

Oktober 2012

TROLLEYBUSS - TRENDER OG UTVIKLING

Rapporten er utarbeidet av Norconsult på oppdrag fra Skyss





Trolleybuss teknologi

Trender og utvikling

Trolleybuss teknologi

Trender og utvikling

Oktober 2012

NORCONSULT AS
Postboks 1199 Sentrum
5811 Bergen

Tel: +47 5537 5537
E-post: tjp@norconsult.no

Prosjektnummer: 5124264

Filnavn	Status	Versjon	Dato	Forfatter	Kontroll
5124264_Rapport_v1_0	Leveret	1,0	2012-10-29	tjp	hpd
5124264_Rapport_v0_9	Foreløpig	0,9	2012-10-22	tjp	hpd
5124264_Rapport_v0_1_Utkast	Utkast	0,1	2012-10-16	tjp	hpd

Forord

Denne rapporten bygger på en tidligere Norconsult rapport fra 2010 og er ment som en supplering og oppdatering med hensyn til trolleybuss. Mens forrige rapport var skrevet på engelsk, er denne rapporten nå skrevet på norsk for å være lettere tilgjengelig både for fagfolk og det politiske miljø som skal avgjøre trolleybussens fremtid.

Det ligger mye interessant informasjon i den tidligere rapporten men det har ikke vært hensiktsmessig å oversette hele rapporten. De viktigste budskapene fra tidligere rapport er forhåpentligvis formidlet i denne rapporten også.

Rapporten er skrevet av sivilingeniør Thomas J. Potter. En del er direkte oversatte fra tidligere rapport som er skrevet av Axel Kühn. Det er også brukt informasjon som er presentert i Civitas' rapport fra januar 2010¹. Sivilingeniør Hans Petter Duun har kvalitetssikret rapporten.

Karl Inge Nygård og John Martin Jacobsen hos Skyss har vært oppdragsgivers representanter.

Bergen

Oktober 2012

¹ «Trolleybussdrift og gassbussdrift i Bergensområdet: En vurdering av situasjonen for drift av trolleybusser og gassbusser i Bergensområdet nå og i årene fremover», Civitas / Januar 2010 skrevet av Rolv Gillebo, Eivind Selvig og Torstein Teigland (Civitas) og Rolf Hagman (TØI)

Innhold

Forord	i
Sammendrag	v
1. Introduksjon – oversikt over dagens situasjon	1
1.1 Milepæler for trolleybussdrift i Bergen	2
1.2 Dagens trolleybussanlegg i Bergen	3
2. Trolleybuss teknologi og egenskaper	4
2.1 Fordeler.....	4
2.2 Ulemper.....	5
2.3 Ingen forskjell.....	6
2.4 Oppsummering.....	7
3. Trender – Internasjonal erfaring	8
3.1 Referansebyer presentert i 2010	8
3.2 Andre byer med relevante erfaringer	8
3.3 Lyon, Frankrike	9
3.4 Leeds, UK.....	10
3.5 Oppsummering.....	10
4. Teknologisk utvikling innenfor elektrisk drift	11
4.1 Batteri og superkondensator	11
4.2 Hydrogen.....	11
4.3 Hybrid.....	12
5. Konklusjon	13
5.1 Oppsummering og konklusjon	13
5.2 Konklusjon i rapport fra Civitas, januar 2010.....	13

Sammendrag

Oversikt over dagens situasjon

Trolleybuss har vært i drift i Bergen siden 1950 og er nå begrenset til 6 busser på en linje med en lengde på 6,5 km. I dag er kun 1% av bussene som er i drift i Bergensregionen trolleybuss (6 av ca. 600 busser).

Trolleybuss teknologi og egenskaper

Trolleybusser har noen fordeler, ulemper og like egenskaper når sammenlignet med andre type busser:

<i>Fordeler</i>	<i>Ulemper</i>	<i>Ingen forskjell</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Ingen lokalutslipp • Støysvak • Energi-effektiv • Attraktivitet 	<ul style="list-style-type: none"> • Estetikk • Investeringskostnader • Fleksibilitet 	<ul style="list-style-type: none"> • Kapasitet • Hastighet

