

Beregnet til
Brakar AS og Drammen kommune

Dokument type
Rapport

Dato
11.10.2018

EL-BUSS LØSNINGER SPIRALTOPPEN DRAMMEN



Revisjon **4**
Dato **11.10.2018**
Utført av **Sindre Hognestad, Eirik Ovrum, Robin Åkerbrand**
Kontrollert av **Magne Fjeld**
Godkjent av **Brakar**

INNHOLDSFORTEGNELSE

1.	SAMMENDRAG	4
1.1	Marked	4
1.2	Tilbud	4
1.3	Kjøretøy	4
1.4	Driftsalternativer	4
1.5	Økonomiske forhold	5
1.6	Vurdering av alternativer	5
1.7	Anbefaling	5
2.	INNLEDNING OG BAKGRUNN	6
2.1	Utvikling av destinasjon Spiraltoppen	6
2.2	Historikk	6
2.3	Elbuss satsning i Drammen	6
2.4	Om rapporten	7
3.	MARKEDSINNSIKT	8
3.1	Trafikktellinger	8
3.2	Ukes- og sesongvariasjoner	9
3.3	Reisevaner og reisemiddelfordeling	10
3.4	Passasjergrunnlag	11
4.	TILBUDSKONSEPTER	12
4.1	Alternativ A – Utnytte restkapasitet i dagens drift	12
4.2	Alternativ B – Halvtimesfrekvens i hele driftsdøgnet alle dager	12
4.3	Alternativ C – Timesfrekvens i hele driftsdøgnet	12
4.4	Alternativ D – Matebuss halvtimesfrekvens	12
4.5	Alternativ E – Matebuss timesfrekvens	13
4.6	Sammenstilling av tilbudskonsepter	14
5.	KJØRETØY	15
5.1	Leverandørmarkedet for ordinære elbusser	15
5.1.1	Marked for ordinære el-busser	15
5.1.2	Marked for El-minibuss	15
5.2	Energiforbruk, rekkevidde og ladestrategi for ordinære elbusser	16
5.2.1	Energiforbruk	16
5.2.2	Rekkevidde	17
5.2.3	Ladestrategi	17
5.2.4	Batterilevetid	17
5.3	Selvkjørende busser	18
5.3.1	Egenskaper	18
5.3.2	Erfaringer med selvkjørende busser i Norge	18
5.3.3	Leverandører av selvkjørende busser	19
5.4	Nødvendige installasjoner for drift av små selvkjørende minibusser ²⁰	
5.4.1	Sensorikk	21
5.5	Energiforbruk, rekkevidde og ladestrategi for selvkjørende busser ²¹	
5.5.1	Motoreffekt og helning	21
5.5.2	Regenerering av energi	21

5.5.3	Energiforbruk selvkjørende elbuss	22
5.5.4	Batterilevetid	22
5.6	Vinterdrift	23
5.7	Kjøretøyenes egnethet for tilbudet på Spiraltoppen	23
5.7.1	Kapasitet	23
5.7.2	Attraksjon	23
5.7.3	Universell utforming	23
5.7.4	Miljøprofil	24
5.7.5	Rekkevidde	24
5.7.6	Sammenstilling av kjøretøyenes egnethet	25
5.8	Aktuelle driftsalternativer for Spiraltoppen	25
6.	INFRASTRUKTUR	26
6.1	Stigningsprofil	26
6.2	Nødvendige installasjoner	26
7.	ØKONOMISKE FORHOLD	27
7.1	Driftskostnader	27
7.1.1	Kjøretøy	27
7.1.2	Arbeidskraftkostnader	27
7.1.3	Energikostnader	27
7.1.4	Vedlikeholdskostnader	27
7.1.5	Driftskostnader oppsummert	28
7.2	Investering infrastruktur	29
7.3	Takster	29
7.4	Inntekter, kostnader og tilskuddsbehov	30
8.	VURDERING AV ALTERNATIVER	31
8.1	Drift	31
8.1.1	Alt 1 – Utnytte dagens kapasitet i helg	31
8.1.2	Alt 2A – Normalbuss el	31
8.1.3	Alt 2B – Små konvensjonelle elbusser	31
8.1.4	Alt 3– Selvkjørende buss	31
8.2	Reisendes preferanser	32
8.2.1	Alt 1 – Utnytte dagens kapasitet	32
8.2.2	Alt 2A – Normalbuss el	32
8.2.3	Alt 2B – Små konvensjonelle elbusser	32
8.2.4	Alt 3– Selvkjørende buss	32
8.3	Kostnader	32
8.3.1	Alt 1 – Utnytte dagens kapasitet	32
8.3.2	Alt 2A – Normalbuss el	32
8.3.3	Alt 2B – Små konvensjonelle elbusser	32
8.3.4	Alt 3A – Selvkjørende buss 2019	32
8.3.5	Alt 3B – Selvkjørende buss 2021	33
8.4	Tilgjengelighet	33
8.4.1	Alt 1 – Utnytte dagens kapasitet	33
8.4.2	Alt 2A – Normalbuss el	33
8.4.3	Alt 2B – Små konvensjonelle elbusser	33
8.4.4	Alt 3 – Selvkjørende buss dagens	33
8.5	Oppsummert vurdering	33
8.6	Anbefaling	34

1. SAMMENDRAG

1.1 Marked

Det er påvist et potensial for fra 200 kollektivreiser på en hverdag til 360 i helg til og fra Spiraltoppen. Dette er basert på dagens besøkende med bil, reisemiddelfordeling for fritidsreiser, og ytterligere potensial i sammenheng med ny attraktivitet på Spiraltoppen. I hvilken grad en kollektivandel på 10 % er realistisk vil være avhengig av tilbuds nivået.

1.2 Tilbud

Utformingen av tilbudet bygger på markedets behovet med funn fra markedsanalysen. Bl.a. viser denne at det er flest reisende mellom 0900 – 2000 som er valgt som åpningstid for tilbudet. Halvtimes frekvens er gitt av øvrige bylinjer på «stille tid» - dvs. utenfor rush som er typisk tiden da flest fritidsreiser foregår. Andre tilpassede alternativ med times frekvens for å nå innenfor bl.a. kjøretøyenes rekkevidde er vurdert og forkastet. Alternativ med ordinære busser er foreslått med en traseføring som knytter seg til eksisterende knutepunkter og sentrale målpunkter gjennom Drammen. Alternativ med selvkjørende buss er knyttet opp til et matetilbud nord for sykehuset, ved holdeplassen Konggata.

1.3 Kjøretøy

Egenskapene til 4 kjøretøytyper er vurdert:

1. Dagens materiell
2. Ordinær 12 meter el-buss
3. Ordinær el-minibuss
4. Selvkjørende busser

Disse er vurdert i forhold til kapasitet, attraksjon, universell utforming, miljøprofil og rekkevidde. Det er foretatt grundige beregninger av rekkevidde basert på kjøretøyenes vekt, traseens vertikalkurvatur, regenerering av energi, redundans for batterier og avstand til depot. Generelt scorer el-minibuss relativt lavt da denne har lav kapasitet, liten attraksjonsverdi og dårlig tilpasning til universell utforming. De større bussene scorer høyt da disse gir god kapasitet, tilbyr god tilpasning til universell utforming. Alle elektriske alternativ får høy score for miljøprofil. Ingen elektriske kjøretøyer innfrir tilstrekkelig kjørelengde med ett kjøretøy i drift gitt dagens tilgjengelige batterikapasitet. Dette medfører investering i ekstra ladeinfrastruktur eller flere kjøretøy.

1.4 Driftsalternativer

Basert på tilbudsutformingen og tilgjengelige kjøretøytyper er dette satt sammen til fem driftsalternativer som danner grunnlaget for kostnadsberegning og videre utredning.

Alt	Strekning	Tilbud	Kjøretøytype	Ant kjt	Infrastruktur
1	Strømsø – Spiraltoppen	09-20 lø/sø,	Dagens materiell (diesel)	1	
2A	Strømsø – Spiraltoppen	09-20 alle dager Hvert 30 min	El 12 m	1	Pantograflader
2B	Strømsø – Spiraltoppen	09-20 alle dager Hvert 30 min	El mini 16 seter	2	
3A	Konggata – Spiraltoppen	09-20 alle dager matebuss linje 4 Hvert 30 min/ tilpasset	Selvkjørende buss 2019 situasjon	2	Ekkosignalsystem, ny holdeplass, ladestasjon, 5G nett
3B	Konggata – Spiraltoppen	09-20 alle dager matebuss linje 4 Hvert 30 min / tilpasset	Selvkjørende buss 2021 situasjon	2	Ekkosignalsystem, ny holdeplass, ladestasjon, 5G nett

Tabell 1 - Driftsalternativer

1.5 Økonomiske forhold

Driftskostnadene pr. år er estimert til ca. 0,5 – 2 millioner kroner pr. år avhengig av driftskonsept, infrastrukturkostnader ekskludert.

Investeringskostnadene er relatert til ekstra ladeinfrastruktur for 12 meter elbuss og depotløsninger samt holdeplassområde for de selvkjørende bussene.

Hvilke inntekter som kan legges til grunn avhenger av hvilket takstregime og passasjergrunnlag som legges til grunn. Sistnevnte har stor usikkerhet. Inneksberegningene er basert på tre ulike alternativ:

- Gratistilbud
- Ordinær Brakartakst inkl. månedskort
- Ordinær Brakartakst + 25 %

Estimatene viser stort spenn i behovet for tilskudd. Mest gunstig er et alternativ med kun helgetilbud, men på sikt kan selvkjørende buss være konkurransedyktig på økonomi. Alternativer med el 12 meter, el mini og bemannet selvkjørende (pr i dag) viser relativt høye driftskostnader. Mini-buss gir ikke vesentlige bidrag sammenlignet med ordinær 12 meter buss.

1.6 Vurdering av alternativer

De ulike alternativene er vurdert i h.t. kriteriene drift, reisendes preferanser, kostnader og tilgjengelighet leverandørmarked. Rangeringen viser at alternativet med utnyttelse av dagens kapasitet scorer høyest, men både 12 m El-buss og selvkjørende buss fra 2021 (når bussene kan kjøres uten vert om bord) når tett opptil. Mini-elbuss scorer generelt lavt.

	Drift	Reisendes preferanser	Kostnader	Tilgjengelighet	Total (rangering)
Alt 1	+	-	+	+	1
Alt 2A	0	+	-	+	2
Alt 2B	0	-	-	-	4
Alt 3A	0	-	-	+	3
Alt 3B	0	-	+	+	2

Tabell 2 – oppsummering av vurdering av alternativers egenskaper

1.7 Anbefaling

Samtlige alternativ har egenskaper som utfordrer tilbudet, kostnader og modenhet. Alternativenes egenskaper kan likevel utnyttes til forskjellig tid. Anbefalingen legger opp til en gradvis innføring av tilbud basert på ulike alternativer til forskjellig tid. Alternativ 1 kan rimelig umiddelbart startes som et rent helgetilbud da flest reiser med dagens materiell. På mellomlang sikt (2020/2021) når man har fått erfaring med elektrisk drift og muligens leverandørene kan levere lengre rekkevidder kan det innføres et fullskala tilbud med elektrisk buss. Dette kan også sammenfalle med utviklingsplanene på Spiraltoppen. Selvkjørende tilbud er svært interessant på lengre sikt (2025 ->) når teknologien er moden for full automatisering. Tilbudet kan i seg selv også være en attraksjon. Å tenke kreativt rundt transportløsninger er i tråd med historikken på Spiraltoppen.

2. INNLEDNING OG BAKGRUNN

2.1 Utvikling av destinasjon Spiraltoppen

Kommunen har igangsatt et initiativ for å utvikle Spiraltoppen som destinasjon. Det har vært en bred medvirkningsprosess fra innbyggere, organisasjoner og offentlige samarbeidspartnere. Innenfor transport har det blitt gitt en politisk bestilling hvor «*Rådmann bes opprette dialog med Brakar med formål om å etablere små elektriske busser fra sentrum til Spiraltoppen. Det utarbeides en egen sak som belyser dette og som gir en oversikt over forskjellige løsninger og kostnads-kalkyle.*» Utgangspunktet gikk bestillingen ut på å vurdere to konsepter:

1. Små konvensjonelle elbusser
2. Selvkjørende busser

Med den hensikt å underbygge et kostnadseffektivt tilbud er det underveis i prosjektet erkjent det at det finnes varianter og alternativer av disse konseptene som også kan belyses. Bl.a. kan busser av normal størrelse, tolv meter, være rimeligere i drift da det kan være synergier med øvrig bussdrift i byen.

