen skal vere hovudstammen i kollektivsystemet i Bergen. Bybanen sine fortrinn er mellom anna at den kan tilby høg passasjerkapasitet og har eigen trase. Slik gir banen effektive og føreseielege reiser, uavhengig av køane på vegen. Dessutan nyttar Bybanen elektrisitet som energiberar og er svært energieffektiv. 25 prosent av strømmen vert regenerert gjennom bremsesystemet og nytta direkte av andre bybanevogner på linja.

Frå mai 2017 betener Bybanen strekninga Byparken – Bergen Lufthamn Flesland, og revidert planforslag for vidare utbygging til Fyllingsdalen er nyleg vedteke. Utbygging av denne strekninga er forventa å starte opp i 2018 og skal sikre betre kollektivdekning av Haukeland sjukehus, byutviklingsområdet på Mindemyren og i Fyllingsdalen. Utbygging av bybanenettet mot nord skal sikre betre kollektivdekning av Åsane bydel. Arbeidet med reguleringsplan er i oppstart.

Vidare satsing på utbygging av Bybanen er ryggraden også i elektrifiseringa av kollektivtrafikken i Bergen. I 2016 var om lag 24 prosent av kollektivreisene i Bergen kommune med Bybanen (10.6 millionar reiser), og med utbygging av Bybanen vert ein stadig aukande del kollektivreiser utført med elektrisitet som energiberar.

3.4 Forlenging av trolleylinja

Dagens trolleylinje går frå Birkelundstoppen til Strandkai terminalen. Trolleybussane går på strøm frå køyreleidningar, utan utslepp frå

framdrifta. Fylkesutvalet fatta i 2016 vedtak om forlenging av trolleylinja til Laksevåg. Bybanen utbygging har gjennomført eit teknisk forprosjekt for forlenginga. Dei tilrår bygging av leidningsnett på Laksevåg kombinert med batteridrift i sentrum. Bussane skal då lade undervegs.

Det er ønskeleg at ny infrastruktur for trolleybuss skal vere klar til oppstart av nye anbod i 2020. Forlenging av trolleylinja til Laksevåg er lagt til grunn i arbeidet med temaplanen. Dersom ei slik forlenging ikkje vert gjennomført, vil ein måtte gjere ei ny vurdering av moglegheitene for elektrifisering i dette området.

3.5 Bruk av biogass frå Rådalen

På grunnlag av politiske vedtak i fylkeskommunen og Bergen kommune vert det arbeidd med bruk av biogass frå det nye biogassanlegget i Rådalen til bussane i Bergen. Anlegget har ein planlagd kapasitet på 25 GWh i året. Det svarar til halvparten av energiforbruket av naturgass i dagens bussdrift. Å ta i bruk biogassen i bussar i Bergen er ein premiss i denne temaplanen.

3.6 Bruk av biodrivstoff i Nordhordland

Fylkesutvalet har vedteke krav til «... *biogass eller drivstoff med tilsvarande miljøeffekt*» i kontraktområdet Nordhordland. For å ta omsyn til dette vart det stilt krav om berekraftsertifisert biodrivstoff. Det vil seie eit krav om 50 prosent CO₂-kutt.

Kontrakten skal ha oppstart hausten 2018. Tiltaket er berekna å kutte minst 1 900 tonn CO₂ årleg. Prosessar rundt anbod og oppstart av dette gjev Skyss og tilbydarane viktig erfaring med problemstillingar knytt til kravspesifikasjonar og rapportering for bruk av biodrivstoff.

4 Kva er best egna låg- og nullutsleppsteknologiar i Hordaland?

For å redusere klimapåverknaden frå busstrafikken kan ein – enkelt sagt – anten erstatte det fossile drivstoffet med fornybart (biodrivstoff) eller elektrifisere. Dei valde teknologiske løysingane må redusere klimapåverknaden, vere pålitelege og passe til dei lokale forholda.

4.1 Lokale forhold

Busstilbodet i Bergen og omegn er prega av mange relativt korte linjer, lågare gjennomsnittsfart og hyppigare avgangar enn elles i fylket. Her går tyngre leddbusslinjer og bylinjer med nedtil 7,5 minutt frekvens og linjestrekningar på 5 – 25 km, men også meir lokale mateliner med ein avgang i timen. I Bergen har ein både strekningar med høg hastigheit (hovudinnfartsårer) og strekningar med låg hastigheit og hyppige stopp.

I distriktet er busslinjene generelt lengre, avgangane sjeldnare og gjennomsnittsfarten høgare. Linjestrekninga er som regel over 15 km. I bynære område varierer frekvensen mellom 20 og 30 minutt, elles er avgangane spredte og i stor grad basert på behov for skuleskyss.

4.2 Biodrivstoff

For biodrivstoff svarar CO₂-utsleppet i bruksfasen til CO₂-opptaket i plantevekstfasen, altså har energibruken ingen klimapåverknad. Den

eigentlege klimapåverknaden oppstår gjennom CO₂-utsleppet knytt til foredlinga av biodrivstoffet.

Med biodiesel samanfattar vi ulike flytande biodrivstoff:

4.2.1 FAME

FAME (fettsyremetylester) er eit biodiesel, lagd av animalsk fett eller vegetabiliske oljer. På grunn av dei gode kuldeeigenskapane nyttar ein i norden FAME basert på rapsmetylester, kalla RME. FAME/RME har lågare energitettleik og noko avvikande eigenskapar i forhold til diesel. Med unnatak i sterke kuldeperioder kan ein erstatte diesel opptil 100 prosent, viss det ligge føre godkjenning frå motorprodusenten og vedlikehaldet av motor vert noko intensivert.

Det finst FAME som oppfyller dagens berekraftkriterium, slik dei er fastsette av EU.² Berekraftkriteria sikrar ein viss reduksjon av klimapåverknad og at råstoffet ikkje er dyrka på til dømes tidlegare regnskogsareal. Med 38 prosent lågare klimapåverknad oppfyller RME dagens berekraftkrav (minst 35 prosent reduksjon). Frå 2018 vert kravet oppjustert til minst 50 prosent reduksjon. Dersom produksjonsprosessane vert betre, slik at drivstoffet også med dette strengare kravet vert berekraftsertifisert, er FAME eit gunstig biodieselalternativ og relevant for Skyss.

² Les meir om berekraftkriterier hos Miljødirektoratet: www.miljodirektoratet.no. Standard verdiar for

klimapåverknad er fastsette i Produktforskrifta §3, vedlegg II a, tilgjengeleg på lovdata.no.

4.2.2 HVO

HVO (hydrert vegetabilsk olje) er eit anna biodiesel, lagd av vegetabilske oljer eller (trass namnet) animalsk fett. Produksjonsprosessen omfattar at fettsyrer reagerer med hydrogengass ved høg temperatur og under høgt trykk. HVO er nesten identisk med diesel og krev derfor ikkje noko spesielle tiltak i motor eller vedlikehald for å erstatte diesel opptil 100 prosent.