Trender – Internasjonal erfaring

Internasjonale situasjoner og erfaringer viser at trolleybuss oppfattes som et kostbart system, spesielt når det behov for fornying av infrastruktur eller vognparken. Det er stor enighet om at trolleybuss-systemer generelt koster mer å drive enn andre type buss-systemer, mens miljøfordelene er vurdert å være gode nok i mange byer for å kompensere for dette og forsvarer å opprettholde et trolleybuss-system. Dersom et trolleybuss-system allerede er etablert og i drift, og det ikke er behov for større investering i infrastruktur eller nye busser, er det relativt lett å akseptere løpende driftskostnadene. Det er ikke noe klare internasjonale trender hverken å etablere nye trolleybuss-systemer eller legge ned eksisterende systemer. Det er stor satsing i Lyon med etablering av flere nye linjer. Leeds i UK har besluttet å bygge et trolleybuss-system i stedet for et skinnebasert system.

Teknologisk utvikling innenfor elektrisk drift

I senere år har det vært utvikling av strømlagringsystem som er drevet frem av bilbransjen. Det er vært utviklet nyere batterityper med høyere kapasitet og lengere levetid enn tidligere utgaver. Det finnes nå elektriske busser basert på batteri som kan kjøre opptil 200 km mellom hver lading. Det finnes sporvogner som kan kjøre flere kilometer på batteridrift (Nice, München og Zaragoza)

Det er gitt informasjon om følgende teknologier i rapporten:

- Batteri og superkondensator
- Hydrogen
- Hybrid

Oppsummering og konklusjon

Elektrisk drift har noen klare miljø- og energimessige fordeler. Det er ingen andre teknologi som er like miljøvennlige, inklusiv gassbusser som bruker bio-gass som drivstoff. Trolleybuss-systemet i Bergen er imidlertid lite og fordelene med trolleybussdrift er ikke maksimalt utnyttet. Traseen til linje 2 blir også betjent av andre linjer med andre type busser (parallele ruter). Det er ikke nok trolleybusser til å dekke rushtidsbehovet slik det må kjøres med andre busser og faste kostnader må dekkes av færre avganger.

Linjen har ikke vært utvidet siden 1982 til tross for stor utvikling i områder sør og øst for endepunkt ved Birkelundstoppen. Stivheten til trolleybussens infrastruktur er et hinder for utvikling av et bedre ruteopplegg i Bergen som kan gi bedre kobling av Landåsområdet til andre bydeler.

Etablering av driftsorganisasjon for strømforsyning av Bybanen (Bybanen AS) gir mulighet for synergieffekter på teknologi- og driftssiden ved at Bybanen har tilsvarende strømforsyningssystem som for trolleybuss.

Civitas-rapporten fra 2010 har noen relevante konklusjoner som er gyldig også i 2012:

- Trolleybussdrift ser ut til, bedriftsøkonomisk regnet, å være i størrelsesorden 20 prosent dyrere enn dieselbusser når fulle kapitalkostnader for busser og infrastruktur medregnes.
- Det er knyttet en del forhold til de bedriftsøkonomiske kostnadene, blant andre kjøpspris for infrastruktur. Det er argumenter for å regne lavere kapitalkostnader i og med at dagens busser og anlegg har en meget lav alternativ verdi og en vesentlig restlevetid.
- Også når miljøkostnadene er medregnet, har trolleybussene samfunnsøkonomisk høyere kostnader enn dieselbusser. Det er ikke regnet med støykostnader, men disse kan antas ikke å endre bildet vesentlig.
- Hvis man bestemmer seg for å beholde trolleybussdriften er det marginalt billigere å kjøpe noen nye trolleybusser slik at alle avganger kjøres med trolleybuss og ingen med dieselbuss.
- Det er sannsynlig at energiprisene vil endre seg i årene som kommer slik at trolleybussdriften blir relativt gunstigere i forhold til dieseldrift.

1. Introduksjon – oversikt over dagens situasjon

Dagens kollektivtrafikksystem i Bergen er stort sett basert på buss sammen med Bybanen som i dag består av en linje på knapt 10 km sørover til Nesttun. Bybanen skal forlenges til Lagunen med åpning i 2013, og til Bergen lufthavn Flesland med planlagt åpning i 2016. Bybanen skal være ryggraden i Bergens kollektivsystem i fremtiden. Det er politisk enighet om at den skal bygges både mot nord og vest. Til tross for stor satsing på Bybanen vil store deler av kollektivsystemet fortsatt være basert på buss.