Denne rapporten har til hensikt å belyse gjennomførbarhet og økonomiske forhold ved de ulike konseptene som grunnlag for videre valg av betjeningsløsning.

2.2 Historikk

Det har tidligere eksistert busstilbud til Spiraltoppen som linje 41. I boka "Trikken og andre gode busser i Drammensområdet", står det at Spiralruten ble nedlagt i 1999, men startet opp igjen sommeren 2001 som en "goodwill" til drammenserne. Det ble kjørt tre turer på lørdag, og fire turer på søndag. Dette kunne gjøres uten å innsette ekstra sjåfører eller busser, da man nyttiggjorde seg på søndag av "dødtiden" som Syllingbussen hadde i Drammen, samt en tur som vaktet i Drammen kjørte. De opplysninger som Brakar har fått tak i ble ikke linjen kjørt i offentlig regi lengre enn til 2003 da det var en ruteomlegging som ikke gav samme synergier som tidligere. Dessuten var trafikkgrunnlaget sviktende. I senere tid har det vært enkelte private operatører som har forsøkt å kjøre et tilbud kommersielt. Dette har ikke ført til noe kontinuerlig tilbud over tid.

2.3 Elbuss satsning i Drammen

I mandatet fra kommunen var en av premissene for bussbetjening av Spiraltoppen at løsningen skulle være utslippsfri, i dette tilfellet elektrisk buss. I Brakar pågår en offensiv satsning på innføring av elbusser i Drammen. I 2019 vil seks nye elbusser være i drift mellom Drammen og Mjøndalen. Bussene er levert av Volvo og er av en ordinær bybusstype tolv meter. Bussens dimensjoner tillater å kunne kjøres i tunnelen til Spiraltoppen, men den planlagte driften av bussene har ikke rom for å benytte disse bussene mot Spiraltoppen. Dagens kapasitet på busser og ladeinfrastruktur gjør at ladeinfrastrukturen vil fullt ut brukes til å betjene trafikk på linje 51 og det frarådes å legge opp til at denne kan brukes til andre tilbud. I teorien er det likevel driftssynergier med evt. utvidelse av elbussdriften til også å gjelde Spiraltoppen, bl.a. ladeinfrastruktur, driftserfaring, m.m.



2.4 Om rapporten

Rapporten er skrevet for Brakar og Drammen kommune. Drammen kommune har bidratt i arbeidet bl.a. med flere opplysninger om dagens trafikk og bakgrunn for prosjektet. Brakar har gitt opplysninger om dagens drift og historikk. Rambøll har vært i kontakt med leverandører som Volvo Bus Norge AS og Navya. Applied Autonomy har også bidratt inn i arbeidet med flere opplysninger rundt praktiske og organisatoriske forhold for å implementere selvkjørende buss.

3. MARKEDSINNSIKT

3.1 Trafikktellinger

Drammen kommune registrerer antall billett kjøp i tunnelen opp til Spiraltoppen. Biler med årskort blir ikke registrert, men det vurderes å være ca. 850 personer med årskort til Spiraltoppen. Priset for et årskort er 600 kroner og en engangsbillett koster 35 kroner. Dette innebærer at en person må kjøre til Spiraltoppen minst 18 ganger på et år for å tjene inn et årskort. Sannsynligvis bruker en person med årskort dette oftere enn 18 ganger på et år. Det antas at en person med årskort i gjennomsnitt kjører opp til Spiraltoppen en gang per uke. Det antas at personer med årskort i gjennomsnitt vil kjøre til Spiraltoppen en gang per helg i høysesongen. Det antas at annenhver av disse besøkene vil gjøres på en lørdag og annenhver på en søndag.

Rambøll utførte radartellinger mellom den 8. juni – 13. juni 2018 i et snitt i Eivind Olsens vei nedenfor tunnelen. Resultatene fra denne tellingen (2018) ble sammenlignet med kommunens registreringer for en gjennomsnittsuke i juni 2016 og 2017. Det er lagt til antatt trafikk generert av bilister med årskort til kommunens registreringer.

	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag	Lørdag	Søndag
2016	360	398	380	364	360	524	607
2017	497	434	411	423	376	489	608
2018	625	687	561	860	452	709	568

Tabell 3 – Daglig biltrafikk til og fra Spiraltoppen. Kilde for 2016 og 2017 tall er hentet fra kommunens statistikk over billett kjøp + antatte årskortpasseringer. 2018 tall er radartelling for en uke.

Tabellen viser at trafikken kan variere svært mye fra år til år. Trafikken til/fra Spiraltoppen er i veldig stor grad avhengig av værforhold. Rambøll har tatt utgangspunkt i tallene for 2016 og 2017, og lagt mindre vekt på tall fra 2018 grunnet den korte registreringsperioden. Både når man sammenligner år 2016 og 2017, samt når disse sammenlignes med radartellingene, ser man at noen av dagene er relativt like og andre har stor forskjell. Radartellingene indikerer stadig større trafikkmengder enn kommunens registreringer. Minst forskjell er det på søndag til tross for at det på denne dagen var meldt regn (selv hvis det i virkeligheten ikke regnet).

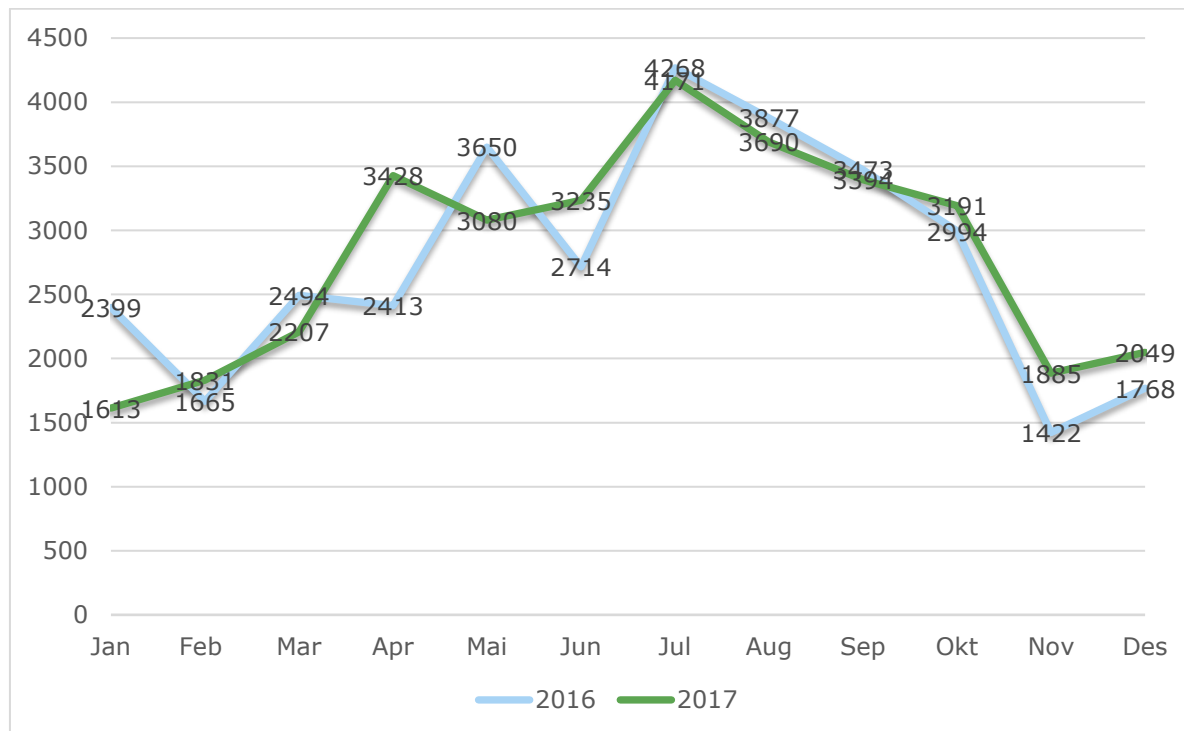
Når man ser på registrert total trafikk over året til Spiraltoppen for 2016 og 2017 er trafikkmengdene nesten identiske. Dette indikerer at Spiraltoppen har samme attraksjonskraft over et år, men trafikkmengdene vil fordele seg relativt ulikt fra år til år, sannsynligvis avhengig av værforhold.

Basert på registreringene beregnes det i et gjennomsnittsdøgn å være ca. 220 biler daglig som besøker Spiraltoppen. Dette basert på gjennomsnittstall for hver ukedag pr måned i 2017 (tilgjengelig statistikk fra billettsalg) og antall solgte månedskort. Dette fører til en ÅDT på ca. 440 i tunnelen. Det er i dagens situasjon ca. 200 parkeringsplasser på Spiraltoppen. Denne trafikkmengden tilsier en utskifting på ca. 1,1 ganger ila. av et gjennomsnittsdøgn. Dette virker trolig.

For 2017 oppsto makstimestrafikk på en søndag i september. En gjennomsnittlig søndag i september kjørte 782 biler til Spiraltoppen. Tilsvarende tall for 2016 er 748. Dette tilsier en ÅDT på i overkant av 1 550 for et maksdøgn. Dette innebærer en utskifting av parkeringsplasser på 3,9 ganger ila. av et maksdøgn. Dette ansees å være omtrentlig hva som kan forventes på et maksdøgn for denne typen av plass.

3.2 Ukes- og sesongvariasjoner

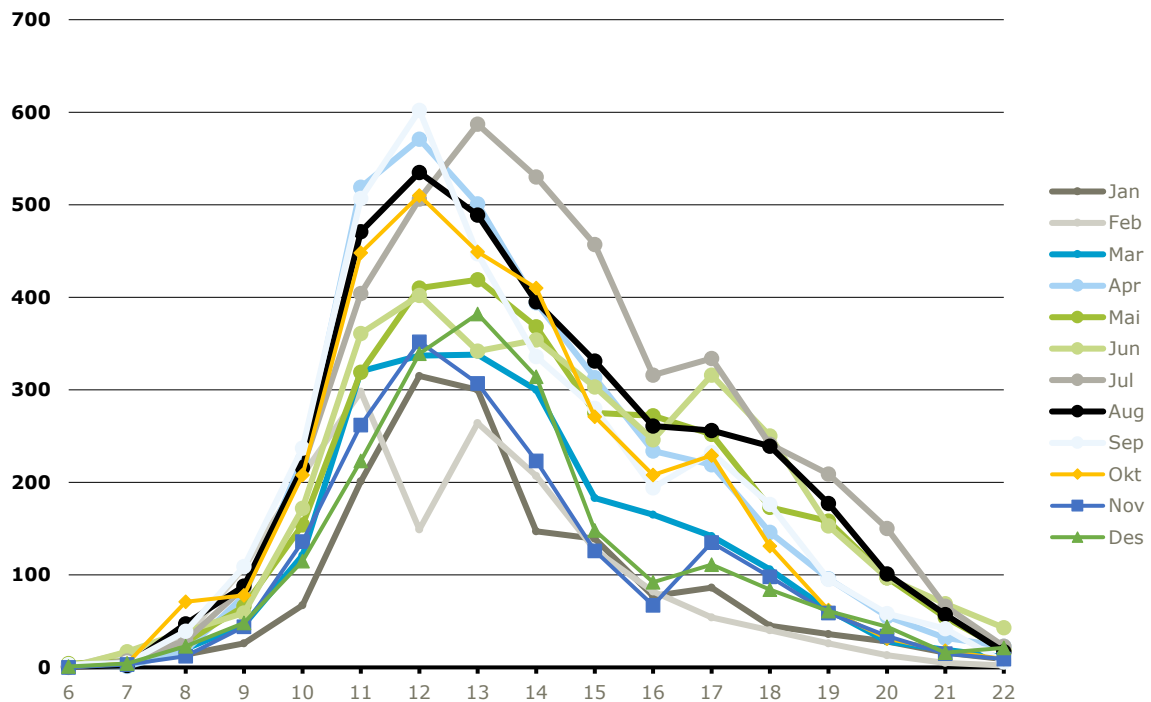
I figur 1 illustreres registrert månedsvariasjon i antall passeringer med bil til Spiraltoppen 2016 og 2017. Disse tallene inkluderer ikke reiser for biler med årskort, men disse antas å i all hovedsak følge de samme trendene som registrerte bilister som kjøpt engangsbilletter.