Ulike produkt frå palmeoljeproduksjonen kan vere råstoff for HVO. Det gjev ein risiko for auka hogst av regnskog for å produsere biodrivstoff. Difor sett dei nemnde berekraftkriteria høge krav til sporing av råstoffet der kor auka etterspurnad kan føre til auka palmeoljeproduksjon. Det er brei semje om at avfallsproduktet palm effluent sludge (PES) kan verte nytta utan å drive opp etterspurnaden etter palmeolje. Biproduktet palm fatty acid (PFAD) vert derimot vurdert som ein drivar for høgare etterspurnad. I praksis finst det difor ikkje berekraftsertifisert HVO basert på PFAD. Til sist kan ein produsere HVO basert på hovudproduktet crude palm oil (CPO) og få dette berekraftsertifisert. Trass sertifisering vert produktet ikkje sett på som berekraftig av fleire miljøvernorganisasjonar fordi berekraftsertifisert palmeolje bidreg til den globale etterspurnaden av palmeolje.

Biodiesel som HVO og FAME/RME har fleksibel rekkevidde og fylletid og krev lite investering i infrastruktur. Så lenge dei er berekraftsertifisert og palmeoljefritt, vurderer Skyss dei som moglege energiberarar for busstrafikken i heile Hordaland.

4.2.3 Biogass

Biogass vert danna gjennom ein organisk nedbrytingsprosess i eit oksygenfritt miljø. Produksjonen av biogass skjer hovudsakleg i

biogassanlegg, der organisk material rotar i rotnetankar. Gassen må oppgraderast frå 60–70 prosent til minst 95 prosent metan for å kunne nyttast i forbrenningsmotoren til vanlege gassbusar.

Teknologien er moden og gassbusar er tilgjengelege for stort sett all busstrafikk. Busmateriell og energi er dyrare enn for dieseldrift.

Den lokalt produserte biogassen i Hordaland er basert på avfallsprodukt og forventast å gje 90 prosent lågare klimapåverknad. Diverre er produksjonen i Hordaland liten og det manglar lokale bruksområde for bioresten, biproduktet frå biogassproduksjonen. Biogass er dyrare, men like praktisk i bruk som biodiesel – og derfor eit relevant alternativ overalt der det finst lokal produksjon.

4.3 Elektrifisering

Elektriske bussar slepp ikkje ut verken CO₂ eller lokale utslepp i driftsfasen. Elektromotoren lagar også mindre støy enn forbrenningsmotoren.

Som for biodrivstoff er energiproduksjonen avgjerande for klimapåverknaden til elektriske løysingar. Strøm med opphavsgarantiar er garantert fornybar, men på grunn av kraftverksinstallasjonen ikkje fullstendig utsleppsfri. For vasskraft reknar ein til dømes med 5 gram CO₂/kWh.³ Med omsyn til høgare energieffektivitet i elektromotoren gjev det opptil 99 prosent lågare klimapåverknad frå fornybar elektrisitet enn frå fossilt drivstoff.

Klimapåverknaden knytt til eventuell batteriproduksjon utgjer mindre enn 5 prosent

³ NVE sin nasjonale varedeklarasjon for kraft for 2016, tilgjengeleg på www.nve.no.

av livssyklusutsleppet til busser og vert i denne samanhengen halden utafor.⁴

Det finst hydrogenbusser og ulike ladekonsept for batteribusser:

4.3.1 Hydrogen

Hydrogenbusser lagrar strømmen som hydrogen som vert omforma til strøm i ei brenselcelle. Rekkevidda er noko avgrensa (300 km), men fylletida kort og fleksibiliteten generelt høg. Klimapåverknaden er avhengig av korleis hydrogengassen vert produsert – av til dømes naturgass eller fornybar strøm.

Hydrogendrivne busser vert prøvd ut fleire stadar i verda, mellom anna i Oslo. Fylleinfrastrukturen og bussmateriellet er dyrt, det er få leverandørar av slike busser, og verdikjeda er fortsatt under utprøving.

Som nullutsleppsteknologi kan brenselcellekonseptet verte interessant for lange liner og/eller høg døgnproduksjon. Men på bakgrunn av kostnadsbiletet og status for teknologien legg ikkje Skyss opp til å ta i bruk hydrogen til ordinær drift i perioden fram mot 2025.

4.3.2 Batteri, saktelading på depot

Heilelektriske busser kan rustast ut med store batteri som vert lada sakte på depot (som regel via kabel med 20 – 80 kW). Høg lagringskapasitet gjev sakte ladeeffekt. Ein standardbuss får då ei avgrensa rekkevidde (150 – 300 km) og lang ladetid (4 – 6 timar). Eit langt driftsdøgn kan krevje fleire køyretøy enn med dieseldrift for å oppretthalde ruteproduksjonen.

Batteria er kostnadsdrivande for elbusser. Med dagens raske utvikling innan batteriteknologi rår

det fortsatt usikkerheit kring ladekapasitet, levetid og avhending. Dei mange utprøvingssprosjekta i Europa vil gje sikrere samla kostnadsberekningar, og Skyss vil følgje resultatane herfrå.

Investeringar i infrastruktur til saktelading er relativt låge. Det gjer konseptet interessant der døgnproduksjonen er låg, til dømes i distrikt med relativt sjeldne avgangar og der det er korte linjer. Fagrapporten syner at mange av linjene med større potensial for utsleppskutt er for lange til å ta i bruk elbusser med lading på depot, også med forventning om dobbelt så lang rekkevidde i framtida. Derfor ser Skyss berre mindre potensial for slik elektrifisering i den komande perioden.

4.3.3 Batteri, hurtiglading på haldeplass

Ein kan også utruste heilelektriske busser med noko mindre batteri for hurtiglading (via pantograf med 150 – 450 kW). Batteri optimert for høg ladeeffekt har lågare lagringskapasitet. Ein leddbuss kan då køyre opptil 15 km, før den må lade i 2 – 6 minutt på endehaldeplassen. Lengda på driftsdøgnet er ikkje avgrensa, men opptil 10 prosent av tida er både sjåfør og bussmaterieell uproduktive. Det kan krevje fleire køyretøy enn med dieseldrift, for å oppretthalde ruteproduksjonen. Det gjer systemkostnaden høg.

For å optimere eit system med hurtiglading på haldeplass må ein tilpasse batteristorleik og ladeinfrastruktur til kvar enkelt linje. Ei mindre overdimensjonering kan vere føremålstenleg for å oppnå meir fleksibilitet. Hurtiglading krev høgare infrastrukturinvesteringar og plass til lading. I tillegg til batteriutviklinga er ladeteknologien under utvikling. Det ligg enno

⁴ Union of concerned Scientist (2015): «Cleaner Cars from Cradle to Grave», tilgjengeleg på www.ucsusa.org

ikkje føre noko norsk eller europeisk standard for pantograflading.

Hurtiglading på haldeplass er egna for bytrafikk med høg døgnproduksjon, altså for tettstadar som Bergen. For perioden 2019 – 2025 ser Skyss potensial for teknologien i Bergen.

