

Elbusser i Tromsø

Sammendrag

For testing av elektriske busser i Tromsø, anbefales det å satse på busser som vedlikehold-lades ved ladestasjoner på linjen. Kostnadmessig er denne løsningen konkurransedyktig med Euro VI diesibusser. Ladekapasiteten bør være på 400-500 kW. Bussene anbefales testet ut på enten rute 26-37-40 eller rute 32-33-34.

Bakgrunn

Troms fylkeskommune vurderer å erstatte hele eller deler av bussflåten i sentrumsområdet av Tromsø med elektriske busser i forbindelse med neste anbudsrunde for bussdriften i fylket. Før en eventuell fullskalaimplementering, ønsker Troms fylkeskommune å utrede i hvilken grad elbusser er egnet for bruk i et område med Tromsøs klima og topografi. Er elbuss- og batteriteknologien moden og robust nok til å kunne innføres i Tromsø, uten for store drift- og vedlikeholdskostnader?

For å unngå eventuelle feilkjøp ønsker fylkeskommunen først å ha en testperiode av et begrenset antall elbusser. Analysene i denne rapporten er utført av det finske forskningsinstituttet, VTT, i samarbeid med TØI. Oppdraget har vært å vurdere grunnlaget for å igangsette en testperiode med elbusser, samt å komme med forslag til egnede bussruter for uttestingen.

Tromsø har et arktisk klima, men med forholdsvis milde vintre. Temperaturer rundt frysepunktet er vanlig, noe som medfører lange perioder med vanskelige kjøreforhold. Forholdsvis varme dager og kalde netter medfører mye is på veiene, og vann som fryser til is på kjøretøyene. Salting av veiene kan medføre rusting. I tillegg er det mange bratte bakker i byen, noe som medfører at enkelte av bussrutene har flere bratte stigninger. Dette kan være en utfordring særlig for vinterdriften av elbussene.

Simuleringer av aktuelle bussruter i Tromsø by

Sammen med fylkeskommunen ble bussrutene 26, 32, 33, 34, 37 og 40 ansett som mest aktuelle for å teste ut elbussene og ladeløsninger for batteriene. De aktuelle bussrutene ble valgt fordi de er ruter som i dag har mye trafikk, og gjenspeiler de utfordringer som vil være aktuelle for elbussene. De ligger også i forbindelse med aktuelle alternative plasseringer av ladestasjoner.