Figur 1: Månedsvariasjon uttrykt antall betalende kjøretøy for 2016 og 2017.

Registreringene indikerer en topp i juli under sommerferien og en noe mindre topp på våren. I 2016 skjer den toppen i april og i 2017 skjer den i mai. Under sen høst og vinteren (november – mars) er det minst besøk.

Figur 2 viser fordelingen over døgnet for samtlige måneder i 2017. Som man ser er det for nesten alle måneder mest trafikk mellom klokken 11 og 13 med en til mindre topp på ettermiddagen rundt kl. 17. I morgenrush og sen kveld er det vesentlig mindre trafikk.



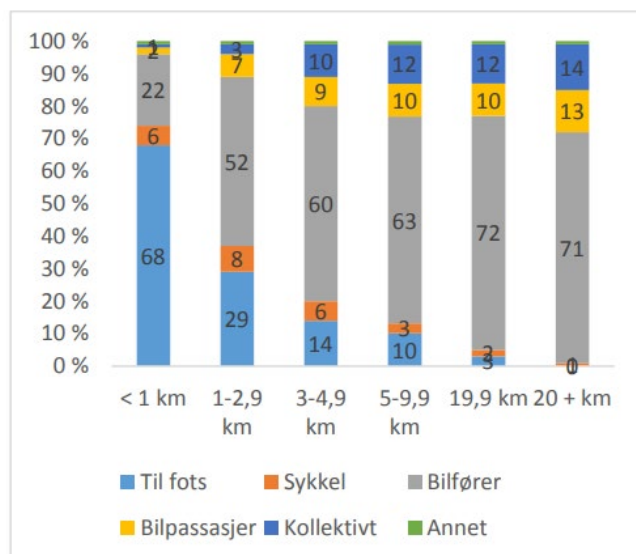
Figur 2: Fordeling over døgnet for de 12 månedene i 2017.

3.3 Reisevaner og reisemiddelfordeling

RVU for Buskerudbyen 2013/14 viser at kollektivandelen er på 8 %, mens Drammen har en kollektivandel på 10 prosent¹. Reisemiddelfordeling fordelt på reiselengde² viser at andelen gående er størst innenfor 1 km. Først ved avstander over 3 km at kollektivtrafikk har sitt markedsgrunnlag. Bil tar store andeler allerede fra 1 km. For et kollektivtilbud på Spiraltoppen, grunnet store høydeforskjeller, antas det at et kollektivtilbud vil ha en markedsandel også ved kortere reiser, helt fra sykehuset og opp. Selv om andelen kollektivbrukene i Buskerudbyen er lavere for fritidsreiser (6 %) enn for øvrige reiser

(9%) antar vi at kollektivandelen til Spiraltoppen kan være 10 %. Vi tror at denne andelen er lik, både for de som betaler pr tur og de som har månedskort i dag. Bilandelen beholdes uendret på 45 % (33 % bilførere, 12 % bilpassasjer, tall fra RVU 2013/14).

Figur 3 – Fordeling av reisemiddel fordelt på reiselengde (kilde: TØI, 1383/2014)



¹ UA rapport 58/2015

² TØI 1383/2014

Det er ikke funnet informasjon reiserelasjonene til Spiraltoppen. Reiser som foretas av innbyggerne i Drammensområde genereres fra boligområdene, mens turister og tilreisende trolig i større grad genereres fra sentrumsområdet.

3.4 Passasjergrunnlag

Reisemiddelfordelingen fordelt på reisehensikter i Drammen viser at fritidsreiser har en andel 33 % bilfører og 12 % bilpassasjer, hvilket gir ca. 1,4 personer pr bil. Dette er noe høyere enn vanlig snitt på 1,2. Dette er fordi det antas mer vanlig å ha med seg familiemedlemmer/venner på en slik reise enn en «vanlig» bilreise. Gitt et gjennomsnitt på hverdag på 220 biler gir dette ca. 620 motoriserte personreiser med bil på en hverdag. Med dette er det gitt at det totale antallet reisende for alle reisemidler i teorien er ca. 1400. Med en antatt kollektivandel til Spiraltoppen på 10 % gir dette en anslått potensial med på 137 kollektivturer i et gjennomsnittsdøgn.

Basert på registreringer synes helgetrafikken være større enn hverdagstrafikken, tilnærmet det dobbelte. Et estimert gjennomsnitt på hverdag vil da ha i overkant av 100 kollektivturer (106), mens i helg noe over 200 (213). Det er også hensyntatt i utviklingen av konseptene uten reduksjon i frekvensen på helg.

Ikke alle potensielle reiser til Spiraltoppen vil være reisende som i dag kjører dit med bil. Det kan forventes nyskapt trafikk generert av andre årsaker. Et grovt anslag kan være følgende:

- Spiraltoppen som ny destinasjon. Det er en målsetting at området her kan utvikles som en attraksjon som vil trekke mer trafikk enn det den gjør i dag. Slike aktiviteter kan være ny og forbedret restaurant, et profilert og tilrettelagt utviklingspunkt og andre mulige attraksjoner. Det antas ca. 50 kollektivreisende pr dag dersom dette utvikles og markedsføres som en samlet pakke. .
- Besøkende som i dag går i terrenget opp til toppen. Dette foreligger det ikke tall på i dag, men som anslås til 100 en godværs søndag. Gjennomsnittstallet over året er kanskje 30. Det antas at markedet for buss blant disse er høyere, kanskje 30%, altså 9 reisende.
- Turister uten bil, og som kan gis et kollektivtilbud, antas ca. 30 kollektivreisende et gjennomsnittsdøgn
- Utflukter skoler, pensjonistturer etc. Dette vil variere sterkt over året, med 2 – 3 skoleklasser en god hverdag, men et snitt på ca. 20 over året, hvor alle kjører kollektivt.
- Spesielle arrangementer, antas 20 – 30 i gjennomsnitt over året, hvorav halvparten (10 stk) kjører kollektivt.

Passasjergrunnlag buss	Gj. snitt døgn	Hverdag	Helg (2x)
Grunnlag	137	106	213
Nyskapt "ny destinasjon"	50	39	78
Overført gående	9	7	14
Turister	30	23	47
Utflukter hverdag		30	0
Spes arrangementer		10	10
Totalt	226	216	361

Tabell 4 – Estimer av passasjergrunnlag buss Spiraltoppen

Samlet er det da estimert 216 kollektivturer pr hverdag og 361 i helg. Det er en stor usikkerhet i om transportmiddelfordelingen for fritidsreiser i Buskerudbyen er representativ for Spiraltoppen, eller om bilandelen skulle vært høyere. Det eksisterer ingen undersøkelser som kan underbygge dette.

4. TILBUDSKONSEPTER

Innenfor planlegging av kollektivtilbud skal markedet være styrende for utformingen av tilbudet, dernest drift, infrastruktur og finansiering. Denne utredningen baseres på denne metoden.

Marked -> Tilbud -> Drift -> Infrastruktur -> Finansiering -> Markedssuksess!

Figur 4 – Markedsstyrt tilbudsutvikling, kilde: SVV kollektivhåndboka

Markedsinnsikten har gitt flg. føringer:

- Gjennomsnittlig ca. 600 besøkende med bil pr. dag
- Flest vår, sommer og høst, mindre reiseaktivitet på vinter
- Mest trafikk mellom kl. 11 og 13, trolig relatert til helgetrafikk. En mindre topp rundt kl. 17. Lite i morgenrush og sen kveld.
- Kollektivtrafikk har størst markedsandel over 3 km.
- For fritidsreiser er kollektivandelen 6 %, men trolig høyere for Spiraltoppen grunnet nivåforskjeller. For bilfører og bilpassasjer er andelen 45%.
- Reisestrømmene er trolig spredt fra boligområdene rundt Drammen, tilreisende til/fra sentrum. Underbygger et behov for å knytte seg på kollektivnettverket i et av knutepunktene.

Basis for alternativene er at de skal bygge på anerkjente planleggingsprinsipper om enkelthet og være konsekvent i forhold til åpningstid og frekvens (herunder faste avgangstider).

4.1 Alternativ A – Utnytte restkapasitet i dagens drift

Dette alternativet ligger utenfor selve mandatet til Brakar å utrede, men prosjektet har likevel funnet det formålstjenlig å belyse muligheten for å benytte noe av den kapasitet som ligger i dagens vognpark i helg med den hypotesen at flesteparten av fritidsreisene til Spiraltoppen foregår på helg.

Traséen som foreslås er fra Strømsø til Spiraltoppen via Bragernes. Dette gir god tilknytting til øvrig kollektivtilbud i knutepunktene på Strømsø og Bragernes torg, og ligger nær andre målpunkter som jernbanestasjonen, hoteller og øvrig aktivitet i sentrum. Gitt dagens kjøretider gjennom sentrum for linje 4 (Strømsø – Konggata) + 4 minutter fra Konggata til Spiraltoppen, gir dette en total kjøretid på 8 minutter en vei. Avstanden er 3,6 km og en gjennomsnittshastighet på ca. 24 km/t. Med disse premisene er det mulig med en buss å kjøre hver halvtime fra Strømsø med retur fra Spiraltoppen. Dette er utgangspunktet for å vurdere vognbehov. Når om-løpet er 16 minutter vil det være 14 minutter regulering. Åpningstiden er i beregningen satt til 0900 – 2000 lørdag og søndag. Tilbudet tenkes å driftes som halvtimes frekvens med en buss.

4.2 Alternativ B – Halvtimesfrekvens i hele driftsdøgnet alle dager

Traseen foreslås som for alternativ A fra Strømsø til Spiraltoppen.

Åpningstiden svarer til døgnfordelingen for reiser der reisevolumet tar seg opp rundt kl. 09 og avtar betraktelig mellom 19 og 20. Tilbudet starter opp kl. 0900 og avsluttes 2000 alle dager. I den tiden kjøres 30 minutters frekvens konsekvent. Tilbudet kan i utgangspunktet driftes med en buss gitt at denne har rekkevidde nok til å dekke hele driftsperioden.

4.3 Alternativ C – Timesfrekvens i hele driftsdøgnet

Alternativet er likt B i forhold til trase og åpningstid, men tilbudet gis fast timefrekvens. Tilbudet kan driftes med en buss.