4.3.4 Batteri, lading undervegs (batteritrolley)

Batteribussar med strømvaktar kan køyre som trolleybussar under kontaktleidninga og samstundes lade batteriet. Gjennom av- og påkobling kan bussen kombinere batteristrekningar med trolleytrasé. Fordelen er at ein ikkje treng tid og plass til lading. Investeringar i leidningsnett er høge – og hovudtrasear bør derfor nyttast av flest moglege busslinjer. Delen leidningsnett på køyrestrekninga kan reduserast til under 50 prosent, avhengig av energibruken til bussen.

Trolleybussar krev høgare investeringar enn ordinære dieselbussar, men har lenger levetid. Til forskjell frå andre elbussar treng ein ikkje fleire bussar enn i dieseldrift. Systemkostnaden vert derfor låg når ein utnyttar infrastrukturen godt. Utvalet av batteritrolleybussar er lite, men teknologien er vel utprøvd. Fordi ein kan byggje vidare på eksisterande leidningsnett, vurderer Skyss lading undervegs som relevant for Bergen.

4.3.5 Hybride køyretøy

Hybride køyretøy kombinerer elektro- og forbrenningsmotoren og kan kombinerast med fossil og fornybar energi. I tillegg til hybriddrift med HVO/FAME, finst også biogasshybridar, som mellom anna er prøvd ut av Skyss i Bergen.

Hybriddrift reduserer energibruken ved ofte startung og stopping. Dei har lang rekkevidde og er derfor meir fleksible enn heilelektriske køyretøy. Samstundes gjev dei doble drivlinjene

høgare vedlikehaldskostnadar og dårlegare utnytting av ladeinfrastrukturen enn om bussane hadde vore heilelektriske.

Det er fortsatt lite utval av hybridbussar, og særleg gasshybridar, på marknaden.

Fagrapporten peiker på at dei linjene som kan ha nytte av hybriddrift, også er aktuelle for heilelektrisk bussdrift. Fordi kostnaden er like høg, men nytta lågare, vurderer Skyss hybriddrift som mindre relevant for føreståande anbod.

4.4 Korleis få høgast nytte og lågast kostnad?

Tiltak for å redusere klimapåverknaden er nødvendige for å nå vedtekne mål, men har potensielt store kostnader knytte til seg. Det er avgjerande at ein, basert på tilgjengelege fakta, prioriterer tiltaka med høgast nytte for lågaste kostnad.

Dei elektriske løysingane er best egna for tettstad – her er nytta størst: Mest CO₂-kutt i i forhold til investeringa i infrastruktur, ingen lokale utslepp og lågare støy der det bur flest. Skyss vil derfor prioritere tiltak for elektrifisering føre biodrivstoff der dette er mogleg og har høg nytteverdi.

For å sikre best mogleg nytte av investeringar skal eksisterande infrastruktur utnyttast optimalt. I Bergen vil Skyss ta utgangspunkt i leidningsnett for trolleybuss og likerettarar for Bybanen. Vidare skal investeringar i ny ladeinfrastruktur verte prioritert der denne vil verte mest brukt - på endehaldeplassar og terminalar med fleire linjer og/eller hyppige avgangar.

For å sikre effektiv drift og låge kostnadar skal ein i planlegginga konsentrere tiltak for elektrifisering i einskilde kontraktområde.

5 Aktuelle tiltak i Hordaland

I alt er det identifisert *teknisk moglege tiltak* med ei samla berekna effekt for Hordaland på 65 prosent lågare klimapåverknad i forhold til CO₂-utsleppa frå dagens busstrafikk. Samla tiltakskostnadar ligg på 57 – 82 MNOK årleg, tilsvarande 4 – 6 prosent av dagens kontraktverdi.

I det vidare er det inkludert kostnadsberekningar frå fagrapporten. Kostnadstala gjev ikkje nøyaktige svar, men er estimat for eventuelle meirkostnadar.

For investeringskostnadar i ladeinfrastruktur kan ein søkje opptil 40 prosent statleg støtte frå Enova. Reduserte meirkostnadar på bakgrunn av slik støtte er inkludert i parentes.

5.1 Lading undervegs

Eksisterande elektrisk infrastruktur bør nyttast best mogleg – det omfattar leidningsnett for trolleybuss og likerettarar for Bybanen. Ein kan nytte trolleyinfrastrukturen meir effektivt ved å ta det i bruk til lading undervegs, på strekningar der ein har mange busslinjer.

I «Teknisk forprosjekt Trolleybus Extension to Laksevåg» er kostnadane for å utvide leidningsnettet til Laksevåg vurderte. Ei forlenging med leidningsnett gjennom sentrum er estimert til 90 MNOK i investeringskostnadar, med leidningsnett berre på Laksevåg til 60 MNOK. Første berekningar av driftskostnadar syner at dei samla årlege meirkostnadane for investering og drift mellom Laksevåg og Birkelundstoppen er estimert til om lag 2 MNOK (0,1 MNOK med Enova-stønad).

Den mest omfattande utbygginga, med eit gjennomgåande leidningsnett gjennom sentrum, gjev moglegheit til å elektrifisere 24 prosent av energiforbruket til bussane i kontraktområde Bergen sentrum og ni prosent i kontraktområde Bergen sør. Dette vil gje eit samla CO₂-kutt på 1 900 tonn CO₂. Tiltaket er i prioritert høgt i fagrapporten frå Trivector.

Det tekniske forprosjektet rår til ei utbygging avgrensa til leidningsnett på Laksevåg. Det er grunnlag for å elektrifisere 20 prosent av energiforbruket i Bergen sentrum og 9 prosent i Bergen sør. CO₂-kuttet er berekna til 1 600 tonn.

Ytterlegare bruk av lading undervegs krev tilpassingar i linjestrukturen, slik at ein får passe lange linjer, som køyrer ei lang nok strekning under leidningsnett. Slike omleggingar i linjestrukturen for kollektivtrafikken vil trenge grundig utgreiing, for å sikre at ein dekker reisebehovet og utviklinga i passasjergrunnlag.

5.2 Lading på haldeplass

Ny ladeinfrastruktur bør byggjast der den vert brukt mest, altså på endehaldeplassar og terminalar med fleire linjer og/eller hyppige avgangar. Ruteproduksjon tilsvarande ca. halvparten av energiforbruket i kontraktområde Bergen sentrum og ca. 17 prosent av energiforbruket i kontraktområde Bergen sør er mogleg å erstatte med hurtiglading med dagens batteri- og ladeteknologi.

Slik elektrifisering i sentrum vil samla redusere 3 100 tonn CO₂, med estimerte årlege meirkostnadar på 14 MNOK (11 MNOK med Enova-stønad). Fleire av desse linjene står for eit stort energiforbruk og gjev høg nytte.

Moglegheitene for lading på haldeplass i sør reduserer vel 1 400 tonn CO₂ med estimerte årleg meirkostnadar på 8 MNOK (6 MNOK med Enova-stønad). Fleire av desse linjene har eit relativt lågt energiforbruk og gjev lågare nytte.

