



SINTEF



Rapport

Bedre mobilitet med selvkjørende buss på Sula

Forprosjekt

Forfattere:

Lone-Eirin Lervåg, Per Lillestøl, Jon Are Suul, Randi Fagerholt, Odd André Hjelkrem, Martin Fredrik Olsen og Torjus Dahl

Rapportnummer:

2022:00321 - Åpen

Oppdragsgivere:

Frøya kommune



SINTEF Community
Postadresse:
Postboks 4760 Torgarden
7465 Trondheim
Sentralbord: 40005100
info@sintef.no

Foretaksregister:
NO 919 303 808 MVA

Rapport

Bedre mobilitet med selvkjørende buss på Sula

Forprosjekt

EMNEORD

Mobilitet
Kollektivtransport
Automatiserte kjøretøy

VERSJON

1.0

DATO

2022-05-18

FORFATTER(E)

Lone-Eirin Lervåg, Per Lillestøl, Jon Are Suul, Randi Fagerholt, Odd André Hjelkrem, Martin Fredrik Olsen og Torjus Dahl

OPPDRAGSGIVER(E)

Frøya kommune

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE

RFF Prosjekt 328525

PROSJEKTNUMMER

102025478

ANTALL SIDER

48

SAMMENDRAG

Rapporten dokumenterer resultater fra et forprosjekt i Frøya kommune, hvor formålet har vært å frembringe et nødvendig kunnskapsgrunnlag for realisering av et transporttilbud med selvkjørende buss for øysamfunnet på Sula. Viktige problemstillinger i dette arbeidet har vært:

- Hvordan kan man utforme et busstilbud som dekker målgruppens mobilitetsbehov og krav til en slik tjeneste?
- Hvordan kan teknologi- og kjøretøyvalg oppfylle brukerbehov, krav til sikkerhet og lokale forutsetninger på den planlagte strekningen?
- Hvordan kan man etablere ladeinfrastruktur som dekker energi- og effektbehov for en elektrisk buss?
- Hvordan kan man etablere et bærekraftig verdinettverk for varig drift av en selvkjørende busstjeneste på Sula?

UTARBEIDET AV

Lone-Eirin Lervåg

SIGNATUR

KONTROLLERT AV

Terje Reitaas

SIGNATUR

GODKJENT AV

Erlend Aakre

SIGNATUR

COMPANY WITH
MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001 • ISO 14001
ISO 45001

RAPPORT NR.

2022:00321

ISBN

978-82-14-07508-3

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Forord

Rapporten presenterer resultatene fra forprosjektet *Bedre mobilitet med selvkjørende buss på Sula*. Prosjektarbeidet er gjennomført i samarbeid mellom Frøya kommune (prosjekteier), SINTEF, AtB, Vy og Trønderenergi. I tillegg har Blått kompetansesenter deltatt i arbeidet på oppdrag fra Frøya kommune. Prosjektet har mottatt kvalifiseringsstøtte fra Regionalt forskningsfond i Trøndelag.

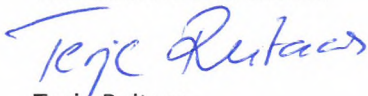
Arbeidet har resultert i et kunnskapsgrunnlag for etablering av et busstilbud med en selvkjørende og elektrisk buss på Sula. Rapporten gir viktige innspill til tjenesteutforming og rutetilbud, valg av strekning og krav til infrastruktur, anbefaling om kjøretøyvalg, forslag til etablering av ladeinfrastruktur, samt grunnlag for å utvikle et økonomisk bærekraftig verdinettverk for et levedyktig busstilbud over tid. Vi håper at dette prosjektarbeidet på sikt vil føre til et nytt og innovativt busstilbud for befolkningen på Sula. Realisering av et pilotprosjekt vil bidra til kunnskapsbygging og erfaringer som også har stor overføringsverdi til andre distriktskommuner som ønsker å tilby sine innbyggere et attraktivt, kostnadseffektivt og miljøvennlig kollektivtilbud.

Vi vil rette en stor takk til Frøya kommune og øvrige prosjektpartnere for godt samarbeid i prosjektet. Vi vil spesielt takke lokale aktører, innbyggere og fritidsbeboere på Sula, som har bidratt med nyttige innspill på folkemøtet og gjennom intervjuer og spørreundersøkelse.

Seniorforsker Lone-Eirin Lervåg ved SINTEF Mobilitet og samfunnsøkonomi har vært prosjektleder. I tillegg har spesialrådgiver Per J. Lillestøl, forsker Randi Fagerholt og forsker Jon Suul (SINTEF Energi) vært sentrale prosjektmedarbeidere. Forsker Odd Andre Hjelkrem (SINTEF Energi) har bidratt med beregninger av energibehov. Videre har Nils J. Karlsen og ordfører Kristin Furunes Strømskag (Frøya kommune), Tom Nørbech og Kjell Wilhelm Utvaag (AtB), Jørgen Kjær og Håkon Gløersen (Vy), Mats Jønland (Trønderenergi), samt Martin Fredrik Olsen og Torjus Dahl (Blått kompetansesenter) vært viktige deltakere i prosjektet.

Prosjektrapporten er utarbeidet av SINTEF, med bidrag fra Blått kompetansesenter, Vy og AtB. Blått kompetansesenter har hatt hovedansvaret for aktivitetene som ligger til grunn for kapittel 2 om brukerbehov og samfunnsnytte.

Trondheim 18. mai 2022



Terje Reitaas

Forskningsleder

Innholdsfortegnelse

Forord	2
Sammendrag	5
1 Prosjektbeskrivelse	6
1.1 Bakgrunn for prosjektet – utfordringer og behov	6
1.2 Mål og metode	7
1.3 Rapportens struktur	8
2 Brukerbehov og samfunnsnytte	9
2.1 Dagens transporttilbud	9
2.2 Mobilitetsbehov på Sula – innspill fra folkemøte	10
2.3 Mobilitetsbehov på Sula – resultater fra brukerundersøkelse	10
2.4 Utforming av et tjenestetilbud med selvkjørende buss	13
2.4.1 Rutevalg, koordinering med eksisterende tilbud og bemanning i testperiode	13
2.4.2 Informasjon og tilgjengelighet.....	15
2.4.3 Bussens størrelse og kjørehastighet.....	15
2.5 Effekter på klimagassutslipp	15
3 Kjøretøy og infrastruktur	18
3.1 Innledning	18
3.2 Veginfrastruktur og eksterne forhold	18
3.2.1 Strekningen.....	18
3.2.2 Vegdekke	19
3.2.3 Vegbredde	19
3.2.4 Endepunkt og snuplasser.....	20
3.2.5 Parkering og lading	21
3.2.6 Vær og klimaforhold	21
3.3 Krav til kjøretøyet.....	22
3.3.1 Faktorer for vurdering av egnethet	22
3.3.2 Infrastrukturen	22
3.3.3 Vær- og føreforhold, robusthet og driftssikkerhet.....	22
3.3.4 Tilgjengelig serviceapparat	23
3.3.5 Brukerkrav, kapasitet og lasteevne for personer og bagasje	23
3.3.6 Sikkerhet for passasjerer, myke trafikanter andre kjørende.....	23
3.3.7 Hastighet og reisetid.....	23
3.4 Tilgjengelige kjøretøy i det norske markedet	24
3.5 Vurdering av kjøretøy mot kravene	24

3.6	Foreløpige erfaringer fra utprøving av Karsan Atak i Rogaland.....	26
3.7	Lokale tiltak på infrastruktur.....	27
3.7.1	Vegvedlikehold	27
3.7.2	Trafikkreguleringer og andre tiltak.....	27
4	Energiløsning.....	28
4.1	Analyse av energibehov og ladeløsning for elektrisk autonom buss på Sula	28
4.1.1	Kjøretøy og tilgjengelig informasjon om energibruk.....	28
4.1.2	Vegstrekning og rutetabell	28
4.1.3	Beregning av energibruk og ladebehov	29
4.2	Mulige ladeløsninger.....	31
4.2.1	Mulige ladepunkt og begrensninger i nettkapasitet	31
4.2.2	Konvensjonell plugg-basert batterilading.....	33
4.2.3	Automatiserbar og kontaktløs batterilading	34
4.3	Mulighet for lokal produksjon og/eller energilager i tilknytning til ladeanlegg	37
5	Verdinettnettverk for bærekraftig drift av selvkjørende buss på Sula.....	39
5.1	Hvordan oppnå et levedyktig busstilbud på Sula?.....	39
5.2	Roller, aktører og ansvarsområder	40
5.3	Verdistrømmer.....	41
5.4	Finansieringsbehov	43
6	Konklusjoner	45
6.1	Resultater og anbefalinger.....	45
6.2	Sula som case for videre utvikling av automatiserte transportløsninger	46
6.3	Veien videre	47

Sammendrag

Sula er et lite øysamfunn i Frøya kommune, som mangler et lokalt, offentlig transporttilbud i dag. Mange velger derfor å ta med egen bil over på øya, for å kunne kjøre den 3 km lange strekningen mellom ferjeleiet og boligbebyggelsen. Dette har negative konsekvenser for miljøet og medfører unødvendige kostnader både for den enkelte og samfunnet. I tillegg har beboere og besøkende uten tilgang til privatbil et svært begrenset mobilitetstilbud. For å løse disse transportutfordringene ønsker Frøya kommune å etablere en automatisert (selvkjørende) busstjeneste på Sula. En slik tjeneste kan være kostnadseffektiv og gi god fleksibilitet tilpasset det lokale mobilitetsbehovet. Kunnskapen fra dette prosjektet vil ha overføringsverdi for utvikling av et fremtidsrettet og bærekraftig kollektivtilbud også i andre distriktskommuner.

Problemstillinger

Hovedformålet med forprosjektet har vært å frembringe et kunnskapsgrunnlag for realisering av et transporttilbud med selvkjørende buss på Sula. Viktige problemstillinger har vært:

- Hvordan utforme et busstilbud som dekker målgruppens mobilitetsbehov?
- Hvordan kan teknologi- og kjøretøyvalg oppfylle brukerkrav og hensyn til sikkerhet og lokale forutsetninger på den planlagte strekningen?
- Hvordan kan man etablere ladeinfrastruktur som dekker energibehovet for en selvkjørende elektrisk buss på Sula?
- Hvordan sikre forretningsmessig og varig drift av en selvkjørende busstjeneste på Sula?

Resultater

Prosjektet har resultert i konkrete anbefalinger knyttet til utforming av tjenestetilbudet, valg av kjøretøy og energiløsning, behov for tilpasning av veg- og ladeinfrastruktur, organisering av tjenesten med roller, aktører og ansvarsområder, samt finansieringsbehov for realisering av løsningen. Kartlegging av lokalbefolkningens mobilitetsbehov, krav og forventninger har gitt god innsikt i mobilitetstjenestens nytteverdi for lokalsamfunnet. Videre presenterer prosjektet et estimat på hvordan realisering av løsningen forventes å bidra til en klimaeffekt i form av redusert biltrafikk på Sula. Noen sentrale hovedfunn er gjengitt nedenfor:

- Mobilitetstjenesten bør rette seg mot fastboende, fritidsbeboere, turister og lokalt næringsliv. Det er lagt til grunn et tilbud som korresponderer med samtlige ferjeavganger.
- Av teknologi som finnes tilgjengelig på markedet i dag, vurderes busstypen Karsan Atak å være mest egnet i forhold til lokale behov og forutsetninger på Sula. Denne har passasjerkapasitet til 21 personer (+ bagasje) og forventes å kunne holde kjørehastighet 25-50 km/t på strekningen.
- Beregnet energiforbruk er inntil 60 kWh/dag. Det anbefales nattlading med AC Type 2-lader (22 eller 44 kW). Ladestasjon kan plasseres ved Sula skole uten at det utløser behov for ekstra tiltak på energiforsyningen.
- AtB, Vy, Trøndelag fylkeskommune og Trønderenergi vil være viktige aktører som henholdsvis tjenestetilbyder, bussoperatør, forvalter av infrastruktur og leverandør av energiforsyning. Tilbudet vil gi mulighet for lokal næringsutvikling knyttet til for eksempel vedlikehold av teknologiløsninger og kjøretøy.
- Det er estimert at tjenesten vil få en direkte klimagassreduserende effekt på 10,6 tonn CO₂-e/år som følge av redusert bilkjøring på Sula. Den største verdien er imidlertid knyttet til mulighet for oppskalering og overføring til et stort antall distriktskommuner som i dag mangler et miljøvennlig alternativ til bruk av privatbil.

1 Prosjektbeskrivelse

1.1 Bakgrunn for prosjektet – utfordringer og behov

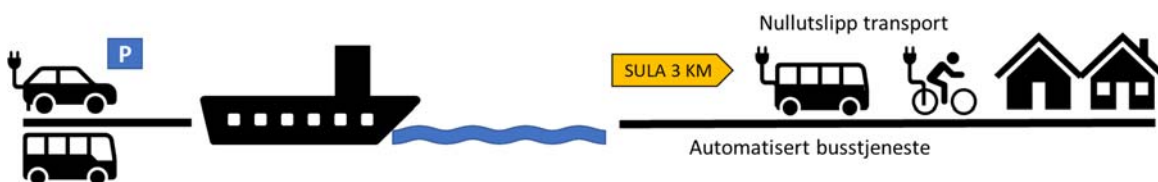
Sula er et lite øysamfunn med ferjeforbindelse til Frøya, men uten et lokalt, offentlig transporttilbud i dag. Øya er utsatt for vær og vind, og med 3 km avstand fra ferjeleiet til boligbebyggelsen, velger mange å ta med egen bil for lokal transport. Dette har negative konsekvenser for miljøet og medfører unødvendige kostnader for den enkelte og for samfunnet. I tillegg har beboere og tilreisende uten tilgang til bil et meget begrenset mobilitetstilbud.

Det er svært kostnadskrevenende å etablere et tradisjonelt kollektivtilbud på Sula og i tilsvarende små kystsamfunn. Trafikkgrunnet er begrenset og etterspørselen varierer betydelig, som følge av stor fritidsturisme. Sula har 58 fastboende innbyggere (per mars 2022), men i sommersesongen fylles øya av i størrelsesorden 200-400 fritidsbeboere, i tillegg til et betydelig antall dagsturister.



Figur 1: Sula - et lite kystsamfunn i Trøndelag

For å løse disse transportutfordringene, har Frøya kommune tatt initiativ til å utforske muligheten for å etablere en automatisert (selvkjørende) busstjeneste på Sula – i samarbeid med AtB, Vy, Trønderenergi og SINTEF. En automatisert busstjeneste kan gi god fleksibilitet tilpasset etterspørselen og samtidig holde kostnadene nede, fordi man unngår lønnskostnader og frigjør seg fra skiftplaner for bussjåfører. En automatisert busstjeneste kan også inngå som del av en helhetlig kollektiv reisekjede, med korresponderende busstilbud på Frøya. Dette sikrer bedre mobilitet for alle befolkningsgrupper, samt reduserer behovet for bilkjøring på Sula. For å være miljø- og klimavennlig forutsettes det at bussløsningen er elektrisk drevet.



Selvkjørende minibusser har vært testet ut i norske pilotprosjekt siden 2018 (Lervåg m.fl., 2021). Hittil har erfaringene i hovedsak vært avgrenset til saktegående tilbringertjenester med begrenset kapasitet. Etablering av en automatisert busstjeneste på Sula vil stille andre krav til teknologivalg, energiløsninger og

forretningsmodeller. Samtidig vil erfaringer fra disse aktivitetene ha en vesentlig overføringsverdi til andre små distriktskommuner.

Regionalt forskningsfond gitt støtte til et forprosjekt som skal bidra til å fremskaffe et nødvendig kunnskapsgrunnlag for å utvikle et klimavennlig og etterspørselsbasert mobilitetstilbud på Sula. Hensikten med prosjektet har vært å posisjonere Frøya kommune og prosjektpartnerne til deltakelse i nasjonale og internasjonale forskningsaktiviteter, med sikte på utvikling og pilotering av nyskapende og miljøvennlige transportløsninger basert på elektrifisering og automatiseringsteknologi.

1.2 Mål og metode

Hovedmålet i dette prosjektet er å utvikle et kunnskapsgrunnlag for teknologivalg, utforming av løsning og organisering av en mobilitetstjeneste som er attraktiv, trygg, miljøvennlig og kostnadseffektiv.

Arbeidet tar utgangspunkt i det lokale transportbehovet, eksisterende infrastruktur og innovative løsninger innenfor automatiseringsteknologi og elektrifisering. Kunnskapsgrunnlaget etableres gjennom realisering av delmålene som er vist i Tabell 1.

Tabell 1: Forprosjektets målsettinger

Delmål		Konkretisering
DM 1	Brukerbehov og samfunnsnytte	Kunnskap om mobilitetsbehov for fastboende og besøkende, samt innsikt i hvordan mobilitetstjenesten bør utformes for å oppnå brukeraksept, miljøeffekt og god samfunnsøkonomi.
DM 2	Teknologi og valg av kjøretøy	Kunnskapsgrunnlag for valg av automatiseringsteknologi og kjøretøyleverandør, med utgangspunkt i internasjonal kunnskapsfront og tilpasset krav til sikkerhet, operatørrollen, lokale forutsetninger og mobilitetsbehov.
DM 3	Energiløsning	Grunnlag for å identifisere ladebehov med valgte kjøretøy, ladeløsning og evaluering av tilkobling til eksisterende kraftnett på Sula.
DM 4	Verdinettverk	Utfyllende beskrivelse av verdinettverket med tilhørende ansvar og roller, i økosystemet rundt en automatisert og elektrisk busstjeneste på Sula.

De mest sentrale forskningsaktivitetene omfatter:

- **Forslag til utforming av et tjenestetilbud** basert på mobilitetsanalyser med utgangspunkt i reisevaner og statistikk fra kollektivselskapet i regionen, samt spørreundersøkelse og intervju med fastboende, fritidsbeboere og næringslivsaktører på Sula. Videre er det gjort enkle analyser av samfunnsøkonomi og effekt på klimagassutslipp.
- **Teknologisk mulighetsstudie** med hensyn til funksjonalitet, trafikkikkerhet og krav til infrastruktur, basert på spesifikasjoner og internasjonale erfaringer med sensorikk og automatiserte kjøretøy fra utvalgte produsenter. Resultatene er drøftet og prioritert i workshop med prosjektgruppa og med ressurspersoner fra relevante fagmiljøer.
- **Beregning av energi- og effektbehov** med utgangspunkt i valgte kjøretøy og forventet lastprofil, samt analyser av ladeløsninger med tanke på praktisk drift og integrasjon med tilgjengelig kraftnett på Sula.
- **Utvikling av verdinettverk** med tilhørende rolle- og aktørmodell for et levedyktig transporttilbud med selvkjørende buss på Sula. Dette innebærer analyser av verdistrømmer i økosystemet rundt busstjenesten, samt vurdering av forretningsmodeller, finansieringsbehov og muligheter for innovasjonsstøtte for realisering av et offentlig transporttilbud.

I tillegg til gjennomgang av relevante dokumenter og faglitteratur, er innhenting av data og informasjon i hovedsak basert på følgende metoder:

- **Befaring av strekning og eksisterende infrastruktur** på Sula, gjennomført med prosjektgruppa 18. september 2021.
- **Folkemøte** med ca 50 deltakere (både fastboende, fritidsbeboere og næringsliv) på Sula, 18. september 2021.
- **Spørreundersøkelse** med et utvalg på 79 respondenter (fastboende og fritidsbeboere) fra Sula. Undersøkelsen ble gjennomført på nett (elektronisk spørreskjema) høsten 2021, med bruk av programmet eMarketeer.
- **Intervjuer** med fire næringslivsaktører gjennomført digitalt i januar 2021.
- **Workshop om teknologi- og kjøretøyvalg:** Gjennomgang og prioritering av krav som grunnlag for valg av kjøretøyleverandør, gjennomført med prosjektgruppa i november 2021.
- **Workshop om verdinett:** Kartlegging av verdistrømmer, roller og aktører i økosystemet rundt en selvkjørende busstjeneste på Sula, gjennom intervjueskjema og workshop med prosjektpartnerne, i januar 2022.