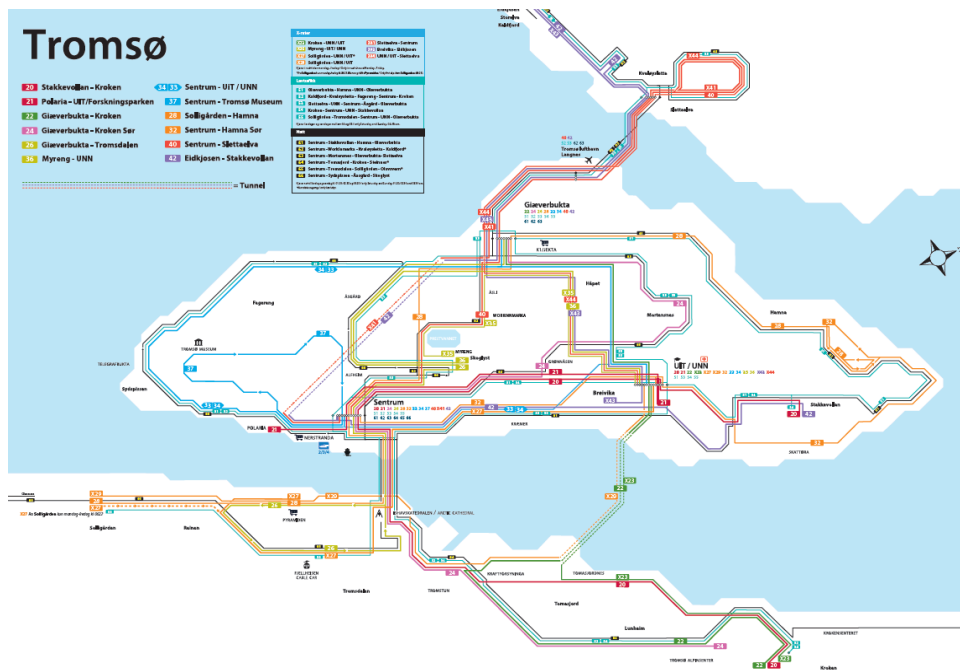
26: Giæverbukta - Tromsdalen

32: Sentrum – Hamna sør

33/34: Sentrum – UTT/ UNN

37: Sentrum – Tromsø museum

40: Sentrum - Sletteelva



Figur S.1: Rutekart for Tromsø

Med utgangspunkt i de 6 valgte bussrutene er det utført simuleringer med to forskjellige ladeløsninger. Rutenes lengde, stigningsgrad, antall stopp (stopper på alle eller halvparten av holdeplassene), passasjertall (full eller halvfull) og gjennomsnittshastigheter er brukt i simuleringene.

Følgende to løsninger er testet ut for hver rute:

- Batteriene vedlikehold-lades underveis på linjen (opportunity charging)
- Lading av batterier over natten (depot charging)

Hensikten med simuleringene er å finne ut hvilke ladeløsninger som egner seg best i Tromsø, og i hvilken grad de 6 valgte rutene er egnet for å teste ut Elbusser i virkelig trafikk.

Tabell S.1: Valgte data for elbussene ved de to ladeløsningene som er brukt i simuleringene.

Karakteristikk	Vedlikeholds-lading	Nattlading
Batterikapasitet (kWh)	80	250
Vekt av batterier (kg)	1 600	5 000
Ladekapasitet (kW)	300	300
Kjøretøyets vekt (kg)	11 600	15 000
Vekt av passasjerer (kg)	0 – 6 120	0 – 6 120
Motorstyrke (kW)	170	190
Batteri - energieffektivitet	0,97	0,97

Energibruk

Om vi for elbussene i Tromsø velger en *batteriløsning der batteriene i sin helhet lades over natten*, viser simuleringene en total kjørelengde som vist i Tabell S.2. Rute 37 (tur-retur) kan i fint vær kjøres 31 ganger mellom hver lading, men ved ekstremt dårlige føreforhold kan dette reduseres til 22 rundturer. For rute 26, 32, 33, 34 og 40, vil det være mulig å kjøre 8-10 rundturer ved normale sommerforhold, i ekstreme forhold der bussene også er avhengig av kjetting vil bussene bare kunne kjøre 6-7 rundturer. Rute 34 er ikke vist i Tabell S.2, men er tilnærmet lik som for rute 33 I de ulike simuleringene har energibruken ligget på i størrelsesordenen 20-42 kWt per rundtur for rute 26, 32, 33, 34 og 40, og på 7-11 kWt per rundtur for rute 37.

Tabell S.2: Potensiell total kjørelengde (km) for busser med «over-natten» lading, samt totalt antall rundturer mulig pr lading (i parentes).

Rute (tur-retur)	Fint vær, km	Med kjetting, km	Ekstreme forhold, km
Rute 26 (ca 23 km)	192 (8)	162 (7)	136 (6)
Rute 32 (ca 21 km)	172 (8)	-	142 (7)
Rute 33 (ca 19 km)	190 (10)	-	135 (7)
Rute 37 (ca 6 km)	183 (31)	155 (26)	129 (22)
Rute 40 (ca 22 km)	179 (8)	154 (7)	136 (6)

Om vi velger en løsning der batteriene i bussene *lades underveis* (noe som i praksis vi si at bussene lades ved start-/endeholdeplassen) vil dette gi et energibruk som vist i tabell S.3. Som i tabell 2 er simuleringene utført for forholdene: full/halvfull buss, stopper på alle/halvparten av holdeplassene, fint sommervær/vintervær med behov for kjetting. Om bussene har batterier på 80 kW, betyr dette at bussene ikke er nødt til å lades etter hver rundtur.