Innenfor bussdrift drives en linje med trolleybuss. Dette er linje 2 på 6,5 km. Linjen drives med seks leddtrolleybusser. Dette er eneste trolleybuss-system i Norge.

De andre busslinjene kjøres med dieselbusser (~500) og naturgassbusser (ca. 80). Dieselbusser er dominerende med 85 prosent av bussparken, gassbusser utgjør kun 14 prosent av vognparken og trolleybusser kun 1 prosent av antall busser i bruk i Bergen.

<i>Type</i>	<i>Antall</i>	<i>Prosent</i>
Trolleybuss	6	1 %
Diesel	500	85 %
Naturgass	80	14 %
Totalt	586	100 %

Som andre byer i tilsvarende situasjon har det vært diskusjon om det vil være forsvarlig å opprettholde trolleybussdriften i Bergen. Denne diskusjonen er ikke ny i Bergen, dette har vært diskutert ca hvert 10 år, vanligvis i forbindelse med behov for innkjøp av nye trolleybusser.

I 1971 argumenterte sporveisdirektøren for omlegging fra trolley- til dieseldrift i Bergen. Men forkjemperne for trolleybussdrift vant fram med sine synspunkter og 20 nye busser fra Skoda ble bestilt for bruk på linje 2 og 5.

På slutten av 70-tallet og begynnelsen av 80-tallet ble det kjøpt inn flere typer trolleybusser, både 12 meter og leddbusser fra Volvo, MAN og Mercedes. I forbindelse med dette innkjøpet ble det mye diskusjon både internt i Bergen Sporvei og i Bergen kommune og i pressen.

På 90-tallet ble det kjøpt inn tre duo-busser fra Mercedes. Disse kunne kjøre både med diesel- eller elektrisk motor. Innkjøpet var delvis knyttet til bybanediskusjonen som foregikk på den tiden om den beste måten å betjene publikum med et effektivt og miljøvennlig kollektivtilbud. Duo-busser ble brukt til å kjøre med elektrisitet i tettbygde strøk (støysvak og null utslipp), men kunne fortsette ut i andre områder med dieseldrift uten at det var nødvendig med korrespondanse for passasjerene og investering i ny infrastruktur.

I periode 2001-2003 ble det igjen en ny diskusjon i forbindelse med behov for fornying av vognparken. Resultatet var en egen tilskuddsordning fra Bergen kommune som ga grunnlag for innkjøp av seks nye leddtrolleybusser fra MAN / Kiepe. Disse bussene er fremdeles i drift.

Som i andre byer med bussflåte bestående av ulike teknologier, har det vært en diskusjon om en det er tjenlig å beholde en liten andel trolleybusser, eller om det er bedre å konvertere fullt ut til enten «state-of-the-art» dieselbusser (EURO V-motor / EURO VI-motor) eller gassbusser, spesielt med biogass som drivstoff.

Et tilleggsmoment for Bergen er at med introduksjon av Bybanen, kan det oppnås synergieffekter på teknologi- og driftssiden ved at Bybanen har tilsvarende strømforsyningssystem som det trolleybussen har.

1.1 Milepæler for trolleybussdrift i Bergen

Februar 1950	Oppstart av trolleybussdrift i Bergen: Mulen – Møhlenpris Delvis erstatning av sporveisdrift på linje 3, Møhlenpris – Sentrum.
Desember 1957	Oppstart av trolleybussdrift: Engen – Fridalen Erstatning av sporveisdrift på linje 2
1959 - 1968	Forlengelse fra Fridalen, først til Rugdeveien, deretter til Bolstad i forbindelse med etablering av nytt verkstedsområde på Mannsverk
August 1983	Forlengelse fra Bolstad til Birkelundstoppen
Mars 2002	Avtale mellom Bergen kommune og Gaia Trafikk AS om investering i og drift av trolleybusser i Bergen

1.2 Dagens trolleybussanlegg i Bergen

Trolleybusser

- Seks lavgulv leddbusser type Neoplan. Bussene ble levert i 2004. De er moderne og i god stand og må forventes å kunne brukes i alle fall frem til 2020. Bussene er nå eiet av Tide Buss AS.

