Stockholms läns landsting

Landstingsrådsberedningen

SKRIVELSE
2016-11-09

LS 2016-0569

Landstingsstyrelsen

Utredningsbeslut avseende övergång till eldriven busstrafik

Föredragande landstingsråd: Paul Lindquist

Ärendebeskrivning

Ärendet behandlar utredningsbeslut avseende övergång till eldriven busstrafik.

Förslag till beslut

Landstingsrådsberedningen föreslår landstingsstyrelsen besluta

att fatta utredningsbeslut avseende övergång till eldriven busstrafik om högst 15 000 000 kronor inklusive index inom ramen för 2017 års budget med inriktningsnivåer för planåren 2018-2021.

Landstingsrådsberedningens motivering

Omvärldsanalyser visar att en satsning på eldriven busstrafik är ett allt vanligare verktyg för att sänka energianvändning och övrig miljöbelastning samt buller i städer.

Eldriven busstrafik kan bidra till att Stockholms läns landstings miljömål uppnås. Det gäller framför allt lägre energianvändning, ökad attraktivitet samt potential att på lång sikt minska driftskostnaderna i busstrafiken.

Ett utredningsbeslut föreslås att fattas för att belysa frågor avseende bland annat eventuella investeringar i infrastruktur, nya fordon, påverkan på avtal och affärsupplägg.

Beslutsunderlag

Arbetsutskottets protokollsutdrag den 25 oktober 2016 med (S)- och (MP)-ledamöternas särskilda uttalande
Fastighets- och investeringsberedningens protokollsutdrag den 20 oktober 2016 med (S)- och (MP)-ledamöternas särskilda uttalande
Landstingsdirektörens tjänsteutlåtande den 6 oktober 2016
Trafiknämndens protokollsutdrag en 23 augusti 2016, med MP-ledamöternas särskilda uttalande
Trafikförvaltningens tjänsteutlåtande den 29 juni 2016, inklusive Behovsanalys för eldriven busstrafik

Torbjörn Rosdahl

Paul Lindquist

Carl Rydingstam

§ 118
Utredningsbeslut avseende övergång till eldriven busstrafik
LS 2016-0569

Ärendebeskrivning

Ärendet behandlar utredningsbeslut avseende övergång till eldriven busstrafik.

Beslutsunderlag

Landstingsdirektörens tjänsteutlåtande den 6 oktober 2016
Trafiknämndens protokollsutdrag en 23 augusti 2016, med MP-ledamöternas särskilda uttalande
Trafikförvaltningens tjänsteutlåtande den 29 juni 2016, inklusive Behovsanalys för eldriven busstrafik
Fastighets- och investeringsberedningens protokollsutdrag den 20 oktober 2016

Förslag och yrkande

Ordförandens förslag om bifall till landstingsdirektörens förslag.

Proposition

Ordföranden ställer propositioner om bifall respektive avslag till landstingsdirektörens förslag och finner att utskottet bifallit förslaget

Arbetsutskottets beslut

Arbetsutskottet beslutar föreslå landstingsstyrelsen besluta

att fatta utredningsbeslut avseende övergång till eldriven busstrafik om högst 15 000 000 kronor inklusive index inom ramen för 2017 års budget med inriktningsnivåer för planåren 2018-2021.

Särskilt uttalande

Susanne Nordling (MP) och Erika Ullberg (S), Jens Sjöström (S) och Talla Alkurdi (S) lämnar ett särskilt uttalande till protokollet (bilaga).

Beslutsexpediering:
Landstingsstyrelsen
Akt

Stockholms läns landsting

LANDSTINGSSTYRELSENS
ARBETSUTSKOTT
Miljöpartiet de gröna
Socialdemokraterna

SÄRSKILT UTTALANDE

2016-10-25

LS 2016-0569 Ärende 19

Utredningsbeslut avseende övergång till eldriven busstrafik

Vi Miljöpartiet välkomnar en utredning av övergång till eldriven busstrafik. I utredningen måste en djupgående analys av för- respektive nackdelar ur miljösynpunkt göras. Tekniken måste genomgå en fullständig livscykelanalys där batteriernas tillverkning och återvinning inkluderas.

Det är av vikt att utreda sårbarheten av en eventuell full övergång till eldriven busstrafik som medför ett beroende av ett slags bränsle. Där bussar drivs av el ska förnyelsebar el specificeras som ett krav i upphandling.

Det är beklagligt att övergången till eldriven busstrafik kommer att dröja så pass länge. Nu finns en elbusspremie från regeringen som har gått ut när landstinget långt senare vill gå fram med eldrift. Under 2016 finns 50 miljoner kronor avsatta för elbusspremien, och för 2017-2019 föreslås 100 miljoner kronor tillföras per år till det nya anslaget. Vi ser gärna att förvaltningen ser över möjligheten till en tidigare övergång.

§ 59
Utredningsbeslut avseende övergång till eldriven busstrafik
LS 2016-0569

Föredragande: Mattias Wäppling

Ärendebeskrivning

Ärendet behandlar utredningsbeslut avseende övergång till eldriven busstrafik.

Beslutsunderlag

Landstingsdirektörens tjänsteutlåtande den 6 oktober 2016
Trafiknämndens protokollsutdrag en 23 augusti 2016, med
MP-ledamöternas särskilda uttalande
Trafikförvaltningens tjänsteutlåtande den 29 juni 2016, inklusive
Behovsanalys för eldriven busstrafik

Förslag och yrkande

Ordförandens förslag om bifall till landstingsdirektörens förslag.

Proposition

Ordföranden ställde propositioner om bifall respektive avslag till landstingsdirektörens förslag och fann att beredningen bifallit förslaget.

Förslag till beslut

Fastighets- och investeringsberedningen föreslår arbetsutskottet föreslå landstingsstyrelsen besluta

att fatta utredningsbeslut avseende övergång till eldriven busstrafik om högst 15 000 000 kronor inklusive index inom ramen för 2017 års budget med inriktningsnivåer för planåren 2018-2021.

Särskilt uttalande
MP-ledamoten med instämmande av S-ledamöterna lät till protokollet anteckna särskilt uttalande, bilaga 2.

Stockholms läns landsting

SÄRSKILT UTTALANDE Bilaga 2

Fastighets- och investeringsberedningen
Miljöpartiet de gröna
Socialdemokraterna

2016-10-20

LS 2016-0569
Ärende 9

Utredningsbeslut avseende övergång till eldriven busstrafik

Vi ~~Miljöpartiet~~ välkomnar en utredning av övergång till eldriven busstrafik. I utredningen måste en djupgående analys av för- respektive nackdelar ur miljösynpunkt göras. Tekniken måste genomgå en fullständig livscykelanalys där batteriernas tillverkning och återvinning inkluderas.

Det är av vikt att utreda sårbarheten av en eventuell full övergång till eldriven busstrafik som medför ett beroende av ett slags bränsle. Där bussar drivs av el ska förnyelsebar el specificeras som ett krav i upphandling.

Det är beklagligt att övergången till eldriven busstrafik kommer att dröja så pass länge. Nu finns en elbusspremie från regeringen som har gått ut när landstinget långt senare vill gå fram med eldrift. Under 2016 finns 50 miljoner kronor avsatta för elbusspremien, och för 2017-2019 föreslås 100 miljoner kronor tillföras per år till det nya anslaget. Vi ser gärna att förvaltningen ser över möjligheten till en tidigare övergång.

Stockholms läns landsting

Landstingsstyrelsens förvaltning
SLL Styrning och ekonomi

TJÄNSTEUTLÅTANDE
2016-10-06

LS 2016-0569

Landstingsstyrelsens
fastighets- och
investeringsberedning

Ankom
Stockholms läns landsting
2016 -10- 10
Dnr LS 2016-0569
Rotel VI

Utredningsbeslut avseende övergång till eldriven busstrafik

Ärendet behandlar utredningsbeslut avseende övergång till eldriven busstrafik.

Beslutsunderlag

Landstingsdirektörens tjänsteutlåtande den 6 oktober 2016
Trafiknämndens protokollsutdrag en 23 augusti 2016, med MP-ledamöternas särskilda uttalande
Trafikförvaltningens tjänsteutlåtande den 29 juni 2016, inklusive Behovsanalys för eldriven busstrafik

Förslag till beslut

Fastighets- och investeringsberedningen föreslår arbetsutskottet föreslå landstingsstyrelsen besluta

att fatta utredningsbeslut avseende övergång till eldriven busstrafik om högst 15 000 000 kronor inklusive index inom ramen för 2017 års budget med inriktningsnivåer för planåren 2018-2021.

Förvaltningens förslag och motivering

Sammanfattning
Trafiknämnden har beslutat att föreslå landstingsstyrelsen att fatta utredningsbeslut avseende övergång till eldriven busstrafik inom de ekonomiska ramar som framgår av landstingsfullmäktiges budget för åren 2017-2018. Utredningsbeslut innebär ett beslut att påbörja utredning som ska genomföras under 2017-2018 för totalt 15 miljoner kronor.

Bakgrund
Omvärldsanalyser visar att en satsning på eldriven busstrafik är ett allt vanligare verktyg för att sänka energianvändning och övrig miljöbelastning samt buller i städer.

Frågan om övergång till eldriven busstrafik har under 2014-2015 utretts i en behovsanalys inom trafikförvaltningen. Behovsanalysen visar att eldriven busstrafik kan bidra till att Stockholms läns landstings miljömål uppnås. Det gäller framför allt lägre energianvändning, ökad attraktivitet samt potential att på lång sikt minska driftskostnaderna i busstrafiken.

Överväganden
En övergång till eldriven busstrafik kräver införande av infrastruktur för laddning och en ny typ av bussar. Initialt kan detta medföra behov av investeringar, påverka avtal och affärsupplägg med mera. Dessa frågor kommer att belysas under utredningsfasen.

Ekonomiska konsekvenser av beslutet

Objektet ingår i budget 2017 med sju miljoner kronor för år 2017 och åtta miljoner kronor för år 2018. Den fullständiga kostnadsbilden för övergången till eldriven busstrafik kommer att redovisas i underlaget för beslut om genomförande.

Miljökonsekvenser av beslutet

I enlighet med landstingets Miljöpolitiska program 2012-2016 har miljökonsekvenser av beslutet beaktats. Utredningsbeslut medför inga miljökonsekvenser.

Anne Rundquist
Tillförordnad landstingsdirektör

Henrik Gaunitz
Ekonomidirektör

Stockholms läns landsting

Trafiknämnden

PROTOKOLLSUTDRAG

Nr 5/2016

Sammanträdesdatum
2016-08-23

Ankom
Stockholms läns landsting
2016 -09- 01
Dnr LS 2016-0569

Datum för justering: 2016-08-30

Datum för anslag: 2016-08-30

Kristoffer Tamsons (M)
Talla Alkurdi (S)

---

§ 112

Utredningsbeslut som avser övergång till eldriven busstrafik
(SL 2014-2911)

I ärendet förelåg tjänsteutlåtande den 29 juni 2016 från förvaltningschefen.

BESLUT

Trafiknämnden beslöt dels föreslå landstingsstyrelsen besluta

att fatta utredningsbeslut avseende övergång till eldriven busstrafik inom de ekonomiska ramar som framgår av landstingsfullmäktiges budget för åren 2017-2018 (LS 2016-0257), *dels*

att inom befintlig budget för år 2016 planera och starta utredning av övergång till eldriven busstrafik under hösten år 2016.

UTTALANDEN

MP-ledamöterna lät till protokollet anteckna ett särskilt uttalande, bilaga 10.

Vid protokollet

Daniela Eriksson

Stockholms läns landsting

Trafiknämnden
SL 2014-2911

MILJÖPARTIET DE GRÖNA

SÄRSKILT UTTALANDE

2016-08-23
Ärende nr 17

Utredningsbeslut som avser övergång till eldriven busstrafik

Miljöpartiet välkomnar en utredning av övergång till eldriven busstrafik. I utredningen måste en djupgående analys av för- respektive nackdelar ur miljösynpunkt göras. Tekniken måste genomgå en fullständig livscykelanalys där batteriernas tillverkning och återvinning inkluderas.

Det är av vikt att utreda sårbarheten av en eventuell full övergång till eldriven busstrafik som medför ett beroende av ett slags bränsle. Där bussar drivs av el ska förnyelsebar el specificeras som ett krav i upphandling.

Det är beklagligt att övergången till eldriven busstrafik kommer att dröja så pass länge. Nu finns en elbusspremie från regeringen som har gått ut när landstinget långt senare vill gå fram med eldrift. Under 2016 finns 50 miljoner kronor avsatta för elbusspremien, och för 2017-2019 föreslås 100 miljoner kronor tillföras per år till det nya anslaget. Vi ser gärna att förvaltningen ser över möjligheten till en tidigare övergång.