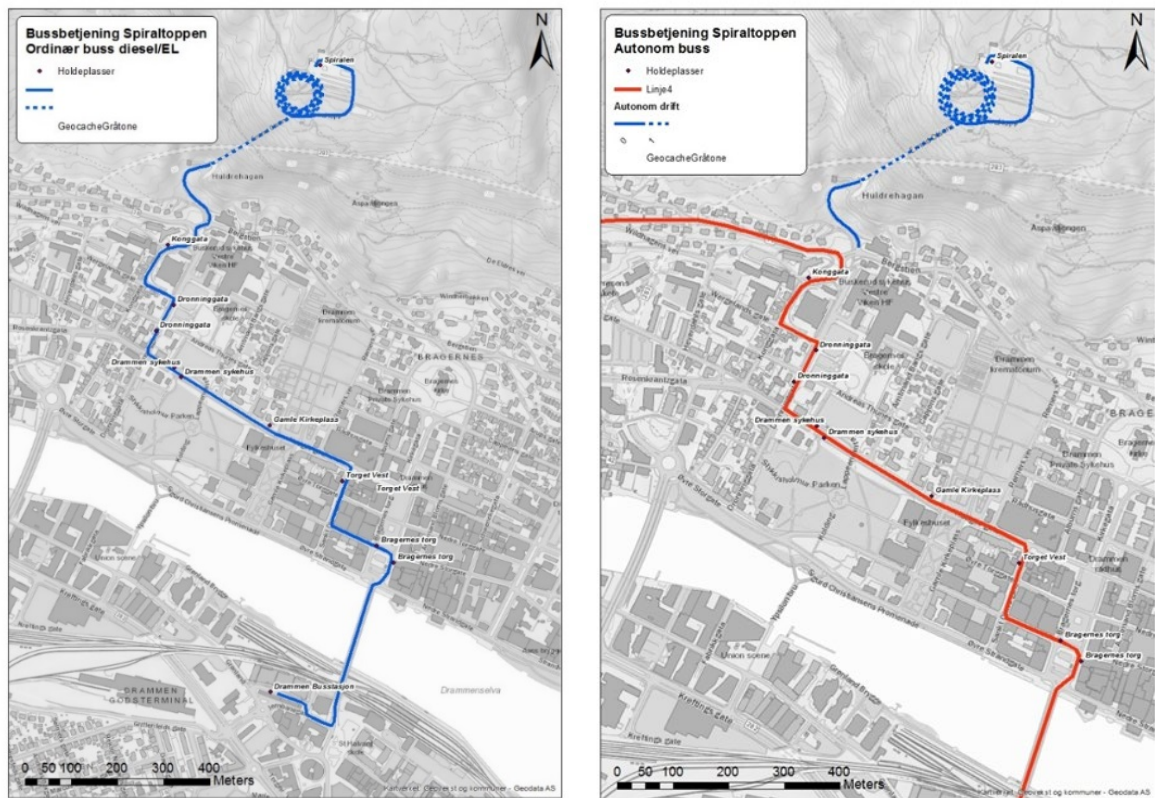
4.4 Alternativ D – Matebuss halvtimesfrekvens

Alternativene A-C har parallell trase med linje 4 mellom Strømsø og Konggata. Ut fra dette kan det tenkes et alternativ der det mates til/fra Konggata mellom linje 4 og et tilbud til Spiraltoppen.

Åpningstiden er 0900 – 2000 alle dager. Tilbudet koordineres til linje 4's ankomst- og avgangstider. Tilbudet kan driftes med fast frekvens slik at den tilpasses ankomst / avgang linje 4³ slik den ligger i ruteplanen i dag, eller anropsbasert via app / knapp. Alternativet ligger til rette for å kunne driftes med selvkjørende buss i halvtimes frekvens.

4.5 Alternativ E – Matebuss timesfrekvens

Dette alternativet er lik D, bortsett fra at det her gis times frekvens.



Figur 5 – Traseføring for alternativene. Til venstre alternativ med ordinær buss (alternativ A-C), til høyre traseføring med selvkjørende buss (alternativ D-E)

³ Passering retn sentrum 11 og 41 minutter over hver time, passering fra sentrum 15 og 45 minutter over hver time

4.6 Sammenstilling av tilbudskonsepter

Kundens preferanser for tilbudet styres av åpningstid og frekvens. Åpningstidene er i stor grad knyttet til de funn i døgnfordelingen av besøk på Spiraltoppen. Samtlige alternativ bygger på dette. Unntaket er alternativ A som får et opphold i ettermiddagsrush. Alternativ D har ikke et hverdagstilbud.

Alt	Strekning	Hverdag	Lørdag	Søndag	Fq	Avg_Hv	Avg_Lø	Avg_Sø	Km_Hv	Km_Lø	Km_Sø
A	Strømsø - Spiraltoppen		0900-1800	0900-2000	30	0	22	22	0	159	159
B	Strømsø - Spiraltoppen	0900-2000	0900-2000	0900-2000	30	22	22	22	159	159	159
C	Strømsø - Spiraltoppen	0900-2000	0900-2000	0900-2000	60	11	11	11	80	77	80
D	Konggata - Spiraltoppen	0900-2000	0900-2000	0900-2000	30	21	20	11	81	77	42
E	Konggata - Spiraltoppen	0900-2000	0900-2000	0900-2000	60	11	11	11	42	42	42

Tabell 5 – Sammenstilling av tilbudskonsepter

Forslag om timesfrekvens har sitt utspring i å tilpasse tilbudet for å kunne oppnå besparelser i vognbehov eller tilpasning i forhold til rekkevidder for enkelte el-alternativ. Dette er ikke i tråd med markedsbasert ruteplanlegging. Timesfrekvens synes tynt for et bytilbud innenfor de korte avstander som her tilbys. Øvrig bybusstilbud har minimum halvtimes frekvens. Å tilby kun helgetilbud er et alternativ der tilbudet dekkes av dagens vogner når etterspørselen etter reiser er størst. Å investere i elbusser for å kun drifte et helgetilbud vil gi dårlig ressursutnyttelse.

Alternativene som tas med videre til vurdering er derfor:

- Alt A, Utnytte dagens vognkapasitet i helg
- Alt B, Full drift 30 minutters frekvens
- Alt D, Matebuss Konggata i 30 minutters frekvens

5. KJØRETØY

5.1 Leverandørmarkedet for ordinære elbusser

5.1.1 Marked for ordinære el-busser

Største markedet for elbuss er i Kina. I Kina i dag finnes 99 % av verdens 385 000 elbusser⁴. Shenzhen, en by med 12 millioner innbyggere nord for Hong Kong, har kun elbusser, og har hele 16 359 elbusser. Elbil- og elbuss-produsenten BYD har hovedsete i Shenzhen. Elbusser har store fordeler med redusert lokal forurensing, som er hovedgrunnen til at Kina satser på elektrifisering av transport. I tillegg er det store fordeler for land verden over å kunne produsere sin egen energi, som Kina kan med elektrisitet, men ikke med olje til bensin og diesel.

Flere europeiske produsenter leverer nå elbusser i flere størrelser og batterikonfigurasjoner. Bl.a Solaris, VDL, Sileo, Volvo, Iveco/Heuliez, Scania m.fl. Utviklingen av batterier og elbusser vil føre til at innkjøpsprisen på elbusser vil nærme seg samme nivå som dieseldbusser. Med vesentlig lavere energikostnad og lavere vedlikeholdskostnader, er det ventet at elektriske busser vil være lønnsomme sammenlignet med dieseldbusser om noen år, i et totalkostnadsperspektiv.



Figur 6 – Elbuss, 12 meter, foto: Volvo buses

5.1.2 Marked for El-minibuss

Leverandørmarkedet for mindre busser har til nå vært mer begrenset. Vanligvis er minibusser bygd på varebilchassis og felles for disse minibussene er at de har begrenset rekkevidde, typisk 160 km, og leveres med ladeløsninger lik elbiler. Dette betyr lave strømstyrker og lengre ladetid. De ruteopplegg som er skissert har opptil 200 km kjøring i bratt terreng, så trolig må det investeres i to busser slik markedet er i dag. Kostnaden for en buss er oppgitt til å være 2-3 x vanlig buss. Ut fra erfaringspriser på minibuss vil prisen da være rundt 1,5 - 2 mill pr kjøretøy, og to kjøretøy vil da være tilnærmet lik prisen av en 12 meters buss slik markedet er nå. Ved innkjøp av minibusser til Romerike (idriftsatt august 2017) ble det referert til at det fantes 2 leverandører, h.v. VDL (ombygd Mercedes Sprinter) eller IVECO Daily. Sistnevnte ble valgt der. Konsentra oppgir at de har i bestilling ti elektriske minibusser fra august 2019 i Asker og Bærum. Disse ti skal komme fra polsk fabrikk bygd på Mercedes Sprinter og ha en rekkevidde på 300 km. Det foreligger p.t. ikke teknisk informasjon til å vurdere energiforbruket til disse. Konsentra har en type kjøring (skole bl.a.) som tillater lading midt på dagen og kveld/natt mellom kjøreperiodene.

⁴ <https://www.citylab.com/transportation/2018/05/how-china-charged-into-the-electric-bus-revolution/559571/>



Figur 7 – Elektriske minibusser på Romerike (foto: Ruter)

Et produkt som har vært vist i europeisk sammenheng og har skandinavisk importør er Orion E. Denne er basert på Fiat Ducato chassis har 12 sitteplasser, lavgulv og plass til rullestol.



Figur 8 – Orion E - Lavgulv minibuss, foto: BK invest AB.

Denne leveres med et batteri på 72 kWh og oppgitt rekkevidde er 160 km. Dette er et mindre batteri enn de som er levert på Romerike (90 kWh), så praktisk rekkevidde må antas å være mindre. Pris er oppgitt å starte fra 1,9 mill NOK avhengig av utstyrsnivå.

5.2 Energiforbruk, rekkevidde og ladestrategi for ordinære elbusser

5.2.1 Energiforbruk

For å estimere energiforbruket til en 12 m konvensjonell elbuss, tar vi utgangspunkt i Unibuss sine erfaringer med test av elbuss på linje 74 i Oslo⁵. Linje 74 fra Mortensrud til Jernbanetorget har en stigning på 160 m, mens linje fra Drammen busstasjon til Spiraltoppen har en stigning på 211 m.

⁵ <http://www.mynewsdesk.com/no/ruter/events/ruterfrokost-erfaringer-fra-elektrifisering-av-bussflaaten-80028>

Unibuss rapporterer om et gjennomsnittlig forbruk på 1,6 kWh/km oppover og 1,0 kWh/km nedover. Med en antagelse om at bussen til Spiraltoppen kommer til å ha færre passasjerer, og dermed lavere vekt, ender vi på et antatt forbruk på 1,2 kWh/km for en 12 m elbuss på vanlig ferdsel. For å ta med stigningen opp til Spiraltoppen, beregner vi den ekstra energien som må brukes fra batteriet, samt at bussen klarer å gjenvinne halvparten av den potensielle energien ved regenerativ bremsing.

5.2.2 Rekkevidde

Gitt overstående forutsetninger viser beregninger at den konvensjonelle 300 kWh elbussen kan kjøre fra depot og 15 ganger opp og ned Spiraltoppen, og så komme til depot med 77 kWh igjen på batteriet.

Antagelse	Verdi	Enhet	Kommentar
Vekt med passasjerer	17500	kg	
Snitt forbruk vanlig trafikk	1,2	kWh/km	
Energi opp fra Strømsø til Spiraltoppen	10,1	kWh	Potensiell energi = mgh, g = 9,81 m/s ²
Energi regenerert ned fra Spiraltoppen	5,03	kWh	Antar 50 % av potensiell energi
Energi brukt retur-tur depot	10,1	kWh	Kobbervikdalen
Energi i batteri	300	kWh	Volvo 7900
Antall turer opp og ned Spiraltoppen	15		Kjører fra depot, opp og ned, så til depot
Energi i batteri når tilbake på depot	77,7	kWh	På 25 % ladet batteri når tilbake på depot

Tabell 6 – Beregning av energiforbruk 12 meter elbuss

Basert på opplysninger om leverte el-minibusser til Norge har en typisk Iveco Daily en batterikapasitet på 90 kWh. Rekkevidden er oppgitt å være 160 km under de forhold de opererer under. Det gir et forbruk på ca. 0,56 kWh/km. Foreløpige beregninger viser at med antatt vekt og 50 % regenerering av den potensielle energien vil en slik buss klare 12 rundturer Strømsø – Spiraltoppen.

5.2.3 Ladestrategi

Brakar har bestilt Volvo 7900 12 m elbusser med batterikapasitet på 150 kWh med pantograflading. Det er oppgitt at det ikke tilrådelig å benytte samme pantografløsning for flere tilbud. Et evt. tilbud med elbuss til Spiraltoppen må derfor baseres på depotlading eller investering i pantograflader.

Et mulig scenario er å lade elbussene på depotet i Kobbervikdalen, og så kjøre flere turer opp og ned Spiraltoppen før bussen kjører tilbake til depot for lading. Å kjøre fra depot til Drammen busstasjon og tilbake igjen krever 10,1 kWh energi fra elbussen.

5.2.4 Batterilevetid

Volvo oppgir på sin elektriske 7900 busser en batterilevetid på 6 år. Brakar har i sin dialog med Volvo ikke fått en egen pris på bytte av batterier, det er medberegnet i totalprisen. Volvo estimerer bytte av batterier to til tre ganger i løpet av bussens levetid. En viktig premisse for energiberegning og rekkevidde er at batterier normalt byttes når i det de oppnår 80 % av opprinnelig kapasitet.