Aktivitetene knyttet til kartlegging av brukerbehov og samfunnsnytte har også involvert et samarbeid med en masterstudent ved NTNU, i regi av Blått kompetansesenter.

1.3 Rapportens struktur

Kapittel 2 gjør rede for dagens transporttilbud og mobilitetsbehov på Sula, blant annet med utgangspunkt i resultatene fra brukerundersøkelsen. Kunnskapsgrunnlaget er i hovedsak frembragt av Frøya kommune og Blått kompetansesenter, med bistand fra AtB og øvrige prosjektpartnerne. Arbeidet har resultert i et forslag til utforming av et nytt tjenestetilbud med selvkjørende buss. Avslutningsvis gis et estimat på hvordan dette busstilbudet forventes å bidra til positive miljøeffekter i form av mindre klimagassutslipp fra transport på Sula.

Kapittel 3 gir en oversikt over infrastruktur og lokale forutsetninger som har betydning for valg av kjøretøy og teknologiløsning på Sula. Arbeidet er i stor grad basert på resultatene fra en befaring og enkel risikovurdering av den aktuelle strekningen, gjennomført av prosjektpartnerne med kunnskap om og erfaring med selvkjøringsteknologi fra tidligere og pågående forskningsprosjekter. Kapitlet presenterer en rekke krav til kjøretøyet, og gir en anbefaling for valg av kjøretøytype basert på hva som finnes tilgjengelig på markedet i dag.

Kapittel 4 gjør rede for energi- og effektbehovet for en automatisert og elektrisk busstjeneste på Sula, med utgangspunkt i det valgte kjøretøyet og forslaget til tjenestetilbud som er beskrevet i foregående kapitler. Videre presenteres et forslag til hvordan man best mulig kan dekke bussens behov for batterilading, med hensyn til nødvendig ladeinfrastruktur og oppstillingsplass.

Kapittel 5 gjør rede for en rekke viktige forutsetninger som må være på plass for at busstilbudet på Sula skal være forretningsmessig bærekraftig og levedyktig over tid. Arbeidet er basert på utvikling av et verdinettverk som beskriver roller, aktører og verdistrømmer i økosystemet rundt busstjenesten. Videre er det utarbeidet et kostnadsoverslag for realisering av et pilotprosjekt med selvkjørende buss på Sula.

Kapittel 6 oppsummerer resultatene fra forprosjektet.

2 Brukerbehov og samfunnsnytte

Norge er blant de fremste i verden når det gjelder tilrettelegging for og implementering av selvkjørende kjøretøy i transportsystemet (KPMG, 2020). Siden lovverket åpnet for uttesting av selvkjørende kjøretøy på offentlig veg i 2018, har det blitt utført en rekke pilotprosjekter med selvkjørende buss i norske kommuner. De fleste av disse pilotene er gjennomført med små, saktegående minibusser (12-18 km/t) på ordinære veger med blandet trafikk, men i typiske lavhastighetsområder som bygater, boligområder og næringsparker (Lervåg et al., 2021; Pokorny et al., 2021). Foreløpig betjenes de automatiserte bussene av en operatør om bord i kjøretøyet, som kan overta styringen ved driftsstans eller uforutsette hendelser. For å ta nye steg i utviklingen mot et kostnadseffektivt og attraktivt kollektivtilbud, må man utvikle løsninger med automatiserte kjøretøy som har større kapasitet, kan holde høyere hastighet og hvor operatøren flyttes fra selve kjøretøyet til et kontrollrom med mulighet for fjernstyring av en større flåte kjøretøy.

Sula vurderes å være et egnet sted for utprøving av et innovativt og fremtidsrettet kollektivtilbud. Øygruppens beliggenhet, utforming og mangel på lokale transporttjenester, gjør at det finnes en reell etterspørsel etter en slik busstjeneste. Det er et begrenset vegnett og lite biltrafikk på øya, noe som gjør at en selvkjørende buss vil kunne operere forholdsvis uforstyrret. Gjennomføring av et pilotprosjekt vil gi nyttig kunnskap om brukernes behov og aksept for automatiserte kjøretøy, samt erfaring med hvordan kjøretøyet og den teknologiske funksjonaliteten fungerer i et typisk norsk kystklima.

En viktig del av dette forprosjektet har vært å foreslå utforming av et nytt tjenestetilbud, basert på brukernes mobilitetsbehov og potensiell samfunnsnytte. Viktige spørsmål i dette arbeidet har vært:

- Hva er det totale mobilitetsbehovet for alle målgrupper på Sula (hele reisekjeden for både innbyggere og besøkende)?
- Hvordan kan en automatisert busstjeneste oppnå brukeraksept, påvirke reisemønster og opplevelsen av mobilitet for den enkelte?
- Hvordan kan tjenesten bidra til samfunnsnytte i form av redusert biltrafikk (miljøeffekt)?

2.1 Dagens transporttilbud

Sula er del av en øyrekke uten fastlandsforbindelse. Det offentlige transporttilbudet er basert på båttransport mellom Dyrøy på Frøya og Øyrekken. Transporten til og fra Sula består av to alternativer:

- **Rute 820:** Hurtigbåt som ankommer hurtigbåtkai i Sula sentrum. Ruten betjenes av MS Vetlefjord med plass til 6 biler. Her er det gangavstand til bebyggelsen på Sula.
- **Rute 826:** Ferje som ankommer ferjekai på Lomsøy. Ruten betjenes av MF Frøyaferja med plass til 15 biler. Fra Lomsøya må passasjerene selv besørge transporten de resterende 3 km inn til bebyggelsen på Sula.

I sommersesongen har hurtigbåten 3-4 avganger på hverdager og 2-3 avganger i helg, mens ferja har 4-6 daglige avganger. Med dagens transporttilbud, er det begrenset kapasitet for å ta med privatbil til og fra øygruppen. Mange pendlere og besøkende til Sula og de andre øyene, setter derfor igjen bilen på parkeringsplassen på Dyrøy ferjekai. Det er også mulig å ta buss mellom Dyrøy og Sistranda på Frøya. Denne bussen korresponderer med videre transport til/fra Trondheim og Orkanger.

Sula var et bilfritt samfunn frem til 2006, da det ble satt inn passasjerferjer med mulighet for å ta med biler over til øygruppen. Vegnettet er derfor ikke dimensjonert for særlig vegtrafikk, med smale veger og begrenset mulighet for parkering. De færreste har behov for tilgang til bil internt på Sula, utover transporten mellom ferjekai og bostedet.

Frem til 2016 fantes det en bestillingstransportløsning på Sula i regi av AtB (KID-bussen). Dette var et tilbud hvor de som hadde behov for skyss til/fra hurtigbåt eller ferje kunne ringe og bestille transport til ønsket båtanløp. Skyssen ble utført med en minibuss med en kapasitet på 8 personer. Dette rutetilbudet ble finansiert av statlige midler øremerket for å styrke utviklingen av kollektivtransport i distriktet. I 2016 ble tilbudet lagt ned da den statlige finansieringen opphørte.

2.2 Mobilitetsbehov på Sula – innspill fra folkemøte

Høsten 2021 arrangerte prosjektet et folkemøte på Sula, med omtrent 50 deltakere som representerte fastboende, fritidsbeboere med eget fritidshus på øya, samt det lokale næringslivet. Formålet med møtet var både å gi informasjon om prosjektet, samt å samle innspill om behov og ønsker fra lokalbefolkningen.

Under folkemøtet kom det tydelig frem at det nåværende transporttilbudet til og fra Sula oppleves å være utilstrekkelig og lite brukervennlig. Det ble pekt på at Sula har spesielt store kapasitetsutfordringer på sommerstid. Det kritiske punktet ble beskrevet å være nettopp det manglende kollektivtilbudet fra Lomsøya hvor fergen legger til, og inn til Sula sentrum. I dag må man enten blir plukket opp av privatpersoner med tilgang på bil, eller gå/sykle den tre kilometer lange strekningen.

Det ble beskrevet flere tilfeller hvor lokale beboere for egen regning har måttet transportere turister som feilaktig venter på hurtigbåt i Sula sentrum ut til ferjekaia på Lomsøya, fordi de har misforstått rutetabellene og/eller ikke har tatt høyde for at det ikke finnes noe kollektivtilbud eller taxi som kan frakte folk og bagasje. Det ble også understreket på folkemøtet at lokalsamfunnet går glipp av helgeturisme, fordi man ikke har et fullstendig kollektivtilbud hvor det er mulig å reise fra Trondheim etter arbeidstid og komme seg helt inn til Sula. På folkemøtet ble det konkret uttrykt ønske om en buss med kapasitet til 15 personer. Tidligere erfaringer med KID-bussen som ble nedlagt i 2016 ble trukket frem, og her erfarte man at de reisende kom med relativt mye bagasje.

Flere av de fremmøtte pekte på at en selvkjørende buss i seg selv kunne blitt et trekkplaster til øygruppen, men enda viktigere ble det trukket frem hvordan busstjenesten ville gjort Sula mer tilgjengelig både for fastboende, feriefolk og turister. Det ble sterkt understreket at en busstjeneste mellom Lomsøya og Sula vil bidra til å skape et totalt sammenhengende kollektivtilbud som ikke eksisterer per i dag.

2.3 Mobilitetsbehov på Sula – resultater fra brukerundersøkelse

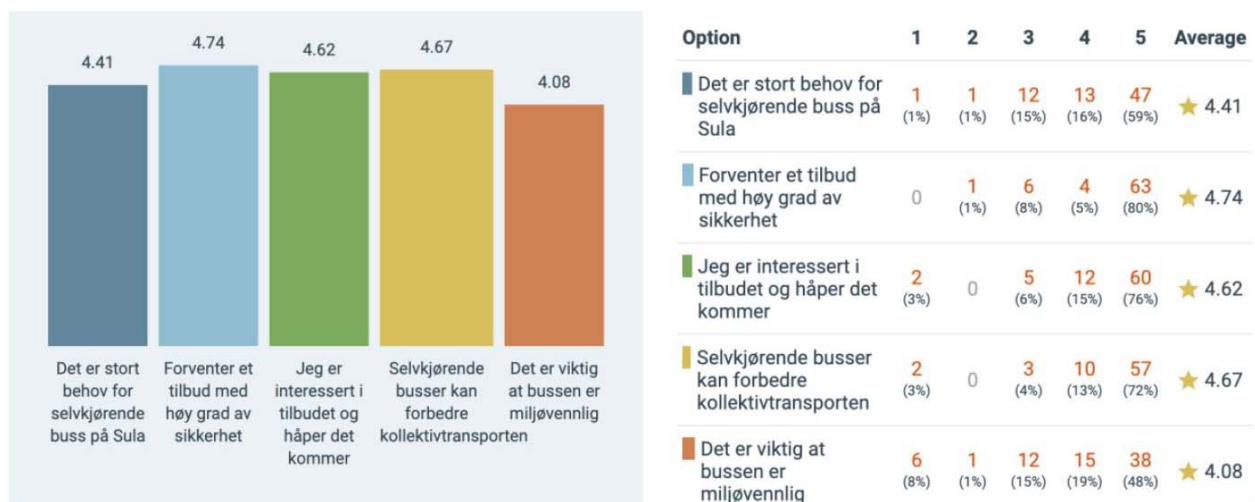
Prosjektet har gjennomført en surveybasert brukerundersøkelse blant beboere, eiere av fritidshus, pendlere og interessenter fra næringslivet på Sula. Brukerundersøkelsen kartla det lokale mobilitetsbehovet og ga viktige innspill til utforming av tjenesten. Resultatet av brukerundersøkelsen kan oppsummeres i tre viktige hovedfunn knyttet til brukernes behov, krav og forventinger. Disse er presentert i avsnittene som følger.

Hovedfunn 1: Målgruppen har en positiv holdning til etablering av en selvkjørende busstjeneste på Sula

Brukerundersøkelsen avdekket at det er en tydelig positiv holdning til prosjektet fra alle brukergrupper på Sula. Hele 86 % av deltakerne oppga at de ønsker å benytte et busstilbud med selvkjørende kjøretøy. Kun 2 % svarte at de ikke ville benytte busstjenesten, mens de resterende var usikre.

Videre ble det uttrykt et sterkt behov og interesse for busstilbudet, samt høy tiltro til at selvkjørende busser kan spille en rolle i forbedring av kollektivtilbudet. Dette er illustrert i *Figur 2* som viser brukernes

tilbakemelding på en rekke holdningsrelaterte påstander, angitt som gjennomsnittsverdi på en skala fra 1 (svært liten grad) til 5 (svært stor grad).



Figur 2: Målgruppens holdninger til et tilbud med selvkjørende buss på Sula. Søylene angir gjennomsnittsverdi på en skala fra 1-5, hvor 1 = svært liten grad og 5 = svært stor grad.

Resultatene viser at det er en tydelig etterspørsel og et behov for busstjenesten på Sula. Dette ble ytterligere forsterket av god oppslutning og positiv respons på folkemøtet, og av øvrige innspill i brukerundersøkelsen. Mange fremhever i sine fritekstsvar at busstilbudet vil gi økt fleksibilitet, samt bedre mobilitet og tilgjengelighet på Sula. Spesielt trekkes det frem at tilbudet vil gi mindre bilavhengighet. Dette illustreres blant annet i følgende tre sitater:

«Bidrar til bedre kollektivtjeneste og folk blir dermed ikke avhengig av andre for å bli kjørt frem og tilbake mellom Sula og Lomsøya.»

«Kan øke tilgjengeligheten for personer uten bil eller de/oss som velger å ikke ha med bil utover.»

«Den kan bidra positivt fordi mange som bor på Sula ikke har bil. Og er vi heldige vil turister og feriefolk i større grad sette igjen bilen på Dyrøya. Det er ikke plass til så mange biler på Sula.»

Hovedfunn 2: Brukerkrav til tjenestetilbudet

Brukerundersøkelsen avdekket flere premisser som er viktig for utforming av et attraktivt tjenestetilbud på Sula, og som må ivaretas for å sikre at løsningen oppnår god aksept blant brukerne:

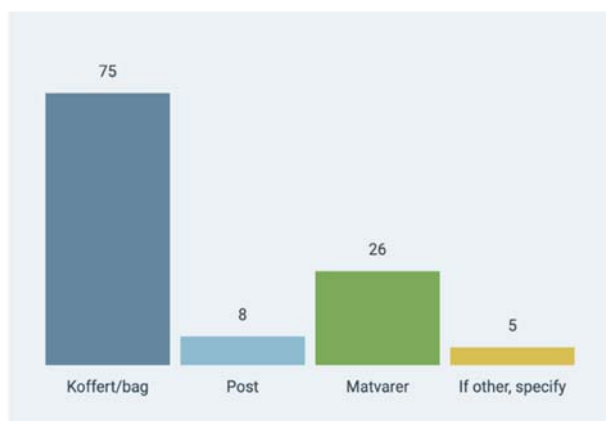
- > Busstilbudet må korrespondere med ferjeavgangene.
- > Akseptabel reisetid er anslått å være i størrelsesorden 10-15 minutter (Lomsøya – Sula sentrum).
- > Det er behov for et tilbud gjennom hele uken, med noe større påtrykk i helgene – og spesielt fredag og søndag ettermiddag i forbindelse med helgeturisme.
- > Etterspørselen er større i sommersesongen enn resten av året, selv om over halvparten av respondentene (61 %) har uttrykt at de har behov for et helårstilbud.
- > Bussen må ha kapasitet til å frakte bagasje og lett gods (enkel varelevering).
- > Informasjon om rutetilbudet må være lett tilgjengelig og billettløsningen må være brukervennlig (også for de uten mobilapplikasjon).

Resultatene fra undersøkelsen viste at litt over halvparten av de tilreisende til Sula kommer fra Trondheim, og for øvrig kommer mange fra Hitra/Frøya. Blant deltakerne i undersøkelsen har 70 % oppgitt at de vanligvis

tar med seg bilen på ferja når de reiser til/fra Sula, mens 25 % oppgir at de parkerer bilen på ferjeleiet. En viktig årsak til bruk av bil, forklares med behovet for å ta med seg bagasje. Nesten alle respondentene (96 %) har svart at de har behov for å ta med seg koffert eller bag om bord i bussen. De yngste aldersgruppene synes å være noe mer positivt innstilt til å gå eller sykle mellom Lomsøya og Sula, mens mange av de som kommer uten bil har oppgitt at de ordner seg privat bilskys på strekningen.

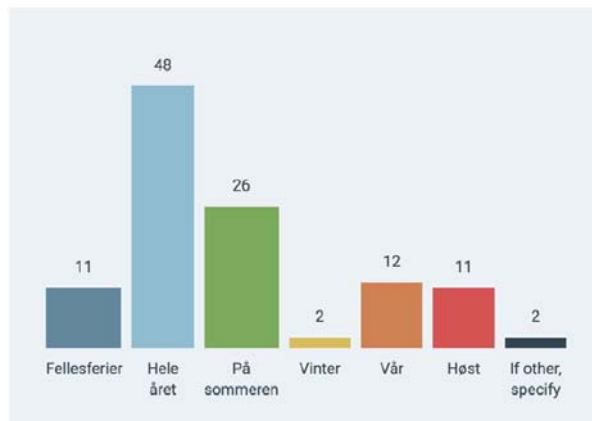
Et utvalg av resultatene er gjengitt i figurene nedenfor.

Har du behov for frakt av bagasje eller annet gods på bussen?
(Flere svar mulig)



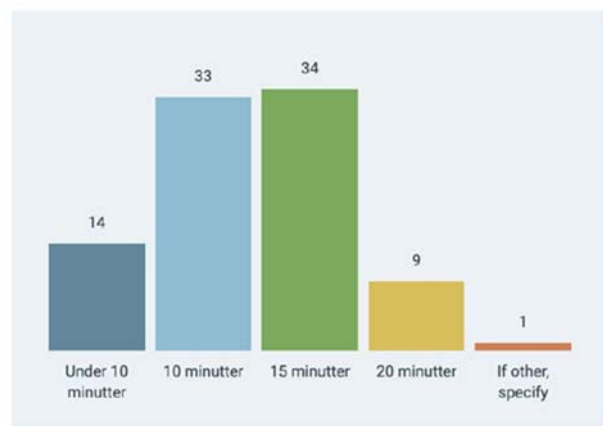
Figur 3: Behov for bagasje

Når i løpet av året har du behov for en selvkjørende buss?
(Flere svar mulig)



Figur 4: Behov for busstjeneste - årstid

Hva er akseptabel tidsbruk til/fra Lomsøya?



Figur 5: Akseptabel tidsbruk til/fra Lomsøya

Hovedfunn 3: Brukerne har høye forventninger til prosjektet

Brukerundersøkelsen avdekket at det er høye forventninger til hvordan et nytt transporttilbud med selvkjørende buss kan gi positive virkninger for befolkningen og lokalsamfunnet på Sula. De viktigste effektene inkluderer:

- Bedre mobilitet og tilgjengelighet på Sula
- Bedre kollektivtilbud mellom Sula og Frøya/Trondheim. Dette forklares både med at man oppnår en sammenhengende reisekjede fra start til slutt – samt at bussen vil gi større valgfrihet/bedre tilgjengelighet til avganger fra Lomsøya som korresponderer med det øvrige kollektivtilbudet.
- Redusert biltrafikk

- Økt attraktivitet og positivt bidrag til turisme
- Sosiale gevinster av økt mobilitet for eldre og befolkningsgrupper uten tilgang til egen bil. Dette kan også medføre økt livskvalitet gjennom at eldre kan bli boende hjemme og klare seg selv, istedenfor å måtte flytte i omsorgsbolig eller institusjon på fastlandet.
- Positiv oppmerksomhet rundt teknologiutprøving

Flere av respondentene påpeker at det er behov for å redusere biltrafikken på Sula. Argumentene som trekkes frem er både miljøbaserte, trafikale og begrunnet i turisme, som illustrert i dette sitatet:

«Vi trenger et kollektivtilbud mellom Lomsøya og Sula, og vi trenger en regulering av bilbruk. Det at øya fylles av biler om sommeren, uten reguleringer, ødelegger for turismen, for øyas egenart som fiskevær, og blir for en del mindre attraktiv.»