Tabell S.3: Energibruk (kWt) per rundtur (tur og retur) for busser med lading underveis

Rute (tur-retur)	Fint vær (kWt)	Med kjetting (kWt)
Rute 26 (ca 23 km)	22-31	25-36
Rute 32 (ca 21)	17-25	20-29
Rute 33/34)	17-24	19-28
Rute 37 (ca 6 km)	6-8	7-10
Rute 40 (ca 22 km)	22-30	25-35

Tabell S.4 gir et anslag på tiden det vil ta å lade en buss med lading ved endeholdeplassen. Ladekapasiteten er i beregningene satt til 300 kW. Det er benyttet dagens rute- og avgangstider for de aktuelle rutene, samt at det er antatt at samme buss benyttes til samme rute hele dagen. Laderen er i simuleringene plassert på endeholdeplassene for de ulike rutene.

Gitt at bussene på rute 26 bruker 25 kWt på sin tur- og returreise (se Tabell S.3), vil dette kreve en *ladetid på rundt 5 minutter* på endeholdeplassene for å ha nok batterikapasitet for en runde. For rute 40, der det er forholdsvis kort tid mellom slutt på en rundtur og starten på en ny, kan det oppstå forsinkelser, særlig på vinterstid da ruten kanskje blir noe forsinket på grunn av føreforholdene. Dette er gitt at samme buss brukes til å kjøre påfølgende rundtur.

Tabell S.4: Anslag på tidsbruk på lading, for underveis lading på endeholdeplassen.

Rute (tur-retur)	Ladetid	Betragtninger
Rute 26	Ca 5 min.	I morgenrushet er tiden mellom avslutning og start på en ny runde kortere enn 5 minutter. Dette kan kompensere for senere på dagen, da det er lengre tid mellom avgangene. Men gitt dårlig vær, og at bussen forsinkes med mer enn 3 min pga føreforholdene kan det bli noen forsinkelser.
Rute 32	Ca 4 min.	Tilgjengelig tid for lading varierer over dagen, gitt dagens rutetabeller (og bruk av samme buss) vil det kunne oppstå forsinkelser på denne ruten
Rute 33/34	Ca 4 min.	I følge rutetabellen vil man ikke ha tid til å lade mellom hver rute, dette kan forårsake forsinkelser når føreforholdene er dårlige vinterstid. Om man i stedet hadde en lader på 400 kW, ville ladetiden reduseres til ca 3 min.
Rute 37	Ca 1 min 20 sek	Siden det ikke vil være nødvendig å lade mellom hver runde bør dette fint la seg gjøre selv om enkelte avganger i rushet har kortere stopptid og en tar hensyn til dårlig vær.
Rute 40	Ca 5 min. Ca 6-7 min. i kulde	I følge dagens rutetabeller (med forholdsvis kort tid mellom slutt og start på en runde hele dagen) kan nødvendig lading (underveis-lading) bli vanskelig på denne ruten uten forsinkelser. Dette gjelder selv om en har ladere på 400 kW.

Potensielt reduserte avgassutslipp og redusert klimapåvirkning – El vs diesel

Potensialet for redusert utslipp ved overgang til elbusser er beregnet. Det er beregnet:

- Klimapåvirkning (CO₂-ekvivalenter, CO_{2ekv})
- Lokal forurensende avgasser (nitrogenoksider, NO_x og avgasspartikler, PM)