For dei fleste haldeplassane er det stadfesta at det er tilgjengeleg effekt i høgspenningsnettet. Kostnadar for framføringa av strøm er knytt til graving og etablering av nettstasjonar. Det må gjerast vurderingar av spenningskvalitet og nærare prosjektering av dei elektriske anlegga. Vidare må ein vurdere driftsopplegget for lading og tilhøyrande arealbehov.

Gjennomføring av tiltak for lading på haldeplass vil krevje plass til både elektrisk anlegg og til lading av bussane. Dette gjeld fleire endehaldeplassar og terminalane Bergen busstasjon, Loddefjord, Oasen, Storavatnet, Sletten, Lagunen, Nesttun og Birkelandsskiftet. Trivector peiker på at areal syner å vere tilstrekkeleg. Likefult må ombyggingar og installasjon av ladeinfrastruktur vere i tråd med reguleringsplanar og ha naudsynte byggetillatingar. Fagrapporten har ikkje vurdert behovet for planprosessar.

I kontraktområde Vest er rutetilbodet prega av sjeldnare avgangar og varierende trasear. Dette gjev utfordringar med rekkevidde og dårleg utnytting av eventuelle investeringar ladeinfrastruktur. I tidsperspektivet fram mot 2025 er tiltak for elektrifisering ikkje tilrådd her.

I kontraktområde Bergen nord vil linjestrukturen for buss høgst sannsynleg verte endra med utbygging av Bybanen til Åsane. Dette gjer det mindre gunstig å investere i omfattande ladeinfrastruktur i dette området. Det er også i dette området ein allereie har lagt til rette for bruk av biogass frå Rådalen. Dette gjer at tiltak for lading på haldeplass ikkje er tilrådd i dette området.

5.3 Biogass

Den tilgjengelege biogassen frå Rådalen skal leverast som komprimert biogass til busar i Bergen. Dagens gassbusar er stasjonert ved fylleanlegga på Mannsverk og Haukås. På grunn av sikkerheitskrav er det ikkje mogleg å plassere kompressoranlegget, som er naudsynt for å fylle komprimert gass, på Mannsverk. Derfor er det i dag berre mogleg å starte opp biogassdrift frå Haukås i kontraktområdet Bergen nord.

Den forventa produksjonen i Rådalen er på 25 GWh og svarar til dagens gassforbruk i det aktuelle kontraktområdet. Tiltaket kuttar 4 500 tonn CO₂. Samanlikna med ei dieselløysing syner utgreiinga at biogassdrift gjev meirkostnadar på om lag ti prosent. Det svarar til om lag 15 MNOK årleg for det aktuelle tiltaket.

Utover biogassen frå Rådalen er tilgjenge og pris for biogassdrift i Hordaland uklart. Det kan vere stordriftsfordelar knytt til 100 prosent gassdrift i Bergen nord. Det vil redusere ytterlegare 4 400 tonn CO₂ med estimerte årlege meirkostnadar på opptil 11 MNOK. Tiltaket er prioritert lågare i fagrapporten på grunn av usikkerheit i tilgjenge og relativt høge kostnadar.

5.4 Berekraftsertifisert biodiesel

Biodiesel kan i utgangspunktet nyttast på alle linjer og av alt materiell som ikkje er elektrifisert.

Det er stilt krav om biodrivstoff i kontraktområdet Nordhordland frå 2018. Dette er berekna å redusere CO₂-utsleppet med 1 500 tonn.

For busstrafikken der ein til oppstart 2019 og 2020 ikkje ser moglegheit for elektrifisering, eller har lokalt tilgjengeleg biogass, kan biodiesel gje eit CO₂-kutt på minst 7 600 tonn. Dette gjeld kontraktområda Austevoll, Bergen sør, Osterøy og Vest. Den årlege meirkostnaden for dette er estimert til mellom 7 og 12 MNOK. Det svarar til

auka kontraktkostnadar på mellom to og fire prosent.

For kontraktområda der ein ikkje skal inngå nye kontraktar før 2025 og 2027 (Hardanger og Voss, Vaksdal og Modalen, Sunnhordland), har biodiesel eit potensial for CO₂-kutt på 7 000 tonn. Med tilsvarende kostnadsbilete som for dei undersøkte områda ligg den årlege meirkostnaden mellom 6 og 11 MNOK. Dette er svært usikre tal, ettersom eventuelle kostnadar knytt til endringar i allereie inngåtte kontraktar vil vere avhengige av forhandling mellom kontraktpartane.

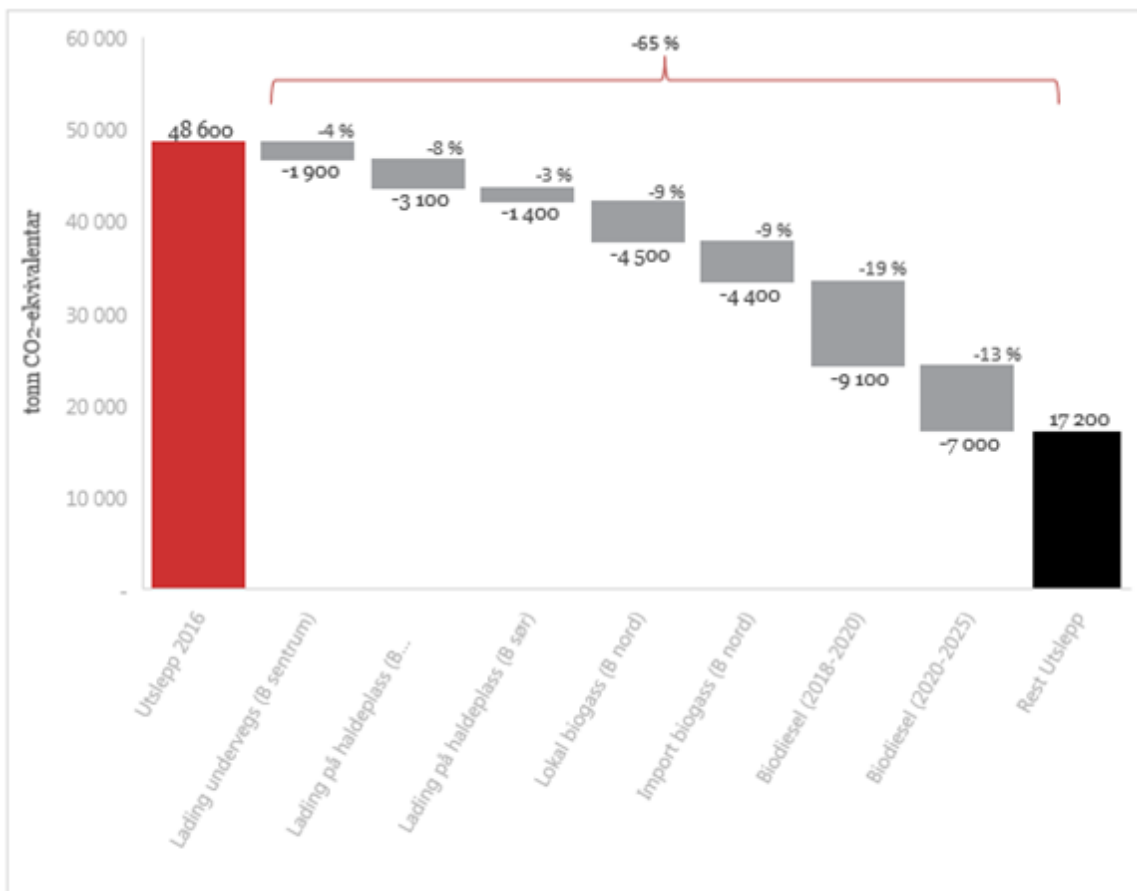
5.5 Oversikt effekt av aktuelle tiltak

Dei aktuelle tiltaka har ei samla berekna effekt på 65 prosent lågare klimapåverknad i forhold til CO₂-utsleppa frå dagens busstrafikk.