Infrastruktur

- Dobbeltsporet kontaktledning på strekningen Strandkai terminalen – Birkelundstoppen med vendesløyfer begge steder. Ledningen er fornyet over de siste ti årene og må forventes å kunne brukes i alle fall frem til 2030 uten større arbeider.
- Master for kontaktledning. De fleste mastene er i god stand. Et mindre antall master fra sporvognstiden må skiftes ut de nærmeste årene.
- Fire likeretterstasjoner for omforming av 11 kV vekselstrøm fra BKK til 600 V likestrøm for drift av bussene. Likeretterstasjonene er i god stand og må forventes å kunne brukes i alle fall frem til 2030 uten større arbeider.
- Infrastruktur er eiet av Tide Buss AS.

Verkstedanlegg

- Verksted på Mannsverk med tilhørende kontaktledning og verkstedutstyr for trolleybusser. Anlegget vil være tjenlig i mange år fremover. Nytt spesialutstyr må anskaffes sammen med eventuelle nye busser.
- Verkstedet på Mannsverk er eiet av Hordaland fylkeskommune.

2. Trolleybuss teknologi og egenskaper


Trolleybuss ble introdusert rundt forrige århundreskiftet. Elektriske motorer hadde den gang mange fordeler framfor både bensin- og dieselmotorer. Elektriske motorer gir maksimal utnyttelse allerede fra starten. Det betyr at akselerasjon og egenskaper i bakker var betydelig bedre med elektriske motorer enn forbrenningsmotorer. Det er grunnen til at trolleybusser fremdeles er foretrukket i områder med kupert terreng som f.eks. i Sveits.

Over tid har det vært en teknologisk utvikling av forbrenningsmotorer slik at de er blitt både kraftigere (spesielt i stigning) og mer miljøvennlig enn tidligere. Introduksjon av andre alternative drivstoff som naturgass og biogass har også redusert trolleybussenes relative fordeler. Samtidig ble trolleybussene relativt dyre fordi det ble solgt så få busser at de måtte "håndlages" i relativt små serier i motsetning til serieproduserte dieselbusser.

2.1 Fordeler

Ingen utslipp fra trolleybuss

Drift av trolleybusser gir null utslipp ved kjøring. Sammenligninger mellom elektrisk energi (trolleybuss) og andre drivstoffer avhenger derfor i stor grad av hvordan elektrisiteten produseres. Slik sett kan Norge sammenlignes med Sveits som også har mye vasskraft. Også en stor del av den elektriske energien i Frankrike produseres uten utslipp ved hjelp av kjernekraft.

CO ₂ utslipp for elektriske kjøretøyer i flere europeiske land	43 Elektromobilität und Energieeffizienz bei Bussen und Bahnen Prof. Dr.-Ing. Adolf Müller-Hellmann, VDV-Förderkreis e.V.											
	<p>CO₂ Emissionen von Elektrofahrzeugen in Europa</p> <table> <tr> <td>Deutschland</td> <td>94 g/km</td> </tr> <tr> <td>Italien</td> <td>90 g/km</td> </tr> <tr> <td>Polen</td> <td>170 g/km</td> </tr> <tr> <td>EU</td> <td>76 g/km</td> </tr> <tr> <td>Frankreich</td> <td>8 g/km</td> </tr> <tr> <td>Norwegen</td> <td>1 g/km</td> </tr> </table> <p>Quelle: Kruhl, Vortrag Essen 20.01.2009</p> <p> 11. Management-Symposium der Stiftung Führungsnachwuchs – 16. bis 18. Oktober 2009 in Karlsruhe</p>	Deutschland	94 g/km	Italien	90 g/km	Polen	170 g/km	EU	76 g/km	Frankreich	8 g/km	Norwegen
Deutschland	94 g/km											
Italien	90 g/km											
Polen	170 g/km											
EU	76 g/km											
Frankreich	8 g/km											
Norwegen	1 g/km											

Støysvak

På grunn av elektrisk drift har trolleybusser relativt lavt støynivå i forhold til busser med forbrenningsmotorer, spesielt når hastigheten er lav. Når hastighet overstiger 40-50 km/t vil støy fra dekk være dominerende slik at fordelene av elektrisk drift med hensyn til støy forsvinner. Trolleybusser er derfor spesielt egnet for urbane situasjoner hvor linjen opererer med lave hastigheter.