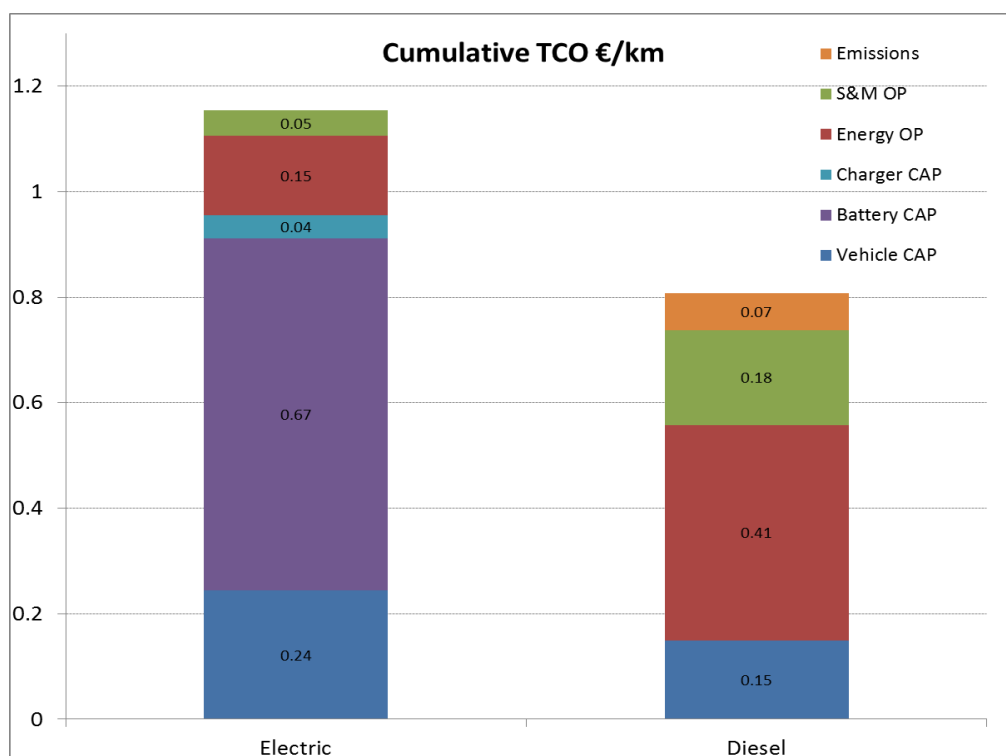
For å estimere klimapåvirkningen, tar vi hensyn til hele livsløpsutslippet av drivstoffet, inkludert produksjon, distribusjon og forbrenning. Elektrisiteten til elbussene i Tromsø antas å være strøm fra norsk vannkraft med null klimapåvirkning.

Dersom Tromsø erstatter 40 diesellusser med Euro VI-motorer med elbusser, kan dette i løpet av en 10-års periode føre til en *reduksjon på 28 636 tonn CO_{2ekv}*. Når det

gjelder lokalt forurensende stoffer, er det potensial for å *redusere utslippet med 4 tonn NO_x og 0,2 tonn PM*.

Økonomiske vurderinger

Figurene S.2 og S.3 viser de totale kostnadene ved å eie- og drifte (TCO – Total Cost of Ownership) elektriske busser med henholdsvis lading-over-natten eller lading-underveis for bussrutene 26, 37 og 40. Kostnadene (TCO) for elektriske busser med de to typene av lading sammenlignes med de tilsvarende kostnadene for dieselbusser. De elektriske bussene med vedlikeholdslading kommer klart best ut. TCO for elbusser med vedlikeholdslading er til og med beregnet å bli lavere enn for konvensjonelle dieselbusser.