5.3 Selvkjørende busser

5.3.1 Egenskaper

Et av alternativene som skal utredes er muligheten for innfasing av selvkjørende buss til Spiraltoppen. Utover å gi mobilitet vil et selvkjørende tilbud være en attraksjon i seg selv. Teknologien er under utvikling, men testes ut flere steder, bl.a. Kongsberg. Det er gitt åpning i lovverket for å teste dette under strenge forutsetninger. Den nye loven for «utprøving av selvkjørende biler» tillater å teste selvkjørende kjøretøy, så lenge man kan godtgjøre at kjøretøyet kan kjøre godt nok. Dette legger ansvaret på dokumentasjon og testing over på leverandørene, og vil presse de til å komme opp med gode løsninger⁶.

Trafikksikkerhetsrisikoen er i stor grad forbundet med interaksjonen med medtrafikanter, spesielt myke trafikanter. De selvkjørende bussene har lav fart, ca. 12 km/t. Det gjør de mindre egnet til å trafikkere i gater der biltrafikken har høyere hastighet. Disse egenskapene kan derimot være mindre utfordrende i et konsept for selvkjørende busser i spiralen, da trafikkbildet ikke er så komplekst som gjennom sentrum, og hastigheten uansett er begrenset av tunnelens geometri. Dette er bakgrunnen for å foreslå selvkjørende buss i et alternativ som tilbringertilbud fra linje 4, holdeplass Konggata, gjennom tunnelen til toppen.

Et av forslagene har også vært å stenge tunnelen for biltrafikk slik at dette gir de beste driftsvilkår for selvkjørende buss. Trolig vil det være mindre komplisert å implementere dette konseptet tidligere på den måten. Konsekvenser av dette er ikke vurdert i denne rapporten, men vil trolig også kreve noe mer kapasitet.

Drift av selvkjørende busser er regulert av lov om utprøving av selvkjørende kjøretøy⁷. Loven krever ikke bemanning men krav til sikkerhet og ansvar har medført at disse kjøretøyene bemannes. Det er likevel signaler som tyder på at dette kan endres innen relativt kort tid, ca. rundt 2021. For sammenligningsgrunnlaget er dette vist som to varianter av alternativet.

5.3.2 Erfaringer med selvkjørende busser i Norge

Stavanger

Kollektivselskapet Kolumbus i Rogaland er blitt godkjent av Samferdselsdepartementet for å frakte folk mellom Forus og Sandnes, melder VG. Kolumbus selv melder at dette er den første tilatelsen av denne typen i Skandinavia. Det er fremdeles mange begrensninger knyttet til tillatelsen. Bussen kan blant annet ikke kunne kjøre raskere enn 12 km/t og det må til enhver tid være en vert ombord som kan trykke på bremsen, hvis det blir nødvendig. I Stavanger har selvkjørende småbusser blitt testet ut på bane i to år med 1700 kjørte timer og 6000 passasjerer. Nå er den i rute i en næringslivspark og er den første selvkjørende bussen i Norge i ordinær rute⁸.

Fornebu

18. juni starter ordinær rutetraffic for denne selvkjørende badebussen på Fornebu. På Fornebu er planen at bussene skal frakte badegjester til Storøyodden badestrand gjennom hele skoleferien. På fine dager kan det være trangt om parkeringsplassen ved Storøyodden badeplass. Målet til Obos er å se om bussene kan bidra til at flere reiser kollektivt til stranden i sommer⁹.

⁶ <https://www.tu.no/artikler/na-bli-det-lov-a-teste-ut-selvkjorende-kjoretoy-pa-norske-veier/413029>

⁷ <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2017-12-15-112>

⁸ <https://www.tu.no/artikler/na-kjorer-norges-forste-selvkjorende-buss-i-trafikk/439794>

⁹ https://www.tu.no/artikler/for-tre-dager-siden-ble-den-forste-selvkjorende-bussen-satt-i-rute-na-er-neste-i-rekken-klar/440004?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter-2018-06-16



Figur 9 – Selvkjørende buss Fornebu (foto: Teknisk ukeblad)

5.3.3 Leverandører av selvkjørende busser

Navya er et fransk selskap som har jobbet med selvkjørende kjøretøy i 14 år og fikk sitt første selvkjørende kjøretøy i 2015. De leverer en selvkjørende buss av samme type som Forus kalt Navya Autonom, se Figur 5.7.



Figur 5.10: Navya selvkjørende elbuss.

EasyMile er et verdensomspennende selskap med base i Toulouse som er spesialisert på Selvkjørende kjøretøy. Deres løsning heter EZ10



Figur 11 – EZ 10 (foto: Produsenten)

Local motors er et amerikansk selskap. Deres produkt heter Olli.



Figur 12 – Olli (foto: local motors)

5.4 Nødvendige installasjoner for drift av små selvkjørende minibusser

Gjennom Navya og Applied Autonomy er det hentet inn flere erfaringspunkter når det gjelder drift av små selvkjørende elbusser. De fleste av disse punktene gjelder mest sannsynlig for alle slike små selvkjørende elbusser i dag.

5.4.1 Sensorikk

Til å «se» har bussen forskjellige sensorer.

- Lidar¹⁰ samme teknologi som i lasermålerne politiet bruker til fartskontroll.
- Måler hjulrotasjon for et presist estimat av bevegelsen.
- Kamera, som ser omgivelsene og som en datamaskin analyserer for å identifisere fotgjengere med mer.

For å vite nøyaktig hvor bussen er bruker den GPS. GPS signaler er dårlige / ikke tilstede i tunnel. Navya oppga at tunneler lenger enn 30 meter kan gi problemer for GPS navigeringen, siden GPS signalet fra satellitter blir blokkert. For å løse dette må det installeres GPS-gjentakere i tunnelen som gjør det mulig å bruke bussens GPS navigering inne i tunnelen. Dette er et punkt i tilbudet fra Navya under «GNSS base (GPS)».

Lidar blir oppgitt til å virke veldig godt i tunneler, og kan gi perfekte avstander til sidene i tunnelen. For at et selvkjørende kjøretøy skal kunne navigere sikkert gjennom tunnelen må det installeres skilt med ulik form i begge retninger. Skiltene må monteres slik at de klart skiller seg ut fra bakgrunnen i tunnelen.

Det er også vesentlig at det er installert 5G dekning i tunnelen for overvåkning og kommunikasjon med kjøretøyet.

5.5 Energiforbruk, rekkevidde og ladestrategi for selvkjørende busser

5.5.1 Motoreffekt og helning

Navya Autonom har vanligvis én elektrisk motor som virker på en aksel og dermed to hjul, har en øvre grense på helning på 10 %. Det tilsvarer en stigning på 165 m i høyden på den 1650 meter lange tunnelen. Spiraltoppen tunnelen har en jevn stigning på 10-11 %.

For å sikre at bussen kan ta stigningen, vil Navya levere en spesialmodell, som de har levert før, med to elmotorer, en på for- og en på bakakselen.

5.5.2 Regenerering av energi

Elektriske kjøretøy, både biler og busser, har som regel installert mulighet for regenerering av bremseenergi. Systemet virker ved at en «dynamo» kan slås av og på, når den skronerus på genererer hjulets rotasjon elektrisk strøm, som igjen bremser hjulet. Denne strømmen brukes til å lade batteriene og bussen bremses.

Systemene for regenerering av bremseenergi kan enten være installert separert eller ved at selve elmotorene kan gå i revers. Som et eksempel, så har Nissan leaf en regenerator installert på høyre bakhjul. Når det er installert et eget system for regenerering, så har det en øvre grense på hvor stor effekt batteriet kan lades ved regenerativ bremsing. Overskytende effekt må tas av de vanlige mekaniske bremsene, og den energien er da tapt. I tillegg er det et visst energitap ved regenereringen.

Spiraltoppen ligger 160 meter over tunnelåpningen, og det vil brukes en god del energi til å overvinne tyngdekroneraften. For å få vite hvilket potensial Navya Autonom har til å regenerere den potensielle energien fra tyngdekroneraften når bussen kjører ned, har vi bedt Navya gi et estimat på dette, se tabellen under. Estimatet til Navya er at ca. halvparten av den potensielle energien blir gjenvunnet ved regenerering i det bussen kjører ned.

¹⁰ En optisk fjernmålingsteknikk som brukes til hurtig måling av fysiske objekters posisjon.

Spesifikasjon	Verdi	Enhet	Kommentar
Tom vekt	2400	kg	
Brutto vekt (15 pax a 70 kg)	3450	kg	
Gjenvunnet energi Spiraltoppen	0,8	kWh	Fra Navya, "gross weight", antar 3450 kg
Potensiell energi	1,53	kWh	Potensiell energi for full buss, på Spiraltoppen
Regenereringsgrad	0,52		For full vekt, gjenvinner 52 % av potensiell energi
Maksimums fart teknisk	42	km/t	Navya spesifikasjon
Maksimums fart regelverk	25	km/t	Navya spesifikasjon
Energi i batteri	33	kWh	Navya spesifikasjon
Maksimums ladeeffekt	7,2	kW	32 A på 220 V, kan også lade på 16 A som gir 3,6 kW

Tabell 7 – Spesifikasjon selvkjørende buss

5.5.3 Energiforbruk selvkjørende elbuss

Spesifikasjon	Verdi	Enhet	Kommentar
Snittfart	18	km/t	
Vekt – halvfull	2925	kg	
Energiforbruk opp og ned per tur	1,15	kWh	
Energiforbruk per km	0,36	kWh/km	
Rekkevidde uten lading underveis	68,75	Km	
Ladeeffekt	7,2	kW	
Ladetid hver tur for å holde batteriet på lik ladning	9,6	Minutter	ikke medberegnet oppkobling

Tabell 8 – Beregning av energiforbruk selvkjørende buss

Ladetiden kan ses i sammenheng med den tilgjengelige regulering av rutetid i konseptet matebuss til linje 4. Gitt rutetidene beholdes lik dagens passerer denne hlp Kongsgata h.v. 11 og 41 minutter over hver time mot sentrum og 15 og 45 fra sentrum. Ankommer den selvkjørende bus-sen f.eks 10/40 og går 20/50 Med ca. 10 min kjøretid gitt en hastighet på ca. 11-12 km/t vil regulering på toppen bli for knapp til å lade, spesielt med opp- og nedkolbing. Dette er også et argument for å investere i to kjøretøy.

5.5.4 Batterilevetid

Generelt vil batterienes levetid variere med hvordan de brukes, spesielt antallet ladesykluser vil spille inn. Navya oppgir ingen levetid, men har en kontrakt med service på 5 år. De regner ikke med at batteriene skal byttes innen denne perioden, men opplyser at hvis batteriene skulle trenges å byttes, så vil det gå under serviceavtalen og ikke føre til økte utgifter for de som har kjøpt den selvkjørende bussen. For EasyMile EZ10 oppgis det at det ikke behøves batteribytte i bussens levetid som er satt til 6-7 år. Det er blitt bekreftet at levetiden kan forlenges til 10 år, hva dette vil ha å si for batterilevetid er ikke fremkommet.

5.6 Vinterdrift

Temaet er relatert til snøfall, samt snø- og isdekke.

Dagens 12 meter busser anses å ha svært god fremkommelighet på vinterføre. Stor del av bussens vekt hviler på drivende hjul, noe som er en forutsetning for god fremdrift i motbakke på snø- og isdekke. El-busser antas å ikke ha nevneverdig endring i vektfordeling da akselkonfigurasjon (akselvekter og avstand) er tilnærmet lik diesel.

Konvensjonelle diesel minibusser har mindre vekt liggende på drivende hjul og anses å ha visse fremkommelighetsproblemer på vinterføre relatert til fremdrift. For el-variantene er det lite erfaringsgrunnlag å vise til, men som for store busser handler dette om vektfordeling i forhold til drivende aksler. Plassering av batteri og motorer spiller inn.

For selvkjørende busser er det for EZ10 opplyst at denne trekker på alle hjul. Det er en fordel i forhold til fremføring. Erfaringer fra Finland har vist at sensorikk kan ha visse utfordringer når det er mye snø p.g.a. mangel på referansepunkter. Dette er løsbart ved å sette inn flere refleksjonsplater. I Kongsberg pågår testing av selvkjørende buss nettopp med den hensikt å utvikle kjøretøyets egenskaper på vinterføre.