Strategisk utveckling

TJÄNSTEUTLÅTANDE
2016-06-29

Ärende/Dok. id.
SL 2014-2911

Infosäk. klass
K1 (Öppen)

Handläggare
Jens Plambeck
08-686 16 51
jens.plambeck@sll.se

Trafiknämnden
2016-08-23, punkt 17

Ankom
Stockholms läns landsting
2016 -09- 01
Dnr LS 2016-0569

Utredningsbeslut som avser övergång till eldriven busstrafik

Ärendebeskrivning

Detta beslutsärende omfattar Utredning av övergång till eldriven busstrafik. Ärendet syftar till att visa hur Stockholms läns landsting kan investera i framförallt infrastruktur för övergång till eldriven busstrafik i kommande trafikavtal i innerstaden.

Beslutsunderlag

1. Förvaltningschefens tjänsteutlåtande Utredningsbeslut som avser övergång till eldriven busstrafik (Dnr nr SL 2014-2911) samt bilaga "Behovsanalys av övergång till eldriven busstrafik" (Dnr 2014-2911-2) samt nedanstående underlag:
2. Landstingsfullmäktiges budgetbeslut juni 2016 (Ansvar för framtidens hälsa och tillväxt, LS 2016-0257)
3. Förvaltningschefens tjänsteutlåtande "Information om genomförd behovsanalys av övergång till eldriven busstrafik" Trafiknämnden den 5 maj 2015 (Dnr SL 2014-2911) inkl. bilaga "Behovsanalys av övergång till eldriven busstrafik" Trafiknämnden den 5 maj 2015 (Dnr SL 2014-2911-1)

Förslag till beslut

Trafiknämnden föreslås *dels* besluta föreslå landstingsstyrelsen besluta

att fatta utredningsbeslut avseende övergång till eldriven busstrafik inom de ekonomiska ramar som framgår av landstingsfullmäktiges budget för åren 2017-2018 (LS 2016-0257)

dels besluta

att inom befintlig budget för år 2016 planera och starta utredning av övergång till eldriven busstrafik under hösten år 2016.

Förslag och motivering

Sammanfattning

Ett teknikskifte pågår just nu inom busstrafiken. Trenden pekar mot en ökad andel elfordon, både globalt och i Sverige. Anledningen är att eldriven busstrafik medför stora miljömässiga fördelar, en ökad attraktivitet och att de med tiden kan sänka driftskostnader för busstrafiken. Tysta och rena bussar ger också stora möjligheter att bygga en ny typ av stadsmiljö. Bussarna kan komma närmare målpunkterna, passera känsliga miljöer som skolor och sjukhus utan att bullra eller påverka luftkvaliteten, och till och med ha hållplatser inomhus.

Dessa fördelar behöver vägas mot de risker, investeringar och kostnader som ett införande medför. Eldriven busstrafik kan innebära behov av infrastruktur-satsningar i gatumiljön som inte har behövts tidigare för att etablera ny busstrafik. Laddinfrastruktur kan behöva komplettera och till viss del ersätta konventionell tankning på depå.

En övergång till eldriven busstrafik kan delvis liknas vid utbyggnaden av spårtrafik. Detta medför att utredningen kommer att inkludera lokaliseringsstudier, gestaltningsprogram, dialog med kommuner och medborgare, kraftförsörjningsanalys, miljökonsekvensbedömning, social konsekvensbedömning m.m. Baserat på utredningens resultat kan inriktningsbeslut fattas av Landstingsstyrelsen om huruvida planeringsarbetet av utredningens föreslagna alternativ ska påbörjas.

Bakgrund

Omvärldsanalyser visar att en satsning på eldriven busstrafik är ett allt vanligare verktyg för att sänka energianvändning och övrig miljöbelastning samt buller i städer, men även för att skapa en ökad attraktivitet hos kollektivtrafiken.

Trafikförvaltningen har 2014-2015 utrett frågan om övergång till eldriven busstrafik i en behovsanalys, vilken detta beslutsunderlag bygger på. Behovsanalysen visar att eldriven busstrafik kan bidra till att Stockholms läns landstings miljömål uppnås. Det gäller framför allt lägre energianvändning, ökad attraktivitet samt potential att på lång sikt minska driftskostnaderna i busstrafiken.

Utvecklingen på området går snabbt, och mycket har redan förändrats sedan behovsanalysen gjordes. Rekommendationerna från behovsanalysen kvarstår. En reviderad version av behovsanalysen med vissa justeringar bifogas detta tjänsteutlåtande.

Överväganden och motivering

I utredningsarbetet ingår tekniska utredningar av laddinfrastruktur och dess förutsättningar i stadsmiljön samt dialog med kommuner och andra intressenter som exempelvis elkraftsdistributörer. Föreslagen budget för projektet är en schablon som bygger på tidigare utredningar av motsvarande karaktär och storlek.

En övergång till eldriven busstrafik kräver införande av infrastruktur för laddning i någon form och en ny typ av bussar. Detta kan initialt medföra kostnadsökningar och investeringar, påverka avtal och affärsupplägg samt bidra till ett antal nyttor. Dessa överväganden beskrivs nedan.

Nyttor

En övergång till eldriven busstrafik kan möjliggöra en helt ny typ av stadsmiljö. Elbussar är tysta och rena och kan därmed komma närmare människor utan att störa. Kollektivtrafikförsörjning med buss kan därmed bli en än mer integrerad del av stadsplaneringen än den är idag. Andra nyttor är att mål om sänkta utsläpp, minskat buller och sänkta kostnader kan uppnås.

Affär

Affärsperspektivet är centralt i samtliga strategiska överväganden som trafikförvaltningen gör. I valet av införande behöver därmed effekterna på avtal, leverantörer, kostnader, intäkter och resenärer analyseras. Eldriven busstrafik medför infrastruktur vars livslängd inte självklart hänger ihop med start och längd hos trafikavtal. Det kan bli aktuellt att Stockholms läns landsting äger alternativt leasar laddinfrastruktur, och måste således fatta beslut om vilka tekniska system som ska införas.

Marknaden för elbussar och laddinfrastruktur är relativt omogen men utvecklas snabbt, och inom ett par år planeras en internationell standard för gränssnittet mellan buss och laddinfrastruktur vara på plats. Flera stora aktörer i branschen har redan enats om ett öppet gränssnitt för att underlätta för investeringar i den nya tekniken utan inlåsningseffekter.

Teknik

Olika lösningar för eldrift har olika mognadsnivå och egenskaper vilket gör dem mer eller mindre lämpliga. Som exempel kan nämnas laddhybrider med laddning vid stolpe eller med induktionsladdning, helelektriska batteribussar, trådbussar och bränslecellsbussar. Trafikförvaltningen deltar i två utvecklingsprojekt för att

bygga upp kunskapen om olika laddtekniker. Dessa erfarenheter kommer att införlivas i det kommande utredningsarbetet.

Utredning av övergång till eldriven busstrafik kommer bl.a. att studera:

- Samhällsnytta, social nytta, miljönytta
- Bidrag till landstingets och kollektivtrafikens mål enligt Trafikförsörjningsprogram och miljöpolitiskt program
- Samarbete med kommuner, myndigheter, privata aktörer m.fl.
- Hantering av infrastruktur i gatu- och stadsmiljö och samverkan/samråd med intressenter och medborgare
- Affärsupplägg gällande ägande- och ansvarsfördelning mellan olika aktörer samt investerings- och driftskostnader
- Hur upphandling av eldriven busstrafik kan genomföras
- Tekniska lösningar och deras tillförlitlighet, mognadsgrad och användbarhet
- Påverkan på trafikförvaltningens infrastruktur och fastigheter, såsom befintliga depåer och tankanläggningar för biogas
- Påverkan på tidtabells- och omloppsplanering
- Flexibilitet vid ändrad linjedragning, eller vid flytt av infrastruktur
- Framtida standardiseringar
- Vilka lagar och regelverk som påverkar eldriven busstrafik, hur de används och vilka behov av förändringar som finns
- Forskning, utredningar, andra projekt och satsningar med fokus på tidsperioden efter behovsanalysens färdigställande

Ekonomiska konsekvenser
Ett införande av eldriven busstrafik som genomförs under 2020-talet har potential att sänka trafikdriftskostnaderna under systemets livstid, trots den eventuella initiala investeringskostnaden. Anledningen till den lägre trafikdriftskostnaden är en sänkt km-kostnad tack vare att elen är ett billigare drivmedel än konventionella bränslen. Dessutom har elmotorn betydligt högre verkningsgrad och därmed lägre energiförbrukning.

Riskbedömning
Risker med övergång till eldriven busstrafik kommer att analyseras i kommande utredning. Som exempel på risker kan nämnas att marknaden är omogen, att lagar och regler inte är uppdaterade, samt att både trafikförvaltningen och bussoperatörer är relativt ovana vid den nya tekniken.

Konsekvenser för miljön
Miljökonsekvenserna av en övergång till eldriven busstrafik anses vara positiva och kommer att beskrivas i kommande utredning. Som exempel på positiva

konsekvenser kan nämnas minskade lokala utsläpp av partiklar och kväveoxider och lägre klimatpåverkande koldioxidutsläpp.

Sociala konsekvenser
Sociala konsekvenser av en övergång till eldriven busstrafik anses vara positiva och kommer att beskrivas i kommande utredning. Som exempel på positiva konsekvenser kan nämnas förbättrad arbetsmiljö för busschaufförer och förbättrad användning av staden som en effekt av minskade lokala utsläpp och buller. En satsning på laddinfrastruktur kan också höja attraktiviteten hos ett bostadsområde och andra fastigheter genom ökad miljöprofil.

Björn Holmberg
Tf. förvaltningschef

Jens Plambeck
Chef Strategisk utveckling

Strategisk utveckling

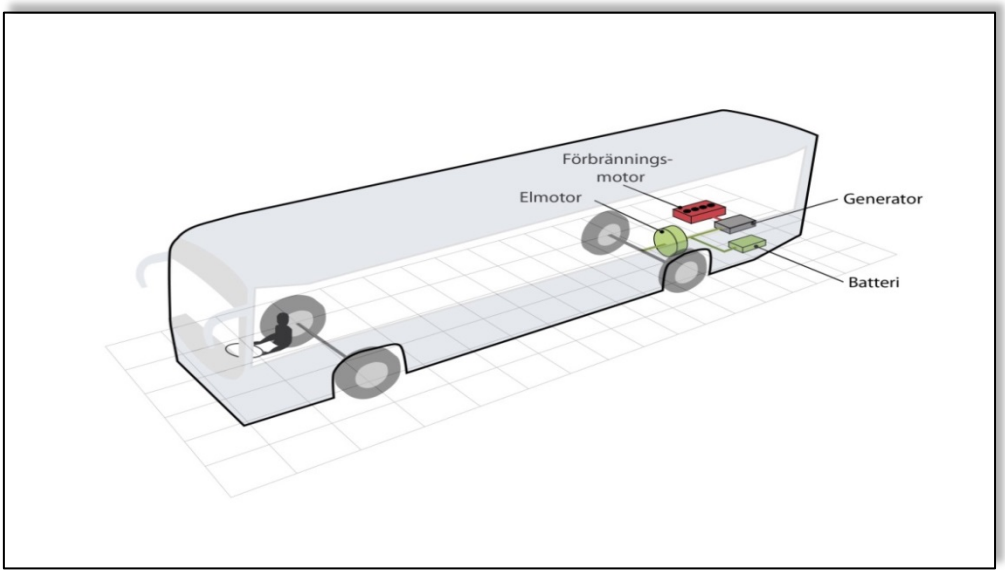
RAPPORT
2016-06-22
Version 2.0

Ärende/Dok. id.
SL 2014-2911-1

Infosäk. klass
K1 (Öppen)

Handläggare
Maria Övergaard
Johan Böhlin

Behovsanalys för eldriven busstrafik



Datum	Utgåva	Orsak till revidering	Upprättad av
2016-06-22	2	tabell 3, s. 11; jämförelse laddhybrid och biogasbuss figur 14 och 15 s.54- 55; tabell 10 s. 57; Bilaga 1, s. 64 samt text kopplad till dessa.	Anna Forsmark

Förord

Behovsanalys för eldriven busstrafik har tagits fram som en del av arbetet med utvecklingsplan för trafikslag buss. Dokumentet var från början tänkt att vara en del av utvecklingsplan för buss, UP Buss Eldrift, men sent i arbetet togs beslut om att paketera dokumentet som en behovsanalys för eldriven busstrafik. Huvudanledning till beslutet var att en övergång till eldriven busstrafik kan medföra större investeringar, och att ämnet därför behöver hanteras inom landstingets investeringsprocess.

På grund av att dokumentet skrevs som plan för övergång till eldriven busstrafik, innan formatet ändrades till behovsanalys, kommer det att kompletteras med utestående delar som ska ingå i en behovsanalys.