Elektrifiseringstiltaka står for 14 prosent CO₂-kutt, biogass for 18 prosent, biodiesel i kontraktane frå 2018 – 2020 for 19 prosent og biodiesel i dei resterande kontraktane for 13 prosent. Dette er oppsummert i *Figur 5* under.

Effekten tek omsyn til klimapåverknaden frå energiproduksjon og energibruk. Det er lagt til grunn 99 prosent CO₂-kutt frå elektrifisering, føreset at det skjer med garantert fornybar energi. Vidare er biogass forventa å gje 90 prosent og berekraftsertifisert minst 50 prosent CO₂-kutt, i tråd med produktforskrifta §3.

Berekningane tek ikkje høgde for auka produksjon. CO₂-utsleppa frå elektrifiserte linjer vert lite påverka av slik auke, medan auka forbruk av biodrivstoff gjev vesentleg auke i CO₂-utsleppa. Men også krava til berekraftsertifisert biodrivstoff kan vert skjerpa – slik at utsleppa ikkje aukar like rask som trafikken.



Figur 5 Effekten av tiltakspakker for CO₂-kutt frå bussane i Hordaland - samla potensial på 65 prosent.

5.6 Oversikt kostnader ved aktuelle tiltak

Dei samla tiltakskostnadane ligg på 57 – 82 MNOK årleg, tilsvarande 4 – 6 prosent av dagens kontraktverdi. Desse årlege kostnadane vert presentert utan Enova-stønad i *Tabell 2*.

Av desse står elektrifiseringstiltaka i Bergen for ein samla årleg meirkostnad på vel 25 – 32 MNOK (17 – 25 MNOK med Enova-stønad). Tiltaka reduserer til saman 6 400 tonn CO₂.

Biogasstiltaka i Bergen har årlege meirkostnadar på 19 – 27 MNOK samanlikna med dieseldrift. CO₂-kuttet er 8 900 tonn.

Biodiesel for den resterande ruteproduksjonen i Bergensområdet (kontraktane med oppstart frå 2018 til 2020) kostar 7 – 12 MNOK per år. Det reduserer utsleppa med 9 100 tonn CO₂.

I områda der det nyleg er inngått nye kontraktar utan krav til CO₂-kutt (Hardanger og Voss, Modalen og Vaksdal, Sunnhordland) kan biodiesel kutte ytterlegare 7 000 tonn CO₂. Den estimerte årlege meirkostnaden er forventa å liggje på 6 – 11 MNOK – men dette er svært usikre tal ettersom ein her vil vere avhengig av forhandlingar innafor eksisterande kontraktar.

Kostnadsberekningane er gjort med utgangspunkt i dagens kostnadsnivå. Batterikostnadane kan gå ned, pris på elektrisitet eller biodrivstoff kan variere, statleg støtte kan falle bort og avgiftene for fossilt drivstoff kan verte tilpassa.

Investeringskostnadane er delt flatt over levetida til investeringane og inngår i dei totale årlege meirkostnadane. Jamvel vil investeringskostnadar i infrastruktur kome ved oppstart av anbod og kan belaste dei første budsjettåra tyngre enn seinare budsjett.

Av investeringskostnadane for ladeinfrastruktur støtter Enova opptil 40 prosent. Det sett føre at fylkeskommunen er eigar av infrastrukturen og at støtta er utløyssande for vedtaket om investering. Fylkeskommunen må derfor i vedtak og utlysingar ta atterhald om Enova-støtte. For biodrivstoff stimulerer Enova tilbodssida gjennom støtte til produksjonsanlegg.

Investeringsstøtte frå Enova skal bidra til auka etterspurnad og tilbod av miljøteknologi. Målet er at teknologien vert konkurransedyktig utan stønad. Støttenivået vert truleg redusert i tråd med lågare kostnadar. Lågare teknologikostnadar gjev lågare støtte, men det totale kostnadsbiletet skal i prinsippet ikkje verte påverka.

Tabell 2 Kostnadane for tiltakspakkene i MNOK (2017) og i forhold til dagens kontraktverdi.

Tiltakspakkar	Totale investeringar infrastruktur	Årlege meir-kostnadar infrastruktur	Årlege meir-kostnadar drift	Sum årlege meir-kostnadar	Relative meir-kostnadar
Lading undervegs (Bergen sentrum)	80 – 90	6 – 7	-2 – -1	4 – 6	1 – 3 %
Lading på haldeplass (Bergen sentrum)	70 – 80	5 – 6	8 – 10	13 – 16	6 – 7 %
Lading på haldeplass (Bergen sør)	40 – 45	3 – 4	5 – 6	8 – 10	4 – 5 %
Lokal biogass (Bergen nord)	0	0	10 – 15	10 – 15	5 – 7 %
Import biogass (Bergen nord)	0	0	9 – 12	9 – 12	4 – 6 %
Biodiesel (2018 – 2020)	0	0	7 – 12	7 – 12	2 – 4 %
Biodiesel (2020 – 2025)	0	0	6 – 11	6 – 11	2 – 4 %
Sum	190 – 215	14 – 17	43 – 65	57 – 82	4 – 6 %

6 Utfordringar for gjennomføring

Samstundes som vi skal ha høge ambisjonar for redusert klimapåverknad, må vi sikre eit kollektivtilbod som er påliteleg for dei reisande – innanfor tilgjengelege økonomiske rammer. Med bakgrunn i erfaringane frå testing og oppstart av denne type tiltak nasjonalt og i Europa ser vi likevel utfordringar som kan gje reell risiko for å få gjennomført dei aktuelle tiltaka. Dei fleste av desse gjeld elektrifisering.

6.1 Tilgang og prisutvikling på berekraftig biodrivstoff

Etterspurnaden etter berekraftsertifisert biodrivstoff har auka kraftig dei seinare åra, og den store etterspurnaden er forventa å halde fram i åra som kjem. Statlege reguleringar i inn- og utland påverkar marknadssituasjonen. Det gjer tilgjenge usikkert. Derfor tilbyr leverandørar av drivstoff stort sett korte avtalar. Dette gjer at tilbydarar på transportkontraktane prisar inn denne risikoen i tilboda til Skyss – noko som kan gje kostnadsauke for Skyss og fylkeskommunen.