Lokalbefolkningen uttrykker også stor interesse for å erstatte egne bilreiser med kollektivtransport, særlig internt på Sula, men også for de lengre reisestrekningene mellom for eksempel Sula og Trondheim. Dersom deltakerne i undersøkelsen endrer reisevaner i tråd med egne svar, vil busstjenesten kunne påvirke transportmønsteret i lokalsamfunnet vesentlig.

Brukernes holdninger, krav og forventninger står sentralt i den videre innovasjonsprosessen. Folkemøtet og brukerundersøkelsen har avdekt at det er et åpenbart mobilitetsbehov på Sula som ikke dekkes av et offentlig transporttilbud i dag. Videre viser resultatene at lokalbefolkningen har tydelige intensjoner om bruk av et nytt tilbud basert på en selvkjørende buss. For å sikre at brukerne aktivt tar i bruk den nye tjenesten, slik at ønskede effekter kan realiseres, har vi lagt stor vekt på brukernes behov og ønsker i utforming av tjenestetilbudet og valg av teknologisk løsning.

2.4 Utforming av et tjenestetilbud med selvkjørende buss

2.4.1 Rutevalg, koordinering med eksisterende tilbud og bemanning i testperiode

Tjenestetilbudet er planlagt i form av en selvkjørende buss mellom ferjeleiet (Lomsøya) og bebyggelsen i sentrum på Sula, med mulighet for betjening av avstikkere på ruten, som for eksempel til Sula Rorbuer og Havhotell. Det er svært viktig for brukerne at bussen korresponderer med ferjeanløpene på Lomsøya. Et tentativt rutetilbud er presentert i Figur 6. Dette rutetilbudet strekker seg utover ordinær arbeidstid, og krever derfor en bemanningsløsning med to skift i bussens testperiode. Det tas sikte på at bussen etter hvert kan operere fullt automatisert (uten operatør om bord) ved at den overvåkes fra en ekstern kontrollsentral – med mulighet for fjernstyring ved behov.

Busstilbud Sula

Tentativ ruteplan - Selvkjørende buss Sula

820 betjenes av MS Vettlefjord - 6 biler
 825 betjenes av MF Frøyaferja - 15 biler

mandag - fredag

Rute	820	820	820	825	825	820	820	825	820	820	825	825	825	820
Dagkoder	5	1234	12345	135	24	1245	145	12345	123	45	23	45	45	1234
Buss avgang Butikken				10:25	10:25			14:40					18:00	
Buss ankomst Sula ferjekai				10:35	10:35			14:50					18:10	
Sula ferjekai - Båt ankomst				10:40	10:40			14:55	17:15 A	17:15 A	18:15	18:15	21:20	20:40 A
Buss avgang Sula ferjekai				10:40	10:40						18:15		21:20	
Buss ankomst Butikken				10:55	10:55						18:25		21:30	
Buss avgang Sula hotell			06:50			12:10	12:10		17:10	17:10				
Buss ankomst Sula hurtigbåtkai			07:00			12:20	12:20		17:20	17:20				
Sula hurtigbåtkai - Båt ankomst	04:20 C		07:05			12:15 G	12:15 H		17:25	17:25				20:55
Buss avgang Sula hurtigbåtkai									17:25	17:25				20:55
Buss ankomst Sula hotell									17:35	17:35				21:05
Buss avgang Sula hotell									18:25	18:25				
Buss ankomst Sula hurtigbåtkai									18:35	18:35				
Sula hurtigbåtkai - Båt avgang		05:45	07:10			12:30 G	12:30 H		18:40	19:30				
Buss avgang Sula hurtigbåtkai			07:05			12:25	12:25		18:40	18:40				
Buss ankomst Sula hotell			07:15			12:35	12:35		18:50	18:50				
Buss avgang Butikken				11:00	11:00									
Buss ankomst Sula ferjekai				11:10	11:10									
Sula ferjekai - Båt avgang			07:20	11:15	11:15			15:00	19:00				18:20	
Buss avgang Sula ferjekai				11:15	11:15			15:00					18:20	
Buss ankomst Butikken				11:25	11:25			15:10					18:30	

lørdag

Rute	825	820	825	825	820	820
Buss avgang Butikken			12:30	15:30		18:45
Buss ankomst Sula ferjekai			12:40	15:40		18:55
Sula ferjekai - Båt ankomst	10:50		12:45	15:45		18:55 A
Buss avgang Sula ferjekai			12:45	15:45		19:00
Buss ankomst Butikken			12:55	15:55		19:10
Buss avgang Sula hotell		10:50			16:45	
Buss ankomst Sula hurtigbåtkai		11:00			16:55	
Sula hurtigbåtkai - Båt ankomst		11:05			16:55	19:10
Buss avgang Sula hurtigbåtkai		11:05			17:00	
Buss ankomst Sula hotell		11:15			17:10	
Buss avgang Sula hotell						
Buss ankomst Sula hurtigbåtkai						
Sula hurtigbåtkai - Båt avgang		11:10			17:00	09:00 H
Buss avgang Sula hurtigbåtkai						
Buss ankomst Sula hotell						
Buss avgang Butikken	09:45					
Buss ankomst Sula ferjekai	09:55					
Sula ferjekai - Båt avgang	10:00		12:50			10:10
Buss avgang Sula ferjekai	10:00					10:10
Buss ankomst Butikken	10:10					10:20

søndag

Rute	820	825	825	825	820	825
Buss avgang Butikken			13:00	14:30		19:00
Buss ankomst Sula ferjekai			13:10	14:40		19:10
Sula ferjekai - Båt ankomst			13:10	14:45		19:10
Buss avgang Sula ferjekai			13:15	14:45		19:15
Buss ankomst Butikken			13:25	14:55		19:25
Buss avgang Sula hotell						
Buss ankomst Sula hurtigbåtkai						
Sula hurtigbåtkai - Båt avgang						
Buss avgang Sula hurtigbåtkai						
Buss ankomst Sula hotell						
Buss avgang Butikken			09:55			
Buss ankomst Sula ferjekai			10:05			
Sula ferjekai - Båt avgang			10:10	13:20	14:50	13:25 G
Buss avgang Sula ferjekai			10:10			
Buss ankomst Butikken			10:20			

Figur 6: Forslag til rutetilbud for selvkjørende buss på Sula.

2.4.2 Informasjon og tilgjengelighet

Det er viktig at tjenestetilbudet gjøres kjent for lokalbefolkning og besøkende på Sula, slik at de kan planlegge reisen sin i forkant. Oversikt over båt- og ferjeruter med tilhørende busskorrespondanse må gjøres tilgjengelig på AtB sine nettsider. Videre bør det informeres på relevante nettsteder og sosiale medier (med lenke til AtBs nettsider). Samme informasjon må også finnes om bord i bussen og hurtigbåt/ferje, på Dyrøy og Sula ferjekai og på holdeplassene på Sula (butikken og hotellet).

Videre må det være enkelt for brukerne å anskaffe seg og betale for billetter. Tjenesten kan for eksempel integreres i AtBs digitale billettløsning, med applikasjon for mobiltelefon eller med bruk av sms. Det kan også være mulig å arrangere forhåndskjøp av billetter i samarbeid med den lokale matbutikken. God informasjonsflyt og kommunikasjon mot markedet er også viktig for å gjøre Sula mer attraktiv for besøkende og turister som vil ha en sømløs reise.

2.4.3 Bussens størrelse og kjørehastighet

Kartleggingen av brukerbehovet har gitt viktige innspill til valg av kjøretøy og teknologisk funksjonalitet. Det er viktig for brukerne at bussen har tilstrekkelig størrelse til å ta med både passasjerer og bagasje, samt gir mulighet for frakt av mindre varer og gods. Videre må bussen holde høy nok hastighet til at man oppnår akseptabel reisetid.

Det er lagt til grunn at bussen må ha minimum passasjerkapasitet i størrelsesorden 15 personer, for å kunne betjene etterspørselen til ferjeavganger, spesielt i helgene. For å oppnå reisetid mellom Sula og Lomsøya på 10 minutter, må bussen kunne oppnå en gjennomsnittshastighet på 18 km/t på strekningen.

Valg av kjøretøy og teknologisk funksjonalitet er nærmere beskrevet i kapittel 3.

2.5 Effekter på klimagassutslipp

Brukerundersøkelsen har vist at det er uttrykt stor vilje til å erstatte privatbilreiser med bruk av en elektrisk og selvkjørende busstjeneste på Sula. Realisering av en slik tjeneste vil dermed kunne bidra til reduksjon av klimagassutslipp fra transport.

Det er beregnet et estimat av klimagevinsten som oppnås av å etablere et elektrisk og selvkjørende busstilbud på Sula, basert på resultatene fra brukerundersøkelsen og Miljødirektoratets beregningsmodell for klimaeffekter av transporttiltak. Beregningen er avgrenset til effekten av internttransport på Sula, selv om resultatene fra forprosjektet også gir indikasjoner på at tiltaket kan påvirke konkurranseflaten mellom buss og privatbil på en lengre del av reisekjeden (f.eks. mellom Trondheim og Sula). Dette må likevel anses som et usikkert estimat, da det per i dag ikke foreligger faktiske erfaringer med hvordan busstilbudet endrer befolkningens reisemønster i praksis.

Grunnlagsdata og forutsetninger som er lagt til grunn for estimatet er presentert i *Tabell 2*.

Tabell 2: Grunnlagsdata for beregninger av klimagevinst

Variabel	Verdi	Merknad
Antall fastboende	58	Kilde: Frøya kommune
Antall fritidsbeboere (mai-august)	300	Kilde: Frøya kommune (200-400 fritidsbeboere)
Antall dagsturister per år	200	Kilde: Frøya kommune (inntil 400 dagsturister per år). Vi antar at halvparten ankommer Lomsøya.
Lengde rute Sula-Lomsøya	3,2 km	Reise en vei er målt å være 3,2 km. Tur-retur er 6,4 km.
Korreksjonsfaktor brukeraksept	0,86	Mobilitetsbehovet korrigeres med en faktor på 0,86 for å ta hensyn til brukernes villighet til å ta i bruk tilbudet jfr. brukerundersøkelsen.
Antatt bruksfrekvens	2 reiser (t/r) per uke	Fastboende antas i snitt å benytte bussen to ganger (tur-retur) per uke gjennom hele året, mens fritidsbeboere kun er beregnet i perioden mai-august.
Tilleggskjøring i sentrum	20 %	Antar 20 % tilleggskjøring internt på Sula, f.eks. turer innom Havhotellet.
Antall personer per bil	2 personer	Antar at hver biltur i gjennomsnitt har to personer (sjåfør + passasjer) som reiser videre med ferja. Det vil si at hver passasjer på bussen erstatter 0,5 bilturer.
CO ₂ -e verdi	193g CO₂-e/km	For å beregne klimaeffekten benytter vi utslippsverdien for personbil med bensin oppgitt av Miljødirektoratet.

I beregning av mobilitetsbehovet på Sula, er det lagt til grunn en antakelse om at fastboende i gjennomsnitt foretar 2 turer (t/r) Lomsøya per uke. Turer som foretas av næringslivet, f.eks. henting av varer, pakker eller lignende er inkludert i dette anslaget. For fritidsbeboere er det lagt til grunn at fritidsboligen benyttes i helger/ferier i perioden mai t.o.m. august. For dagsturister er mobilitetsbehovet satt lik tur/retur Lomsøya. Dette gir et totalt mobilitetsbehov på **128 080 km/år**, se Tabell 3.

Tabell 3: Det totale mobilitetsbehovet på Sula

Mobilitetsbehov på Sula	
Fastboende (58 pers x 6,4 km tur/retur x 2 turer/uke)	38 711 km/år
Fritidsbeboere (300 pers x 6,4 km tur/retur x 2 turer/uke i perioden mai-august)	66 743 km/år
Dagsturister (200 pers x 6,4 km tur/retur)	1 280 km/år
Tilleggskjøring i sentrum (20 %)	21 091 km/år
Totalt mobilitetsbehov	128 080 km/år

I beregning av klimagevinster legges det til grunn at 86 % av befolkningen er villig til å erstatte bilreiser med bruk av den selvkjørende bussen. Videre er det lagt inn en antakelse om at hver bilreise i gjennomsnitt inkluderer 2 personer (1 sjåfør + 1 passasjer). I realiteten vil dette variere. I noen tilfeller vil en enkelt biltur mellom ferjekaia og sentrum ta med en familie på fem personer. I andre tilfeller, vil den som kommer med ferja ha ordnet seg med privat skyss (henting), noe som genererer dobbel transport per reise.

Når vi korrigerer for disse betingelsene, viser beregningen at reduksjon i bruk av privatbil på Sula, utgjør **55 075 km/år**, se Tabell 4.

Tabell 4: Antatt effekt på privatbilbruk

Redusert bruk av privatbil	
Totalt transportbehov	128 080 km/år
Korrigert for brukeraksept	86 %
Korrigert for passasjerbelegg i privatbil (én passasjerreise med buss erstatter 0,5 bilturer)	2 personer per bil
Reduksjon i bruk av privatbil	55 075 km/år

For å beregne klimaeffekten benytter vi en utslippsverdi for personbil med bensin uttrykt i CO₂-ekvivalenter [g CO₂-e/km], oppgitt av Miljødirektoratet på 193 g CO₂-e/km. Dette gir en klimagevinst per år på **10,6 tonn CO₂-e per år** på Sula.

Tabell 5: Beregnet klimagevinst

Beregnet klimagevinst
Klimagevinst = 193 g CO ₂ -e/km x 55 075 km = 10 629 387 g CO ₂ -e = 10,6 tonn CO₂- e per år

Til sammenligning har Frøya kommune et totalt klimaavtrykk på 53 658 tonn CO₂-e per år, hvorav 1 690 tonn CO₂-e kan knyttes til personbiltrafikk (Miljødirektoratet, 2020). Den umiddelbare klimagevinsten av å etablere en selvkjørende buss på Sula vil således være forholdsvis beskjeden, gitt at vegnettet og trafikkgrunnet er svært begrenset. Prosjektet er likevel viktig for å skaffe kunnskap om hvordan man kan utvikle et kostnadseffektivt og miljøvennlig kollektivtilbud på steder som i dag mangler et attraktivt alternativ til privatbilen. Det ligger dermed en stor potensiell klimagevinst i å utvikle innovative løsninger som kan oppskaleres og overføres til andre distriktskommuner og regioner på landsbasis. Et lokalt kollektivtilbud er også en viktig forutsetning for å oppnå et sømløst og helhetlig reisetilbud, slik at befolkningen har mulighet til å velge miljøvennlige alternativer på de lange reisestrekningene (f.eks. mellom Trondheim og Frøya).

Tilsvarende vil den økonomiske lønnsomheten for dette prosjektet isolert sett være lav (negativ). Kostnaden med utvikling og drift av en ny busstjeneste på Sula, vil medføre en høy pris per reise. For kollektivselskapene og offentlig sektor har det likevel stor verdi å bidra til utvikling av løsninger som på sikt vil være kostnadseffektive. I dag utgjør sjåførkostnader i størrelsesorden 60 % av kostnadene ved et offentlig busstilbud. Når kjøretøyene en gang i fremtiden kan opereres fra et kontrollsenter, vil flåtestyring av en større busspark gi betydelige stordriftsfordeler. Dette vil være et kraftfullt bidrag til utviklingen av et fremtidsrettet og bærekraftig kollektivtransportsystem.

3 Kjøretøy og infrastruktur

3.1 Innledning

Et viktig delmål i prosjektet er å utarbeide en anbefaling knyttet til valg av kjøretøy for en transporttjeneste utført med en selvkjørende buss. Til grunn for anbefalingen er det tatt utgangspunkt i stedlig infrastruktur (vegnett), brukerkrav, samt hensyn til risiko og sikkerhet. Det er gjort en vurdering av egnetheten til de kjøretøyene som er tilgjengelige i markedet i dag. Det er også gjort noen innledende vurderinger av nødvendige tiltak og reguleringer for å kunne ivareta trafiksikkerhet og fremkommelighet.

Som en innledning til arbeidet ble det gjennomført en grundig befaring på vegstrekningen, hvor informasjon ble hentet inn ved hjelp av måling av bredder, fotografering og videoopptak av hele strekningen i begge retninger, samt samtaler med lokalpersoner med kjennskap til infrastrukturen. Det finnes også bilder i Google Streetview for strekningen.

3.2 Veginfrastruktur og eksterne forhold

3.2.1 Strekningen

Den aktuelle strekningen går fra ferjekai (Lomsøya) og inn til bebyggelsen på Sula. Dette er en strekning på 3,2 km. Det er i utgangspunktet tenkt at bussen skal gå i skyttel mellom ferjekai og butikken, med mulighet for også å betjene Sula Rorbuer og Havhotell på strekningen.



Figur 7: Oversiktskart vegstrekningen fra ferjekai - butikken

Hele strekningen er Fylkesveg FV 6470 – Sulsvegen. Strekningen mellom ferjekai og brua ved starten av bebyggelsen har generell fartsgrense 80 km/t. Fra brua og i sentrum er det fartsgrensesone med 30 km/t. Denne strekningen fra brua og til butikken er ca 800 m.

3.2.2 Vegdekke

Hele strekningen har grusdekke. Lokale beboere oppgir at vegen tidvis er hullete og at den støver en del.