Energi-effektiv

Trolleybuss bruker ca. 40 prosent av energimengden som trengs for dieselbuss (1,8 kWh / km kontra 4,5 kWh). Elektriske motorer vil alltid være mer effektive enn forbrenningsmotorer. I tillegg bruker ikke elektriske motorer energi når bussen står stille og kan regenerere strøm under bremsing. Basert på dagens prisnivå for diesel og elektrisitet er energikostnader for trolleybuss ca. 25 prosent av dieselbuss.

Attraktivitet

Det er ofte vist til en såkalt «skinne-effekt» i forbindelse med skinnebaserte systemer. Den samme effekten er også ofte nevnt for trolleybuss og er forklart med «skinner i luften». Trolleybussens fysiske elementer, spesielt kontaktledningsanlegg hevdes å gi en signaleffekt til publikum og gir et mer lesbart og forutsigbart rutetilbud.

De fysiske attributtene ved trolleybussene er imidlertid ikke tilstrekkelig til å trekke et forsvarlig passasjergrunnlag i forhold til økte driftskostnader. For å forsvare trolleybussdrift er det nødvendig at den tilbyr attraktiv frekvens, god reguleritet og inngår i et samlet attraktivt kollektivtilbud.

2.2 Ulemper

Kostnader

Det er hovedsakelig investeringskostnader ved innkjøp av trolleybuss og infrastruktur (kontaktledningsanlegg og likeretterstasjon) som gjør trolleybuss-systemer dyre i drift.

I de senere årene er kostnadsforholdet til dieselbussdrift igjen blitt bedret fordi produsenter i øst-europeiske land nå leverer busser og utstyr med god kvalitet til lavere priser enn det man har hatt tilgang til før.

Det påløper også driftskostnader ved trolleydriften pga. behov kontinuerlig vaktjeneste fordi systemet må betjenes døgnet rundt spesielt i forbindelse med nødsituasjon eller skader på infrastrukturen.

Disse høye faste kostnadene kan delvis kompenseres hvis trolleybuss brukes på trafikkunge linjer med høy frekvens. Det er sjelden at trolleybusslinjer kjører på linjer med lavtrafikk som ikke har hyppige avganger.

Estetikk

Kontaktledningsanlegg er et visuelt element som er kan betraktes som forstyrrende og uønskelig. Nye teknologier som batterier åpner for drift uten kontaktledningsanlegg over en del av linjen.

Design er ofte en viktig del av et trolleybuss-system. Gaia Trafikk prøvd å etablere «Landåslinjen» som et varemerke i forbindelse med introduksjon av den nye trolleybussen i 2003.



Fleksibilitet

Trolleybusser er bundet til et kontaktledningsanlegg. Det er dermed nødvendig med investering hvis en trolleybusslinje skal endres eller forlenges. Det er også ofte problematisk i forbindelse med byggearbeid langs en trolleybusstrasé.

2.3 Ingen forskjell

Hastighet

Trolleybusser kan kjøre like fort som andre busser i urbane situasjoner. Driftshastighet på noen trolleybusslinjer i Zürich er opptil 70 km/t. Som tidligere nevnt har trolleybuss bedre akselerasjon og kan takle stigning bedre enn andre busser. Det betyr at en linje med trolleybuss kan ha en høyere kommersiell hastighet enn andre busstyper.

Kapasitet

Busser bygges nå med to ledd og en lengde opp mot 30 meter. Det vil gi en kapasitet opp mot 200 passasjerer. Størrelse på buss og kapasitet er imidlertid uavhengig av drivstoff.



2.4 Oppsummering

Trolleybusser har noen klare driftsfordeler i forhold til andre type teknologi. Disse fordelene har imidlertid over tid blitt svekket med utvikling av bedre og renere forbrenningsmotorer og bruk av alternativ drivstoff som gir mindre utslipp. Den største ulempen for trolleybuss er at det krever større ressurser å drive og vedlikeholde (faste kostnader). Det er mulig å redusere kostnadsforskjellen hvis bruk av trolleybuss er begrenset til linjer med stor trafikk siden de variable kostnadene pr. km for trolleybuss er lavere enn andre type busser.