6.2 Behov for areal til lading

Skyss opplever utfordringar knytt til tilgjengeleg areal for tilrettelegging for busstrafikken i Bergen. Dette gjeld mellom anna på endehaldepassar (snuplass), og fleire av terminalane. Der ei busslinje ender er det behov for «reguleringsplassar». Dette er oppstillingsplassar der bussane kan stå i nokre minutt før dei startar på neste tur. Denne ekstra tida er nødvendig for å kunne handtere forseinkingar som oppstår undervegs. Det er også her ein gjerne har fasilitetar for sjåførane. Dette er ofte knappe areal som det er fleire og motstridande interesser på bruken av. Med

lading på haldeplass aukar arealbehovet: Ein treng plass til elektriske anlegg (nettstasjon og ladestolpe) og i mange tilfelle plass til fleire samtidige busar.

Gjennomføring av dei identifiserte tiltaka med lading på haldeplass i kontraktområda Bergen sentrum og Bergen sør vil krevje grundig vurdering av driftsopplegget og behovet for lading. Ein må gå gjennom tilgjengeleg areal og vurdere moglegheita for etablering av ladeinfrastruktur og naudsynte ladeplassar. På ein del av dei aktuelle haldeplassane vil det vere behov for fysiske tiltak som krev plan- og byggjeprosessar i forkant. Dette er prosessar som kan ta tid og krev samarbeid med både kommune, Statens vegvesen og nettselskap.

6.3 Behov for strømforsyning til lading

Batteribusar med lading på haldeplass treng også tilstrekkeleg strømkapasitet på dei aktuelle haldeplassane. For dei fleste av desse er det stadfesta tilgjengeleg kapasitet i høgspenningsnettet. På nokre stadar krev framføringa av strøm større inngrep. Vidare må etableringa av nettstasjonar og forhold knytt til spenningskvalitet utgreiast nærare. Det gjeld også gjensidig påverknad av nettkvaliteten mellom Bybanen og elektriske busar.

For å førebu tiltaka må ein føre dialog med utstyrsleverandørar og nettselskap. Alle inngrep må prosjekterast for meir nøyaktige kostnadsestimat.

6.4 Avklaring av eigarskap og vedlikehald for infrastruktur

Etablering av ladeinfrastruktur for bussane introduserer eit nytt element i relasjonen mellom operatør og oppdragsgjever. Ladestasjonar og bussmateriell må verte tilpassa til kvarandre i forkant. Vidare er det viktig at driftsansvaret for ladeinfrastruktur er tilstrekkeleg avklart og at grensesnittet mellom Skyss, bussoperatør og ladeoperatør fungerer.

Det er ulike måtar å løyse dette på. I dag har Bybanen AS ansvar for drifta av leidningsnettlet til trolleybussen. I dei nye kontraktane for ferjer i Hordaland har derimot operatøren ansvar for etablering og drift av ladeinfrastruktur. Nokre kollektivtrafikksselskap har vald liknande løysingar for buss, medan andre har gjennomført separate anbodskonkurransar for leveringa og drifta av installasjonane.

6.5 Førebuing og etablering av rutinar

Innfasing av ny teknologi vil krevje betydeleg innsats spesielt i førebuing- og oppstartsfasen, både for Skyss, leverandørar og operatørar.

Alle løysingar må prosjekterast og verte tilpassa den faktisk drifta. Det sett føre ein god kommunikasjonen mellom leverandørar av både bussmateriell og ladeinfrastruktur.

Det er viktig at det vert etablert gode prosessar for opplæring og vedlikehald, slik at den nye teknologien får færrast mogleg «innkøyringsproblem» som går ut over pålitelegheita til kollektivtrafikken. Ein nøkkel til suksess er at den nye teknologien i størst mogleg grad vert opplevd positivt av dei reisande.

Fleire andre kollektivtrafikksselskap løyser desse utfordringane gjennom utprøving og gradvis innføring av elektriske busser.

6.6 Teknologisk utvikling og kontraktmessige bindingar

Resultatet av estimat for kostnader, finansieringsprosessar og avklaring av ansvar må inngå i førebuinga av anbod. Skyss må leggje til rette for dialog med bransjen og ta stilling til endeleg anbodsstrategi i forkant av sjølv anbodskonkurransen.

Samstundes kan den teknologisk utviklinga føre til moglegheiter og/eller kostnadsreduksjonar vi enno ikkje kjenner til.

Ei eventuell gradvis innføring av ny teknologi krev meir dynamiske kontraktar eller endringar i eksisterande krav. For å optimere tidspunkt for oppstart av ulike tiltak kan det vere aktuelt å vurdere kortare kontraktar.

7 Ambisjonsnivå for redusert klimapåverknad frå bussane i Hordaland

Dei faglege utgreiingane viser at mange tiltak for reduksjon av klimapåverknad er teknisk mogleg. Kva tiltak som vert tilrådd til kva tid må likevel ta høgde for vurdering av mogleg praktisk gjennomføring og kostnader. Når det gjeld elektrifisering er spørsmålet derfor *når* og *korleis* tiltaka best vert sette i verk. Tiltak for innføring av biogass og biodiesel er allereie under planlegging.

7.1 Når og korleis går vi over til låg- og nullutsleppsteknologi?

For å handtere utfordringane nemnd i kapittel 0 og sikre påliteleg kollektivtransport, vert det tilrådd ei gradvis gjennomføring av dei tiltaka som krev førebuing.

7.1.1 Elektrifisering i Bergen innan 2025 – avhengig av infrastruktur

Alle elektrifiseringstiltak er knytt til Bergen. Her kan ein bruke eksisterande infrastruktur og sikre at investeringane gjev høgast nytte. Ein av føresetnadane for tiltaka er bygging av leidningsnett og hurtigladarar i område med sterkt arealpress. Derfor vert Bergen kommune ein viktig samarbeidspartnar for å lykkast.

Leidningsnett på Laksevåg og ladestasjonar for tre større linjer gjev minst 15 prosent elektrifisering av dagens energibruk i kontraktområdet Bergen sør og 36 prosent i Bergen sentrum. Leidningsnett gjennom sentrum til Laksevåg og ladestasjonar for til saman 23 linjer gjev heile 26 prosent elektrifisering i Bergen sør og 73 prosent i Bergen sentrum.

Kostnadane for strømframføring bør stå i forhold til det oppnådde resultatet. Vidare er det største potensialet for CO₂-kutt gjerne der planprosessane er mest krevjande. Endeleg grad av elektrifisering vil derfor vere avhengig av tilrettelegginga for eit utvida trolley-leidningsnett og tilgjengeleg areal til lading på relevante haldeplassar og terminalar.