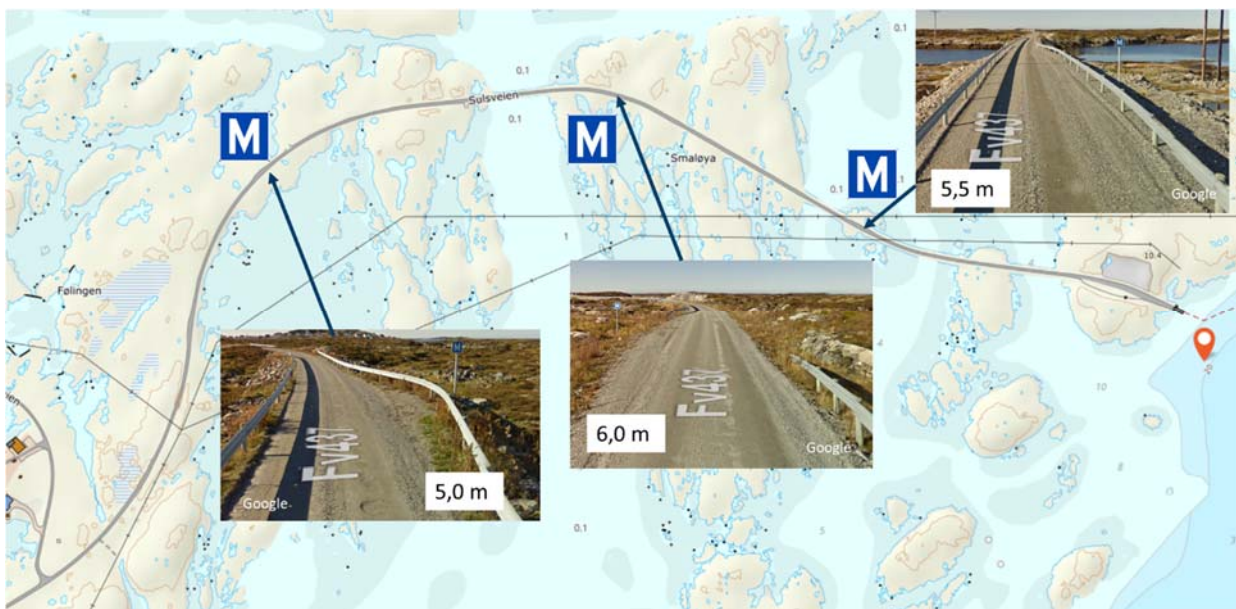
Figur 8: Bilder av ulike deler av vegen

3.2.3 Vegbredde

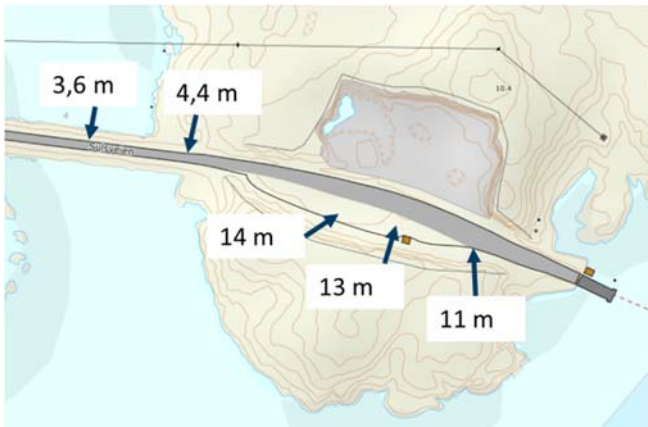
Hele strekningen må karakteriseres som smal veg. Med unntak av etablerte møteplasser mellom bro og ferjekai er det ikke mulighet for to personbiler å passere hverandre på vegen langs strekningen. De angitte målene er omtrentlige verdier og angir kjørefeltbredde.

På strekningen mellom ferjekai og brua (80 km/t) er typisk vegbredde mellom 3 og 4 meter. Inne i bebygget område (30 km/t) er vegbredden mellom 2 og 3 meter.

Ved de merkede møteplasser er bredden ca 5,5 - 6 meter. Det er ingen definerte eller merkede møteplasser i 30-sonen.



Figur 9: Møteplasser på strekningen



Figur 10: Snuplass ved ferjekai

3.2.4 Endepunkt og snuplasser

I forbindelse med befarings på Sula ble det gjort vurderinger av bussens mulighet til å snu i enden av strekningen. Det er identifisert muligheter for dette ved ferjekaia (se kart og bilde over), hvor vegen er utvidet til en bredde på 11-13 meter. Sentralt i bebyggelsen er det naturlig å se på butikken og hurtigbåtkaia som et endepunkt. Det vil være mulig for bussen å kjøre rundt butikken. Dette vil kreve at det reguleres hvor man kan parkere kjøretøy ved butikken. Det er også muligheter og plass til å snu ved eventuelle stopp på Sula rorbuer og Havhotell.

Snuplass ved butikken?



Figur 11: Mulig for snuplass ved butikken

3.2.5 Parkering og lading

Det er gjort noen foreløpige vurderinger av hvor det er hensiktsmessig å ha oppstillingsplass eller depot for bussen når den ikke er i trafikk. Dette må være et sted som har ladefasiliteter, se nærmere beskrivelse i kapittel 4.

Et naturlig punkt å se på er det som kalles *brannstasjonen*. Dette er en garasje som er relativt nære butikken og som i dag inneholder brannvernutstyr. Ved siden av denne garasjen er det en relativt romslig oppstillingsplass med plass til en buss. Dette stedet ble i en periode brukt som oppstillingsplass for en minibuss i forbindelse med en tidligere transporttjeneste på Sula (KID-ordningen). Det foreligger planer om å bygge ny brannstasjon. Det vil kunne gi mulighet til å bygge en ny garasje eller depot for den selvkjørende bussen.

Oppstilling ved skolen er også et alternativ. Det kan imidlertid være en utfordring at adkomstvegen til skolen er smal, samt at krysset med hovedvegen er utformet slik at det krever en krapp radius for å kunne svinge inn og ut av vegen. De ulike alternativene må vurderes nærmere før igangsetting, og valg av oppstillingsplass vil også være avhengig av lademulighet.



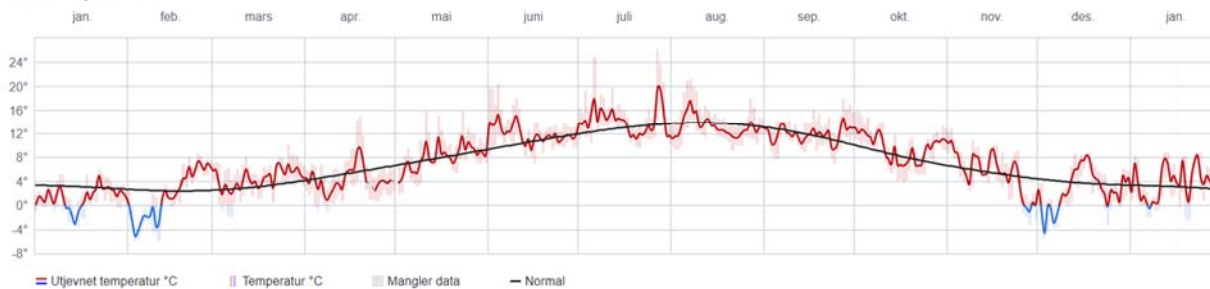
Figur 12: Potensiell oppstillingsplass for bussen ved brannstasjonen.

3.2.6 Vær og klimaforhold

Sula ligger ut helt ut mot storhavet, og været kan til tider være svært røft. Strekningen mellom ferjekaia og bebyggelsen kan være utsatt for kraftig vind, spesielt med vindretning fra sør, sør-vest og sør-øst. Det er ikke uvanlig med vind av storm styrke, og det kan være sjøsprøyt og saltholdig luft i perioder. Det er som regel begrenset med snø på vinteren, men lokale beboere oppgir at det tidvis er isete vegbane.

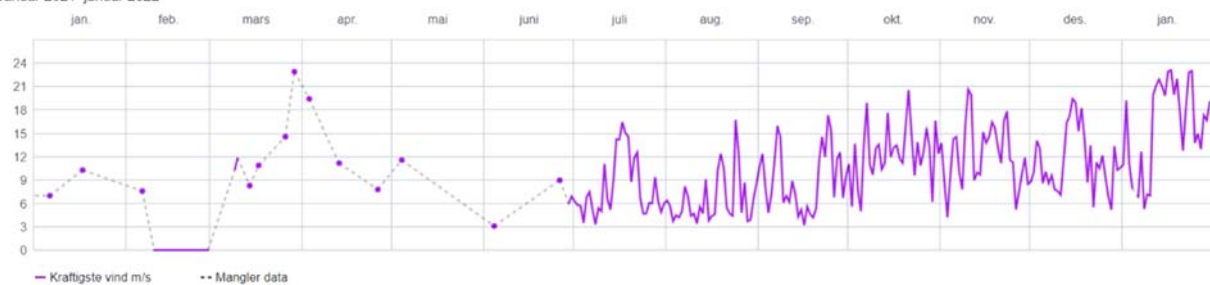
Temperatur

Januar 2021–januar 2022



Vind

Januar 2021–januar 2022



Figur 13: Klimadata for Sula fra Meteorologisk institutt

3.3 Krav til kjøretøyet

3.3.1 Faktorer for vurdering av egnethet

Det er flere faktorer som må legges til grunn ved vurdering og anbefaling om mulig kjøretøy for igangsetting av en transporttjeneste på Sula:

- Infrastrukturen (vegbredde, vegdekke)
- Vær- og føreforhold
- Robusthet og driftssikkerhet (vær, vind og støv)
- Tilgjengelig serviceapparat
- Brukerkrav (kapasitet og lasteevne for personer og bagasje)
- Sikkerhet for passasjerer, myke trafikanter andre kjørende
- Hastighet og reisetid
- Erfaringer med kjøretøy fra andre steder

3.3.2 Infrastrukturen

Som beskrevet i kapittel 3.2 består strekningen av en smal veg med grusdekke. Det foreligger ikke konkrete planer om å legge fast dekke på denne vegen, og det vil derfor være et krav at kjøretøyet kan operere på grusveg. Videre vil de fleste selvkjørende busser i dag følge nøyaktig det samme sporet for alle turer frem og tilbake. Dette vil kunne lage spor og ujevnheter i vegbanen som bussen må håndtere.

3.3.3 Vær- og føreforhold, robusthet og driftssikkerhet

Størstedelen av vegen fra ferjekaien til bebyggelsen ligger på en steinfylling rett ved havet. Dette gjør at kjøretøy på strekningen er svært eksponert for vind, og tidvis kunne bli utsatt for sjøsprøyt og saltholdig tilsmussing. Det er derfor viktig at det valgte kjøretøyet vil kunne operere under slike forhold.

Som følge av grusdekket vil det tidvis være en del støv som virvles opp langs vejen. Disse forholdene gjør at man bør velge et kjøretøy som har god stabilitet, en robust konstruksjon og som er designet og bygget for å brukes i forholdsvis krevende omgivelser.

Det er ikke store mengder snø på Sula, men et vekslende vintervær medfører tidvis glatt og isete vegbane. Det bør derfor stilles krav til at kjøretøyet kan benytte piggdekk på vinteren.

Et annet element som vi ikke har satt som et krav, men som kan være av betydning, er muligheten til å operere kjøretøyet manuelt ved hjelp av en sjåfør/operatør ved behov.

3.3.4 Tilgjengelig serviceapparat

Selvkjørende busser er ikke et produkt som omsettes i større kvanta per i dag, hverken i Norge eller internasjonalt. Sula er en øygruppe som ligger et stykke fra en større by, og hvor man er avhengig av ferje eller båt for å komme dit. Det er viktig at leverandøren av kjøretøyet kan sikre en support og servicetjeneste som er tilfredsstillende med tanke på å opprettholde regularitet og pålitelighet for en transporttjeneste som er basert på en selvkjørende buss. Dette omfatter både tilgang på serviceteknikere og reservedeler.

3.3.5 Brukerkrav, kapasitet og lasteevne for personer og bagasje

I kapittel 2 er det gjort rede for brukerbehov og krav til kapasitet basert på resultater fra spørreundersøkelser og intervjuer. Siden dette er en tilbringertjeneste til ferje og hurtigbåt, er det viktig at bussen har tilstrekkelig kapasitet til å bringe passasjerene til rett tid til avgangen. I tillegg til passasjerer er det identifisert et klart behov for å kunne medbringe en del bagasje. Tjenesten skal også kunne brukes til å frakte mindre varer og gods, som for eksempel postpakker fra ferja til butikken på øya.

Det vil trolig være ulike behov for kapasitet igjennom året. På hverdager i vinterhalvåret vil det være mindre behov enn i helger, ferier og også på hverdager om sommeren.

I sommersesongen bør bussen ha minimum kapasitet til i størrelsesorden 15 passasjerer og bagasje.

3.3.6 Sikkerhet for passasjerer, myke trafikanter andre kjørende

Bussen bør ha en størrelse som gir mulighet for å tilby sitteplass til det antall passasjerer som tjenesten dimensjoneres for. Dette er viktig for å ivareta sikkerhet og komfort for passasjerene. Bussen må også ha krav til sikkerhetsutrustning (sensorer og algoritmer) som gjør at den kan operere trygt på vegstrekningen, som vil ha blandet trafikk med kjøretøy, forgjengere og syklister. På grunn av den smale vejen vil det trolig være nødvendig å sette inn trafikkregulerende tiltak for å hindre konflikter og hendelser. Se kapittel **Error!**
Reference source not found..

3.3.7 Hastighet og reisetid

Strekningen totalt er i overkant av 3 km, hvorav 2,3 km er på en veg med «teoretisk» fartsgrense på 80 km/t. Inne i tettbygd strøk er fartsgrensen 30 km/t. For alle praktiske formål er det ikke hensiktsmessig hverken å kjøre i 80 km/t på den smale grusvegen, og trolig ikke 30 km/t inne i bebygd område heller. Den valgte bussen bør imidlertid ha kapasitet til å kjøre 25-50 km/t i normal drift. Med en gjennomsnittshastighet på 25 km/t vil turen mellom sentrum og ferjekaia ta ca 8 minutter.

3.4 Tilgjengelige kjøretøy i det norske markedet

Vy og AtB har bidratt i arbeidet med å identifisere ulike kjøretøy i markedet, samt med vurdering av egnethet for det enkelte kjøretøy ut fra tidligere erfaringer. I tillegg er det lagt til grunn teknisk informasjon som er tilgjengelig fra kjøretøyprodusentene.

Det er totalt vurdert 5 ulike kjøretøy:

- Navya Eco
- EasyMile EZ10 Gen3
- Auvetech Iseauto
- Karsan Atak
- Toyota Proace

Av disse produseres de to siste som ordinære kjøretøy i elektrisk utgave, men de leveres med en teknologipakke for selvkjøring. De kan dermed opereres både manuelt av en sjåfør eller i selvkjøringsmodus. De tre første er bygget utelukkende for selvkjøring (men kan overstyres manuelt ved behov).



Figur 14: Eksempel på noen kjøretøy: Auve Tech, Karsan Atak, EasyMile EZ10, Toyota Proace. (Bilder: www.auve.tech/www.karsan.com/SINTEF/www.tu-auto.com.)

3.5 Vurdering av kjøretøy mot kravene.

VY og AtB har sammen med SINTEF gjort en vurdering av de ulike kjøretøyene opp mot de grunnleggende kravene:

- Kapasitet (personer og bagasje, lasteevne) og batterikapasitet
- Kjørehastighet og komfort (brukerkrav)
- Egenskaper i forhold til infrastrukturen – må kunne kjøre på grus og ujevn veg
- Robusthet og driftssikkerhet (vær, vind og støv)
- Må kunne bruke piggdekk på vinteren

I en første vurdering anses allerede tre av fem kjøretøy som mindre relevant, da de ikke er designet og konstruert for å kjøre på grusveg.

De to gjenstående alternativene, Toyota Proace og Karsan Atak, vil begge kunne fungere bra på den infrastrukturen som er på Sula. Begge finnes i helelektrisk utgave og har en rekkevidde på ca 300 km, noe som gjør det mulig å være i drift en hel dag og kun lade batteriet på nattestid. Begge alternativene har også mulighet til å opereres manuelt med en sjåfør. De er derimot ulike i størrelse. Toyota Proace har 6 sitteplasser, men da begrenset plass til bagasje. Karsan har 21 seter og plass til å bringe en god del bagasje om bord.

Rent kapasitetsmessig vil Toyota-kjøretøyet trolig være tilstrekkelig i vinterhalvåret, mens den om sommeren, i helger og ferier vil ha for liten kapasitet.

Matrisen i Figur 15 oppsummerer viktige forhold og sentrale vurderinger ved de ulike bussene.

Selvkjørende busser

	Navya Evo	EasyMile EZ10 Gen3	Auvetech Iseauto	Karsan Atak	Toyota Proace
					
Overordnet vurdering	Uaktuell siden den ikke kan kjøres på grusvei.	Uaktuell siden den ikke kan kjøres på grusvei.	Virker lite aktuell pga. lav batterikapasitet og usikkerhet rundt grusvei. Økt risiko siden Auvetech er mer umoden.	Lovende alternativer som vi får mer erfaring med i Stavanger. Kan være bussen er for stor for passasjerbehov og snu-muligheter	Virker å fungere bra i Ski. Muligens for lav passasjerkapasitet.
Takler grusvei	Nei	Nei	Usikker	Ja	Ja
Passasjerkapasitet	15 (11 seter)	15 (6 seter)	8 (8 seter)	52 (21 seter)	6 (6 seter)
Minimum snuradius	4,5 meter	5 meter	TBD	6,3 meter	TBD
Driftstemperatur	Fra -10°C til +45 °C	Fra -15°C til +45 °C	TBD	TBD	TBD
Rekkevidde	33 kWh / 9 timer	31 kWh / 16 timer	16 kWh / 8 timer	220 kWh / 300 km	50-75 kWh / 219-314 km
Lading	6 timer / 230V AC, 32A)	6 timer	TBD	3 timer / 80 kW	100 kW
Totalpris 1 år	TBD	TBD	TBD	TBD	TBD

Figur 15: Vurdering av de ulike kjøretøyene

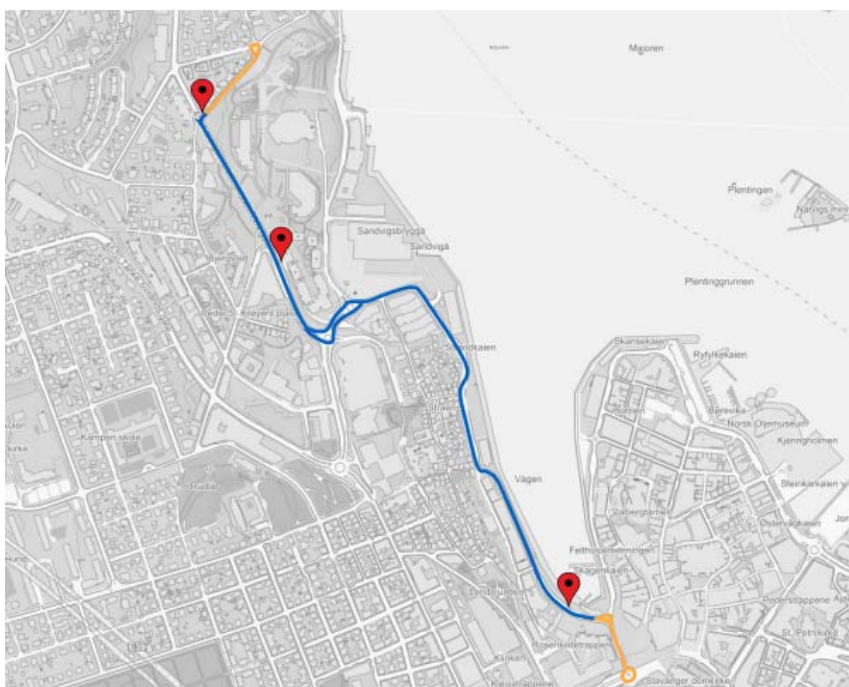
Konklusjon: Prosjektet anbefaler at det benyttes en elektrisk og selvkjørende Karsan Atak-buss til transporttjenesten på Sula.



Figur 16: Karsan e-ATAK (Bilde: www.karsan.com.)

3.6 Foreløpige erfaringer fra utprøving av Karsan Atak i Rogaland

Kolumbus og Vy, i samarbeid med Karsan, Adastec og Applied Autonomy, er i gang med et pilotprosjekt i Stavanger sentrum med en selvkjørende Karsan Atak-buss. Bussen og det selvkjørende styringssystemet er gjennomgått og godkjent av Vegdirektoratet. De har også gjennomført en tredjeparts kvalitetssjekk av bussen, utført av teknikere fra TUV i Tyskland. Konklusjonen fra gjennomgangen viser at bussen er solid bygget og tilfredsstillende Vegdirektoratets krav og Vys interne standarder. Merknader som ble påpekt utbedres nå av produsenten. Det selvkjørende systemet ble også vurdert, uten ytterligere merknader. Bussen er testet på grusdekke på en testarena ved Forus Næringspark (YAGO). Bussen håndterte grusdekket bra, til tross for at det ble dype hjulspor i testtraséen. Det ble gjennomført en rekke tester, blant annet for å se hvor godt bussen stoppet for ulike objekter i vegbanen. Vegdirektoratet har med utgangspunkt i disse testene gitt godkjenning til å starte utprøving i Stavanger sentrum, hvor bussen skal kjøre en rute fra sentrum, langs Vågen og ut til Konserthuset, se kart i Figur 17.