3. Trender – Internasjonal erfaring

3.1 Referansebyer presentert i 2010

Rapporten fra 2010 presenterte erfaring fra flere byer:

- Sveits: Winterthur, Bern , Basel, Schaffhausen, Zürich
- Tyskland: Leipzig, Stuttgart
- Sverige: Stockholm
- Frankrike: Lille

Det ble konkludert med at det ikke var noen klare trender med hensyn til trolleybussutvikling. Flere byer valgt å satse på videre drift av trolleybusser (spesielt Winterthur og Zürich), mens andre byer har bestemt seg for ikke å satse videre på trolleybuss (Basel). De andre byene fortsetter å se på alternativer til dieselbusser (hybrid, gass inklusiv biogass, hydrogen, m.m.)

3.2 Andre byer med relevante erfaringer

Det kan også nevnes andre byer som ikke ble nevnt i 2010 og som har interessante erfaringer for Bergen:

- **Landskrona, Sverige** innført trolleybusser i 2003. Dett er verdens minste trolleybuss-system, 3 km og 4 trolleybusser.
- **Vancouver, Canada** hadde en omfattende diskusjon om trolleybuss i 2001-2003 i forbindelse med innkjøp av nye trolleybusser. Det ble til slutt bestemt å bestille 228 nye trolleybusser.
- **Ghent, Belgia** avviklet trolleybussdrift i 2009.
- **Arnhem, Nederland** har beholdt trolleybusser etter lang diskusjon og politiske ønsker om å legge ned system. Arnhem valgte å beholde trolleybusser fordi den er eneste by i Nederland med trolleybuss og det skaper en lokal identitet.
- **Edmonton, Canada** har avviklet trolleybussdriften i 2009. Trolleybussene var nesten 30 år gamle (levert i 1981-82). Eieren av systemet, Edmonton kommune, hadde et stort budsjettunderskudd og det var ikke mulig å finansiere innkjøp av nye busser.
- To andre byer, **Lyon i Frankrike** og **Leeds i UK**, har satset på trolleybusser som en sentral og viktig del av deres kollektivtransportsystem. Disse er nærmere presentert nedenfor.

3.3 Lyon, Frankrike

Lyon er Frankrikes neste største by og har et omfattende kollektivtransportsystem basert på tog, metro, bybane, trikk og buss. Lyon har hatt trolleybusser siden 1935 og hadde i 1961 det største antall trolleybuss i drift noen sinne i Frankrike, 370 trolleybusser. I de siste årene har det vært stor investering i nye busser og nye linjer med høy frekvens. Dette er gjort etter innføring av fire nye bybanelinjer i periode 2001 – 2009. Det var ikke forsvarlig å investere i bybanelinjer til andre deler av byen, men publikum vil ha et forbedret tilbud. Det ble derfor besluttet å etablere trolleybusslinjer for å oppnå mange av de samme egenskaper som bybanene. Lyon har satset mye på design av både trolleybusser og holdeplasser. Trolleybuss er også gitt prioritet i lyskruss og den kjører delvis på dedikert trasé gjennom nye utviklingsområder.

Lyon satser mye på design av trolleybuss.



Det er kjøpt inn både enkel busser og leddbusser.



Lyon har behov for å gi et moderne kollektivtilbud til bydeler og strekninger også hvor bybane ikke var aktuelt.



3.4 Leeds, UK

Leeds besluttet i juli 2012 til å bygge et nytt trolleybuss-system. Dette kom som resultat av en langvarig bybanediskusjon i Leeds. Hovedgrunnen for beslutning var at trolleybuss er billigere enn bybane, kunne oppnå noe av det samme med hensyn til miljøvennlighet, mer fleksibel i drift og kan bygges ut fortere lang eksisterende veger. Det var ikke en diskusjon om trolleybuss eller andre type busser, men trolleybuss kontra bybane. Leeds var den første byen i Storbritannia som introdusert trolleybuss i 1911.

Leeds satser også på design.



3.5 Oppsummering

Hovedkonklusjon fra gjennomgang av internasjonale situasjoner og erfaringer viser at trolleybuss oppfattes som et kostbart system, spesielt når det behov for fornying av infrastruktur eller vognparken.

Det er stor enighet om at trolleybuss-systemer generelt koster mer å drive enn andre type buss-systemer, mens miljøfordelene er vurdert å være gode nok for å kompensere for dette og forsvarer å opprettholde et trolleybuss-system.

Dersom et trolleybuss-system allerede er etablert og i drift, og det ikke er behov for større investering i infrastruktur eller nye busser, er det relativt lett å akseptere løpende driftskostnadene.