Dokumentet är att ses som arbetsmaterial och delleverans, och kommer att kompletteras under våren 2015. Kompletteringar planeras inom områdena:

1. Anpassning till struktur och mall för behovsanalys
2. Tidplan och budget för förstudie, grov tidplan för programstudie och genomförande
3. Kompletterande ekonomiska beräkningar och kvalitetssäkring av indata
4. Medfinansiering
5. Kommunikation och intressenter
6. Sociala konsekvenser
7. Effektmål utöver sänkt energianvändning samt målkonflikter
8. Avgränsningar
9. Djupare beskrivningar av åtgärder för sänkt energianvändning utöver scenarier i denna rapport

Deltagare i projektgruppen för framtagning av denna version är:
Maria Övergaard, SU/TIU
Johan Böhlin, SU/HU
Martin Almgren, SU/HU
Johanna Ervér, SU/ANA
Mari Widegren, SU/PLAN
Frida Ukmar, SU/AU
Christian Johansson, SU/AU
Kenneth Domeij, TA/Teknikkompetens
Björn Hugosson, WSP
Peter Jörgensen, WSP

Innehållsförteckning

Sammanfattning 4
1 Bakgrund 6
2 Mål 7
3 Nuläge 8
4 Drivkrafter och motiv 14
5 Teknik 16
6 Affärsupplägg 37
7 Miljö 41
8 Hållplats, depå och terminal 43
9 Resenärspåverkan 46
10 Möjlig utveckling 48
11 Samlad bedömning 59
12 Rekommendationer 63
13 Bilaga 65
Bilaga 1 – kalkylvärden, införande av laddhybrider på Lidingö 65

Sammanfattning

Denna behovsanalys adresserar behovet av nya lösningar för att nå målet om en energieffektivare busstrafik. Den inledande analysen visar att det endast är ett införande av hybridteknik och eldrift som ger trafikförvaltningen förutsättningar att nå de mål som satts upp. Rapporten behandlar därför de olika tekniker som förekommer, eller utvecklas, och analyserar dessa.
Förutom energieffektiviseringen finns flera skäl till att sträva efter en högre andel eldrift i busstrafiken. Eldrift ger lägre buller och minskar, eller eliminerar, utsläppen av hälsoskadliga ämnen. Driftkostnaderna kan på sikt bli lägre än för konventionella bussar. Emellertid leder eldriften till ett behov av infrastruktur för laddning, antingen i depå eller vid hållplats.

Eldrift för bussar har utvecklats starkt under de senaste åren. *Hybridbussar* som minskar bränsleförbrukningen genom regenerering av bromsenergi har redan införts i innerstadstrafiken och är kommersiellt lönsamma. *Laddhybrider* kommer att testas på linje 73 under de närmaste två åren och har potential att minska energianvändningen kraftigt. För dessa krävs en laddstation vid hållplatsen. *Helelektriska* bussar är också ett lovande alternativ. *Trådbussar* finns i Landskrona och är kommersiellt tillgängliga men infrastrukturen i stadsmiljön är kontroversiell. *Induktivt* laddade bussar kommer troligen att testas om något år i Södertälje. Även *bränslecellsbussar* kan i framtiden bli ett alternativ.
Både kostnadsbilden och teknikmognaden kring eldrivna bussar och dess laddinfrastruktur är osäker. De närmaste årens demonstrationsförsök kommer att ge en tydligare bild.

Två olika scenarier har konsekvensbedömts; ett för kostnadseffektivitet och ett för snabbare införande av eldrift. Scenariet för kostnadseffektivitet sänker energianvändningen men inte så mycket som de uppsatta målen kräver. Scenariet för snabbare införande av eldrift sänker energianvändningen i nivå med de uppsatta målen, men den preliminära kostnadskalkylen tyder på att dessa åtgärder kan bli kraftigt kostnadsdrivande.

Rekommendationen från denna behovsanalys är att fortsätta ställa krav om energieffektivisering och genomföra beslutade demonstrationsprojekt med nya tekniker för att vinna värdefulla erfarenheter, men att avvakta med ett snabbare införande av eldriven busstrafik fram tills nästa upphandling av innerstadstrafiken ska göras. Inför denna upphandling behöver ett storskaligt införande av eldrift analyseras. En dialog behöver föras med berörda kommuner, framför allt Stockholms stad, om laddinfrastruktur i innerstadsmiljö.

Rekommendationerna från behovsanalysen är mer specifikt följande:

1. Fram till nästa upphandling av innerstadstrafiken, som sker tidigast 2022 och senast 2026, bör Trafikförvaltningen följa den kostnadseffektiva linje som beskrivits i denna behovsanalys. Detta innebär att inga extra åtgärder utöver de redan beslutade genomförs i pågående Innerstads- och Lidingö trafikavtal.

2. Undvik skärpta eller förändrade krav i pågående avtal även i avtal utanför Innerstad och Lidingö.

3. Demonstrationsprojekt ZeEUS laddhybridbuss (2013-2017) genomförs som planerat.

4. Demonstrationsprojekt Induktiv elväg och hållplatsladdning Södertälje (2015-2017) genomförs som planerat.

5. Krav på sänkt energianvändning ställs vid upphandling vilket förmodas leda till ett kommersiellt baserat införande av hybridbussar.

6. Biogas används enligt gällande avtal på de depåer som är utrustade med biogastankning.

7. Avvakta med beslut om satsning på laddhybrider på Lidingö inom pågående trafikavtal, tills behovsanalysen är uppdaterad och ny bedömning kan göras.

8. Inför upphandlingen av Trafikavtal för Innerstad och Lidingö bör ett införande av infrastruktur för eldrift studeras där omfattningen är beroende av hur långt teknikutvecklingen kommit och i vilken grad som miljömålen uppfyllts.

9. Utöver de demonstrationsprojekt som beslutats bör en öppenhet finnas att delta i ytterligare projekt som kompletterar med nya erfarenheter och kunskaper, t ex helelektriska bussar med depåladdning eller andra tekniker som bedöms intressanta.

10. Uppdatera behovsanalysen under 2016.

1 Bakgrund

De senaste åren har olika former av eldriven busstrafik fått allt större genomslag i framförallt stadstrafik. Tekniska lösningar som ofta bygger på energilager i batterier kompletterar den redan etablerade trådbusstrafiken. Intresset för en övergång till eldrift är stort, vilket märks i trafikupphandlingar där eldrift i form av hybrider kravställs, i ökat antal konferenser och seminarier i ämnet, ökat antal busstillverkare som lanserar hybrider och ett ökat antal bussar med eldrift i trafik, i demonstrationsprojekt och forskningsprojekt.

På europeisk, nationell och regional nivå finns mål för sänkt miljöbelastning från busstrafiken. Landstinget har mål om att sänka verksamhetens energianvändning. Inom trafikförvaltningens verksamhet ses möjlighet till detta främst i fastigheter och inom busstrafiken. Energin som används av SL:s trafik ska sänkas med 35 %, räknat per personkilometer, från basår 2007 till målår 2030.

En metod som kan medföra stor sänkning av energianvändning, utsläpp och buller är eldriven busstrafik. Utöver sänkt miljöbelastning finns potential att höja kollektivtrafikens och gaturummets attraktivitet, och med tiden sänka kostnaderna för busstrafiken.

Tekniken för att elektrifiera busstrafiken är, förutom för trådbusstrafik, relativt omogen. En snabb teknisk utveckling sker med flera olika tekniska system. Det finns stora osäkerheter vad gäller kostnads- och investeringsnivåer, lämplig ägandeform och långsiktiga egenskaper hos olika tekniska system.

Viss eldrift hos bussar, som t ex hybridbussar, kan komma i trafik genom att tekniken blivit lönsam för trafikutövarna, eller den kan komma genom trafikupphandlingskrav vad gäller sänkt energianvändning. För att nå målet om 35 % sänkning krävs troligen införande av infrastruktur i innerstadstrafiken och därmed ett engagemang från trafikförvaltningen.

Med detta som bakgrund har behovsanalys för eldriven busstrafik tagits fram. Syftet är att visa hur en övergång till eldrift kan genomföras, vilka konsekvenser det medför och i vilken mån eldrift kan bidra till att nå målet om sänkt energianvändning.

2 Mål

Eldriven busstrafik kan bidra till att trafikförvaltningen uppnår flera av sina mål, som attraktiva resor och effektiva resor med låg miljö- och hälsopåverkan. Det konkreta mål som kan motivera en större investering i eldrift är mål om sänkt energianvändning.

Mål i TFP är sänkt energianvändning med 35 % till år 2030 för hela trafikarbetet. Det finns inte något separat mål för busstrafiken. I landstingets miljöprogram ”Miljöutmaning 2016” finns mål för sänkt energianvändning för trafikarbetet, och spårtrafiken undantas. En revidering av TFP har påbörjats, och målnivåerna är under diskussion. Nytt miljöprogram tas parallellt fram av landstinget. Synkronisering mellan dessa kommer att ske vad gäller bl.a. målnivåer och år för måluppfyllelse.

I behovsanalysen antas samma mål för buss som för det totala trafikarbetet, dvs. en reduktion av energianvändningen med 35 % räknat per personkilometer, från basår 2007 till målår 2030. Detta antagande kommer att behöva ses över i det fortsatta arbetet.

2.1 Miljömål

Nedanstående tabell visar måltal för effektiva resor med låg miljö- och hälsopåverkan från Trafikförsörjningsprogrammet från 2012.

Tabell 1: Miljömål som definierade i Trafikförsörjningsprogrammet 2012

Faktorer som ska mätas och följas upp	Nuläge[a)]	Mål 2020	Mål 2030
Andel förnybar energi i kollektivtrafiken.[b)]	80% (buss och spår)	90% (buss och spår)	100% (buss och spår)
Buller från tunnelbana och lokalbanor.[c)]	Undersökning pågår	–	Alla boende i Stockholms län ska ha bullernivåer på högst 70 dB (A) max på minst en uteplats invid fasad samt maximalt 45 dB (A) inomhus nattetid från den kollektiva spår-trafiken.
Utsläpp av partiklar och kväveoxider från kollektivtrafiken till miljön, per utfört trafikarbete i personkm.	Utfall partiklar: 0,007 g/personkm Utfall kväveoxider: 0,715 g/personkm	50% reduktion från basår 2009 [d)]	75% reduktion från basår 2009
Energianvändning för kollektivtrafiken, per utfört trafikarbete i personkm.	0,2142 kWh/ personkm	25% reduktion från basår 2007 [e)]	35% reduktion från basår 2007

De mål som påverkas mest av eldriven busstrafik är reduktion av partiklar och kväveoxider samt energianvändning i busstrafiken, vilket även samstämmer med målen i Stockholms läns landstings miljöpolitiska program Miljöutmaning 2016.

2.2 Effektmål

Det finns ett stort gap mellan målen för energieffektivisering och den faktiska utvecklingen sedan utgångsåret 2007. En linjär framskrivning enligt nuvarande utveckling skulle leda till 5 % minskad energianvändning till 2030. Det finns således ett tydligt behov av att utreda möjligheter till och eventuella åtgärder för ökad energieffektivisering.

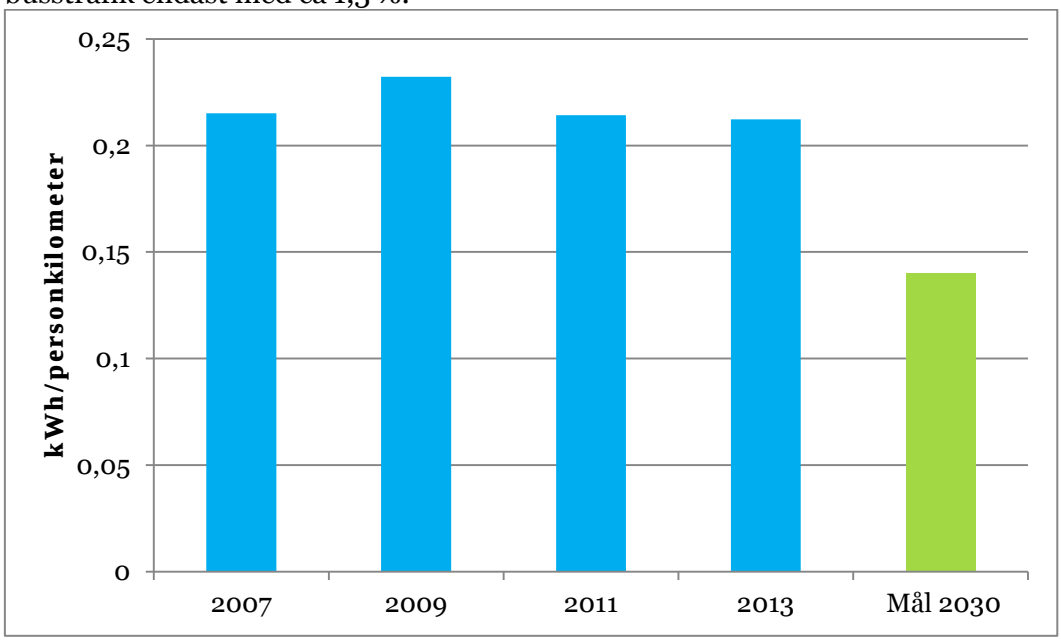
Behovsanalysen fokuserar på hur en övergång till hybriddrift och eldrift kan genomföras och bidra till att nå mål om sänkt energiförbrukning.