Figur 17: Sentrumsrute for Karsan Atak i Stavanger

Man er nå i gang med innkjøring av bussen i traseen. Erfaringene så langt er positive:

- Bussen kjører komfortabelt og trygt gjennom rutetraséen
- Planen er å kjøre i 25 km/t fra driftsoppstart. Per i dag ligger man noe under dette, med en plan om å øke farten gradvis fram til oppstart. Underveis i prosjektet er det mål om å øke hastigheten til 30 km/t på enkelte deler av traséen.
- Bussen håndterer fotgjengere i fotgjengerfeltene bra (bremser rolig ned og stopper om fotgjengerne holder jevn fart mot fotgjengerfeltet).
- Rapporter fra bussens egen programvare, viser at de siste 1727 km er kjørt med gjennomsnittsfart på 31 km/t på 0,806 kWh per/km, noe som er vesentlig lavere forbruk enn forventet.

Planen er å starte opp drift med passasjerer i mai 2022, med kjøring i en 2-årig prosjektperiode. Dette blir sannsynligvis den første, store selvkjørende bussen i verden med passasjerer i en sentrumsrute, på såpass høyt selvkjøringsnivå (SAE nivå 4).

3.7 Lokale tiltak på infrastruktur

Det vil være en del tiltak som kan forenkle driften av en transporttjeneste basert på en selvkjørende buss. Noen tiltak er rettet mot vedlikehold av infrastrukturen. Det vil trolig også være behov for trafikkregulerende tiltak for å ivareta sikkerhet og fremkommelighet både for bussen og andre trafikanter. Disse tiltakene er ikke gjennomarbeidet i detalj i forprosjektet og må vurderes nærmere før idriftsettelse av en slik tjeneste. Det vil da være nødvendig å ha et samarbeid mellom driftsoperatør og vegeier (Trøndelag fylkeskommune) og Statens vegvesen (regler og godkjenning).

3.7.1 Vegvedlikehold

Det ideelle hadde vært å legge fast dekke på strekningen og i tillegg gjort noen breddeutvidelser der det er mulig, ved for eksempel å øke antallet møteplasser. Gitt at det skal være grusdekke på vegen, er det viktig med et forsterket vedlikehold, slik at man unngår for dype spor og hull. Videre vil det sommerstid være mulig å bruke kjemikalier for å redusere vegstøv.

På vinteren er det nødvendig med god brøyting i de tilfeller der det legger seg snø som fokker seg. Ved isdannelse er det viktig at vegen strøs godt og jevnlig.

3.7.2 Trafikkreguleringer og andre tiltak

Det er vanskelig å vurdere detaljert hvilke tiltak i form av trafikkreguleringer som må iverksettes før leverandør og operatør har gjennomført en grundig risikovurdering av strekningen. Det er sannsynligvis ikke aktuelt for bussen å rygge til nærmeste møteplass, så noen form for regulering som gir prioritet til den selvkjørende bussen er nødvendig. Eksempler på dette kan være en generell vikeplikt til fordel for den selvkjørende bussen, slik man for eksempel har for trikk/sporvogn i dag. Det kan også være aktuelt å signalregulere hele eller deler av strekningen mellom bebyggelsen og ferjekaia (skyttelanlegg). Videre må avgangene til bussen legges slik at biler som kommer med ferja får kjøre strekningen inn til bebyggelsen først. Fartsgrense på strekningen bør vurderes satt betydelig ned fra dagens generelle fartsgrense på 80 km/t.

Det må også gjøres en regulering av parkeringsplassen ved butikken, slik at ikke biler blir parkert på en måte som hindrer bussen i å komme fram.

I tillegg til nevnte reguleringstiltak, bør det settes opp informasjonstavler som informerer alle trafikanter (også myke trafikanter) om den selvkjørende bussen, og som gir råd om at man generelt bør vise hensyn.

På enkelte deler av strekningen vil det trolig være nødvendig å sette opp skilt, tavler eller stikker for at posisjoneringssystemet i bussen skal ha nødvendige referansepunkter langs vegen.

4 Energiløsning

4.1 Analyse av energibehov og ladeløsning for elektrisk autonom buss på Sula

Basert på tilgjengelig informasjon og data om valgte kjøretøy og kjørerute er det foretatt en beregning av sannsynlig energiforbruk for en elektrisk, selvkjørende buss mellom fergekaien og butikken på Sula. Beregningene er gjort med energimodulen utviklet av SINTEF¹. Denne metoden estimerer først en fartsprofil basert på fartsgrense og vegens geometri, før det blir estimert et energiforbruk basert på rullemotstand, luftmotstand, akselerasjon og eventuelt effektbehov til støttesystemer som ventilasjon og oppvarming. Resultatene fra denne energiberegningen er deretter brukt som underlag for en enkel analyse av ladebehov og mulige ladeløsninger, inkludert en kort presentasjon av aktuelle løsninger for kontaktløs induktiv batterilading.

4.1.1 Kjøretøy og tilgjengelig informasjon om energibruk

I beregningene er det forutsatt at kjøretøyet er en Karsan e-ATAK. Tekniske data om kjøretøyet er hentet fra kjøretøybrosjyren, og presentert i Tabell 6. Her ser vi at bruttovekten på kjøretøyet er 11 tonn, og en sannsynlig øvre vektgrense ved full buss er 14,38 tonn, hvis vi antar en gjennomsnittsvekt på 65 kg per passasjer. Den strukturelle formen på bussen avgjør de aerodynamiske egenskapene, og den tilhørende luftmotstanden som oppstår. På grunn av at fronten er relativt firkantet er det estimert en luftmotstandskoeffisient på 0,63. Bidraget fra luftmotstand på energiforbruk er knyttet til kvadratet av kjøretøyetets fart, som gjør at denne komponenten gjør seg mest gjeldende ved høy fart. Rullemotstanden er satt til en verdi som forutsetter lav friksjon mellom dekk og underlag, men denne kan endre seg betraktelig ved nedbør i form av snø og slaps som legger seg på vegbanen. Tilsvarende er energiforbruket avhengig av utetemperatur og tilhørende energi som går med til å varme, kjøle og ventilere bussen. Det er installert et varmeapparat på 12 kW i bussen, som sannsynligvis også blir brukt når bussen står i ro. Hvor mye effekt som bli brukt av varmeapparatet til enhver tid vil nok variere, i hovedsak som funksjon av utetemperaturen.

Tabell 6: Tekniske parametere for bussen som er benyttet i energiberegninger.

Parameter	Verdi
Motoreffekt (kW)	230
Bruttovekt (kg)	11 000
Luftmotstandskoeffisient	0,63
Rullemotstandskoeffisient	0,007
Frontareal (kvm)	7,8
Rekkevidde (km)	300
Batterikapasitet (kWh)	220
Batterispenning (V)	360
Passasjerkapasitet	52
Effekt på kabinvarme (kW)	12

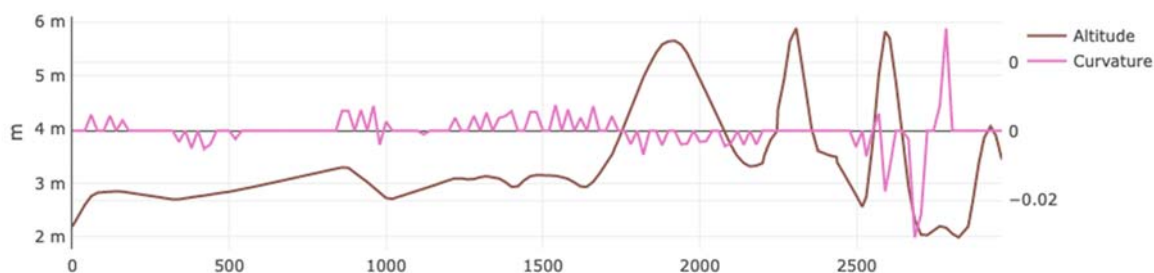
4.1.2 Vegstrekning og rutetabell

Den aktuelle vegstrekningen er vist på kart i Figur 18, og ruten går fra Sula ferjekai (A) til butikken (B). Strekningen er ca 3 km. Figur 19 viser vertikal kurvatur (høydeprofil) og horisontal kurvatur (svingeprofil).

¹ <https://mobilitet.sintef.no/energimodul/>



Figur 18: Kart som viser den aktuelle ruten mellom Sula fergekai og Sula hurtigbåtkai.



Figur 19. Høydeprofil og svingeprofil for kjøreruten.

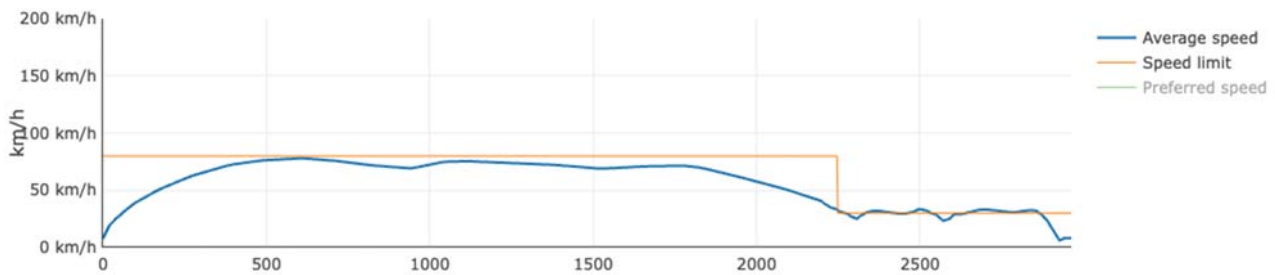
For å gjøre en vurdering av totalt energiforbruk per dag, er det tatt utgangspunkt i rutetabellen for rute 820 og 826 Dyrøy-Øyrekken. Rute 820 betjenes av MS Vetlefjord som hovedsakelig ankommer Sula hurtigbåtkai. På noen avganger anløper den Sula fergekai ved behov. Rute 825 betjenes av MF Frøyaferja, som kun anløper Sula fergekai. Tabell 7 viser en oversikt over antall anløp i begge retninger gjennom uka. Her ser en at det på det meste er 6 ankomster på én dag (torsdager) med ferje fra Dyrøy. I den andre retningen er det på det meste 4 avganger.

Tabell 7: Antall anløp per dag på Sula fergekai fra og til Dyrøy.

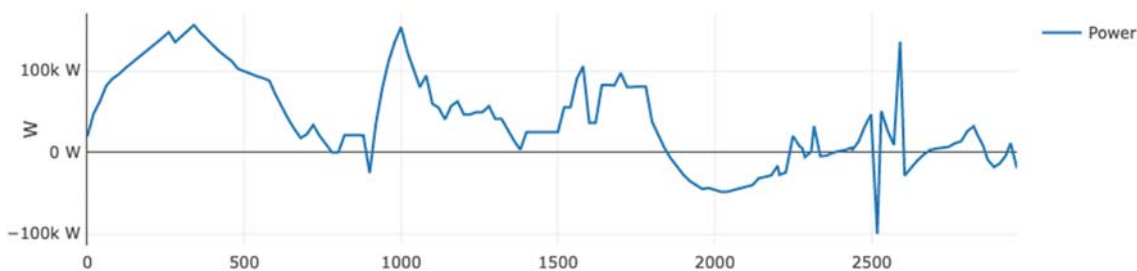
	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag	Lørdag	Søndag
Fra Dyrøy	4	4	4	6	4	4	3
Mot Dyrøy	3	3	3	4	3	3	4

4.1.3 Beregning av energibruk og ladebehov

På ruten er det fartsgrense 80 km/t på nesten hele strekningen, bortsett fra fartsgrense på 30 km/t i det bebygde området. Basert på dette, er det estimert en fartsprofil som vist i Figur 20. Som diskutert i seksjon 3.3.7, vil det være mer realistisk å anta en hastighet i størrelsesorden 25-50 km/t. Energiberegningen er likevel gjennomført med en høyere makshastighet, for å ta høyde for et maksimalt totalt energibehov. Resultatene basert på fartsprofilen kan dermed betraktes som et konservativt anslag, som i praksis vil gi en rimelig margin ved beregning av ladebehovet.



Figur 20. Estimert fartsprofil på ruten mellom Sula fergekai og Sula hurtigbåtkai. Den gule linjen viser fartsgrense, den blå linjen viser estimert fartsprofil.

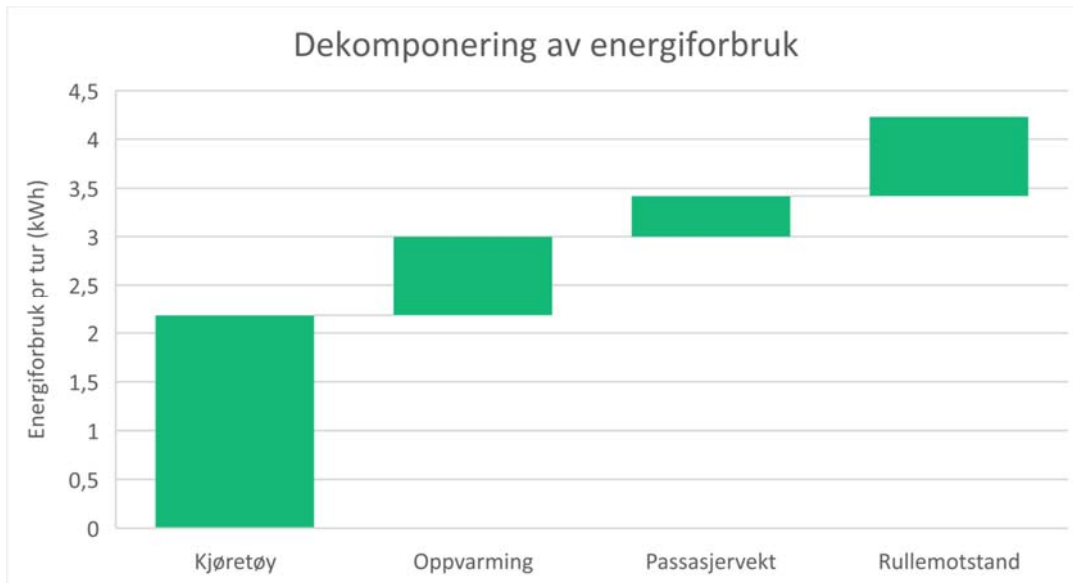


Figur 21. Estimert effektprofil langs ruten i Watt.

Den resulterende effektprofilen langs ruten er vist i Figur 21. Her ser en at effekttoppen er ca 190 kW, som er lavere enn motorens maksimaleffekt på 230 kW. Arealet mellom kurven og x-aksen kan summeres for å finne henholdsvis energibehov (positive effektverdier) og energi tilgjengelig for regenerering (negative effektverdier). For å flytte kjøretøyet fra A til B på ruten vil det kreve 2,18 kWh fra batteriet. Dette kan ansees som den laveste teoretiske energimengden som kreves, gitt fartsprofilen i Figur 20. I praksis vil dette imidlertid være høyere. Figur 22 viser hvor store bidrag som kan forventes i ekstreme tilfeller. Bidragene utgjør 0,82 kWh dersom varmeapparatet står på fullt hele turen, og 0,42 kWh med 52 passasjerer å 65 kg, samt 0,81 kWh dersom rullemotstandskoeffisienten dobles. Merk at det er en sammenheng mellom vekt og rullemotstand, slik at bidraget fra doblet rullemotstandskoeffisient vil være noe lavere ved tom buss.

Det vil si at totalt energiforbruk i ekstreme tilfeller kan bli 4,23 kWh, men det vil vanligvis ligge en plass mellom 2,18 og 4,23 kWh. Ifølge tall oppgitt fra leverandør (rekkevidde på 300 km og batterikapasitet på 220 kWh) er energiforbruket ca 0,73 kWh/km, og dermed ca 2,2 kWh per tur (3 km), som sannsynligvis er et optimistisk nivå.

Rutetabellen viste at det er flest anløp på torsdager. Alle bortsett fra ett anløp i retning mot Dyrøy er korresponderende med anløp fra Dyrøy, som gir et behov for 7 turer mellom Sula ferjekai og butikken per dag. Det totale energibehovet i maksimaltilfellet blir $2 \cdot 7 \cdot 4,23 \text{ kWh} = 59,22 \text{ kWh}$, og $2 \cdot 7 \cdot 2,18 \text{ kWh} = 30,52 \text{ kWh}$ i minimumstilfellet.



Figur 22. Estimert energiforbruk i kWh per tur, gitt varmeapparat på full effekt, 52 passasjerer á 65 kg og høy friksjon pga f.eks. snø i vegbanen. Energiforbruket er stykket opp i energi knyttet til bevegelse, oppvarming, passasjerbelegg og rullemotstand.

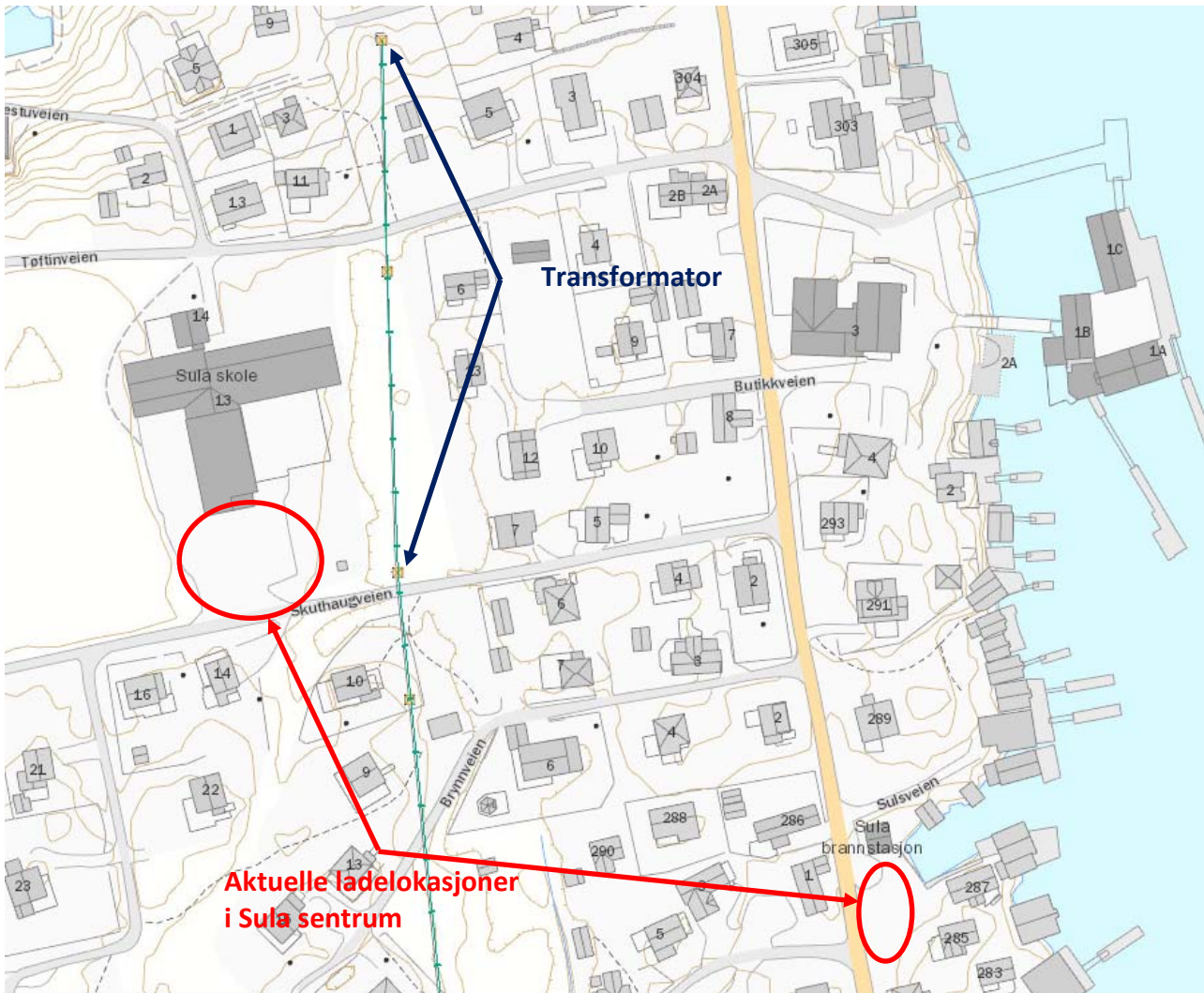
Erfaringer fra bruk av samme kjøretøy i Stavanger har ved utgangen av mars gitt et gjennomsnittlig energibehov på ca. 0,8 kWh/km. Ifølge Vy er dette et lavere forbruk enn forventet, men omfatter bare drift i relativt mildt vær. Det finnes dermed fortsatt ikke erfaringsdata fra drift av bussen ved lave temperaturer og norske vinterforhold. Samtidig er dette energibehovet klart innenfor det beregnede forventningsområdet, og kan betraktes som en indikasjon på at de presenterte energiberegningene gir realistiske resultater.