4. Teknologisk utvikling innenfor elektrisk drift

4.1 Batteri og superkondensator

I senere år har det vært mye diskusjon og utvikling av strømlagringsystem. Utvikling drives frem av bilbransjen, men resultater kan lett overføres til bussbransjen.

Det er vært utviklet nyere batterityper med høyere kapasitet og lengere levetid enn tidligere utgaver. Det finnes nå elektriske busser basert på batteri som kan kjøre opptil 200 km mellom hver lading. Det finnes sporvogner som kan kjøre flere kilometer på batteridrift (Nice, München og Zaragoza)

I tillegg til batteri er det også tatt i bruk superkondensatorer («supercapacitors» på engelsk). En superkondensator er lagringsenhet for elektrisk energi som kan lades og tømmes for energi mye raskere enn batterier. Kondensatorene har den spesielle og gunstige egenskap at de kan ta opp energi under bremsing og bruke denne energien under akselerasjon.

Superkondensatorer er energilagringenheter som kan lades og tommes fort.



4.2 Hydrogen

Hydrogenbusser er i prinsippet elektriske busser som har egen kraftstasjon ombord. Hydrogen i brenselceller produserer elektrisitet uten lokale utslipp. Bussene har samme fordeler som trolleybusser uten kontaktledningsanlegg.

Hydrogen har de siste årene blitt et tema med en rekke tester i ulike land og byer. Produksjonen av hydrogen krever energi som blir frigjort igjen under forbrenning eller kjemisk reaksjon. CO₂-relaterte utslipp ved produksjon av hydrogen, er omtrent som for elektrisitet, og er derfor sterkt avhengig av produksjonsmåten. Dersom hydrogen ikke blir produsert med fornybar energi, er de positive miljøeffektene begrenset til (null) lokale utslipp. Dette betyr at både fra et økologisk og energieffektivitetssynspunkt, bør bruk av hydrogen til transportformål konsentrere seg om hydrogen produsert fra vannkraft/fornybar energi eller som nest beste alternativ ved bruk av biogass i stedet for naturgass.

4.3 Hybrid

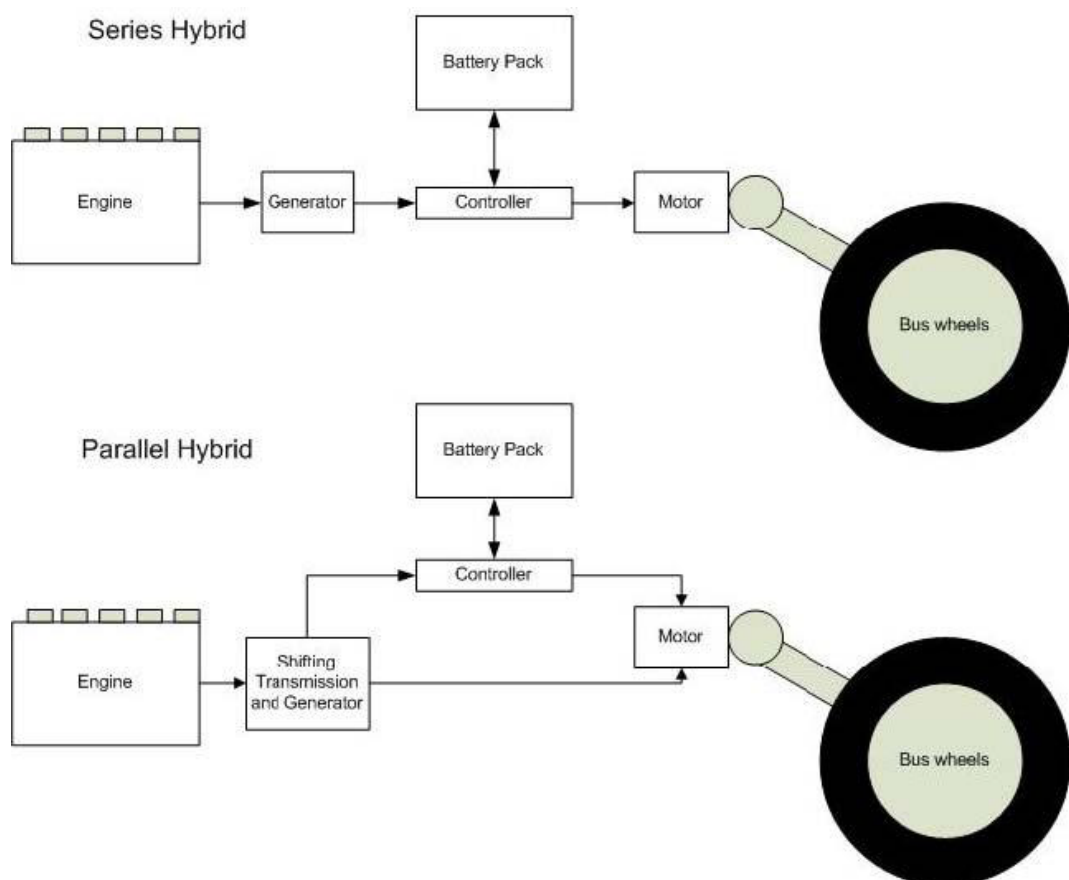
Hybridbuss er drevet av en blanding av en vanlig dieselmotor og en elektrisk motor. Hybridbuss har regenerativ bremsing, som betyr at de genererer elektrisk energi når bremsene trykkes. Denne elektriske energien er lagret i en batteripakke og brukes til å drive den elektriske motoren.