Förslag till effektmål är 35 % reduktion av energiförbrukning i busstrafiken per personkm år 2030, med basår 2007.

3 Nuläge

3.1 Energi

Mellan 2007 och 2013 minskade energianvändningen per personkilometer i SL:s busstrafik endast med ca 1,3 %.



Figur 1: Genomsnittlig energianvändning per personkilometer

I figur 1 framgår att med nuvarande utvecklingstakt kommer målet för energieffektivisering till 2030 inte att nås. Det är sålunda nödvändigt med analys av ytterligare åtgärder. Bedömningar om den faktiska potentialen för energieffektivisering för olika åtgärder inom SL:s busstrafik redovisas i tabellen nedan. Tabellen är hämtad från rapporten ”Praktisk potential för

energieffektivisering inom SL:s busstrafik Del 3 Energieffektivisering av bussar och busstrafik ” (2012-11-30).

Tabell 2: Potentiell energieffektivisering för olika åtgärder

Åtgärd	*Praktisk potential i SL:s trafik*	*Kommentar*
Fordonsåtgärder		
Hybridbussar	32 %	Den praktiska potentialen i stadstrafik bedöms vara upp till 32 procent (Volvo 7700 hybrid) och ytterligare 4 procentenheter om hybridbussen delvis är byggd av lättviktsmaterial (Volvo 7900 hybrid).
Trådbussar	30 - 60 %	Trafik med trådbussar är en väl beprövad teknik och den praktiska potentialen i SL-trafiken ligger sannolikt inom intervallet 30-60 procent. Tidshorisonten är dock för kort för att SL ska kunna använda trådbussar för att uppnå SLL:s energieffektiviseringsmål år 2016
Lättviktsbussar	20 %	
Dubbelledbussar	Beräknas inte	Beräknas inte eftersom tidshorisonten är för kort för att SL ska kunna använda dubbelledbussar för att uppnå SLL:s energieffektiviseringsmål år 2016
Trafikplaneringsåtgärder		
Jämnare körning och minskat antal stopp	Beräknas inte	Osäkerheterna är för stora
Snabbare av- och påstigning	2,5 %	
Effektivare linjesträckning	Beräknas inte	Osäkerheterna är för stora
Minskad tomtrafik utanför tidtabell	Beräknas inte	Osäkerheterna är för stora
Optimering av storlekarna på bussarna	Beräknas inte	Osäkerheterna är för stora
Öka beläggningsgraden	Beräknas	Osäkerheterna är för stora

	inte	
Föraråtgärder		
Sparsam körning	5 - 12 %	Lågt räknat ligger den praktiska potentialen på omkring 5 procent och vid ett mer aktivt och systematiskt arbete med utbildning, tekniskt förarstöd och motivations-höjande åtgärder ligger potentialen på upp till 12 procent.

Av tabellen framgår att det bara är elektrifiering (här representerat av Trådbussar) som har potential att minska energianvändningen med 35% som är målet för 2030.

Hybridteknik bedöms enligt tabellen ha potential att sänka energiförbrukningen med upp till 36 %. I innerstadstrafik med tätt mellan stopp vid hållplats och korsningar finns de största möjligheterna att sänka energiförbrukningen. Vilken potential som finns i förortstrafik är osäkert. Bussar med hybridteknik anpassade för förortstrafik har inte funnits tillräckligt länge i trafik.

De flesta bussar i SL-trafiken kör utanför innerstaden, för närvarande kring 1900 av drygt 2 200 bussar. Användning av lättviktsmaterial vid fordonskonstruktion, hybridteknik och andra åtgärder i förortstrafik kan med tiden ge stort genomslag på den totala förbrukningen, men det finns idag inte underlag för säkra prognoser.

3.2 Avtal

Trafikförvaltningen upphandlar utförandet av trafik enligt lagen om upphandling i försörjningssektorn, LUFS. Busstrafiken utförs av trafikutövarna Keolis, Nobina och Arriva. Trafikavtalet där elektrifiering i stor skala bedöms starta är Innerstaden och Lidingö, där Keolis för närvarande ansvarar för trafiken.

Trafikförvaltningen upphandlar SL-trafiken. Den är i dagsläget uppdelad på 12 avtalsområden. Avtalen är kring 10 år långa. Följande tabell ger en sammanfattande bild för perioden 2015–2026, och visar när de olika avtalen löper ut, dvs. innan denna tidpunkt kommer en upphandling av trafiken att ske.

Tabell 3: Nuvarande avtal

Benämn	Trafikuppdrag/avtal	Nuvarande Trafikutövar	Status	Avtalstid
E16:1	Busstrafik Vallentuna, Sigtuna, Upplands Väsby	Arriva	Beställd drift	2009-2019
E16:2	Busstrafik Ekerö	Arriva	Beställd drift	2009-2019
E18	Bussavtal Tynningö	Tynningö Bus	Beställd drift	2008-2018
E19 I	Busstrafik Nacka/Värmdö	Keolis	Beställd drift	2011-2021
E19 II	Busstrafik Huddinge/Botkyrka/Söderort	Keolis	Beställd drift	2011-2021
E19B	Busstrafik Norrtälje	Nobina	Beställd drift	2011-2019 (2021)
E20 Block 1	Tvärbanan/Nockebybanan och Saltsjöbanan samt bussområdena Bromma, Solna/Sundbyberg och Sollentuna	Arriva	Beställd drift	2012-2020 (2024)
E20 Block 2	Roslagsbanan och Norrort (Täby, Åkersberga och Vaxholm)	Arriva	Beställd drift	2013-jan 2021 (2025)
E22	Busstrafik Innerstaden och Lidingö	Keolis	Beställd drift	2014-aug 2022 (2026)
E23	Busstrafik Handen, Tyresö och Nynäshamn	Nobina	Beställd drift	2015-2023 (2025)
E13	Busstrafik Södertälje	Nobina	Beställd drift	2006-aug 2016
E27	Busstrafik Södertälje	Nobina	Tilldelat	aug 2016-aug 2026
E13	Busstrafik Järfälla/Upplands-Bro	Nobina	Beställd drift	2006-aug 2016
E28	Busstrafik Järfälla/Upplands-Bro	Nobina	Tilldelat	aug 2016 - aug 2024 (2026)

3.3 Teknik för eldriven busstrafik

Ett teknikskifte sker för närvarande i busstrafiken. Från nära nog total dominans av bussar med enbart förbränningsmotor, blir nu elhybridbussar (”hybridbussar”) vanligare. I dagsläget är det ovanligt med eldrift, men inför den utveckling som branschen förutspår, med allt mer elektrifierad busstrafik, kan olika typer av eldrift bli aktuellt för SL-trafiken.

En stor skillnad mellan dagens trafik och vissa typer av elektrifierad busstrafik är infrastrukturen för att ladda energilager under drift. Eldrivna bussar kan laddas via kontaktledningar, vid laddstationer där bussen kopplas ihop med en laddstolpe eller dyl., eller trådlöst från induktionsplattor som grävs ner i gatan. Dessutom kan energilager laddas under drift, genom regenerering. Trådbusstrafik är en beprövad form av eldrift, medan konduktiv laddning vid laddstation och induktionsladdning är nya och innebär relativt oprövad teknik.

Trådbuss kan ses som ett exempel på en s.k. elväg där bussen matas kontinuerligt med eller under färd. Denna lösning minskar behovet av batterikapacitet. Under de kommande åren planeras demonstrationsförsök med såväl induktiva som konduktiva elvägar. En teknisk lösning för eldrift utan infrastruktur i gatumiljön är bussar med bränsleceller som drivna av vätgas genererar el och driver en elmotor. En annan lösning är bussar med batterier som ger en räckvidd som gör att bussarna inte behöver laddas under drift.

Vilken eller vilka tekniker för eldrift som får genomslag är inte känt idag, men i strategiska vägvalsfrågor behöver följande frågeställningar beaktas:

- Tillförlitlighet och teknisk mognadsgrad

- Ekonomi, t ex investering och driftskostnader
- Införandetid
- Avskrivningstider för infrastruktur
- Flexibilitet vid ändrad linjedragning, eller vid flytt av infrastruktur
- Energieffektivitet i hela livscykeln (produktion, distribution och användning)
- Möjligheten att minska utsläppen, lokalt och globalt
- Framtida standardiseringar och ansvarsfördelning mellan olika aktörer
- Andel busstillverkare som stödjer en viss teknisk lösning
- Möjligheten att kombinera eldrift med förbränningsmotordrift och olika drivmedel
- Komfort för resenären vid eldrift, förbränningsmotordrift och skiften mellan dessa
- Bullernivåer, även frågan om säkerhetsrisker vid för låg ljudnivå
- Elsäkerhetsfrågor

Redan i dag går det att prova olika typer av elbussar för att vinna erfarenheter samt för att påskynda utvecklingen.

3.4 Intressenter

Några aktörer som berörs av övergång till eldriven busstrafik beskrivs nedan.

Väghållare
Laddstationer kan komma att påverka hållplatser. Väghållare för gatorna där busstrafiken sker är kommun eller Trafikverket. Väghållaren ansvarar för uppförande och underhåll av hållplatserna, SL ansvarar för väderskydd.

Energiföretag/elbolag
Producenter, elnätägare, elbolag, underhållsleverantörer är möjliga ägare av infrastruktur för eldriven busstrafik och har möjlighet att ta helhetsansvar över eldriften och sälja en tjänst till trafikbeställare eller trafikutövare.

Busstillverkare
Många busstillverkare arbetar med elektriska drivlinor, genom egen utveckling eller genom integration med andras drivlinor. Tillverkarna gör sinsemellan olika strategiska vägval både vad gäller teknik och tidpunkt för marknadsintroduktion av eldrivna bussar.

Tillverkare av infrastruktur
Tillverkare av infrastruktur för eldriven busstrafik är ofta från spårtrafikbranschen. Varje typ av infrastrukturlösning för eldrift behöver integreras med utrustning som installeras på bussfordonen.

Trafikutövare

Trafikutövare/trafikföretag/operatörer köper i första hand eldrivna bussar när trafikbeställare genom upphandlingskrav direkt eller indirekt (t ex genom miljökrav om energianvändning) kräver detta, eller i utvecklingsprojekt i samarbete med trafikbeställare och väghållare. Redan idag finns ekonomiska incitament för operatörer att överväga hybridbussar.

4 Drivkrafter och motiv

Främsta drivkraften för övergång till eldrift är att sänka busstrafikens miljöbelastning, såsom minskad energianvändning, lägre utsläpp och buller. På sikt kan det finnas möjlighet att sänka kostnader.

Helelektriska bussar har en rad fördelar framför förbränningsmotordrivna:

- Elmotorn har en verkningsgrad på 90-95 % vilket gör den överlägsen diesel- och bensinmotorn när det gäller effektivitet.
- Vid eldrift har bussen inga lokala utsläpp alls vilket gör den mycket miljövänlig och synnerligen lämplig för drift i innerstaden och t o m inomhus
- Klimatmässigt är elektrisk drift överlägset de alternativ vi kan se i dag, förutsatt att man köper miljömärkt el.
- Bullernivån vid eldrift är lägre än vid förbränningsmotordrift.
- På sikt kommer helelektriska bussar fordon sannolikt att bli billigare totalt sett jämfört med alternativen.

Helelektrisk drift för också med sig några utmaningar:

- Osäkerheter kring fordonets räckvidd kontra batteriernas vikt samt batteriernas livslängd
- Osäkerheter kring den totala kostnadsbilden av drift med elfordon
- Investeringar i infrastruktur för laddning krävs. Vem bär ansvaret?

En satsning på elektrifiering av kollektivtrafiken kräver att tillgången på hållbart producerad el säkras i motsvarande mån. Annars riskerar klimatnyttan att gå förlorad genom att marginalel med dåliga miljö- och klimategenskaper ökar sina marknadsandelar. Elmarknaden är att betrakta som nordisk och skulle inte produktionsspecificerad grön el köpas in till trafikens behov är det den Nordiska produktionsmixen, bestående av endast 29 % förnybar andel (2012) som ska användas vid beräkning av klimatpåverkan. Detta skulle på ett negativt sätt påverka miljönyttan av att resa kollektivt. I dagsläget drivs SL:s all spårtrafik av grön el.