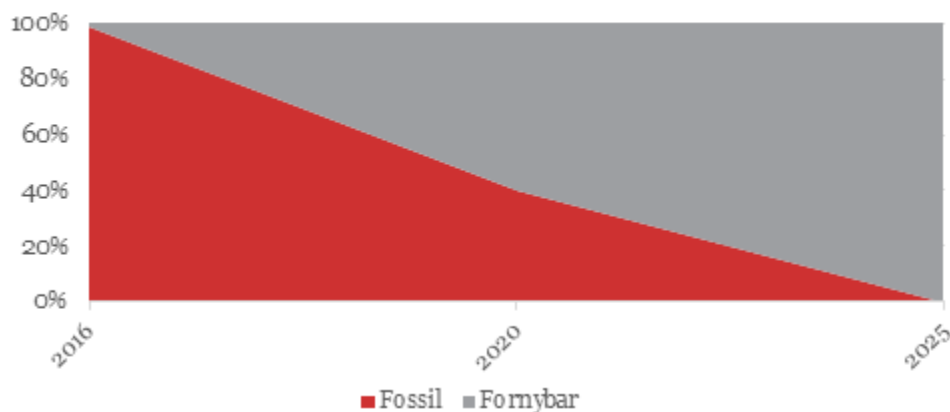
7.1.2 Pilotprosjekt for å samle erfaring med elektrifisering

Med bakgrunn i utfordringane som er skildra ser ein det som føremålstenleg å starte eit pilotprosjekt for elektrifisering. Formålet med dette vil vere å samle erfaring med kommunikasjon, ansvarsfordeling og dialog i planlegging og praktisk gjennomføring. Slik utprøving vil gi Skyss, Bergen kommune, nettselskapet og Statens vegvesen verdifull erfaring med prosessane knytt til strømforsyning, areal og ombygging. Vidare kan ein teste rutinar i grensesnittet mellom leverandørar, operatørar og Skyss.

Førebuingane for eit pilotprosjekt bør starte opp allereie hausten 2017, for at Skyss kan samle kunnskap til førebuing av nye anbod.

7.1.3 Lokalprodusert biogass vert teke i bruk

I inneverande kontraktperiode går ein frå fossil gassdrift til biogass i kontraktområdet Bergen nord. Dette er planlagt vidareført i førstkomande anbod. For den resterande ruteproduksjonen i Bergen nord vert det lagt opp til anten bruk av ytterlegare biogass eller biodiesel.



Figur 6 Fossil energi til busser i Hordaland vert erstatta med fornybar energi innan 2025.

Skyss vil vurdere tilgjenge på lokalt produsert biogass før oppstart av nye anbod.

7.1.4 Biodrivstoff gjer resten fossilfritt

For busser som ikkje går på strøm eller biogass er biodiesel eit fossilfritt alternativ. I Nordhordland krev ein berekraftsertifisert biodrivstoff frå 2018. Det same vil ein gjere frå 2019 for kontraktområda Austevoll og Vest, og for dei delar av Bergen sør som ikkje vert elektrifisert. Frå 2020 vil ein stille krav om biodrivstoff også i Bergen nord og Osterøy og for «ikkje-elektrifiserte» delar av Bergen sentrum. I overgangsfasen til elektrisk drift vil det kunne verte stilt krav om bruk av biodiesel eller biogass.

For kontraktområda Hardanger og Voss, Modalen og Vaksdal, og Sunnhordland vil ein innføre biodrivstoff så fort som råd, seinast innan 2025.

7.2 Samla ambisjonsnivå – fossilfri innan 2025

Med kombinasjonen av biodrivstoff og elektrifisering tek Skyss sikte på å verte fossilfri innan 2025. Berekraftsertifisert biodrivstoff gjev minst 50 prosent lågare klimapåverknad frå bussane i Hordaland, til ein forventet meirkostnad på 2 – 4 prosent av dagens kontraktverdiar. Allereie innan 2020 kan

busstrafikken i Bergen verte fossilfri, slik som vist i Figur 6.

Utover dette vil ambisjonsnivået variere. Lokalt produsert biogass, som frå Bergen kommune sitt anlegg i Rådalen, gjev om lag 90 prosent CO₂-kutt. Meirkostnaden for biogass samanlikna med dieseldrift er berekna å vere opptil 10 prosent av dagens kontraktverdi. Ambisjonsnivået for CO₂-kutt i kontraktområdet Bergen nord ligg over 70 prosent, avhengig av om biogass vert importert eller ikkje.

For kontraktområda Bergen sentrum og Bergen sør er ambisjonsnivået avhengig av investeringar i ladeinfrastruktur og gradvis innføring av tiltak. Dei samla investeringskostnadane er berekna til 190 – 215 MNOK. Enova-stønning kan redusere dette ned til 114 – 129 MNOK. Dei samla meirkostnadane er estimert til 4 – 7 prosent av dagens kontraktverdiar. Med omsyn til utfordringane tek Skyss høgde for at ikkje alle aktuelle tiltak vert gjennomført. På bakgrunn av første vurderingar av strømforsyning og areal er det vurdert som sannsynleg at ein kan elektrifisere 35 – 75 prosent av kontraktområdet Bergen sentrum og 15 – 25 prosent av Bergen sør. Det gjev eit ambisjonsnivå på 60 – 80 prosent CO₂-kutt i sentrum og 50 – 60 prosent i sør. I tillegg til lågare klimapåverknad gjev

elektrifiseringa i Bergen null lokale utslepp frå motor og lågare støy.

For kontraktområda utan biogass og elektrifisering vert ambisjonsnivået for CO₂-kutt sette til 50 prosent. Ei oversikt over ambisjonsnivået etter område finst i *Tabell 3*.

Samla tiltakskostnadar ligg på 57 – 82 MNOK årleg, tilsvarande 4 – 6 prosent av dagens

kontraktverdi. Med desse ambisjonane vil over 65 prosent av dagens energibruk til busser i Hordaland vere fornybar og fossilfri frå 2020.

Utover desse kontraktområda kan biodrivstoff gje minst 50 prosent CO₂-kutt i resten av Hordaland. Skyss vil erstatte resten av dieselforbruket med biodiesel så snart som råd. Målet er å vere fossilfrie innan 2025.

Tabell 3 Ambisjonsnivå for CO₂-kutt 2025 etter kontraktområde

Kontraktområde	Relevante tiltak	Ambisjon for CO ₂ -kutt 2025
Austevoll	100 % biodiesel	50 %
Bergen nord	50 % biogass 50 % biogass eller biodiesel	> 70 %
Bergen sentrum	35 – 75 % elektrifisering > 25 % biodiesel eller biogass	60 – 80 %
Bergen sør	15 – 25 % elektrifisering > 75 % biodiesel	50 – 60 %
Osterøy	100 % biodiesel	50 %
Vest	100 % biodiesel	50 %

7.3 Langsiktig utvikling

Teknologisk utvikling og større produksjonsvolum er forventa å gje kostnadsreduksjonar og større moglegheitsrom for nullutsleppsteknologi i framtida.⁵

Miljødirektoratet legg til grunn at 100 prosent av nye bybusser etter 2025 og at 75 prosent av nye langdistansebusser etter 2030 skal vere elektriske. Dette er også Stortinget si målsetting i Nasjonal transportplan 2018 – 2029. I framtida kan derfor elektrifisering vere eit relevant tiltak for heile Bergensområdet og

store delar i resten av Hordaland – men det er knytt usikkerheit til når og korleis.