4.2 Mulige ladeløsninger

Ut fra det beregnede energibehovet må det forventes et ladebehov på ca 60 kWh per dag for en selvkjørende bussløsning på Sula. Ifølge spesifikasjonene fra bussprodusenten, kan kjøretøyet benytte AC Type 2 lader for 22 eller 44 kW, eller DC-lader på 80 kW. Ladekapasitet for kjøretøyet vil dermed ikke være noen begrensning for drift med realistiske rutetabeller, og ladebehovet kan enkelt dekkes med lading over natten uten behov for ytterligere lading mellom hver avgang i løpet av dagen. Selv bruk av en ordinær 22 kW AC lader vil dekke ladebehovet på under 3 timer.

4.2.1 Mulige ladepunkt og begrensninger i nettkapasitet

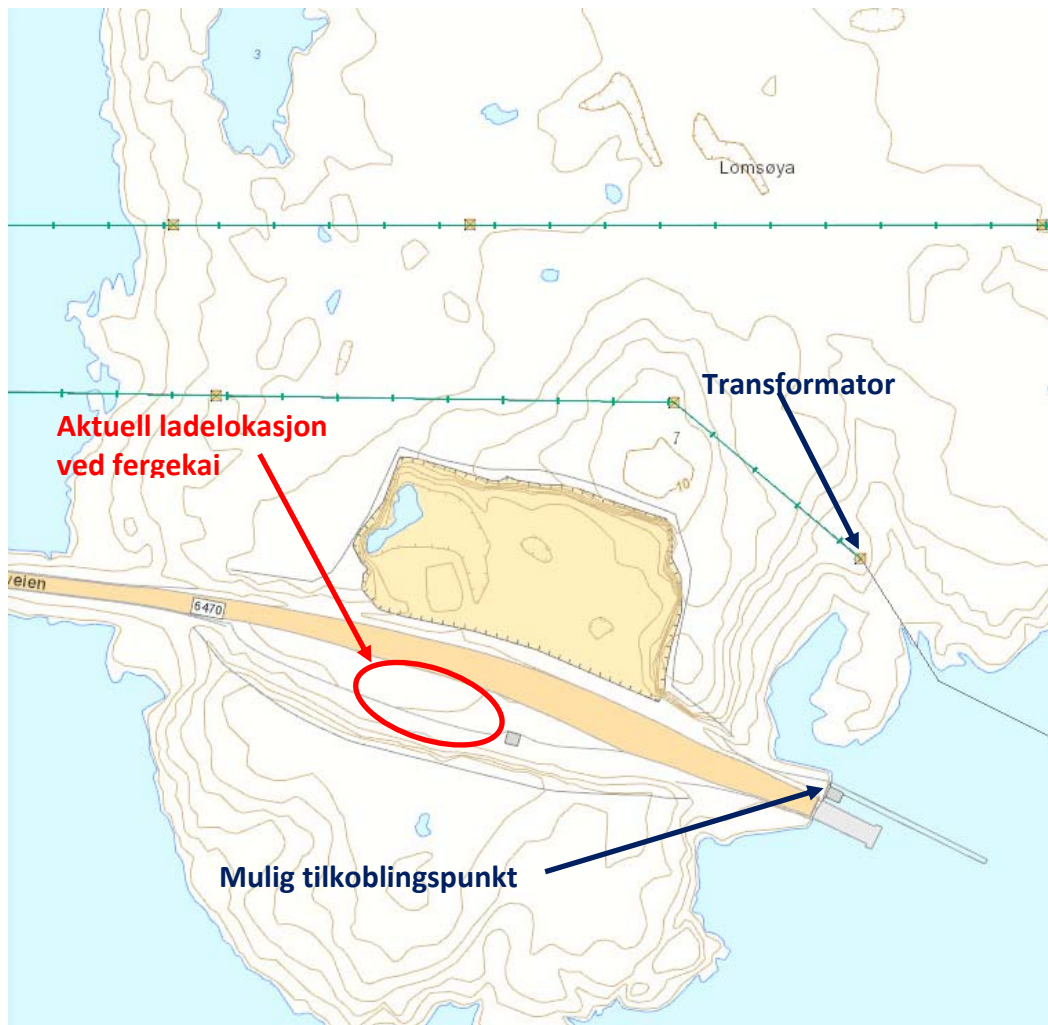
Uavhengig av hva slags løsning som velges for batterilading, må ladingen foregå på et punkt som har tilgjengelig kraftnett med tilstrekkelig effektkapasitet. Under befaringen på Sula ble det identifisert flere mulige lokasjoner for parkering og lading av bussen. I Sula sentrum, var det i første omgang et areal i tilknytning til Sula brannstasjon eller plassen utenfor Sula skole som ble betraktet som praktisk relevant. De to lokasjonene er indikert på kartet i Figur 23. Kartet viser også traséen til en 12 kV luftlinje som går til Sula sentrum og plassering av to transformatorer som forsyner lavspent distribusjonsnett.



Figur 23. Oversikt over mulige ladelokasjoner i Sula sentrum

Etter henvendelse fra TrønderEnergi har Tensio vurdert muligheten for lading i Sula sentrum, med utgangspunkt i Sulsveien 289 og Sula brannstasjon. Dagens situasjon er at eksisterende transformator ved Sula skole har ca 80 kW ledig kapasitet. For å ha litt margin angir Tensio at lading opp til 75 kW kan være mulig med utgangspunkt i dagens transformator og lastsituasjon. Samtidig er lavspentlinjene i området ikke dimensjonert for høye punktlaste som en busslader. Det er derfor forventet at det vil bli nødvendig med forsterkning av eksisterende lavspentnett for å kunne støtte batterilading ved Sula brannstasjon, uavhengig av effektnivå på ladestasjonen. For parkering og batterilading ved Sula skole vil det være mulig å installere ladeanlegg med direkte tilkobling til transformatoren, uten behov for fornyelse eller forsterkning av lavspentnettet.

En annen mulighet for parkering og lading av bussen vil være i tilknytning til ferjekaia på Lomsøya. I henhold til informasjon fra Tensio har eksisterende transformator i nærheten av ferjekaia en ledig kapasitet på ca 40 kW, og en last på opptil 40 kW kan tilknyttes direkte til eksisterende stolpe ved ferjekaia. Både transformator og mulig tilkoblingspunkt er indikert i Figur 24.



Figur 24. Oversikt over mulig ladelokasjon og tilkoblingspunkt ved fergekai på Lomsøya

Med utgangspunkt i AC-lading ved 22 kW vil dermed parkering og lading av bussen være en enkel og praktisk løsning. Behov for lading med mer enn 40 kW vil derimot kreve oppgradering av eksisterende transformator fra 12 kV.

4.2.2 Konvensjonell plugg-basert batterilading

Ut fra beregnet energibehov og angitte ladeløsninger for bussen fra Karsan, vil det ikke være noen betydelige begrensninger relatert til konvensjonell plugg-basert lading. Med mindre det forventes høyere energibehov på lengre sikt, vil det være tilstrekkelig og mest relevant med Type 2 AC-lading ved 22 kW, siden nattlading ved lav effekt uansett vil dekke energibehovet for en hel dag. Det bør dermed i stor grad være praktiske betraktninger relatert til oppstillingsplass og bruksmønster som avgjør hvor og hvordan bussen skal lades.

Med tanke på ordinær bruk av bussen vil parkering og lading ved ferjekaia på Lomsøya sannsynligvis være mindre praktisk enn lading i Sula sentrum. En slik løsning vil eksempelvis medføre at bussen vil måtte kjøre tom fra ferjekaia og inn til Sula sentrum for å hente passasjerer før første ferjeavgang om morgenen. Tilsvarende vil bussen på kvelden måtte kjøre tom fra Sula sentrum tilbake til ferjekaia etter å ha fraktet passasjerer fra siste ferjeankomst. Med manuelt operert plugg-basert lading vil det også være nødvendig at det er personell til stede for til- og fra-kobling av ladekabel, og dette vil generere et transportbehov for operatør (og/eller sikkerhetsvert) som ikke kan dekkes av bussen.

For enkel etablering av ladeløsning vil det være mest relevant med parkering og lading av bussen ved Sula skole. En Type 2 AC lader for 22 eller 44 kW kan da enkelt installeres innenfor tilgjengelig effekt, men en slik løsning forutsetter at bussen vil være i stand til å bruke den eksisterende smale adkomstveien til skolen. Alternativet med parkering og lading ved Sula brannstasjon vil sannsynligvis være mer praktisk for drift av bussen, men forutsetter oppgradering eller nyetablering av lavspenkabel fra Sula skole. Kostnadene med en slik oppgradering er ikke angitt fra Tensio. Et nøyaktig kostnadsanslag vil sannsynligvis ikke bli tilgjengelig før det kan gjennomføres detaljplanlegging av en installasjon, men en slik løsning vil høyst sannsynlig utløse krav om anleggsbidrag.

Et annet moment som kan inkluderes i vurderingen om valg av lokasjon for ladeanlegg for en elektrisk buss, er at det per i dag ikke finnes ladeanlegg for elbiler på Sula. Det kan dermed være relevant å vurdere felles etablering av ladeanlegg for buss og privatbiler. En tilgjengelig kapasitet for batterilading i Sula sentrum på ca 75 kW og lading av bussen ved 22 eller 44 kW vil gi mulighet for minst en 22 kW lader for elbil i tilknytning til samme installasjon, forutsatt at det finnes praktisk tilgjengelig parkeringsplass. Hvis bussladingen begrenses til 22 kW, vil det også være tilgjengelig kapasitet for å installere en 50 kW DC lader for elbil. Eventuelt kan det også være mulig å installere opp til 75 kW ladekapasitet for private elbiler, men med effektbegresning gitt av ladebehovet for bussen. Forutsatt at bussen ikke skal lade i løpet av dagen og kan dekke sitt energibehov ved nattlading med full effekt i mindre enn 3 timer, vil dette fortsatt gi betydelig ledig kapasitet til å betjene private elbiler fra lokalbefolkningen eller besøkende.

4.2.3 Automatiserbar og kontaktløs batterilading

For framtidig automatisert bussdrift kan det være en betydelig ulempe at plugg-basert lading vil kreve manuell til- og fra-kobling av ladekabel. Dette vil ikke ha spesielt stor betydning så lenge bussen må ha en operatør eller sikkerhetsvert til stede, men vil begrense muligheten for å oppnå full automatisert drift uten en lokal operatør. En mulig løsning kan være å bruke pantograf-basert lading, som vist i Figur 25 og allerede brukt på flere elektriske bussruter i Trondheim. Slike løsninger kan automatiseres, selv om de forventes å ha et relativt høyt vedlikeholdsbehov, spesielt for uskjærmede lokasjoner i kystklima med betydelig eksponering for salt.



Figur 25: Pantograf-basert lading av elektrisk buss i Trondheim (Bilde: Enova)

En aktuell løsning for å oppnå fullautomatisert batterilading med minimalt vedlikeholdsbehov, kan være å ta i bruk teknologi for induktiv kontaktløs energioverføring. Slike løsninger består av en eller flere induktive ladeplater installert i vegbanen eller på en oppstillingsplass, sammen med tilsvarende mottaker-plater montert under bussen. I tillegg til å muliggjøre fullautomatisk lading som bare er avhengig av at bussen parkeres i riktig posisjon, har induktiv overføring flere driftsmessige fordeler. Siden energioverføringen foregår via et magnetisk felt krever induktiv lading ingen form for fysisk og/eller elektrisk kontakt, og alle aktive komponenter kan dermed være fullstendig innkapslet. Slike systemer kan også konstrueres uten bevegelige deler. Dette medfører at man kan unngå påvirkning fra forurensning, korrosjon eller mekanisk slitasje av kontakter. Dermed kan teknologi for induktiv lading gi løsninger med stor grad av robusthet for å takle ekstern påvirkning fra eksempelvis snø, is og saltvann.

Teknologi for induktiv holdeplasslading for batteridrevne busser, levert fra IPT Technologies (tidligere Conductix-Wampfler) har vært i drift i Torino siden 2002/2003. Bilder av hvordan løsningene fra IPT Technologies vanligvis brukes for elektriske busser er gitt i Figur 26, mens detaljerte bilder av installasjon om bord på bussen og i vegbanen er vist i Figur 27. De første installerte systemene hadde overføringseffekt på 50-60 kW, mens det nå i hovedsak leveres systemer for 100 kW lading som består av to moduler som hver kan overføre 50 kW. Selv om disse systemene vanligvis installeres for mulighetslading på bussholdeplasser, kan de sannsynligvis også brukes direkte til stasjonær lading over lengre tid på oppstillingsplass (inkludert nattlading). De ordinære ladesystemene som leveres fra IPT-Technology dekker et areal på 110 cm x108 cm, er designet for et luftgap på 15 cm fra vegoverflaten, og kan tilpasses batterispenninger fra 400 til 750 V.



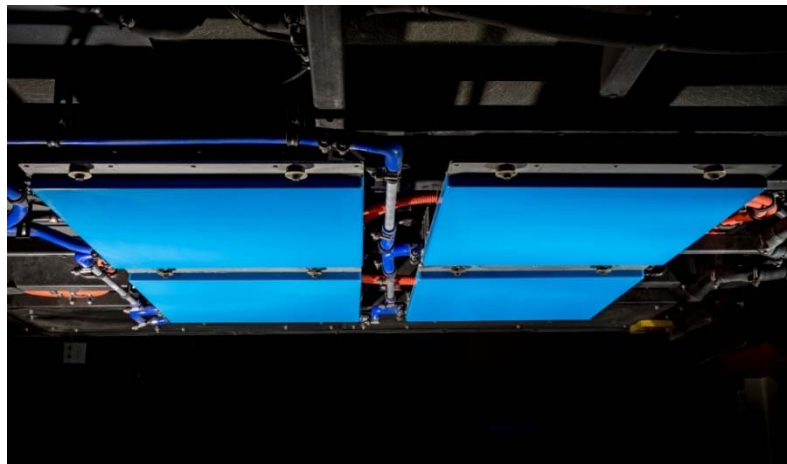
Figur 26: Eksempler på busser ladet med løsning fra IPT Technology (Bilder: www.ipt-technology.com)



Figur 27: Installasjon av ladeplater om bord på buss og i veibanen (Bilder: www.ipt-technology.com)

Med utgangspunkt i situasjonen på Sula, hvor det vil være begrenset energi- og effektbehov for en elektrisk buss, vil en enhet for induktiv lading på 100 kW være lite aktuelt, siden dette er høyere effekt enn tilgjengelig fra eksisterende kraftnett og også høyere enn standard effektnivå for DC-lading oppgitt av Karsan. En løsning med en ladeplate på 50 kW kan være aktuell, men siden dette ikke er standardløsning, må det påregnes en høyere enhetspris og eventuelt tilleggskostnader for spesialtilpasning for lav effekt.

MomentumDynamics er en annen mulig leverandør av løsninger for induktiv lading, som kan passe bedre på Sula. Dette er et amerikansk selskap som har utviklet en relativt kompakt løsning for induktiv lading, basert på ladeplater med 50 kW eller 75 kW overføringseffekt. Denne løsningen er også modulær, og for busser leveres den vanligvis med 2-4 enheter for å gi ladeeffekt opp til 200 kW. Et bilde av en slik installasjon på en buss for lading ved 200 kW er vist i Figur 28.



Figur 28: Ladeplater fra MomentumDynamics montert om bord på buss

Samtidig brukes teknologien fra MomentumDynamics også med individuelle ladeplater. Et demonstrasjonsprosjekt som involverer mulighetslading av drosjer med 50 kW eller 75 kW er nå under oppstart i Oslo. Generelt sett, passer egenskapene for ladeteknologien fra MomentumDynamics godt med energibehovet på Sula og de tekniske spesifikasjonene for det valgte kjøretøyet fra Karsan. Det vil likevel være nødvendig å få etablert en form for samarbeid og/eller ansvarsdeling mellom Karsan og MomentumDynamics for å kunne planlegge en slik installasjon.

Et annet relevant eksempel på teknologi under utprøving og demonstrasjon er løsningen fra Electreon som benyttes i demonstrasjonsprosjektet SmartRoad Gotland². Løsningen som benyttes er spesielt utviklet for dynamisk lading i veibanen, og er basert på mange små ladeplater. Et bilde fra testing med snø i vegbanen er vist i Figur 29, som illustrerer hvordan utnyttelse av teknologi for induktiv energioverføring fungerer uavhengig av vær og lokal klimapåvirkning.

Effektnivået for hver ladeplate ved SmartRoad Gotland har hittil vært begrenset til 25 kW, men det er forventet at effekten kan økes etter hvert som teknologien videreutvikles. En løsning med ladeplater med kapasitet mellom 25 kW og 50 kW kan passe bra for en demonstrasjon på Sula, men siden Electreons teknologi er utviklet for dynamisk induktiv lading, er det forventet at noen mindre tilpasninger vil være nødvendig for stasjonær lading. Løsningen fra Electreon kan derfor være mindre relevant for en tidlig demonstrasjon, enn løsningen fra MomentumDynamics. Det vil uansett være nødvendig å gå i dialog med de ulike leverandørene for å avklare alle forhold omkring integrasjon med kjøretøyet og eventuelle nødvendige tilpasninger til behovene i et pilotprosjekt, dersom man ønsker en automatisert og kontaktløs ladeløsning.