Även om utvecklingen av elektrifiering av fordon går framåt och energieffektiviteten i transportsystemet förbättras kommer förbränningsmotorn att finnas kvar inom överskådlig tid. Framtida energiförsörjning av förnybart drivmedel till transporter är därför fortsatt en knäckfråga i ett hållbart transportsystem.

I tabellen nedan sammanfattas de viktigaste för- och nackdelarna med eldriven busstrafik:

Tabell 4: För- och nackdelar med eldriven busstrafik

El	+ På längre sikt kommer helelektriska fordon sannolikt att bli klart billigare totalt sett jämfört med alternativen. + Miljömässigt är helelektriska fordon överlägsna de alternativ vi kan se i dag, förutsatt att man köper miljömärkt el.	– Osäkerheter kring batteriernas livslängd – Osäkerheter kring den totala kostnadsbilden av drift med elfordon – Investeringar i infrastruktur för laddning krävs, vem bär ansvaret?

5 Teknik

5.1 Översikt

När man diskuterar eldriven busstrafik är det ett antal tekniska begrepp som återkommer. Nedan följer en lista med tillhörande förklaringar.

Tabell 5: Tekniska begrepp

Begrepp	**Förklaring**
Hybrid	Kombination av elmotor och förbränningsmotor
Regenerering	När en hybridbuss bromsar så laddas batteriet
Laddhybrid	Hybrid med större batteri som laddas från elnätet
Helelektrisk	Buss som bara drivs av el med ström från ett batteri
Parallellhybrid	Elmotor och förbränningsmotor kan båda driva hjulen
Seriehybrid	Elmotorn driver hjulen, förbränningsmotorn alstrar el
Superkondensator	Ett energilager som är alternativ till batteri, lämpar sig för snabba i- och urladdningar.
Konduktiv	Överföring av ström med fysisk direktkontakt
Induktiv	Överföring av ström med magnetfält utan fysisk kontakt
Pantograf	Strömskena på taket för konduktiv överföring
Bränslecell	Ett aggregat som omvandlar väte och syre till el
kWh	Kilowattimme, ett mått på elektrisk energi

Olika typer av eldrivna bussar skiljer sig åt när det gäller hur energin lagras, storleken på energilagret och hur energin ”tankas” i bussen. Det vanligaste energilagret är ett batteri, men även superkondensatorer och väte (för användning i bränsleceller) förekommer. Storleken på energilagret varierar från någon enstaka kWh i hybridbussar till flera hundra kWh i helelektriska bussar som bara laddas över natten.

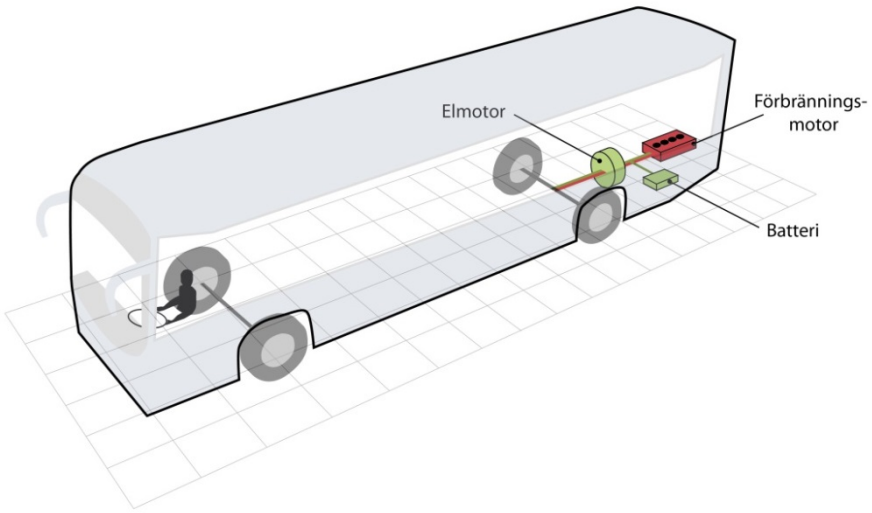
Tabell 6: Typer av elbussar efter laddningsmetod

Elbusstyp	Normalladdning (över natt)	Snabbladdning (5-10 min)	Kontinuerlig överföring	Vätgas
Hybrid	-	-	-	-
Laddhybrid	I depå	Vid hållplats	-	-
Helelektrisk	I depå	Vid hållplats	-	-
Trådbuss	-	-	Tråd/spröt	-
Induktiv elväg	-	-	Platta i vägen	-
Konduktiv elväg	-	-	Spår i vägen	-
Bränslecell	-	-	-	I tank

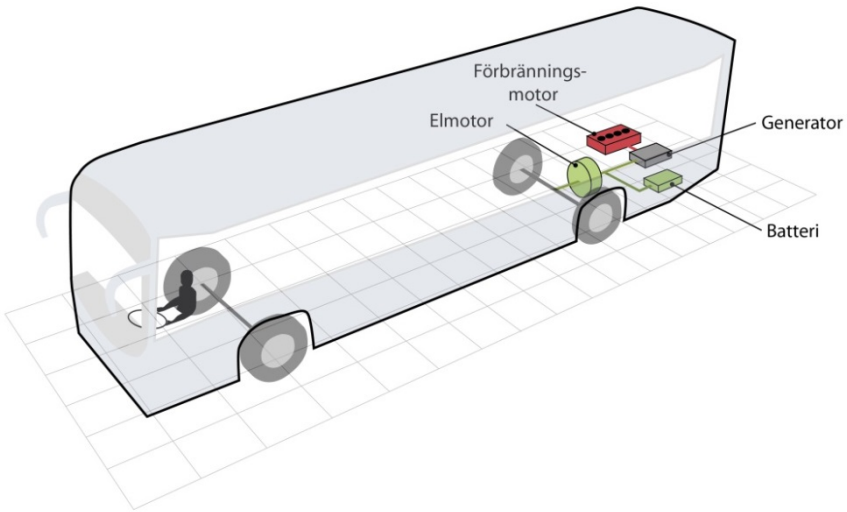
5.2 Hybridbuss

Teknisk beskrivning av buss och infrastruktur
Det som utmärker en hybridbuss är att den både har förbränningsmotor och elmotor. Kombinationen gör att energianvändningen kan minskas utan att man tappar i flexibilitet. Elmotorn får sin kraft från ett litet batteri som i sin tur laddas upp under färd. Elmotorn fungerar som generator vid t ex inbromsningar. Man säger att bromsenergin *regenereras* och kan användas igen då bussen kör iväg. I praktiken märker man hybriddriften genom att bussen drivs av elmotorn vid start från hållplats och vid körning när det finns kraft kvar i batteriet. En hybridbuss laddas inte från elnätet och behöver därför ingen infrastruktur för laddning.

Det finns två huvudtyper av hybriddrift. I en *parallellhybrid* driver både elmotorn och förbränningsmotorn på hjulen. *Seriehybriden* drivs enbart av elmotorn, och förbränningsmotorns uppgift är att driva en generator som laddar batteriet.



Figur 2: Illustration av parallellhybrid. Både elmotor och förbränningsmotor kan driva på hjulen



Figur 3: Illustration av seriehybrid. Förbränningsmotorn driver en generator som ger kraft till elmotorn och batteriet eller superkondensatorn

Båda varianterna har sina för- och nackdelar. I parallellhybriden är det lätt att integrera elmotorn i en befintlig drivlina, ofta mellan motor och växellåda.

Hybridmaskineriet kan sägas fungera som en elmotor på låga varv och en förbränningsmotor på höga varv vilket ger goda köregenskaper. Seriehybriden är mer optimerad när det gäller regenerering av bromsenergin tack vare färre rörliga delar, och den ger mjukare acceleration och inbromsning än parallellhybriden. En nackdel med seriehybriden är att den har sämre kraft i högre farter eftersom den bara drivs av elmotorn. I stället för batteri kan en hybridbuss ha en *superkondensator*. Denna är en sorts korttidslagring av elektrisk energi och är väl lämpad för de snabba i- och urladdningar som start- och stopptrafiken i innerstaden innebär. Den är inte lika känslig för temperaturväxlingar som batteriet och uppges ha samma livslängd som bussen som helhet. Nackdelen är att superkondensatorn bara kan lagra ca 0,5 kWh vilket sätter en gräns för hur mycket energi som kan lagras upp. Hybridbussar kan införas i trafik utan några större åtgärder. Eftersom de inte laddas från elnätet behövs ingen infrastruktur i gatumiljön eller i depån.



Figur 4: MAN hybrid i trafik i Stockholm

Tillverkare

MAN[1] City Lion Hybrid[2] är en hybridbuss som introducerats i 52 exemplar i E22-avtalet för innerstaden under sommaren 2014. Den tekniska lösningen är seriehybrid med två elmotorer på 75 kW som driver på hjulen och en dieselmotor som driver en generator. På taket är 12 moduler av superkondensatorer på sammanlagt 0,4 kWh placerade som lagrar upp bromsenergi och avger den vid acceleration. Maxfarten är 75 km/tim och bussen är 12 meter lång med lågt golv. Hybridlösningen innebär att bränsleförbrukningen minskas med ca 25%. Motorn uppfyller Euro 6 och bullerkravet på 77 dB(A). Bränslet som används är 100% biodiesel. Bussen är ca 40 % dyrare i inköp än motsvarande dieselbuss. Kostnaden för service och reparationer uppges vara på samma nivå som för en dieselbuss.

Övriga

Volvo säljer en hybridbuss sedan 2010 i ett stort antal länder, och Scania presenterade sin under hösten 2014. Både Volvo och Scania har valt att utveckla parallellhybrider med batteri. Bränslebesparingen är på samma nivå som för MAN.

Erfarenheter

Dieselhybridbussar är kommersiellt tillgängliga sedan flera år. Keolis[3] kör med 52 biodieselhybrider i Stockholm och ytterligare 30 i Göteborg. Sammantaget är responsen från förare såväl som resenärer god. Det är emellertid svårt att avgöra i vilken grad det beror på hybridiseringen, då exempelvis luftkonditioneringen är avsevärt bättre i de nya bussarna. Avskrivningsperioden för en hybridbuss med RME-diesel beräknas av Keolis till 10-12 år, i det avseendet skiljer sig inte hybrider från konventionella bussar. Bränsleförbrukningen för hybridbussarna har legat nära den förväntade förbrukningen på 3,3 liter RME-diesel per mil. Då bussarna tagits i bruk under 2014 är det för tidigt att utvärdera kostnader för service, reparationer och underhåll.

I Malmö går sedan sommaren 2014 15 stycken 24 meter långa gashybridbussar från Van Hool. Bussarna går under namnet Malmöexpressen och efterliknar i utseendet spårvagnar. Malmö kommun har gjort stora åtaganden för att anpassa gatorna efter de nya bussarna. Bussarna körs med intervall om fem minuter och fungerar bra. Någon utvärdering har dock inte gjorts ännu[4]. Gashybridbussarna kan köras på andra gator, men fungerar optimalt i den anpassade miljön. Anpassning av depåer har krävts, men det är till stor del en följd av bussarnas längd.

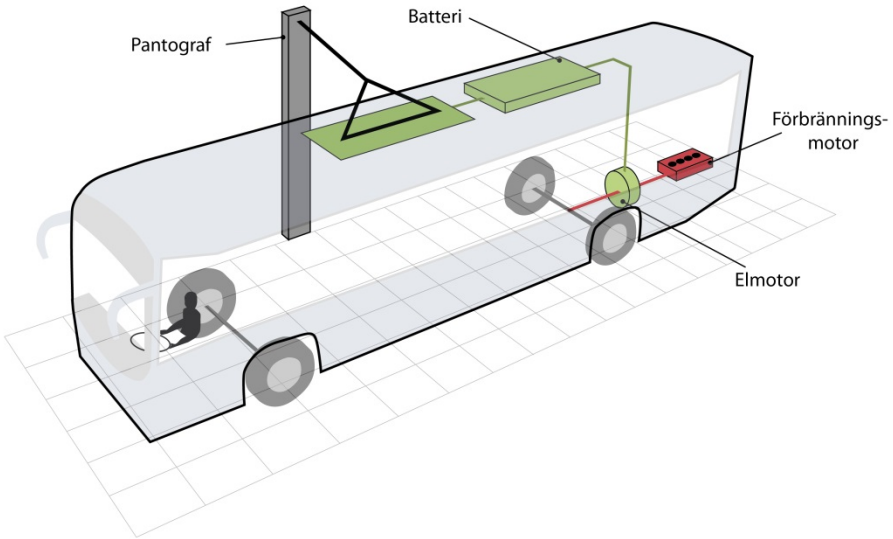
---

[1] Intervju med Alexander Hagbard Sylwan på Svenska Neoplan AB, 28 oktober 2014.
[22] MAN websida http://www.bus.man.eu/global/en/city-buses/man-lions-city-hybrid/overview/Overview.html

[3] Intervju med Karl Orton, 22 oktober 2014
[4] Intervju med Klas Sörensson, Skånetrafiken, 24 oktober 2014

5.3 Laddhybridbuss

Teknisk beskrivning av buss och infrastruktur
Laddhybridbussar är hybridbussar med ett större batteripaket som kan laddas utifrån, inte bara genom regenerering av bromsenergi. Laddhybridbussarna har också en förbränningsmotor som används då man inte kan eller vill köra på batteridrift.