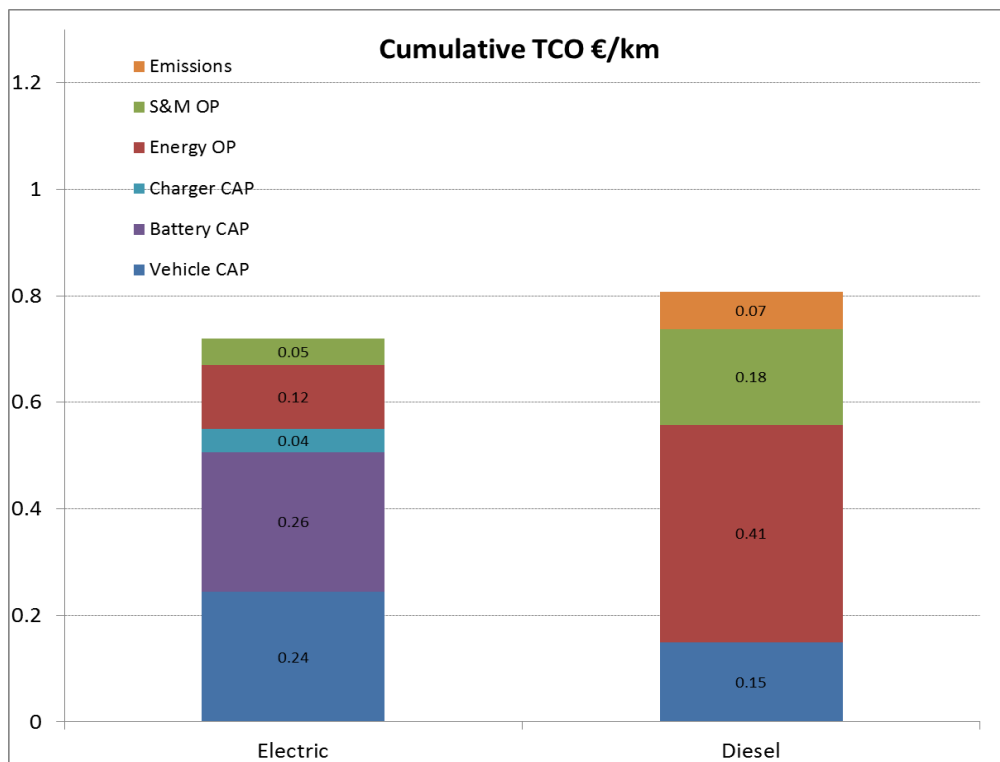


Figur S.2: Driftskostnadene (Euro/km) for en gjennomsnittlig Euro VI dieselbuss vs en elektrisk buss med over-natten-lading, snitt for bussrutene 26, 37 og 40.

Forslag til test-ruter og batteriløsninger

Dagens bussruter i Tromsø har en lengde og topografi som kan være utfordrende, samt at føreforholdene vinterstid ofte krever bruk av kjetting. Dette kan være krevende for alle busstyper, også de elektriske.

For Tromsø anbefaler vi å teste ut elektriske busser, og det *anbefales å satse på busser basert på vedlikeholdslading* (opportunity charging) fremfor busser der batteriet skal lades over natten (depot charging). Dette skyldes at disse er mer konkurransedyktige med dieselbussen med hensyn til de totale kostnadene (se Figur S.3).



Figur S.3: Driftskostnadene (Euro/km) for en gjennomsnittlig Euro VI dieselbuss vs en elektrisk buss med vedlikeholdslading, snitt for bussrutene 26, 37 og 40.

I følge simuleringene skal elbusser med vedlikeholdslading kunne klare å betjene rute 37 uten problemer. Ladingen er da plassert i Fr. Langes gate (sentrum).

Det er tre måter å forsikre seg om høyere grad av sikker drift for de foreslåtte bussene med hensyn på elektrisk kapasitet og lading i forhold til:

- øke bussenes batterikapasitet
- øke antallet ladepunkter
- etablere en fleksibel rotasjon av bussene.

Vi anbefaler å først forsøke en fleksibel rotasjon av kjøretøyene, men dette må avklares i tett kontakt med bussoperatørene.

Våre forslag for uttesting:

- Utfør testingen på enten rute 26-37 og 40, eller på rute 32-33-34. Rutene 32-33-34 er mer krevende, og vil sannsynligvis i større grad kreve justeringer av dagens rutetabell.
- Ha en eller helst to ladere med 400-500 kW. For rute 26-37-40 bør denne plasseres i Fr. Langesgate og eventuelt også i Giæverbukta, mens for rutene 32-33-34 bør den plasseres ved sykehuset eller Universitetet.
- Utvikle en rotasjon (mellom rutene) som gir bedre marginer for lading, men som samtidig gir utfordringer nok for å teste bussene i utfordrende situasjoner.