5.7 Kjøretøyenes egnethet for tilbudet på Spiraltoppen

5.7.1 Kapasitet

Summen av sitteplasser og ståplasser gir kapasiteten til kjøretøyet:

- Ordinær 12 meters buss har typisk 30 sitteplasser og 30-40 ståplasser.
- Minibuss basert på varebil har typisk 10-12 seter + rullestolplass, og lite antall ståplasser.
- Selvkjørende busser har typisk 6 sitteplasser og 6 ståplasser.

Gitt døgnfordelingskurven, estimerte passasjertall og 2 avg/time tilsier beregningene at de høyeste tallene pr avg i helg vil være ca. 14 pers / avg. I utgangspunktet ligger minibuss og selvkjørende buss nær dette, men om det er reisende i grupper, f.eks. utflukter skole, under arrangementer osv., vil disse ikke ha kapasitet.

5.7.2 Attraksjon

Historikken rundt Spiraltoppen som et kreativt tiltak for å hente ut steinmasse har ført til at området i seg selv har blitt en attraksjon. På samme måte kan det tenkes at transporttilbudet kan bygge opp under denne tanken. Spesielt vil de selvkjørende alternativene vekke stor interesse og fremstå som et alternativ i seg selv.

5.7.3 Universell utforming

Alle busser i trafikk skal imøtekomme regelverk ECE R107 som regulerer tilpasning av løsninger for universell utforming i de ulike bussklassene. Kjøretøyenes utforming har betydning for hvilke reisende som kan fraktes og hvor effektivt dette kan gjøres. Ordinære busstyper (12 meter) har lavt innsteg, lavgulv / laventre, doble dører, fleksibelt areal for rullestol, rullatorer, sykler, barnevogner m.m.



Figur 13 – Rampe på 12 meter buss (foto: BFK)

De mindre alternativene har naturlig nok ikke samme fysiske forutsetninger for å kunne imøtekomme disse egenskapene. De minibusser som er levert i Norge så langt er basert på varebiler som har smale dører, ingen trinnfri adkomst og alt av hjulgående materiell må ofte lastes inn bak via ramper eller lift. Alternativer med rampe langs siden og bredere dør er tilgjengelig, men foreløpig er det få erfaringer i Norge med busstypen og leverandørsituasjonen er begrenset.



Figur 14 – Typisk rampeløsning minibuss (foto: Mercedes Benz)

De selvkjørende bussene har brede dører, lavt gulv, nivåsenkning med knapp, er sertifisert for 350 kg rullestol og har noe fleksibelt areal.

5.7.4 Miljøprofil

Intensjonen for å utrede et tilbud var å vurdere ulike elektriske (utslippsfrie) driftsalternativ. Dagens busser benytter diesel / HVO som drivstoff. Dette oppfattes ikke like miljøvennlig som elektriske alternativ, selv om lokale utslipp er svært lave. I tillegg kommer støy.

5.7.5 Rekkevidde

Rekkevidden er basert på beregninger som har tatt hensyn til den ekstra energi som kreves for å drifte et tilbud med den stigningen som er i tunnelen, distansen til/fra depot og 25 % restkapasitet i batteriet:

- Ordinær 12 meters elbuss med 300 kWh batteri: 15 rundturer Strømsø - Spiraltoppen
- El-minibuss med 90 kW batteri: 12 rundturer Strømsø - Spiraltoppen
- Selvkjørende buss: 17 rundturer Konggata – Spiraltoppen

For gitt anbefalt tilbuds nivå er det 22 rundturer Strømsø – Spiraltoppen, eller 20 rundturer Konggata – Spiraltoppen. Ingen av de elektriske alternativene vil kunne klare dette med en lading. For å kunne oppnå full drift er det ulike investeringer som må legges til grunn:

- 12 meter ordinær elbuss: Pantograflader eller 1 ekstra buss
- El-minibuss: 1 ekstra buss (totalt 2)
- Selvkjørende buss: 1 ekstra kjøretøy (totalt 2)

Leverandører av selvkjørende busser anbefaler også 2 kjøretøyer pga. redundans, kapasitet og ladetid.

5.7.6 Sammenstilling av kjøretøyenes egnethet

I tabellen under er det gitt skjønnsmessig vurdering av de ulike kjøretøyalternativenes egnethet for tilbudet til Spiraltoppen jfr. flg. skala:

- 0: lite egnet
- 1: brukbar
- 2: godt egnet

	Dagens 12m	El_mini	El_12m	Selvkjørende
Kapasitet	2	1	2	1
Attraksjon	0	1	1	2
UU	2	0	2	1
Miljøprofil	1	2	2	2
Rekkevidde	2	1	1	1

Tabell 9 – Sammenstilling av ulike kjøretøytypers egnethet

Generelt scorer el minibuss relativt lavt da denne har lav kapasitet, liten attraksjonsverdi og dårlig tilpasning til universell utforming. De større bussene scorer høyt da disse gir god kapasitet, tilbyr god tilpasning til universell utforming. Alle elektriske alternativ får høy score for miljøprofil. Ingen elektriske kjøretøyer innfrir tilstrekkelig kjørelengde med ett kjøretøy i drift gitt dagens tilgjengelige batterikapasitet. Dette medfører investering i ekstra ladeinfrastruktur eller flere kjøretøyer.

5.8 Aktuelle driftsalternativer for Spiraltoppen

Driftsalternativene som foreslås er basert på en kobling av tilbudskonseptene og tilpasning av kjøretøyenes egnethet. De ulike alternativene med tilbud, kjøretøytype, antall kjøretøy og nødvendig infrastruktur er lagt som forutsetninger for videre beregninger og er vist i tabellen under:

Alt	Strekning	Tilbud	Kjøretøytype	Ant kjøt	Infrastruktur
1	Strømsø – Spiraltoppen	09-20 lø/sø, Hvert 30 min	Dagens materiell (diesel)	1	
2A	Strømsø – Spiraltoppen	09-20 alle dager Hvert 30 min	El 12 m	1	Pantograflader
2B	Strømsø – Spiraltoppen	09-20 alle dager Hvert 30 min	El minibuss	2	
3A	Konggata – Spiraltoppen	09-20 alle dager matebuss linje 4 Hvert 30 min/ tilpasset	Selvkjørende buss 2019 situasjon	2	Ekkosignalsystem, ny holdeplass, ladestasjon, 5G nett
3B	Konggata – Spiraltoppen	09-20 alle dager matebuss linje 4 Hvert 30 min / tilpasset	Selvkjørende buss 2021 situasjon	2	Ekkosignalsystem, ny holdeplass, ladestasjon, 5G nett

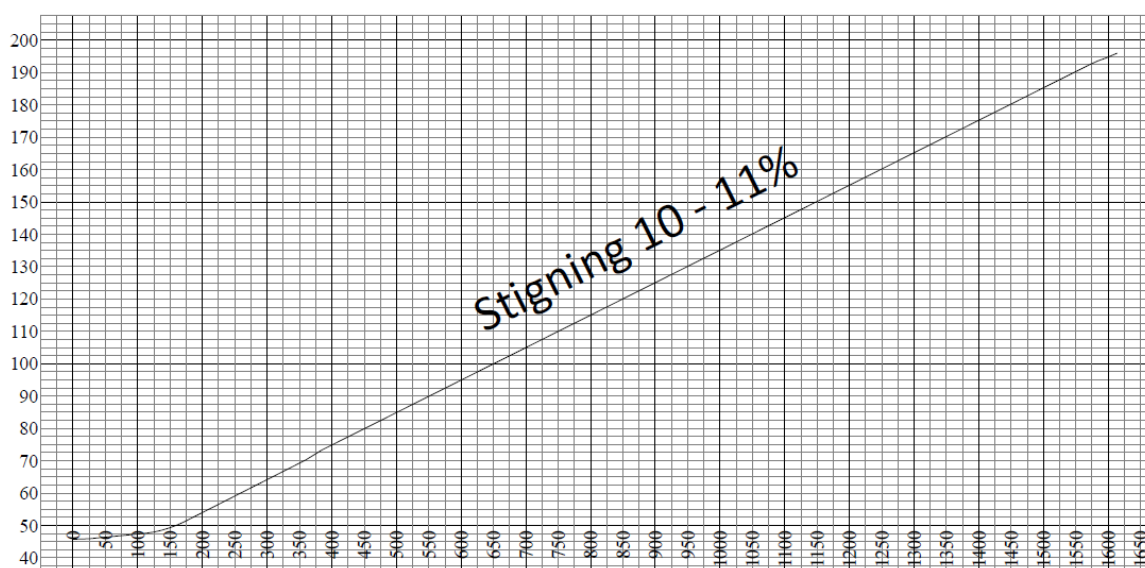
Tabell 10 – Driftsalternativer sammensatt av tilbudskonsept og egnede kjøretøytyper

6. INFRASTRUKTUR

Tilpasning av infrastruktur ligger etter markedsbehov og tilbudsutforming i prinsippet for god kollektivplanlegging. Infrastruktur vil likevel også være en premissgiver i en reell situasjon. Her vises det til noen av forutsetningene og behov for tilpasning til foreslåtte tilbud.

6.1 Stigningsprofil

Basert på kommunens tegninger er det laget en stigningsprofil på tunnelen. Denne viser relativ flat kurvatur fra høyde 50 meter de første 150 meter, deretter en stigning på 10 – 11 % til tunnelåpningen på toppen 195 meter. Dette er relativt bratt og har vært gjenstand for ekstra vurderinger for om det er teknisk gjennomførbart for enkelte av vogntypene.



Figur 15 – Stigningsprofil tunnelen Spiraltopptoppen

6.2 Nødvendige installasjoner

Det er kartlagt nødvendige installasjoner, i første rekke for selvkjørende buss:

- Det må være 5G mobildekning i tunnelen. Kostnader ved etablering av mobildekning forventes inntatt i eget prosjekt for rehabilitering av Spiraltunnelen, og gir dermed ikke kostnad til ev. innføring av buss til Spiralen. Påpekes som nødvendig infrastruktur, men ikke kostnadsdrivende.
- For at et selvkjørende kjøretøy skal kunne navigere sikkert gjennom tunnelen må det installeres skilt med ulik form i begge retninger. Skiltene må monteres slik at de klart skiller seg ut fra bakgrunnen i tunnelen.
- En garasjeløsning er nødvendig for oppbevaring og ladning av kjøretøyene. Den bør ha plass for begge minibussene. Garasjen bør plasseres i eller i tilknytning til ruten
- Ladeløsningene som er tilgjengelig er induksjonsladning eller 220 V, 16 A/32 A ladning. Vi forventer at ladeløsningen blir utviklet og forbedret også til hurtiglading.
- Pantograflader for el-buss 12 meter. Stipulert til ca. NOK 4 mill kroner.

7. ØKONOMISKE FORHOLD

7.1 Driftskostnader

De kostnader som benyttes i denne kalkulasjonen er dels erfaringsbaserte, dels innhentet fra leverandører og samarbeidspartnere som Applied Autonomy.

7.1.1 Kjøretøy

Investeringskostnaden pr. kjøretøy er lagt til 4 millioner for elbuss, 2-2,5 for selvkjørende buss. Levetid er satt til ti år med rente fire prosent for sammenligningens skyld. Innhentede opplysninger fra leverandører av selvkjørende busser opererer med kortere levetid. Blant annet så opereres det med årlig leie inklusive driftskostnader på ca. 1,3 millioner kroner per år, eller innkjøp på ca. 2,5 millioner kroner med en restverdi på 50.000 kroner etter 3 år. Det forteller at teknologien er under stadig utvikling og at det kan forventes nye løsninger og større konkurranse i løpet av kort tid. For alternativ 1 er vognkostnad satt til 0 da buss fra dagens flåte utnyttes. Antallet vogner er satt til 1 for alternativ med 12 meters buss, mens for selvkjørende busser drift er det anbefalt 2 pga. redundans og kapasitet. For minibuss er det lagt inn 2 busser pga. rekkevidde.