Figur 5: Illustration av laddhybridbuss. En laddhybridbuss är en hybrid med förstorat batteri som kan laddas från elnätet

Infrastruktur behövs, vid ändhållplatser och/eller vid hållplatser där bussen stannar en lite längre stund. Laddstationen består normalt av en laddstolpe och ett utrymme för transformator. Laddningen kräver alltså utrymme vid hållplatsen vilket kan påverka hållplatsutformningen och utgöra en begränsning i t ex innerstaden. Laddstationen kräver elmatning med starkström. Tumregeln är att bussen kan gå en kilometer på eldrift per minuts snabbladdning vid laddstationen, och maxlängd för sträckan för eldrift är kring en mil, beroende på mängden batterier som monteras. Det tekniska systemet är normalt placerat ovan mark. Det krävs uppgrävning av gatan eller hållplatsen för elmatningen och gjutning av fundament. Elmatning kan i framtiden ske från SL:s egna spårelnät om laddstationerna placeras i anslutning till spårtrafik. Trafikplaneringsmässigt kan laddhybridbussar både gå på linje med laddstationer vid ändhållplasterna, men också om det skulle behövas gå på andra

linjer eftersom de också har en förbränningsmotor. Bussarna långsamladdas med fördel under natt i depå, men det är inte nödvändigt.

Tillverkare
Volvo 7900 Laddhybrid[5] är en utveckling av Volvos 12 m parallellhybridbuss. Denna buss går i testtrafik och kommer att industrialiseras under 2015 och säljas obegränsat under 2016. Batteriet är större (18kWh) än i hybridbussen och laddas i depå eller vid hållplats. På så sätt kan bussen gå ca 70% av sträckan på el utan stöd av förbränningsmotorn. På ställen där bussen har naturliga längre pauser t ex vid ändhållplatser kan den snabbladdas med 150 kW laddare. När batteriet är urladdat går den i vanligt hybridläge. Om bussen ska gå på el eller i hybridläge kan också styras automatiskt beroende på geografiskt läge. Detta kallas *geo fencing* eller *zone management*.

Laddhybriddriften minskar energianvändningen med 60% och CO2-utsläppet med ca 75% jämfört med motsvarande dieselbuss. Bullernivån uppges vara 65 dB(A) vid start från hållplats och något högre vid förbikörning i konstantfart.
Bussen drar 1,4 kWh/km vid eldrift. Laddhybriden testas i projekt i Göteborg, Stockholm, Hamburg och Luxemburg. Volvo tror att marknaden kommer att kräva olika typer av elektriska framdrivningssystem för olika framdrivningsuppgifter. Man utvecklar därför såväl hybridbussar som laddhybrider och helelektriska bussar.

Erfarenheter
I Göteborg var tre laddhybrider i ordinarie trafik mellan juni 2013 och juli 2014. Bussarna ingick i projektet Hyperbus där bl.a. Volvo och Göteborg Energi ingår, och har körts vardagar mellan kl. 06 och kl. 18, på en central, backig och vältrafikerad linje (5 miljoner resenärer per år). De tre bussarna har gått utöver de ordinarie bussarna och har inte haft samma tillgänglighet som konventionella bussar. Vissa mindre inkörningsproblem förekom. När laddningen inte fungerat har bussarna kunnat köra som vanliga dieselhybrider, vilket garanterar en önskad grad av flexibilitet. Bussarna använde 60 % mindre energi och 80 % mindre diesel än en dieselbussar, och släppte ut 75 % mindre koldioxid. Respons från resenärer och förare har varit genomgående god[6]. 620 intervjuer gjordes med förare, resenärer och boende längs linjen. Resultatet visade att laddhybridbussarna får bättre omdömen från resenärerna än vanliga bussar, framför allt när det gäller ljudnivå och bekvämlighet. Det flesta kommentarer handlar om att bussarna är tysta. Boende efter linjen uppger att bullret har reducerats. Förare och annan personal är också positiva. Förarna uppskattar den tysta och bekväma arbetsmiljön, men framför allt miljövinsterna. Personalen upplever också att resenärerna är positiva till bussarna.

[5] Underlag från Edward Jobson och Ulf Gustafsson, Volvo Bus, 18 november 2014 samt information från Volvos websida.
[6] eBUSS2, tidning utgiven av Sveriges bussföretag och BilSweden, juni 2014



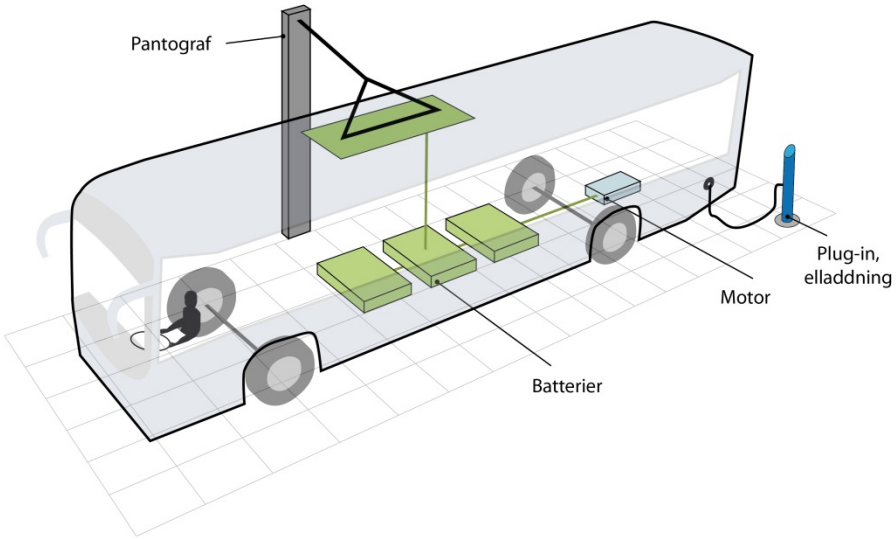
Figur 6: Volvo Laddhybrid i ZeEUS-projektets demonstration i Stockholm

Trafikförvaltningen engagerar sig i demonstrationsprojektet ZeEUS tillsammans med Vattenfall och Volvo i syfte att testa 8 st laddhybridbussar på linje 73 i SL-trafiken. Projektet har beviljats ekonomiskt stöd från EU och kommer att pågå från och med hösten 2014 till och med 2016. Bussarna har ett batteripaket som laddas på natten och vid ändhållplatserna, de beräknas då kunna gå på el huvuddelen av sträckan. En bränslemotor finns också som backup. Denna kommer att gå på 100 % förnybar HVO-diesel.

5.4 Helelektrisk buss – batteridrift

Teknisk beskrivning av buss och infrastruktur
Helelektriska bussar (batteribussar) är på väg in på marknaden och testas i flera länder i Europa. Som namnet antyder så drivs bussarna enbart av el. Därför behöver batteripaketet vara väsentligt större än i laddhybrider för att ge den räckvidd och flexibilitet som trafikeringen kräver. Helelektriska bussar kan dock utrustas med en liten dieselgenerator, en s.k. ”range extender” som kan ladda batterierna vid behov, t ex vid extrema temperaturer eller vid förflyttning av bussarna en längre sträcka.

En distinktion görs mellan bussar som enbart normalladdas i depå över natten och bussar som dessutom snabbladdas på ändhållplatser. De förstnämnda måste ha ett mycket stort batteripaket för att klara hela dagens körning medan de sistnämnda (tilläggsladdade elbussar) kan ha mindre batteri men kräver å andra sidan en laddinfrastruktur vid hållplatserna. Batteribussar kan enligt tillverkares uppgifter gå upp till 25 mil på en laddning.



Figur 7: Illustration av helelektrisk buss. En helelektrisk buss har ett mycket stort batteri som kan laddas över natt i depå eller snabbladdas vid hållplats

Tillverkare – exempel på depåladdad elbuss

Eurabus är en tysk tillverkare som enbart säljer helelektriska bussar[7]. Man har levererat två bussar i Sverige (till Adelsöbuss och Arlanda Parkering) och ett tiotal i Europa. Bussarna är av kinesiskt ursprung (Granton/Teewo) som europaanpassas med nya komponenter som t ex fjädring, styrning, bromsar och förarmiljö.

Laddning av batteriet, som är på 240 kWh, sker över natt och om möjligt även mitt på dagen. Elmotorn är placerad framför bakaxeln och batterierna ligger under golvet. Bussen kan niga för att släppa på rullstolar. Räckvidden är 200 km räckvidd med AC inkopplad. AC kan både kyla och värma bussen.
Laddning sker i depå med laddbox, 3-fas 400 V växelström. Man kan välja 60/100/250 A. Om man använder 100 A ges en laddeffekt på 100*400=40 kW. Teoretiskt tar det sålunda 6 timmar att ladda batteriet från tomt till fullt, men i praktiken är laddtiden 2-4 timmar eftersom batteriet sällan körs tomt. Laddboxen är av kinesiskt fabrikat och visar återstående laddning i batteriet, spänning och laddström. Säkringen i depån är på 125 A. Eurabus erbjuder en batterigaranti på 2000 laddningar eller 7 år vilket som inträffar först. Batteriet har då 80% kapacitet kvar.

[7] Intervju med Malte Lilliestråle, Eurabus, 3 oktober 2014

Listpriset på bussen är 430 000 Euro dvs ca 4,1 MSEK. Motsvarande dieselbuss kostar ca 2,5 MSEK. Ett nytt batteripack kostar 900 000 kr. Enligt Eurabus har batteripacket ett restvärde efter garantitiden 7 år beroende på att många villaägare i Tyskland köper batteripack till sina solfångaranläggningar. Detta restvärde är dock oklart. Kostnad för service och underhåll är 0,1 Euro per km dvs ca 1 kr/km. Motsvarande för en dieselbuss uppges till 2 kr/km. Kostnad för försäkring och skatt är som en dieselbuss. Depåladdaren uppges kosta 40 000 kr.

Räckvidden är 200 km med påslagen AC. Med en snittfart på 15 km/h blir körtiden ca 12 timmar. Eftersom bussen bara körs i morgon- och eftermiddagsrusningen så kan bussen kompletteringsladdas mitt på dagen. Förbrukningen är 1 kWh/km.

Årets modell av helelektrisk buss från Eurabus (som levererats till Arlanda Parkering) har Sverigeanpassad inredning och ny design. Eurabus förväntar sig en fortsatt snabb batteriutveckling. Målet är ett batteri som ger bussen 500 km räckvidd inom 5-10 år, sedan tror man att tekniken är färdigutvecklad. Nästa steg är att kombinera batteri och superkondendensator. Med denna kombination kan superkondensatorn korttidslagra energi som avges vid starten vilket avlastar batteriet och minskar värmeutvecklingen. På detta sätt kan livslängden för batteriet öka 4 ggr enligt Eurabus.

Tillverkare – exempel på hållplatsladdad elbuss

Den svenska tillverkaren Hybricon[8] har levererat en helelektrisk buss till Ultra som driver busstrafiken i Umeå. Bussen är en 12 m buss som hittills rullat 1,5 år. Hybricon har ritat bussen och låtit tillverka den i Polen av AMZ. Viktiga komponenter är navmotorer från tyska Ziehl-Abegg och ett litium titanat-batteri på 120 kWh från amerikanska Altair Nano. Detta batteri är valt för att ge lång livslängd och uppges klara 25 000 laddcykler och klara regelbunden snabbladdning. Som räckviddsförlängare finns en industrimotor på 70 kW som driver en generator. Bussen är tillverkad för norrländska förhållanden med tjockare isolering och den är eluppvärmd med värmepump. Den snabbladdar under 3 minuter vid hållplats en gång per timme vilket ger tillräcklig laddning för att kunna göra linjens 20 km. Snabbladdaren är utvecklad av Hybricon tillsammans med Schäffer och ABB och laddar med 700 V, 1000 A. Med denna laddteknik har man kunnat minska batteristorlek jämfört med en depåladdad elbuss. Det finns också en depåladdare för normalladdning 63A vilket tar 6 timmar.

Bussen är en lågentrébuss medbatterier i golvet. Den har fullt antal säten och totalvikten är bara 100 kg mer än en normal buss tack vare att den höga batterivikten balanseras av att man slipper motor och växellåda.

[8] Intervju med Mats Anderson på Hybricon, 26 november 2014.

Hybricon uppger att det unika med deras buss är den mycket snabba laddningen och att den är isolerad för norrländska vinterförhållanden.