Figur 29: Dynamisk induktiv lading av lastebil ved SmartRoad Gotland (Bilde:Teknisk Ukeblad)

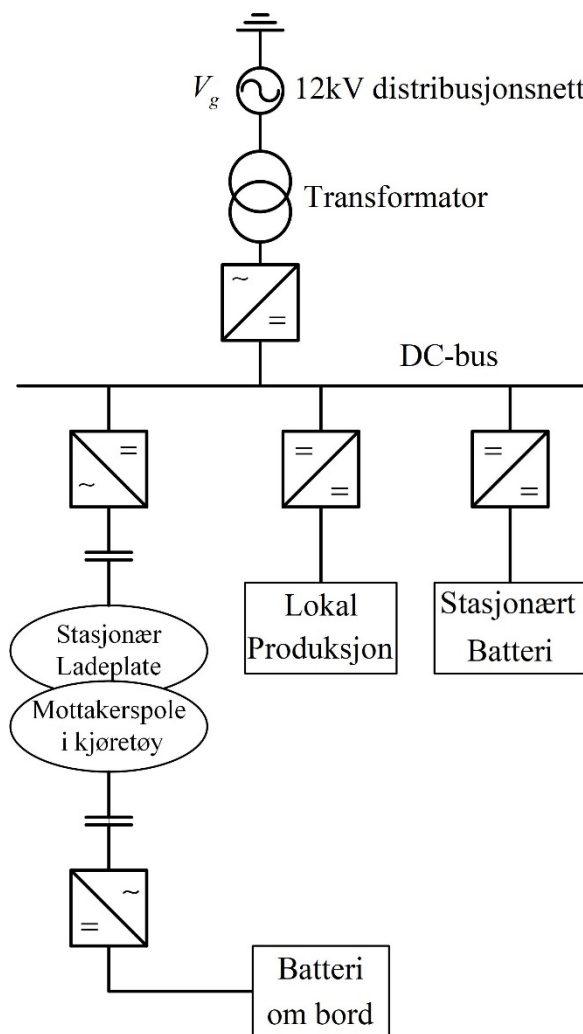
4.3 Mulighet for lokal produksjon og/eller energilager i tilknytning til ladeanlegg

Ut fra dagens situasjon for kraftnettet på Sula og beregnet energibehov for en selvkjørende buss, er det forventet at det vil være mest relevant å forsyne all energi fra kraftsystemet. For selvkjørende busstjenester i andre områder med begrenset kapasitet i det lokale kraftsystemet, kan det være relevant å vurdere mulighet for å ta i bruk lokal produksjon til å dekke hele eller deler av energibehovet. Dette kan typisk gjøres ved å installere lokal småskala kraftproduksjon, eksempelvis i form av små vindturbiner eller solcelleanlegg. Hvis man ønsker å kunne utnytte mest mulig av den produserte kraften til lading, uavhengig av når kraftproduksjonen er høyest, vil det også bli behov for et lokalt energilager. En typisk konfigurasjon for et slikt system er vist i Figur 30.

Hvis utfordringen i det lokale kraftnettet først og fremst er tilgang til maksimal ladeeffekt over kortere tidsrom, kan det også være relevant å utnytte lignende systemkonfigurasjoner, men uten lokal produksjon.

² <https://www.smartroadgotland.com/>

Hvis ladeanlegget bare består av nettilkobling og et lokalt energilager, kan det stasjonære batteriet lades langsomt når det er tilgjengelig kapasitet i kraftnettet, og deretter brukes til å lade batteriene om bord i kjøretøyet etter behov (induktivt som vist i figuren, eller med konvensjonelle konduktive løsninger). Det finnes allerede mange eksempler på at ladeløsninger med lokalt batterilager har blitt tatt i bruk for elektriske ferger i områder med begrenset nettkapasitet. En slik løsning vil generelt sett øke investeringskostnaden for ladeanlegget, men bruk av stasjonært batteri og/eller lokal produksjon kan være gunstig hvis alternativet vil være kostbar nettutbygging.



Figur 30: Systemarkitektur for ladeanlegg med integrert lokal produksjon og stasjonært energilager

5 Verdinettnettverk for bærekraftig drift av selvkjørende buss på Sula

5.1 Hvordan oppnå et levedyktig busstilbud på Sula?

Det er en målsetting at dette forprosjektet skal lede til videre utvikling og realisering av et varig busstilbud på Sula. For å oppnå dette må det utvikles løsninger som bygger på økonomisk bærekraft og sunne forretningsmodeller. Det vil være flere aktører involvert i denne utviklingen, og disse har ulike interesser og motivasjon for satsing på et busstilbud basert på selvkjørende kjøretøy.

For offentlig sektor er det viktig å kunne tilby kollektivtransport til reduserte kostnader. Brukerne ønsker seg et bedre mobilitetstilbud, mens kollektivselskapene har kommersiell interesse av å utvikle lønnsomme produkter og tjenester. I et samfunnsperspektiv legges det i tillegg vekt på miljøgevinster og reduserte klimagassutslipp. Etablering av en automatisert transportløsning gir også nye muligheter for verdiskaping og lokal næringsutvikling i økosystemet rundt den selvkjørende bussen. Dette kan være innovasjoner i form av sensorteknologi og støttesystemer, eller tjenester knyttet til drift og vedlikehold. Videre tilkommer indirekte virkninger for næringslivet, for eksempel ved at busstjenesten kan øke Sulas attraktivitet som reisemål.

Hva er et verdinettverk?

Verdinettverket beskriver nettverket av relasjoner som skaper økonomisk verdi og andre fordeler for aktørene rundt den selvkjørende busstjenesten på Sula³. Her inngår alle individer, grupper eller organisasjoner som er engasjert i utveksling av verdier, enten det er privat næringsliv, myndigheter eller offentlig sektor. Verdinettverk må ikke forveksles med forretningsmodeller som er virksomhetenes sentrale strategier for lønnsom drift.

Verdistrømmene mellom de ulike virksomhetene er det mest sentrale i et verdinettverk. For at verdinettverket skal være bærekraftig, må summen av verdier inn til en virksomhet være større enn verdiene ut fra virksomheten. Først da er det attraktivt for virksomhetene å være en del av dette nettverket, og dette vil igjen føre til en stabil og levedyktig busstjeneste.

Verdinettverkene dekker mer enn bare transaksjoner rundt produkter, tjenester og inntekter, som gjerne er tre viktige faktorer i en forretningsmodell for en virksomhet. Det inkluderer også kunnskap og immaterielle verdier eller fordeler. Verdiene i et verdinettverk er derfor gruppert i følgende (Allee, 2000):

- *Varer, tjenester og inntekter*: Utveksling av alle produkter som skaper inntekter, inkludert transaksjoner av kontrakter, faktura, forespørsel om tilbud, billetter, bekreftelser og betaling.
- *Kunnskap*: Utveksling av strategisk informasjon, planlegging, prosesskunnskap, teknisk kunnskap og policyutvikling som støtter kjerneproduktet og verdikjeden.
- *Immaterielle fordeler*: Utveksling av verdier som går utover den faktiske tjenesten og som ikke er regnskapsført i tradisjonelle økonomiske foretak, som f.eks. en følelse av fellesskap, kundelojalitet, omdømme eller mulighet for co-branding.

For noen virksomheter vil verdistrømmer som kunnskap om markedet, tekniske løsninger, gode referanser og positivt omdømme (immaterielle fordeler) kunne veie opp for manglende inntekter i de tilfellene hvor virksomheten har mer langsiktige mål i sine forretningsmodeller.

I forprosjektet har vi beskrevet et verdinettverk som må etableres for at driften av en selvkjørende busstjeneste på Sula skal være økonomisk bærekraftig. Arbeidet tar utgangspunkt i en generell modell utviklet i forskningsprosjektet SmartFeeder, med erfaringer fra de første norske pilotene med selvkjørende

³ Arbeidet med verdinettverk er basert på definisjoner og beskrivelser presentert i Allee (2005) og videreutviklet av Foss (2017).

minibusser (Lervåg et al., 2021). Verdinettnettet gir grunnlag for å vurdere hvordan ulike aktører kan utvikle produkter og tjenester i verdistrømmene rundt et slikt busstilbud på Sula.

Relevante roller, aktører og ansvarsområder er presentert i delkapittel 5.2, mens de viktigste verdistrømmene er presentert i delkapittel 5.3. En samlet verdinettverk er oppsummert i Figur 31.

5.2 Roller, aktører og ansvarsområder

For å etablere en selvkjørende busstjeneste på Sula, må et sett av roller og ansvarsområder betjenes. De mest åpenbare rollene er knyttet til selve transporttjenesten i form av:

- *Brukeren av tjenesten:* Innbyggere, fritidsbeboere og besøkende på Sula som blir transportert med den selvkjørende bussen. Brukeren kan også være en person eller virksomhet som benytter bussen til varetransport.
- *Transporttilbyder:* Den virksomheten som tilbyr transporttjenesten og som er ansvarlig for kvalitet, tilgjengelighet og regularitet. AtB har ansvar for kollektivtilbudet i Trøndelag, og vil dermed være naturlig transporttilbyder på Sula.
- *Operatøren av tjenesten:* Den virksomheten som utfører selve driften av den selvkjørende bussen, på oppdrag fra transporttilbyderen. På Sula vil Vy inneha rollen som operatør.

For å oppnå et levedyktig busstilbud, må man også involvere tjenester knyttet til infrastruktur, ladestasjon og selve kjøretøyet. En oversikt over de mest sentrale rollene og ansvarsområdene er gjengitt i Tabell 8.

Tabell 8: Oversikt over de mest sentrale roller og ansvarsområder for en selvkjørende busstjeneste på Sula

Roller	Aktør	Ansvarsområder
Busstjenesten		
<i>Bruker av busstjeneste</i>	Beboere, besøkende, næringsliv på Sula	<ul style="list-style-type: none"> • Definerer behovet for en busstjeneste, f.eks. en reise hjemmefra til Lomsøya • Inngår en kontrakt med en tjenestetilbyder, f.eks. kjøper en gyldig billett • Har nytte av busstjenesten, overvåker og kontrollerer tilbudet og sikrer at tjenesten er levert i tråd med definerte krav og kontrakt
<i>Tilbyder av busstjeneste</i>	AtB	<ul style="list-style-type: none"> • Definerer og markedsfører busstjenesten • Inngår en kontrakt med brukeren om levering og betaling for tjenesten • Inngår kontrakt med operatøren av busstjenesten
<i>Operatør av busstjeneste</i>	Vy	<ul style="list-style-type: none"> • Planlegger busstjenesten i detalj basert på tilbyderens krav til tjenesten • Administrerer og drifter kjøretøy som brukes til busstjenesten • Utfører busstjenesten som brukeren har kjøpt av tjenestetilbyderen • Overvåker/kontrollerer at busstjenesten blir levert i tråd med krav og kontrakt
Infrastruktur		
<i>Forvalter av infrastruktur</i>	Trøndelag fylke/ Frøya kommune	<ul style="list-style-type: none"> • Planlegger og etablerer infrastruktur og utstyr, f.eks. et veg- eller gatenett med skilt, signaler og oppmerking • Vedlikeholder infrastrukturen • Samler inn, vedlikeholder og behandler informasjon om infrastrukturen • Strategisk og taktisk planlegging av trafikk/transport i infrastrukturen • Overvåker og kontrollerer trafikkstrømmer og transportmidler • Leverer støttetjenester til transportmidler
Ladetjenesten		
<i>Operatør av ladestasjon</i>	Må avklares i pilotprosjekt	<ul style="list-style-type: none"> • Kjøper, leier eller leaser ladestasjoner med tilstrekkelig kapasitet • Har ansvaret for den daglige driften av ladestasjonen • Støtter operatøren av busstjenesten

Leverandør av ladestasjon	Må avklares i pilotprosjekt	<ul style="list-style-type: none"> Selger eller leaser ladestasjonen til operatør av ladestasjon Vedlikeholder ladestasjonen
Leverandør av nett og energi	Trønderenergi	<ul style="list-style-type: none"> Leverer nettverk og energi til ladestasjonen
Kjøretøyet		
Leverandør av kjøretøy	Karsan Autonomous Electric	<ul style="list-style-type: none"> Selger, leier ut eller leaser ut kjøretøyet, inkl. kontroll- og styringssystem.
Leverandør av vedlikehold	Må avklares i pilotprosjekt	<ul style="list-style-type: none"> Vedlikeholder kjøretøyet, inkl. kontroll- og styringssystemet.

I tillegg til roller og ansvarsområder som er presentert i tabellen, tilkommer andre støttetjenester knyttet til f.eks. kommunikasjonsløsninger og IT-systemer og andre digitale tjenester. Dette vil være tjenester som er knyttet til AtB eller Vys ansvarsområder, og som i hovedsak kjøpes inn fra eksterne leverandører. Digitale tjenester for drift og overvåking av kjøretøyet vil i hovedsak leveres av Adastec⁴ og Applied Autonomy⁵, gjennom avtaler med kjøretøyleverandør og bussoperatør.

5.3 Verdistrømmer

Gjennom intervjuer og en felles workshop med prosjektdeltakerne, har forprosjektet identifisert en rekke verdistrømmer som inngår i økosystemet rundt busstjenesten på Sula. De viktigste verdistrømmene er gjengitt nedenfor:

Busstjenesten

Kjerneverdien i dette initiativet er å få etablert et transporttilbud for personer og varer med selvkjørende og elektrisk buss på Sula. Det må utarbeides et robust tjenestetilbud som dekker mobilitetsbehovet for flest mulig brukergrupper, særlig med tanke på variasjoner i etterspørsel mellom hverdag, helg og ferienesong. Rutetilbudet må koordineres med hurtigbåt- og fergeanløp og tilpasses den faktiske etterspørselen over tid.

Brukerbetaling

Betalingsmodellen må utvikles gjennom pilotprosjektet. De ulike aktørene har forskjellige interesser og målsettinger som må hensyntas og avveies mot hverandre. For AtB er det en fordel at betalingen koordineres med ordinære prismodeller og billettsystem. Frøya kommune er opptatt av at det tilbys smidige løsninger som hensyntar de fastboende, f.eks. med rimelig pris på periodekort eller årskort. Det foreslås at tjenesten er gratis i den første pilotperioden, hvor det må påregnes prøving, feiling og læring i samspill med publikum. Det kan ikke forventes at brukerne vil dekke hele kostnaden knyttet til drift av busstilbudet. Både pilotfasen og driftsperioden vil ha behov for tilleggsfinansiering, i likhet med mange andre kollektivtjenester.

Bruksrettigheter til busstjenesten

Pilotprosjektet må avklare hvordan brukeren får rettigheter til å benytte busstjenesten og om det skal utstedes et bevis for bruksretten i form av en billett (fysisk eller digital). En mulighet er at AtB integrerer tjenesten i sine ordinære systemer for billetter og reisekort, inkludert muligheter for sms-betaling og billett på mobil. Valg av løsning må sees i sammenheng med betalingsordningen som velges (se forrige punkt).

⁴ Amerikansk teknologiselskap som utvikler software-plattform for selvkjøringsfunksjonalitet

⁵ Norsk teknologiselskap som utvikler kontrollsensorløsning for overvåking og daglig driftsoppfølging av kjøretøyet

Betaling til operatør

Vy (operatør) har i dag kontrakt med AtB (tilbyder) på kollektivtjenester i distriktet i Trøndelag. Betalingen for den nye busstjenesten vil reguleres gjennom en endringsordre til den eksisterende kontrakten, hvor Vy mottar et fast beløp fra AtB for å utføre drift av en fast busstjeneste på Sula. Disse midlene må dekke kostnader til kjøp/leie av kjøretøy, vedlikehold av bussen, ladetjenester, driftskostnader og personal- og administrasjonsutgifter.

Vedlikehold av infrastruktur

Den selvkjørende bussen vil sannsynligvis kreve noe forsterket vedlikehold av infrastruktur, f.eks. knyttet til vegdekket, rydding av vegetasjon og vinterdrift. I dag har Trøndelag fylkeskommune ansvar for driftsavtalen på hovedvegen, mens Frøya kommune har driftsavtale på kommunal grunn. Frøya kommune må (i samarbeid med Vy) utarbeide en plan for ekstra vedlikehold knyttet til busstilbudet, og sørge for at det settes av nødvendige driftsmidler til gjennomføring av pilotprosjektet.

Vedlikehold av kjøretøy

Gode vedlikeholdstjenester er en viktig forutsetning for å sikre et stabilt tjenestetilbud med minst mulig driftsstans. Dette omfatter både mekanisk vedlikehold av kjøretøyet og oppdatering og feilretting i programvare og IKT-systemer. Lokale representanter som kan rykke ut og reparere feil på kort varsel er viktig for å sikre best mulig oppetid. I forbindelse med pilotprosjektet bør det gjøres en vurdering av aktuelle verksteder i lokalmiljøet med tanke på mekanisk vedlikehold av kjøretøyet. Programvare knyttet til det tekniske selvkjøringssystemet leveres av Adastec, som vil ha personell i Norge som kan bistå ved behov. Samtidig bygger Vy opp egen kompetanse på dette området.

Ladetjenester

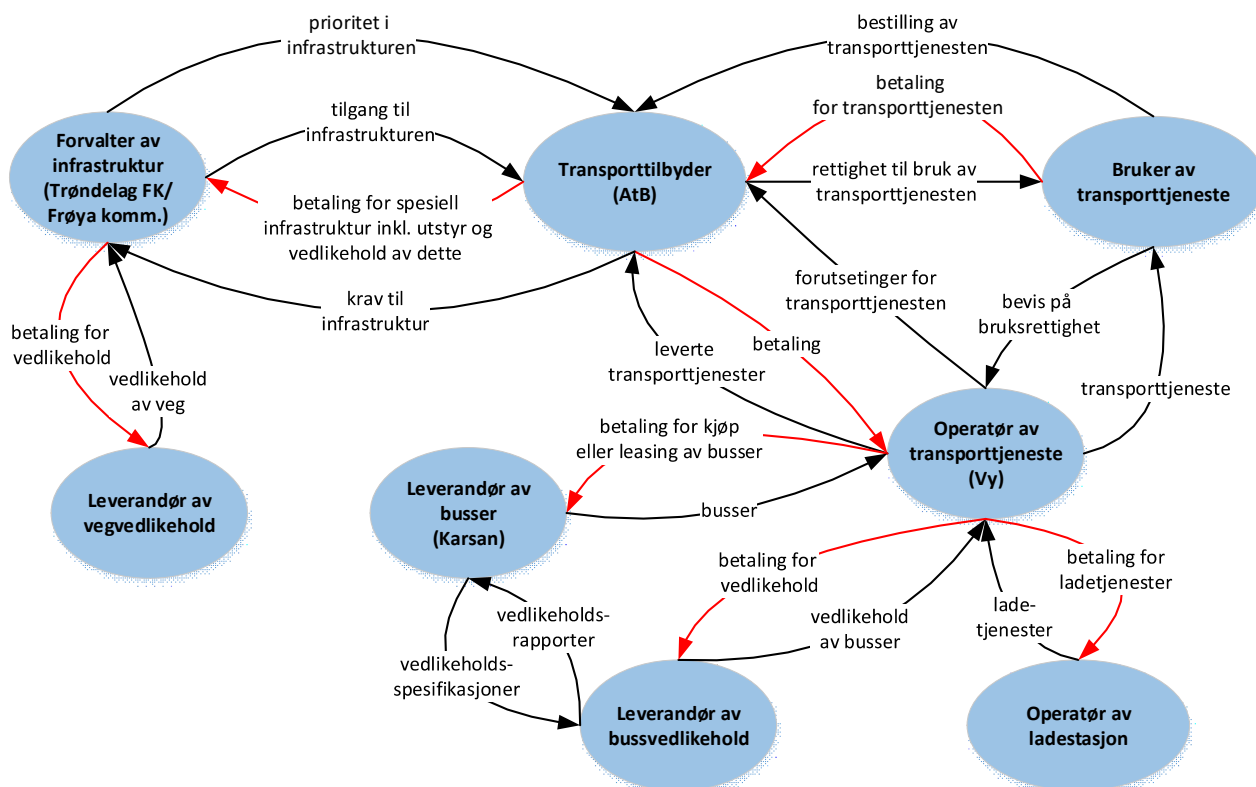
Pilotprosjektet må avklare lokalisering og organisering av ladeinfrastruktur for bussen. I dag finnes det ikke et offentlig tilbud for lading av elbiler på Sula. Dersom prosjektet kan gi publikum tilgang til ladestasjonen når denne ikke benyttes av bussen, vil dette gi en positiv nytteverdi for befolkningen på Sula. Ladestasjonen bør lokaliseres der bussen står parkert om natten. To aktuelle lokasjoner er foreslått, enten ved skolen eller ved brannstasjonen på Sula.