Alternativ	Investeringskostnad	Antall	Totalt
1 – Dagens kapasitet	0	0	0
2A – El 12 m	4.000.000 kroner	1	4.000.000 kroner
2B – El mini	1.500.000 kroner	2	3.000.000 kroner
3A – Selvkjørende 2019	2.100.000 kroner	2	4.200.000 kroner
3B – Selvkjørende 2021	2.100.000 kroner	2	4.200.000 kroner

Tabell 11 – Oversikt over investeringskostnader kjøretøy for ulike alternativ

7.1.2 Arbeidskraftkostnader

Arbeidskraftkostnader er hentet fra SSB for bussførere basert på årslønn + 20 % sosiale utgifter og indeksregulert til 2018. Her er kostnaden oppgitt å være ca. 530.000 kroner per år. Dette er fordelt på et årsverk a 1800 timer. Det er tatt utgangspunkt i åpningstiden til tilbudet for å beregne arbeidskraftkostnadene uavhengig av antallet kjøretøy. Fra 2020 / 2021 forventes det at teknologien og lovgivningen åpner for at selvkjørende busser kan opereres uten vert. Likefullt antas det at det må være personell tilstede for daglig ettersyn, som lading, vask o.l. tilsvarende 1/3 av driftstiden.

7.1.3 Energikostnader

Energiforbruket er gitt av energiberegninger i alternativ 1 og 2 og 0,53 l diesel pr km for alternativ 3. Enhetskostnaden for diesel er satt til 10 kroner/liter eksklusiv mva. og strøm 1 kroner/kWh.

7.1.4 Vedlikeholdskostnader

Vedlikeholdskostnadene er funnet å være 2 kroner/km for elbuss og 1,8 kroner/km for diesel¹¹. At vedlikeholdskostnadene for elbuss er litt høyere kan skyldes at bytte av batteri inngår. For selvkjørende buss er det innhentet kostnader fra leverandører og evalueringsrapporter. Kostnadene ligger i intervallet 300.000 – 400.000 kroner per år.

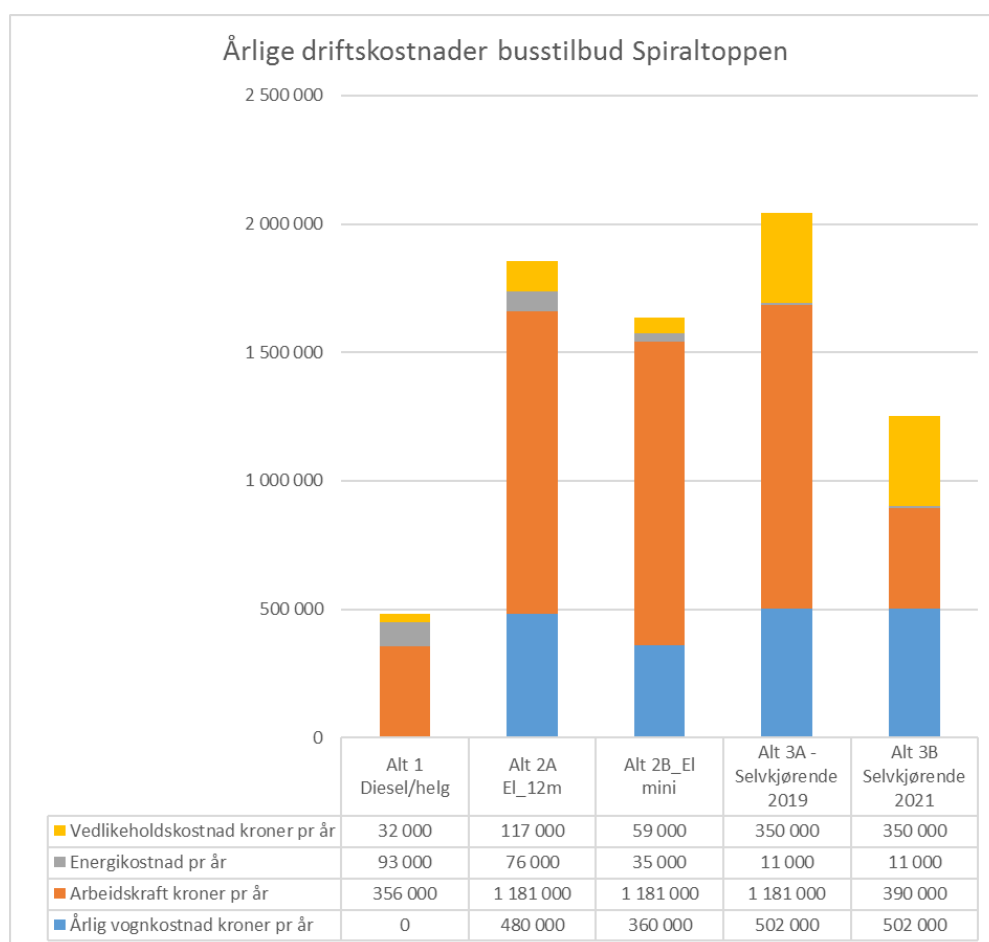
¹¹ TØI 1571

7.1.5 Driftskostnader oppsummert

Tabellen under viser oppsummerte kostnader per år for hvert kostnadselement fordelt på alternativene.

	<i>Alt 1 Diesel/helg</i>	<i>Alt 2A El_12m</i>	<i>Alt 2B El mini</i>	<i>Alt 3A - Selvkjørende 2019</i>	<i>Alt 3B Selvkjørende 2021</i>
Årlig vognkostnad kroner pr år	0	480 000	360 000	502 000	502 000
Arbeidskraft kroner pr år	356 000	1 181 000	1 181 000	1 181 000	390 000
Energikostnad pr år	93 000	76 000	35 000	11 000	11 000
Vedlikeholdskostnad kr pr år	32 000	117 000	59 000	350 000	350 000
Sum	481 000	1 854 000	1 635 000	2 044 000	1 253 000

Tabell 12 – Årlige driftskostnader



Figur 16 – Grafisk visning av kostnadselementer

Beregningene viser at arbeidskraftkostnader er utgjør størsteparten av kostnaden. Deretter vognkostnad og energikostnad. Energikostnaden er betydelig mindre for elbussene.

Totalt sett synes beregningene å vise liten forskjell mellom selvkjørende og ordinær buss. Deresom føreren kan erstattes på sikt vil selvkjørende buss være klart lavest driftskostnad.

Alternativet med gjenbruk av dagens kapasitet er betydelig rimeligere enn andre betjente alternativ. Her må det presiseres at det i dette alternativet inngår færre kilometer i produksjonen. Beregningen er i tråd med en gitt en kilometerpris på 30 kroner/km.

7.2 Investering infrastruktur

Alternativ 1 benytter dagens ressursinnsats og forutsettes idriftsatt uten nødvendige infrastrukturinvesteringer.

Alternativ 2A med 12 meter ordinær buss har påvist at bussen ikke kan driftes hele åpningstiden uten lading. Innhentede opplysninger¹² viser at etablering av pantograflader har en kostnad på 3 millioner kroner, noe som er lavere kostnad enn en buss. Dagens pantograflader på Strømsø kan teoretisk benyttes, men er frarådet benyttet til øvrig tilbud enn for linje 51/52 av kapasitetshensyn. Derfor tillegges dette som investeringskostnad for alternativet.

Alternativ 2B med el-minibuss vil kunne driftes med 2 kjøretøy som kan lades ved depot med lav strømstyrke. En slik ladestasjon er stipulert til en kostnad på 200.000 kr.

Alternativ 3A og 3B med selvkjørende busser har behov for ekkosignalsystem i tunnelen (114.000 kroner), ny holdeplass ved Konggata (2 mill kroner), ladestasjon (200.000 kroner) og garasje ved Spiraltoppen (2 mill kroner)

Investering Infrastruktur	Alt 1 Dagens	Alt 2A El_12m	Alt 2B_El mini	Selvkjørende 2019	Selvkjørende 2021
Ekkosignalsystem				114 000	114 000
Ny holdeplass ved kryss				2 000 000	2 000 000
Ladestasjon depot			200 000	20 000	200 000
5g nett i tunnel					
Garasje				2 000 000	2 000 000
Pantograflader		3 000 000			
Skilting og merking					
Sum	0	3 000 000	200 000	4 134 000	4 314 000

Tabell 13 – Oppsummering av infrastrukturinvesteringer

7.3 Takster

Markedsanalysen har påvist et potensial for 220 – 360 kollektivreiser daglig ut fra dagens besøkende med bil, reisemiddelfordeling for fritidsreiser, samt ytterligere potensial i sammenheng med store høydeforskjeller og ny attraktivitet på Spiraltoppen. I hvilken grad en kollektivandel på 10 % er realistisk er også avhengig av tilbuds nivået. Slik dette er foreslått med 30 minutters frekvens er dette i stor grad på linje med øvrig kollektivtilbud, unntatt stamlinjene, på de tider av døgnet og dager fritidsreiser dominerer.

Driftskostnadene pr. år er estimert til ca. 1,3 – 2 millioner kroner pr. år avhengig av driftskonsept, infrastrukturkostnader ekskludert. Hvilke inntekter som kan legges til grunn avhenger av hvilket takstregime og passasjergrunnlag som legges til grunn. Sistnevnte har stor usikkerhet.

Aktuelle takstregimer kan være:

- Gratistilbud
- Ordinær Brakartakst inkl. månedskort
- Ordinær Brakartakst + 25 %

Et gratistilbud vil gi 100 % driftstilskudd. Erfaringene med gratis tilbud er ofte at disse tar store andel fra gange- og sykkel, også på kortere reiserelasjoner. Risikoen er at tilbudet kan konkurrere med øvrig kollektivtilbud på fellesstrekning og bruke opp kapasiteten utenfor tiltenkte markedsområde.

¹² SINTEF 2017/605 Elektrifisering av korte tunge transporter

Ordinær Brakartakst vil kunne gi full integrasjon med alle Brakars produkter og fremstå som enkelt for eksisterende kollektivkunder. Gjennomsnittlig billettinntekt er i flg. SSB 11,75 kroner pr reise. Årsaken til at dette ligger lavt er at dette gjennomsnittet tar hensyn til månedskort, overganger, rabaterte billetter osv. Trolig er andelen enkeltbillettbetalende større for fritidsreiser, spesielt denne type tilbud, men det er i beregningene ikke tatt hensyn til dette.

Ordinær Brakartakst + 25 % kan argumenteres som et alternativ ut fra at dette tilbudet henvender seg til fritidsreiser med høyre betalingsvilje og at andelen enkeltbillettbetalende er større for denne type reiser. Ulempen er at dette ikke harmoniserer med øvrig takstsystem i Drammen og at det i seg selv kan være avvisende. Et tiltak kan være å likevel tilby reisende med periodebilletter tilgang. Empiri foreslår en priselastisitet på -0,4 for takstpåslag. Dette ligger til grunn i beregningene.

7.4 Inntekter, kostnader og tilskuddsbehov

Beregning av årlig inntekt er basert på 255 hverdager, 110 lørdager og søndager, passasjergrunnlag fordelt på dagtype fra markedsanalysen, takstnivå fra SSB¹³ og empiriske elastisiteter for takstøkning på -0,4. Det er foretatt beregninger for fire ulike takst- og etterspørselsscenario:

1. Dagens takst (11,75), dagens estimerte passasjergrunnlag
2. Dagens takst (11,75), dagens estimerte passasjergrunnlag + antatt nyskapt trafikk
3. Takst +25 % (14,69), dagens estimerte passasjergrunnlag
4. Takst +25 % (14,69), dagens estimerte passasjergrunnlag + antatt nyskapt trafikk

	Alt 1 Diesel/helg	Alt 2A El_12m	Alt 2B_El mini	Alt 3A - Selvkjørende 2019	Alt 3B Selvkjørende 2021
Årlig driftskostnad	481 000	1 854 000	1 635 000	2 044 000	1 253 000
Inntekt min	275 044	593 845	593 845	593 845	593 845
Inntekt max	525 498	1 252 576	1 252 576	1 252 576	1 252 576
Tilskuddsandel min	43 %	68 %	64 %	71 %	53 %
Tilskuddsandel max	-9 %	32 %	23 %	39 %	0 %

Tabell 14 – Estimerte driftskostnader, inntekter og tilskuddsbehov

På hverdag er inntektsintervallet mellom 600.000 og 1.250.000 kroner pr. år. I helg 275.000 til 525.000 kroner. Sett opp mot de ulike driftsalternativene er det store spenn i behovet for tilskudd. Alt fra tilnærmet kommersielt balanse til et tilskuddsnivå på over 70 %. Av driftsalternativene synes alternativ 1 med dagens materiell å være det som gir minst behov for tilskudd. Selvkjørende tilbud, ref. alt 3B, kan være konkurransedyktig rent økonomisk.