Hybricons elbuss kostar 5 MSEK. Man har valt en dyrare lösning med fina batterier och lång livslängd som klarar 40 minusgrader. Vinterisolering driver också kostnader. Servicekostnaden är samma som vanliga bussar med undantag för att inga oljebyten behövs. Batteriet bör hålla ca 10 år. Hybricon säljer en batterigaranti för 1 kr/km och man garanterar då batterikapaciteten. Utbildning för personal är samma som för konventionella bussar.

Snabbladdstationen kostar 5 MSEK för en station med hög effekt. Denna kostnad kan pressas till 3 MSEK för mindre effekt och längre laddtid. Avskrivningstiden är 25 år dvs som en vanlig elcentral. Underhåll av stationen är som för en hållplats. Det finns ett serviceschema men det går inte att sätta kostnad på det nu.

När det gäller framtidsutblicken så uppger Hybricon att de tittar på olika former av räckviddsförlängare. En lösning är att ha en biogasdriven värmare av bussen vilket minskar elförbrukningen. Denna lösning används redan av Solaris som levererat en helelektrisk buss till Västerås. Hybricon uppger att deras lösning med snabbladdning vid hållplats passar tätortstrafik, men att det för långväga linjer är bättre med långsamladdning på natten.

Erfarenheter

Det är operatören Adelsöbuss som kör Eurabus elbuss i Solna på uppdrag av fastighetsbolaget Humlegården. Bussen har gått 2 år i Tyskland och ett drygt halvår i Sverige. Enligt Eurabus har inga problem kopplade till eldriften noterats. Bussen är inte testad i vinterklimat så värmekapaciteten återstår att utvärdera. I sommarvärmen var det inga problem att kyla bussen till 16 grader. Föraren uppger att han inte märkt att batterikapaciteten avtagit under mars-okt 2014. Operatören uppger att det skiljer ca 30 % i elförbrukning mellan förarna.

I Umeå kör Nobina Hybricons elbussar mellan centrum och flygplatsen. En buss har körts i 1,5 år och nyligen beställdes åtta bussar till. I stort kan sägas att elbussarna fungerat bra, men tillgängligheten är betydligt lägre än för en konventionell dieselbuss[9]. Hybricon själva uppger att det är dörrar mm som krånglar. Batteribussarna i Umeå går tyst, men det finns andra ljud som kan störa resenärer (dörrar, bromsar, bussningar, stötdämpning) vilket motiverat leverantören att experimentera med artificiella ljudmattor genom högtalarsystemet. En ökning av antalet batteribussar i flottan förutsätter att man som operatör inte behöver bära de omfattande infrastruktur- och kapitalbindningsrisker som det idag medför. I

[9] Intervju med Martin Atterhall, Nobina, 17 oktober 2014

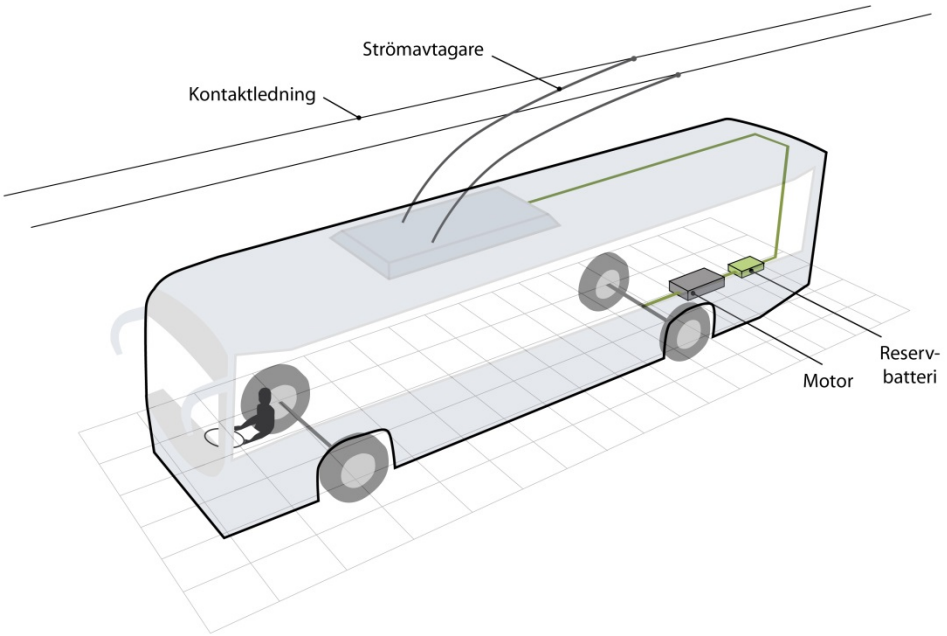
medelstora städer behöver bussar enligt Nobina kunna köra 400 km per dag, vilket dagens batteribussar inte klarar.

I Wien har 12 tilläggsladdade helelektriska bussar trafikerat under flera år, med snabbladdning i anslutning till trådbussnätet. Erfarenheterna visar på låga driftskostnader [10]. I Warszawa testades helelektriska bussar från BYD med ren batteridrift under några sommarveckor[11], med resultatet att årliga bränslebesparingar uppskattas till 270 000 kronor per buss, en genomsnittlig energianvändning på 1,3 kWh/km, och att kravet på 250 kilometer körsträcka per laddning uppfylldes. Liknande försök pågår i Köpenhamn.

5.5 Trådbuss

Teknisk beskrivning av buss och infrastruktur
En trådbuss är en eldriven buss som har en kontinuerlig överföring av el från trådar över vägbanan till bussens elmotor. Oftast finns även ett batteri så att bussen kan köra utanför trådnätet t ex till och från depån. Fördelen med trådbussar är att de kan gå helt och hållet på el och behöver då inte tunga batteripaket. En nackdel är den infrastruktur med eltrådar som måste byggas ovanför bussen (likt spårvagn). Dessa kräver förstås investeringar och underhåll och kan upplevas störande i stadsbilden. Trådbussar är kopplade till kontaktledningen med spröt och inte med pantograf som spårfordon. Det innebär att korsningar, och omkörningar av andra trådbussar, blir mer komplicerade. Omkörningar förbi andra fordon i trafiken är däremot enkel, vilket är en fördel gentemot spårfordonen.

[10] Innovative Electric Buses in Vienna, Clean Fleets Case Study
[11] Bussvei Stavanger – Hur fungerar olika busskoncept. Trivector Traffic, Rapport 2014:15



Figur 8: Illustration av trådbuss. En trådbuss matas med el direkt från en kontaktledning över vägen

Tillverkare

Solaris[12] är en polsk busstillverkare som bl a levererat trådbussar till Landskrona. Bussen heter Solaris Trollino och har sålts kommersiellt sedan 2001. Elmotorn är placerad centralt och driver bakhjulen. För att göra användningen flexibel finns batterier längst bak och på taket längst fram för att ge bussen en räckvidd på 8-10 mil utanför trådnätet. Det finns också en dieseldriven räckviddsförlängare. Bussen kan även levereras utan batteri och räckviddsförlängare. Batteriet är Litiumjärnfosfat (LFP). Solaris lämnar 6 års garanti på batteriet. Batteriet får inte laddas ur helt, då förstörs det. Bussen har några färre säten än en konventionell buss pga. den högre vikten. Energianvändningen är 1,2 kWh/mil.

En Solaris Trollino kostar 2-2,5 MSEK mer än en dieselbuss. Kostnaden för service och reparationer är en tredjedel av dieselbussens och bussen bedöms ha bättre hållbarhet än en dieselbuss, förutom frågan om batteriets livslängd som är osäker. En utbildning krävs för skötsel t ex tvättning med hänsyn till elektrisk utrustning.

När det gäller framtidsutsikter tror Solaris på den helelektriska batteribussen med laddning över natt och tilläggsladdning med pantograf vid hållplats.

[12] Intervju med Jonas Helsner, Solaris, 28 oktober 2014

Erfarenheter
Trådbussar finns i Landskrona i Sverige och i ett antal städer utomlands. En ny teknik som demonstreras i Landskrona innebär att bussen kan lämna trådnätet och köras med batteridrift till depån eller på andra linjer. Batteriet laddas under körning längs trådbusslinjen. För att koppla från och till spröten parkeras bussen i position under tråden och föraren aktiverar spröten med en knapp.
I Landskrona har trådbussar varit i trafik sedan 2003. Det handlar om totalt 5 bussar varav en är utrustad med räckviddsförlängare. Driftskostnaderna för trådbussarna är mycket låga[13]. Resenärsupplevelsen har varit ojämn då bullervolymen på insidan ofta är hög och körningen ryckig, men dessa faktorer är relaterade till bussens konstruktion snarare än energikällan.

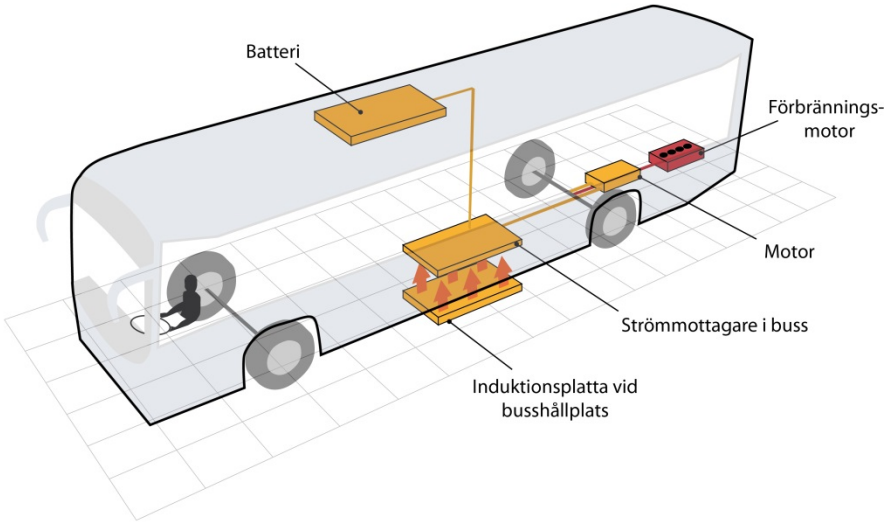
Vid vägbyggnationer fanns tidigare problem med flexibilitet i det att hjälpbatteriet inte räckte för att ta bussen förbi sträckan utan extrabussar behövdes sättas in för att slussa passagerare. Hjälpbatterierna har dock blivit bättre och ska nu klara nu att köra längre sträckor[14]. Ännu är det för tidigt att dra slutsatser om batterikostnaden, men det är en avgörande kostnadspost i fråga om trådbussar. Energianvändningen är ungefär 1,5-2 kWh/km, vilket är mellan hälften och en tredjedel av en konventionell dieselbuss. Driften av trådbussarna gick initialt dåligt men operatören menar att en väsentlig förbättring skedde när man själva tog över ansvaret för underhåll. Trådbussarna bedöms fungera föredömligt och ha en livstid på minst 20 år.

5.6 Buss på elväg med induktiv laddning

Teknisk beskrivning av buss och infrastruktur
Laddhybridbussar med induktiv laddning har också både förbränningsmotor och elmotor. De har batterier som energilager för eldrift. Ett induktivt laddsystem består av plattor som grävs ner i vägbanan och utrustning som sitter under bussen, ”pick-up”. Laddning sker trådlöst med hjälp av magnetfält som skapas av ledningar i vägplattan. Magnetfältet skapar ström i ”pick-up”-enheten under bussen, och batterier ombord laddas.

Bussarna laddas främst vid ändhållplatserna men kan även laddas utefter linjen. I det senare fallet blir infrastrukturen en ”elväg” där el matas kontinuerligt till bussens elmotor. Detta är analogt med trådbuss fast överföringen sker kontaktlöst under bussen istället.

[13] Intervju med Martin Atterhall, 17 oktober 2014
[14] Intervju med Klas Sörensson, 24 oktober 2014



Figur 9: Illustration av induktivt laddad buss. Induktiv laddning sker utan fysisk kontakt

En fördel med induktiv laddning är att laddinfrastrukturen är nedgrävd i gatan och därför varken tar utrymme eller stör stadsbilden. En nackdel är att ett införande medför en relativt hög investering i teknik och grävarbete. Det är också relativt komplicerat och dyrt att flytta de nedgrävda vägplattorna. Bussarna långsamladdas med fördel under natt i depå, men det är inte nödvändigt.

Tillverkare

Scania saluför en parallellhybridbuss och utvecklar en laddhybridbuss bl.a. för ett planerat demonstrationsprojekt i Södertälje. Tillsammans med Bombardier, Södertälje kommun och några andra intressenter är Scania med i Trafikverkets förkommersiella upphandling av demonstrationsprojekt för elväg för tunga fordon. Projektet avser att demonstrera laddhybridbussar med induktiv laddning på linje 755 mellan Södertälje Syd och centrum. Trafikförvaltningen deltar i detta projekt.