Hybridbuss reduserer utslipp av lokale forurensninger og karbondioksid med minst 30 prosent i forhold til konvensjonelle dieslbuss.

Sammenlignet med dieslbuss, hybridbuss leverer miljømessige fordeler, blant annet:

- Minimum 30 prosent reduksjon i drivstofforbruket
- Minimum 30 prosent reduksjon i karbondioksid
- 3 desibel [dB (A)] reduksjon i oppfattet lydnivåer
- Redusert nitrogenoksid og karbonmonoksid

Det er to ulike typer hybridbuss, series og parallell. Forskjellen mellom disse to er illustrert nedenfor.



5. Konklusjon

5.1 Oppsummering og konklusjon

Elektrisk drift har klare drifts-, miljø- og energimessige fordeler. Det er ingen andre teknologi som er like miljøvennlig. Trolleybuss-systemet i Bergen er imidlertid lite og fordelene med trolleybussdrift er ikke maksimalt utnyttet. Traseen til linje 2 blir også betjent av andre linjer med andre type busser (parallell ruter). Det er ikke nok trolleybusser til å dekke rushtidsbehovet slik det må kjøres med andre busser og faste kostnader må dekkes av færre avganger.

Linjen har ikke vært utvidet siden 1982 til tross for stor utvikling i områder sør og øst for endepunkt ved Birkelundstoppen. Stivheten til trolleybussens infrastruktur er et hinder for utvikling av et bedre ruteopplegg i Bergen som kan gi bedre kobling av Landåsområdet til andre bydeler.

Etablering av driftsorganisasjon for strømforsyning av Bybanen (Bybanen AS) gir mulighet for synergieffekter på teknologi- og driftssiden ved at Bybanen har tilsvarende strømforsyningssystem som for trolleybuss.

5.2 Konklusjon i rapport fra Civitas, januar 2010

Civitas-rapporten fra 2010 har noen relevante konklusjoner som er gyldig også i 2012:

- Trolleybussdrift ser ut til, bedriftsøkonomisk regnet, å være i størrelsesorden 20 prosent dyrere enn dieselbusser når fulle kapitalkostnader for busser og infrastruktur medregnes.
- Det er knyttet en del forhold til de bedriftsøkonomiske kostnadene, blant andre kjøpspris for infrastruktur. Det er argumenter for å regne lavere kapitalkostnader i og med at dagens busser og anlegg har en meget lav alternativ verdi og en vesentlig restlevetid.
- Også når miljøkostnadene er medregnet, har trolleybussene samfunnsøkonomisk høyere kostnader enn dieselbusser. Det er ikke regnet med støykostnader, men disse kan antas ikke å endre bildet vesentlig.
- Hvis man bestemmer seg for å beholde trolleybussdriften er det marginalt billigere å kjøpe noen nye trolleybusser slik at alle avganger kjøres med trolleybuss og ingen med dieselbuss.
- Det er sannsynlig at energiprisene vil endre seg i årene som kommer slik at trolleybussdriften blir relativt gunstigere i forhold til dieseldrift.

HORDALAND FYLKESKOMMUNE V/ SKYSS

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

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

skyss.no