Kunnskap og immaterielle verdier

I tillegg til verdistrømmer for varer, tjenester og transaksjoner, kan busstjenesten på Sula gi nytteverdier som går utover den faktiske tjenesten, eksempelvis knyttet til kunnskapsbygging omkring teknologi eller marked, positivt omdømme, sosiale gevinster eller mulighet for co-branding. Gjennom workshop i prosjektgruppa og intervjuer med lokale aktører, er følgende immaterielle fordeler trukket frem:

- Nytte for den lokale reiselivsnæringen i form av forbedret mobilitetstilbud og positivt omdømme f.eks. med hensyn til økoturisme. Dette kan bidra til å styrke Sulas attraktivitet som turistdestinasjon.
- Sosial gevinst og økt livskvalitet for befolkningen på Sula, blant annet i form av økt mobilitet for eldre og innbyggere uten bil. Dersom innbyggerne blir mindre avhengig av hjelp fra andre, gir det også mulighet for å bli boende på Sula i en lengre del av livet.
- Miljøgevinst i form av redusert klimaavtrykk fra privatbiler, mindre støy og forstyrrelser for fugle- og dyreliv.
- Arbeidsvilkårene for sjåfør/operatør av kjøretøyet endres. Dette kan gjøre sjåførrollen mer interessant og ha positiv virkning for rekruttering og HMS.
- Kunnskapsbygging om innovative mobilitetsløsninger i distriktet har stor overføringsverdi til andre øysamfunn i Frøya kommune og andre distriktskommuner i Norge.

Figur 31 gir en samlet oversikt over de mest sentrale rollene og verdistrømmene i verdinettverket for busstjenesten på Sula. De røde pilene representerer økonomiske transaksjoner, de sorte pilene representerer øvrige verdistrømmer knyttet til produkter eller tjenester. Verdistrømmer knyttet til kunnskap og immaterielle verdier er ikke inkludert i denne illustrasjonen, heller ikke (finansiell) støtte fra eksterne virksomheter eller myndigheter. Dersom verdinettverket skal være økonomisk bærekraftig, må verdistrømmene inn til en rolle/aktør være større enn kostnadene tilknyttet denne rollen. Dette betyr i praksis at transporttilbyderen (AtB) må tilføres andre midler enn brukerbetaling for å finansiere utgifter knyttet til betaling av operatør og forvaltning av infrastruktur, i tillegg til dekning av egne drifts- og administrasjonskostnader.



Figur 31: Verdinettverket for busstjenesten på Sula

Verdinettverket gir grunnlag for å identifisere potensielle produkter og tjenester som gir mulighet for lokal innovasjon og næringsutvikling i økosystemet rundt den selvkjørende busstjenesten på Sula.

5.4 Finansieringsbehov

Realisering av en mobilitetstjeneste med selvkjørende buss på Sula forutsetter finansiell støtte fra eksterne virksomheter, myndigheter eller virkemiddelapparatet for forskning og innovasjon. I forprosjektet er det satt opp et kostnadsoverslag for et pilotprosjekt med etablering og drift av en selvkjørende buss på Sula i to år. Totale kostnader er estimert å ligge i størrelsesorden **16 millioner**, hvorav de største utgiftene er knyttet til bussleie og bemanning (operatør om bord i bussen) i pilotperioden. Se detaljer i Tabell 9.

Kostnadene er beregnet med utgangspunkt i leie av ett kjøretøy av typen Karsan Atak og med driftsperiode på 24 måneder.

Tabell 9: Kostnadsestimat for realisering av et pilotprosjekt

Oppstartskostnader	1 075 000 kr
<ul style="list-style-type: none"> - Programmering av trasé og innkjøring av kjøretøy - Risikovurdering av strekning og søknad om godkjenning fra Vegdirektoratet - Etablering av kontroll- og driftssystem - Opplæring av verter - Ladeinfrastruktur, skilting m.m. - Foliering av buss 	<i>Den største kostnaden er knyttet til programmering av kjøretøy (ca 500' kr) og risikovurdering/søknadsprosess (ca 300' kr). Det forutsettes at markedsføring dekkes av aktørenes egne markedsføringsbudsjett.</i>
Driftskostnader	625 000 kr/mnd
<ul style="list-style-type: none"> - Bussleie - Bemanning - Kontrollsenterløsning - Garasje og strøm - Driftsstøtte (software og programvare) - Sikkerhetsoppfølging - Forsikring - Infrastruktureiltak 	<i>Den største kostnaden er knyttet til bussleie (230' kr/mnd) og bemanning (300' kr/mnd). Bussen regnskapsføres med nedskrivning over 3 år. Bemanningskostnaden vil være avhengig av rutetilbudet (skiftløsning). Det er lagt til grunn et daglig rutetilbud med skiftløsning 8 t/dag.</i>
Totale kostnader for pilotperioden (24 mnd)	ca 16,1 mill kr

Etableringskostnadene er estimert å være i størrelsesorden 1 075 000 kr. De største utgiftspostene er knyttet til programmering og innkjøring av kjøretøyet, slik at rutetilbudet på Sula kan opereres i selvkjørende (automatisert) modus. Videre må det gjennomføres en grundig risikovurdering av strekningen som del av søknadsprosessen mot Vegdirektoratet, for å få godkjenning til å gjennomføre pilotstudien i henhold til lov om utprøving av selvkjørende kjøretøy (LOV-2017-12-15-112).

Driftskostnadene er estimert å være i størrelsesorden 625 000 kr/mnd, totalt 15 millioner kroner for en 2-årsperiode. De to største utgiftspostene er knyttet til leie av buss og bemanning av kjøretøyet. Bussleien vil bli vesentlig dyrere enn for en konvensjonell buss. Dette skyldes regnskapsføringsregler som forutsetter en kort nedskrivingsperiode på tre år, begrunnet i at kjøretøyet er utstyrt med så mye teknologi og programvare at levetid regnes på linje med øvrig datautstyr. Videre er det lagt til grunn et rutetilbud som forutsetter at kjøretøyet bemannes med en to-skiftløsning på daglig basis. Det vil være en fordel for den praktiske gjennomføringen at det rekrutteres lokale operatører som har tilhold på Sula.

Kostnadsestimatet inkluderer kostnader knyttet til etablering og drift av en kontrollsenterløsning for (fremtidig) flåtestyring, som blant annet gir sanntidsdata om hvor bussen befinner seg, passasjertall og batteriforbruk. Det er ikke inkludert andre kostnader knyttet til forskning eller evaluering av piloten i dette estimatet.

Forprosjektet har undersøkt aktuelle finansieringsmuligheter for realisering av et pilotprosjekt på Sula. Aktuelle støtteordninger for forskning og innovasjon finnes blant annet i regi av Regionalt forskningsfond, Norges forskningsråd, Innovasjon Norge og Enova. Felles for disse virkemidlene er at det forutsettes at en vesentlig del av kostnadene dekkes i form av egeninnsats fra prosjektdeltakerne. Miljødirektoratets støtte til klimatiltak (Klimasats) anses ikke som relevant, da de siste utlysningene har spesifisert at det ikke gis finansieringsstøtte til utprøving av førerløse busser. Prosjektpartnerne vil i første omgang søke støtte fra Enova til realisering av innovasjonen i et pilotprosjekt.

6 Konklusjoner

6.1 Resultater og anbefalinger

Dette forprosjektet har gitt innsikt i hvordan vi kan utvikle et innovativt og klimavennlig mobilitetstilbud for øysamfunnet på Sula i Frøya kommune. Prosjektet har undersøkt brukernes transportbehov og gjennomført teknologiske mulighetsstudier, med sikte på etablering av en etterspørselsbasert, selvkjørende og elektrisk busstjeneste i øysamfunnet.

Arbeidet har resultert i et grundig kunnskapsgrunnlag for teknologivalg, utforming av løsning og organisering av en busstjeneste som skal være attraktiv, trygg, miljøvennlig og kostnadseffektiv. De viktigste resultatene og anbefalingene fra arbeidet er oppsummert i Tabell 10.

Tabell 10: Oppsummering av prosjektets hovedresultater

Resultat	Beskrivelse og anbefalinger	Bemerkning
Utforming av tjenestetilbudet	<ul style="list-style-type: none"> En selvkjørende og elektrisk busstjeneste mellom ferjeleiet på Lomsøya og Sula sentrum (3 km) Målgruppen for tilbudet er beboere, besøkende og næringsliv på Sula. Mulighet for lett varetransport. Rutetilbud tilpasset ferjeanløp (7 turer/dag), med mulighet for betjening av andre reisemål basert på etterspørsel. Tilbud alle dager (kl 07-21) gjennom hele året Passasjerkapasitet: 21 personer + god bagasjeplass Operatør (sikkerhetsvert) om bord i pilotperioden 	Det er lagt til grunn et tilbud som korresponderer med samtlige ferjeavganger. Dette kan utføres med ett kjøretøy, men forutsetter en to-skift-ordning for bemanning av bussen i pilotperioden, inntil operatøren erstattes av fjernstyring fra kontrollrom. Det forventes at etterspørselen vil være redusert i vinterhalvåret.
Valg av kjøretøy	<ul style="list-style-type: none"> Karsan Atak (1 buss) Antatt kjørehastighet på strekningen: 25-50 km/t <p>Viktige premisser for valg av kjøretøy har vært kapasitet (passasjerer og bagasje), kjørehastighet og komfort, batterikapasitet, hensyn til infrastruktur (grusveg), robusthet og driftssikkerhet mht vær og vind, mulighet til bruk av piggdekk om vinteren.</p>	For å sikre god driftssikkerhet må det sørges for godt vegvedlikehold, og helst innføres trafikkregulerende tiltak som gir bussen prioritet i møte med annen biltrafikk på smal veg.
Energiløsning	<ul style="list-style-type: none"> Energiforbruk: Inntil 60 kWh per dag AC Type 2-lader ved 22 eller 44 kW Lading kun om natten Plassering av ladestasjon ved Sula skole (eller brannstasjonen) Kan kombineres med et offentlig ladetilbud for elbiler 	Ladestasjon ved Sula skole kan etableres uten videre tiltak på energiforsyningen. Alternativ plassering ved brannstasjonen kan skje dersom eksisterende lavtspenningsnett forsterkes.
Organisering av tjenesten	<ul style="list-style-type: none"> Tilbyder av busstjeneste: AtB Bussoperatør: Vy Forvalter av infrastruktur: Trøndelag fylke/Frøya Nettleverandør og energiforsyning: Trønderenergi 	Betalingsløsninger, prismodeller og leverandør av vedlikehold på kjøretøy, veg og ladeinfrastruktur må avklares i pilotprosjektet.
Finansieringsbehov	<p>Estimert kostnad for etablering av tjenesten: kr 1 075 000,-</p> <p>Estimert kostnad for drift av tjenesten: kr 625 000,- per mnd.</p>	Pilotperiode på 24 mnd gir en total kostnad på ca 16 mill. kr.



Nyttevirkninger av tjenesten	<p>Det er estimert at innføring av på Sula vil ha en direkte klimagassreducerende effekt på ca 10,6 tonn CO₂-evivalenter per år som følge av redusert bilkjøring på Sula. Pilotprosjektet har imidlertid stor overføringsverdi til andre spredtbygde strøk, og den store miljøgevinsten ligger i oppskalering av et kostnadseffektivt og miljøvennlig kollektivtilbud i flere distriktskommuner som i dag mangler et miljøvennlig alternativ til privatbilen.</p> <p>Foruten redusert biltrafikk på Sula, forventes busstjenesten å gi positive ringvirkninger for lokalsamfunnet i form av et bedre mobilitetstilbud for eldre og personer uten egen bil, et sammenhengende kollektivtilbud for lengre reiser, økt attraktivitet for turisme og reiselivsnæring, sosiale gevinster, mindre forstyrrelser av fugle- og dyreliv, samt lokal verdiskaping i form av nye arbeidsplasser, teknologikunnskap og kompetansebygging.</p>
-------------------------------------	--

6.2 Sula som case for videre utvikling av automatiserte transportløsninger

For befolkningen på Sula er den selvkjørende busstjenesten svært ønsket og etterspurt. Det er mange som savner et offentlig transporttilbud mellom Lomsøya og bebyggelsen på Sula. Den 3 kilometer lange strekningen er svært utsatt for vær og vind, og det finnes ikke et reelt alternativ til bruk av privatbil i dag (foruten å sykle eller gå strekningen). Mange tar derfor med seg bil over på øya, selv om man egentlig ikke har bruk for internt transport for andre reisemål enn til og fra ferjeleiet. Dette medfører kapasitetsutfordringer på ferja og unødvendig biltrafikk på øya.

Med et begrenset befolkningsgrunnlag er det vanskelig å oppnå sunn forretningsmessig drift eller samfunnsøkonomisk lønnsomhet i en transporttjeneste på Sula. Dette gjør at Sula, i likhet med mange andre små samfunn og tettsteder ikke når opp i konkurransen om tildeling av offentlig midler til kollektivtransport på veg. Utvikling av ubemannede tjenester basert på selvkjøringsteknologi kan derfor bli en game-changer for mobilitet i distriktet, fordi det muliggjør et kostnadseffektivt og fleksibelt kollektivtilbud.

Norge er i verdenstoppen når det gjelder utvikling og tilrettelegging for selvkjørende kjøretøy i transportsystemet. Utprøvingen på norske veger er godt regulert og har så langt ikke ført til personskadeulykker eller alvorlige hendelser. Likevel er selvkjørende kjøretøy fortsatt i en tidlig fase av innovasjonsløpet, med begrensninger i funksjonaliteten, særlig med hensyn til samspillet med andre trafikanter i komplekse trafikksituasjoner. Dette har ført til at kjøretøyene så langt har operert i forholdsvis lave kjørehastigheter, med god sikkerhetsmargin og med en ansvarlig operatør om bord i kjøretøyet. Videre fremover blir det viktig å utvikle trygge, ubemannede løsninger, og med en tjenestekvalitet som ivaretar trafikantenes krav med hensyn til reisetid og driftsstabilitet. Utviklingen må skje må skje i nært samspill med brukerne, slik at det utformes attraktive kollektivtilbud som faktisk bidrar til mer bærekraftige reisvalg.

Sula er på mange måter et egnet case for utvikling av automatiserte transporttjenester. Vegnettet er avgrenset og oversiktlig, og trafikkbildet er lite komplisert. Dette gir grunnlag for god driftsstabilitet. Dersom man i tillegg innfører trafikkreguleringer som gir bussen prioritet i møte med andre biler, bør det gi gode muligheter for at bussen på sikt kan operere uten bemanning om bord. Stort engasjement fra befolkningen legger også til rette for at erfaringer og kunnskap kan bygges i nært samarbeid med publikum. Videre forskning og pilotering av en selvkjørende busstjeneste på Sula vil gi grunnlag for fremtidig verdiskaping både i offentlig sektor og privat næringsliv.

6.3 Veien videre

Forprosjektet har frembragt en realistisk konseptbeskrivelse for et nytt mobilitetstilbud med selvkjørende buss på Sula, basert på teknologiske muligheter, brukerkrav og lokale forutsetninger. I neste fase blir det viktig å hente erfaringer med hvordan busstilbudet vil fungere i praksis, med hensyn til brukeraksept, driftsstabilitet og organisering av tjenestetilbudet. Det anbefales at den videre utviklingen skjer trinnvis, hvor man først gjennomfører en pilot med mulighet for å justere og forbedre løsningen etter hvert som man høster erfaringer og kunnskap gjennom ulike sesonger og årstider. Dette vil også gi nyttig statistikk med hensyn til kapasitetsbehov og hvordan tjenesten påvirker befolkningens reise-mønster. Resultatene fra piloten vil deretter gi et godt grunnlag for den videre beslutningen om innføring av en varig mobilitetstjeneste.



Figur 32: Utvikling av tjenestetilbudet i tre faser

Realisering av et pilotprosjekt forutsetter finansiell støtte fra myndigheter, eksterne aktører eller virkemiddelapparatet. Foreløpig er gjennomføring av pilotaktivitetene estimert å ligge i størrelsesorden 16 millioner kroner for etablering og drift i en 2 årsperiode. Dersom prosjektet ikke oppnår tilstrekkelig finansiering, må kostnadsreducerende tiltak vurderes. Eksempler på tiltak som påvirker kostnadsbildet kan for eksempel være:

- **Reduksjon i rutetilbudet:** I dag er det lagt til grunn et tjenestetilbud som korresponderer med samtlige ferjeavganger, og som eventuelt gir mulighet for ekstra bestillingstjenester utenom ferjeruta. Dette gjør det nødvendig å operere med en daglig to-skiftsløsning for bemanning av kjøretøyet. Dersom rutetilbudet reduseres, slik at det kan betjenes av én operatør per dag, vil bemanningskostnadene halveres. Det er likevel viktig å sørge for et tjenestetilbud som oppleves som relevant for brukerne.
- **Vurdere kjøretøyets levetid og restverdi:** I dag regnskapsføres det selvkjørende kjøretøyet som IT-utstyr, med nedskrivningstid over en treårsperiode. Vi har ikke tilstrekkelig erfaring til å vurdere bussens teknologiske levetid per i dag, men det er grunn til å anta at den fysiske levetiden er betydelig lengre. Dersom software og sensorikk blir utdatert, kan bussen fortsatt operere som en konvensjonell buss med sjåfør om bord. Dersom AtB (eller andre) forplikter seg til en mer langsiktig bruksavtale utover pilotperioden, vil dette ha direkte innvirkning på kostnaden for innleie av buss i pilotperioden.
- **Samarbeid med andre destinasjoner som har sesongvariasjon i etterspørsel:** Høy etterspørsel i sommerhalvåret gir behov for en buss med forholdsvis stor passasjerkapasitet. Det er grunn til å anta at etterspørselen er betydelig lavere i vinterhalvåret. Det kan derfor være et alternativ å samarbeide med en typisk vinterdestinasjon, hvor man veksler på bruk av henholdsvis stort og lite kjøretøy gjennom året. En annen fordel med en slik løsning, er at man oppnår nyttig driftserfaring med ulike kjøretøy, før en eventuell investeringsbeslutning om et mer langsiktig tjenestetilbud.

Selvkjørende kjøretøy forventes å spille en viktig rolle i utviklingen av et bærekraftig og fremtidsrettet transportsystem, med effekter i form av økt sikkerhet, bedre mobilitet og vesentlige kostnadsbesparelser i kollektivtransporten. Et pilotprosjekt på Sula vil være en viktig læringsarena både for myndigheter og norske kunnskapsbedrifter.

Referanser

Allee, V., (2000) Reconfiguring the Value Network, Journal of Business Strategy, Vol. 21, N4, July-Aug 2000

Allee, V. (2005) Understanding value networks. A brief article by Verna Allee. http://www.vernaallee.com/value_networks/Understanding_Value_Networks.html (2005).

Foss, T. (2017) Impact evaluation of value networks for ITS services. Paper EU-SP0918, ITS World Congress, København.

KPMG (2020) Autonomous Vehicles Readiness Index. Assessing the preparedness of 30 countries and jurisdictions in the race for autonomous vehicles. KPMG International.

Lervåg, L.E., Foss, T., Jenssen, G.D. og Lillestøl, P.J. (2021): SmartFeeder: Hvordan kan smarte tilbringertjenester styrke kollektivtransporten? Erfaringer fra utprøving av selvkjørende minibusser i Norge. SINTEF Rapport 2020:00149.

Miljødirektoratet (2020) Statistikk: Utslipp av klimagasser i kommuner. Utslipp fra veitrafikk.

Pokorny, P., Skender, B., Bjørnskau, T. og Johnsson, E. (2021) Performance of automated shuttles at signalised intersections. TØI-rapport 1822/2021.