Beregningene er basert på at man treffer inntektspotensialet med halvtimesfrekvens. Dersom markedet ikke anser dette som tilfredsstillende kan det være at tilbudet må økes til 15 min frekvens. Det vil føre til nærmere en dobling av utgiftene uten tilsvarende økning i inntekter. Tidligere forsøk på å drifte tilbud kommersielt har vist seg å være lite bærekraftig. Utformingen av tilbudet i forhold til trasevalg, frekvens, bytte, koordinering av øvrig tilbud, markedsføring m.v. har stor betydning for hvor stor del av markedspotensialet som kan tas ut.

¹³ <https://www.ssb.no/350614/nokkeltall-fylkeskommunale-bussruter>

8. VURDERING AV ALTERNATIVER

Bussbetjening av Spiraltoppen er vist med flere kombinasjoner av tilbuds nivå og kjøretøytyper. Sammensetningen av tilbud og kjøretøy gir driftsalternativene ulike egenskaper. Disse egenskapene er valgt inndelt i 4 forskjellige tema for skjønsmessig vurdering basert på funn i rapporten.

Disse tema er:

- Drift
- Reisendes preferanser
- Kostnader
- Tilgjengelighet

Vurderingene er oppsummert slik:

- (-) Negativt
- (0) Nøytralt
- (+) Positivt

8.1 Drift

For drift vurderes vognbehov, energibehov, ladestrategi.

8.1.1 Alt 1 – Utnytte dagens kapasitet i helg

Vognbehovet vil ikke være nødvendig å øke da dagens vogner utnyttes, derimot vil dette legge begrensninger på åpningstiden til tilbudet ved at dette kun tilbys i helg. Dagens vogner betyr at dagens teknologi benyttes, h.v. diesel / diesel/hybrid. Energibehovet gir ingen begrensninger i driften i form av lading og gir full fleksibilitet i bruk av vogner og reservemateriell. (+)

8.1.2 Alt 2A – Normalbuss el

Det skisserte ruteopplegget for alternativet gir i utgangspunktet behov for 1 buss. Energibehovet og batteristørrelse tilsier at bussen må lades underveis. Teoretisk kunne dette være mulig å gjennomføre på Strømsø i tider med lite trafikk, men er frarådet som premiss for driften da dette ikke kan gå utover driften til linje 51. Alternativet er da å kjøre bussen til depot for lading. Det er da 3 alternative løsninger:

- En buss ekstra
- «hull» i rutetilbudet
- Etablering av pantograflading Strømsø eller Spiraltoppen.

Lading underveis eller bytte av vogn er løsbart (0)

8.1.3 Alt 2B – Små konvensjonelle elbusser

Innkjøp av nye busser gir ingen begrensninger på tilbudet. De minibusser som har blitt levert til Norge så langt har hatt noe begrenset rekkevidde (160 km), men nyere leveranser lover opp til 300 km. Sistnevnte vil i teorien kunne være tilstrekkelig for drifte tilbudet til Spiraltoppen en dag gitt skisserte tilbud. Det foreligger ikke tilstrekkelig testing og driftserfaring med minibusser med denne rekkevidden. Som for stor buss er bytte av vogn underveis løsbart. (0)

8.1.4 Alt 3– Selvkjørende buss

Det er lagt til grunn bruk av to kjøretøy da dette er anbefalt fra erfaringer med denne driften. Det gir økt redundans og mulighet for lading av ett kjøretøy mens det andre driftes. Totalt sett er det dermed ikke forstyrrelser i driften av tilbudet pga. lading. Det er usikkerhet rundt vinterdrift av dette tilbudet. Total score (0)

8.2 Reisendes preferanser

Dette tema er relatert til reiseopplevelse, kapasitet og universell utforming

8.2.1 Alt 1 – Utnytte dagens kapasitet

Bussene vil ha en kapasitet på typisk 30-35 sitteplasser og opptil 40 ståplasser som gir en samlet kapasitet på 70-75 personer pr buss. Det anses som svært god kapasitet, også til å håndtere grupper på enkelte av turene. Bussene er universelt utformet som lavgulv / laventre med plass til rullestoler, barnevogner, rullatorer m.m. Da bussene utnyttes som en del av dagens drift betyr at det ikke vil være et tilbud annet enn i helg. Dette vil oppfattes som negativt for de reisende at det ikke er et uniformt tilbud hele dagen. Mellom Strømsø og Spiraltoppen vil det ikke være behov for bytte. (-)

8.2.2 Alt 2A – Normalbuss el

Bussene har i stor grad samme konfigurasjon og kapasitet som dagens busser. Dvs. at kapasitet og universell utforming er ivaretatt. Konseptet med innkjøp av egne busser vil ikke gi brudd i tilbudet og ingen bytter mellom Strømsø og Spiraltoppen. (+)

8.2.3 Alt 2B – Små konvensjonelle elbusser

De bussene som er levert til Norge så langt er typisk varebiler ombygd til minibuss med typisk 12 seter. Det er begrenset med ståplasser. Bussene har sjelden lavgulv / laventre utførelse og liten mulighet til å ta inn barnevogner, rullestoler, rullatorer etc. via sidedør, snarere innlasting via bakdør. Dette gjør de lite egnet til å være tilpasset universell utforming og gir liten kapasitet. For øvrig er tilbudet som for stor buss, uten avbrudd. (-)

8.2.4 Alt 3– Selvkjørende buss

Kjøretøyene har brede dører som tillater lavgulv og mulighet for å ta inn rullestoler, barnevogner, rullatorer etc. Kapasiteten er ca. 12 – 15 passasjerer, men i betingelsene som er gitt for dagens prøvekjøring opereres det med maks seks personer ombord. Dette antas å bli endret med teknologiens modenhet slik at ståplasser kan tillates. I det beskrevne tilbudskonseptet må reisende påregne bytte mellom det ordinære tilbudet og den selvkjørende bussen på Konggata til/fra det ordinære busstilbudet i Drammen. (-/0)

8.3 Kostnader

Vurderingene baseres på beregninger av drifts- og investeringskostnader.

8.3.1 Alt 1 – Utnytte dagens kapasitet

Alternativet utløser ingen vognkostnad. Det gir et betydelig bidrag til totaløkonomien. Et redusert tilbud (kun helg) gir også noe lave avstandsrelaterte kostnader (km og timer) og mindre risiko. (+)

8.3.2 Alt 2A – Normalbuss el

Det er relativt høye vognkostnader og sjåførkostnader for å drifte tilbudet. Noe lavere energikostnader enn dagens, men dette veier ikke opp for nevnte kostnader. Manglende rekkevidde utløser behov for ekstra pantograflading eller ekstra vogn. (-)

8.3.3 Alt 2B – Små konvensjonelle elbusser

Økonomien i bussdrift er i stor grad knyttet til sjåførkostnad og stordriftsfordeler i form av standardisering av bussflåten. Minibussene har relativt høye vognkostnader i forhold til kapasiteten. Totalt gir ikke dette full uttelling i kraft av sin størrelse. (-)

8.3.4 Alt 3A – Selvkjørende buss 2019

Vognkostnader for 2 kjøretøy gir relativt høye kostnader. Når den selvkjørende bussen må betjenes av en vert gir dette foreløpig ingen gevinst for kostnadene sammenlignet med andre konsepter. (-)

8.3.5 Alt 3B – Selvkjørende buss 2021

I det bussen kan bli selvkjørende vil det være mulig å trekke ut den daglige verten om bord i kjøretøyet. Dette vil gi betydelige reduksjoner i kostnadene og gjøre dette konseptet rimelig. (+)

8.4 Tilgjengelighet

Vurderingen baseres på leverandørsituasjon og busstyper.

8.4.1 Alt 1 – Utnytte dagens kapasitet

Dagens busser kan benyttes, det er ikke behov for å kjøpe inn ytterligere (+)

8.4.2 Alt 2A – Normalbuss el

Leverandørmarkedet har økt betraktelig siste år og konkurransen gir reduksjon i prisene. Flere byer har bestilt el-busser og mange er levert. Det gir større sikkerhet for at bussene fungerer i praksis. (+)

8.4.3 Alt 2B – Små konvensjonelle elbusser

Usikkert leverandørmarked. I dag er det i stor grad ombygde varebiler som har blitt levert til Norge. Disse oppfyller i mindre grad UU og et lite leverandørmarked gir relativt høy pris sammenlignet med kapasitet og standard. (-)

8.4.4 Alt 3 – Selvkjørende buss dagens

Konseptet er under utprøving flere steder og det er hentet erfaringer. Det er 2-3 kjente leverandører på markedet. (+)

8.5 Oppsummert vurdering

	Drift	Reisendes preferanser	Kostnader	Tilgjengelighet	Total (rangering)
Alt 1	+	-	+	+	1
Alt 2A	0	+	-	+	2
Alt 2B	0	-	-	-	4
Alt 3A	0	-	-	+	3
Alt 3B	0	0	+	+	2

Tabell 15 – Oppsummering av kvalitetskriterier for ulike alternativ.

1. **Alt 1 utnyttelse av dagens kapasitet**, scorer høyt på drift, kostnader og tilgjengelighet, men «hull» i ruteplanen oppleves som negativt for de reisende
2. **Alt 2A Elbuss 12 m**, scorer dårlig på økonomi pga økte investeringer grunnet manglende rekkevidde. Reisendes preferanser og tilgjengelighet gir full score.
3. **Alt 3B selvkjørende buss 2021**, scorer høyt på drift, kostnader og tilgjengelighet, men lavt på reisendes preferanser, mest pga. kapasitet.
4. **Alt 3A selvkjørende buss 2019**, scorer lavt på kostnader i den perioden kjøretøyet må bemannes, i motsatt fall scorer alternativet lavere i perioden med bemanning pga. økte personalkostnader.
5. **Alternativ 2B El-minibuss**, har lav kapasitet, liten grad av UU og middels kostnad og tilgjengelighet.

8.6 Anbefaling

Vurderingsmetodikken tilsier at alternativ 1 er foretrukket. Denne har likevel klare ulemper i forhold til mandatet som tilsier elektriske busser. Dessuten tilbys kun helgetilbud. Alternativet er da ikke like åpenbart. El buss alternativ har utfordringer i forhold til rekkevidden da stigningen til Spiraltoppen krever en del energi. Å kompromisse på tilbudet for å få dette innenfor rekkevidde anbefales ikke og er ikke i tråd med markedsbasert tilbudsutvikling. En innfasing av et elektrisk tilbud må ses i sammenheng med nødvendige infrastrukturinvesteringer. Ved å se på alternativene over tid i sammenheng med teknologiutvikling og utvikling av Spiraltoppen er det mer nærliggende å foreslå en gradvis innfasing av tilbud til Spiraltoppen med å benytte elementer av flere alternativ:

Fase 1 – Oppstart med helgetilbud innenfor rammene med dagens materiell, jfr. alternativ 1. Dette kan idriftsettes umiddelbart uten nevneverdige tiltak. Tidsplan 2018-2019.

Fase 2 – Etter man har fått mer driftserfaring med elbusser i Drammen kan det vurderes å etablere et fullskalatilbud med El 12 meter. Dette kan da gi større synergier med øvrig Elbusdrift og tidspunktet for oppskalering av tilbudet kan sammenfalle med utviklingsplanene på Spiraltoppen. Da kan det på nytt vurderes om eksisterende ladeinfrastruktur kan benyttes, eller om leverandørmarkedet kan tilby vogner med lengre rekkevidde. Tidsplan 2020 – 2025.

Fase 3 – I det teknologien for selvkjørende buss er moden for full automatisering synes dette å være et interessant alternativ på noe lengre sikt. Løsningen er også interessant som en attraksjon i seg selv. Tidsplan 2025 ->

Leverandørmarkedet for el minibuss er begrenset og kapasitet og tilpasning til UU er av en slik standard at dette alternativet ikke anbefales for Spiraltoppen. Mindre kjøretøy gir ikke tilstrekkelig besparelse i driftskostnader til å bli interessant.