På sikt har Skyss tru på å erstatte meir biodiesel med lokalprodusert biogass og elektrisitet, og at utviklinga vil gå stadig raskare. Men det vil vere naudsynt å stadig oppdatere scenario for innføring i forhold til målsettingar, teknologisk utvikling og marknadssituasjonen.

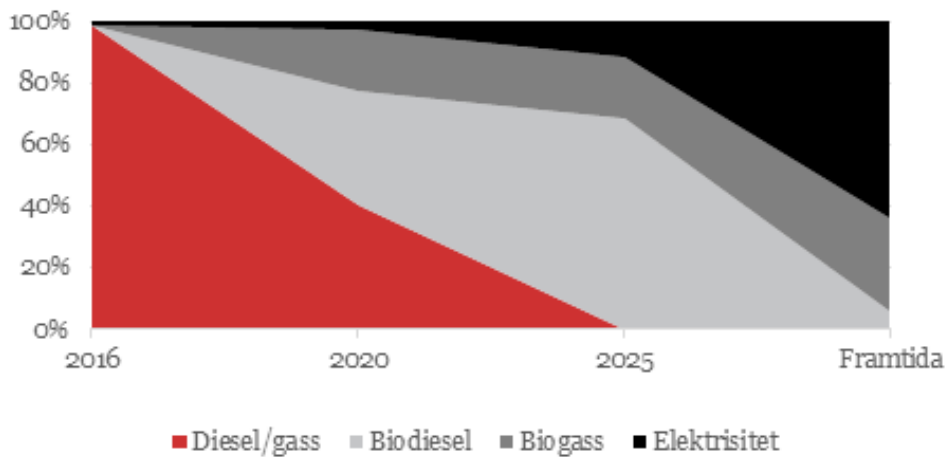
Eit scenario for slik innføring er illustrert i *Tabell 4* og *Figur 7*.

⁵ Sjå til dømes «Klima og miljøvennlig transport frem mot 2025» (Hagman 2017), «Renewable energypowertrain options for Ruter (Roland Berger

2015) og «Elektrobusse in NRW. Marktübersicht und –entwicklungen» (ElektroMobilität NRW 2017).

Tabell 4 Relevante framdriftsteknologiar for kontraktområde – overgang til låg- og nullutsleppsteknologi.

Kontraktområde	No	2020 – 2025	Framtida
Sunnhordland	Diesel	Biodiesel	Biodiesel Biogass Elektrisitet
Hardanger og Voss	Diesel	Biodiesel	
Modalen og Vaksdal	Diesel	Biodiesel	
Nordhordland	Diesel	Biodiesel	
Austevoll	Diesel	Biodiesel	Biogass Elektrisitet
Osterøy	Diesel	Biodiesel	
Bergen sør	Diesel	Biodiesel Elektrisitet	
Bergen nord	Diesel/gass	Biogass	
Bergen sentrum	Diesel/gass Elektrisitet	Elektrisitet Biodiesel	
Vest	Diesel	Biodiesel	
Serviceinjene i Bergen	Diesel	Biodiesel	



Figur 7 Låg- og nullutsleppsteknologi erstattar fossile energibærarar innan 2025, i framtida tek elektriske løysingar og biogass over (inspirert av Ruter).

7.4 Oppsummert ambisjonsnivå

Aktuelle elektrifiserings- og biodrivstofftiltak gjev til saman 65 prosent lågare klimapåverknad frå bussane i Hordaland. Dei samla tiltakskostnadane ligg på 57 – 82 MNOK årleg, tilsvarande 4 – 6 prosent av dagens kontraktverdi.

Biodiesel, biogass og oppstart av elektrifiseringstiltak gjev minst 40 prosent lågare klimapåverknad mellom 2016 og 2020. Busstrafikken i Bergen vert fossilfri.

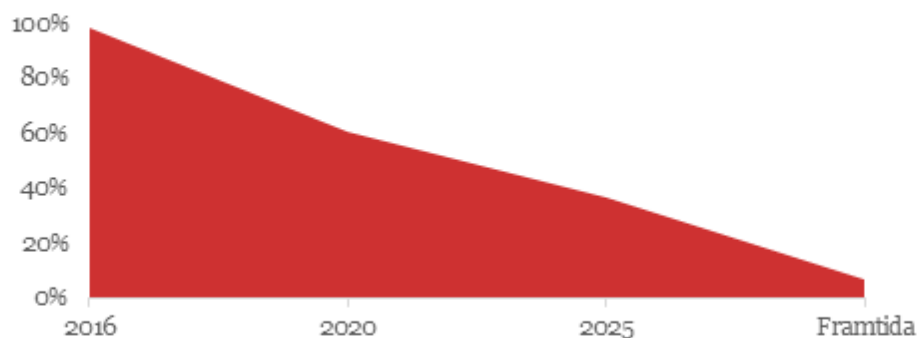
Gradvis innføring av lading undervegs frå trolleynet og hurtiglading krev naudsynne førebuingar, avklaringar og finansiering. Med elektrifiseringstiltaka reduserer vi støy og lokale utslepp i Bergen. Med desse tiltaka, og vidare innføring av biodrivstoff i fylket reduserer vi klimapåverknaden med 65 prosent mellom 2016 og 2025.

Skyss vil gjennomføre ein test av elektrifisering for å sikre ei vellykka innføring av teknologi.

Fylkeskommunen og Skyss må byggje opp tilstrekkeleg kompetanse og kapasitet på fagområdet. Vi vil vi hente inn erfaringar frå andre kollektivtraffikkselskap og føre dialog med bransjen.

Utover 2025 vil ein omfattande overgang til elektrisk transport og lokal biogass kunne redusere CO₂-utsleppa frå bussar i Hordaland med over 90 prosent i forhold til 2016, jamfør *Figur 8*. Det svarar til CO₂-kutta Hordaland fylkeskommune har utløyst i ferjedrifta i fylket. På denne måten bidreg fylkeskommunen til berekraftig transport – eit konkurransedyktig og påliteleg kollektivtilbod med minst mogleg klimapåverknad.

For alle anbod som skal utarbeidast vil vi oppdatere kunnskapsgrunnlaget med tilgjengeleg data. Ambisjonar, planar og praktisk gjennomføring må kontinuerlig verte tilpassa utviklinga.



Figur 8 Klimapåverknaden frå bussar i Hordaland går ned i forhold til 2016 – i tråd med ambisjonsnivåa og forventingar til framtida.

Notatar:

HORDALAND FYLKESKOMMUNE V/ SKYSS

Besøksadresse Vestre Strømkaien 9, 5008 Bergen **Postadresse** Postboks 7900, 5020 Bergen

T +47 55 23 95 50 **F** +47 55 23 95 20 **E** skyss@skyss.no

skyss.no