Scania avser att prova både stationär laddning vid hållplats och dynamisk laddning under färd genom att några hundra meter av vägen utrustas med induktiv elöverföring. Bussen är en parallellhybrid som förses med ett batteri på 5-20 kWh. Storleken på batterier beror på vilken avvägning man vill göra mellan kostnad för batteri och infrastruktur. Med ett mindre batteri krävs mer laddinfrastruktur. Scania eftersträvar flexibla fordonsystem som klarar olika lösningar.

Erfarenheter

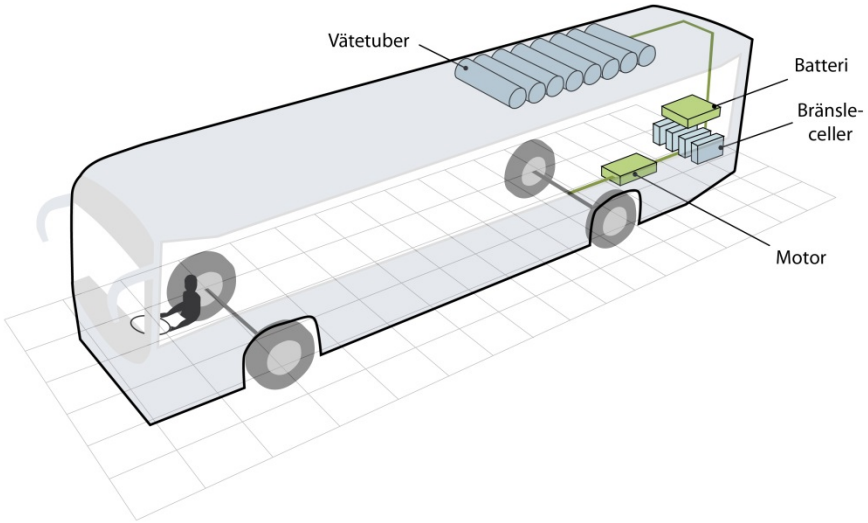
Tekniken är under utveckling, och demonstreras på några platser i Europa. Det system för induktiv överföring som planeras i Södertälje levereras av Bombardier och kallas Primove[15]. Tekniken finns bl a i Braunschweig i Tyskland[16]. Två Solaris-bussar trafikerar en 12 km lång linje sedan 2013. Kollektivtrafikbolaget BV-AG uppger att trafiken fungerat utan problem och att de sparar 900 000 kr per buss under 10 år på drivmedel. Det finns tre laddstationer längs linjen, vid ändhållplatsen och vid två andra hållplatser där uppehållet är minst 30 sekunder.

Kostnaden för Primove-systemet är osäker, men eftersom systemet har börjat marknadsföras i Europa så kan en preliminär bedömning göras. En statisk laddstation, som laddar vid hållplats uppges kosta ca 4 MSEK[17]. Då ingår plattan i vägen och ”pick-upen” i bussen med tillhörande elektronik. Däremot ingår inte transformator och inte markarbeten. Kostnaden för s k dynamisk laddning då hela vägen är utrustad med överföringsteknik (elväg) är än så länge alltför osäker.

5.7 Bränslecellsbuss

Teknisk beskrivning av buss och infrastruktur
Att använda en bränslecell som strömkälla i en buss kan sägas vara ett alternativ till batteri. Bränslecellen är en gammal uppfinning från början av 1800-talet och har sedan 1970-talet testats för framdrivning av fordon. Principen är att vätgas reagerar med syre och då bildas elektricitet och vattenånga. Vätgasen tankas i gastuber i bussen och syret tas från den omgivande luften. Fördelen jämfört med batteridrift är att räckvidden kan göras längre. Nackdelen är att det krävs vätgastankar i bussen och en tankstation för vätgas i depån. Priset på bränslecellbussar är högt, men tekniken utvecklas kontinuerligt och det finns flera busstillverkare och städer i Europa som tror på bränslecellsbussens framtid.

[15] http://primove.bombardier.com/application/bus/
[16] eBUSS2, tidning utgiven av Sveriges Bussföretag och BilSweden, Juni2014
[17] Intervju med Peter Östman, Bombardier, 2014-12-09



Figur 10: Illustration av bränslecellsbuss. I en bränslecellsbuss lagras energin i form av vätgas som omvandlas till el i bränslecellen

Tillverkare

I Oslo har fem bränslecellsbussar från van Hool varit i trafik sedan 2012. Bussarna ingår i ett samarbetsprojekt med åtta andra europeiska städer (CHIC)[18]. Bussarna har förutom bränslecellen ett batteri och kan sålunda regenerera bromsenergi för att minska energianvändningen. Räckvidden är 200-290 km vilket är tillräckligt för ca 15 timmars trafik.
Bränslecellsbussarna från van Hool kostar ca 10 MSEK.

Erfarenheter

Bränslecellsbussarna i Oslo har gått på relativt tunga och högtrafikerade linjer, men har inte kunnat gå så långa sträckor som man planerat. Reservkapacitet i form av konventionella dieselbussar har krävts då tillgängligheten på bränslecellsbussarna har varit dålig, ca 64 % vilket kan jämföras med 94-95 % för en konventionell buss[19]. I andra städer inom CHIC ligger bränslecellsbussarnas tillgänglighet på 40-80 %. Bränslecellsbussarna tar dessutom längre tid att starta. Projektet har krävt fler utbildningsinsatser än beräknat, för personal, trafikledare och verkstäder. Dessutom har en extra mekaniker anställts. Tack vare hybriddriften så har bränslecellbussarnas energianvändning kunnat halveras jämfört med den förra

[18] Commercialisation of hydrogen buses and the CHIC project; state of the market and project outline, Heinrich Klingenberg, HySolutions GmbH, maj 2014
[19] Intervju med Pernille Aga, 22 oktober 2014

generationen som bl. a. testades i Stockholm 2003-04. Nu uppger Ruter att bränslecellsbussarna reducerar energianvändningen med 39 % jämfört med motsvarande dieselbuss. Resenärernas respons har varit god. Vid låga hastigheter är bullernivån mycket låg. Någon ägarkostnadsanalys har inte gjorts, men det kan konstateras att vätgaspriset konsekvent legat över målet. Vätgasen produceras i depån med hjälp av en s.k. elektrolysör som fungerar som en ”omvänd bränslecell” och tillverkar väte och syre med hjälp av vatten och el. Stationen har haft en mycket hög tillgänglighet (98 %). I Whistler, Kanada, trafikerade 20 bränslecellsbussar under 2011-2013, med motsvarande tillgänglighetsgrad som i Oslo, ca 67 %[20]. En stor utmaning för lokaltrafiken i Whistler har även varit den höga vikten, vilket drivit upp underhållskostnader för exempelvis dämpningen. Underhållskostnaderna har varit 58 % högre än för konventionella dieselbussar.

I nuläget bedömer Ruter att batteribussar kommer att bli kommersiellt lönsamma före bränslecellsbussar, och ser laddhybrider som en attraktiv interrimslösning.

Under åren 2002-04 testade SL såväl etanolhybridbussar som bränslecellsbussar (EU-projektet CUTE). Bussarna demonstrerades i ordinarie drift och fungerade väl men med restriktioner i tillgänglighet. Bränslecellsbussarna bedömdes ha många år kvar till kommersialisering pga. höga kostnader.

5.8 Övriga tekniker

Inom ramen för Trafikverkets förkommersiella upphandling av demonstrationsanläggning för elväg kan flera olika tekniker komma att testas. Förutom induktiv överföring av el, som beskrivits ovan, finns även en teknik med konduktiv överföring från en skena i vägbanan. I detta fall har bussen eller lastbilen en släpkontakt som tar upp ström från skenan och leder den till elmotorn. Ett demonstrationsprojekt planeras på en 2 km läng sträcka mellan Arlanda och Rosersbergs logistikcentrum där en eldriven lastbil ska trafikera sträckan. Utvecklaren Elways[21] menar att denna teknik har förutsättningar att bli betydligt billigare än den induktiva överföringen.

[20] BC Transit Fuel Cell Bus Project: Evaluation Results Report. Eudy, L. & Post, M. NREL, Feb 2014.
[21] www.elways.se

5.9 Sammanfattning teknik

Genomgången av tillgängliga tekniker för eldriven busstrafik visar att det finns flera tekniker som är aktuella för demonstration eller införande i SL-trafiken. Man ska dock vara medveten om att de el- och hybridbussar som testas runt om i Europa inte har varit i drift mer än ett par år, och att det därmed saknas långtidserfarenheter. Även moderna batterier är känsliga för hur de laddas och hur temperaturen regleras i dem. Till exempel vet ingen med säkerhet idag hur snabbladdning långsiktigt påverkar batteriernas livslängd. Det är därför viktigt att man under de närmaste åren följer de utvärderingar som görs av eldrivna bussars driftsäkerhet och totalkostnad.

En viktig avvägning är mellan batteriernas storlek och investeringen i infrastruktur. Ju mindre batteriet är desto lägre blir kostnaden och riskerna, men behovet av tätare laddning t ex vid hållplatserna ökar. Med ett större batteri kan en långsamladdning över natt vara tillräcklig, men de ekonomiska riskerna kan bli stora t ex pga. låg tillgänglighet. De olika teknikerna uppvisar en varierande mognadsgrad.

Tabellen nedan sammanfattar de olika teknikernas för- och nackdelar.

Tabell 7: Teknikernas för- och nackdelar

System	Fördelar	Nackdelar
Hybridbuss	+ Ingen infrastruktur i gatumiljö + Ingen investering i depå + Finns ett flertal modeller i serieproduktion och ett stort antal i trafik + Lågt utbildningsbehov för förare + Möjligt med tyst eldrift vid hållplats och vid acceleration från hållplats	– Lägre energibesparing än eldrift med laddning
Laddhybrid, konduktiv laddning	+ Mindre batteri behövs jämfört med en helelektrisk buss + Redundans pga både eldrift och förbränningsmotordrift + Möjligt med eldrift i upp till ca en mil utan laddning under gång	– Infrastruktur i gatumiljön krävs – Teknik under utveckling, ej beprövat – Utbildningsbehov för förare vad gäller laddning och ev körning
Helelektrisk buss –	+ Nollutsläpp (med förnybar el) + Kräver ingen infrastruktur i	– Helt beroende av laddning på depån

depåladdning över natt	trafikmiljön + Kan köra på eldrift på upp till 25 mil + Låg ljudnivå	– Osäkert om bussar med en rimlig batterivikt kan göra ett trafikarbete med många resenärer under en hel dag i SL-trafiken – Visst utbildningsbehov för förare vad gäller körning
Helelektrisk buss – tilläggsladdning vid hållplats	+ Nollutsläpp (med förnybar el) + Kan ha mindre batteri än elbuss som bara depåladdar + Låg ljudnivå	– Kräver infrastruktur i trafikmiljön och i depå – Visst utbildningsbehov för förare vad gäller körning
Trådbuss	+ Nollutsläpp (med förnybar el) + Till skillnad från spårfordon kan trådbussen förflytta sig i sidled + Beprövad teknik + Moderna trådbussar kan lämna kontaktledningen och gå med batteridrift vilket ger flexibilitet	– Relativt hög investering i gatumiljö – Påverkar stadsbilden – Utbildningsbehov för föraren för hantering av spröt och för körning
Buss på elväg med induktiv matning	+ Laddutrustningen är dold i vägbanan + Möjligt att ladda under gång utan att bussen stannar + Hög energibesparing + Möjligt med eldrift upp till en mil utan laddning, eller mer om laddning sker under gång	– Hög investering i infrastruktur – Svår att flytta – Teknik under utveckling, ej beprövad – Utbildningsbehov för förare vad gäller laddning och ev körning
Bränslecells-buss	+ Liksom vid all eldrift är utsläppen mycket små, endast vattenånga ur avgasröret + Längre räckvidd än andra elbussar	– Dyr teknik, ger hög inköpskostnad och hög underhållskostnad – Relativt omogen teknik – Tankanläggning för vätgas krävs i depå

Nedan följer några slutsatser kring de olika teknikerna för eldriven busstrafik:

Hybridbussar är redan införda i trafik och återbetalningstiden beräknas till 7 år. Eftersom ingen laddinfrastruktur behövs kan hybridbussar ses som ett rättframt sätt att öka energieffektiviteten i busstrafiken. Flera tillverkare lanserar hybridbussar och tekniken är att betrakta som mogen.

Laddhybrider demonstreras i verklig trafik i Stockholm från 2015. Detta demonstrationsprojekt kommer att visa om funktionalitet och ekonomi är som förväntat. Ett positivt utfall skulle vara att bussarna uppvisar normal tillgänglighet och att en lägre driftskostnad balanserar den dyrare investeringen. Laddhybrider kräver laddinfrastruktur på hållplatserna vilket innebär både investeringar och att ett samarbete med Stockholms stad kring utformningen är nödvändigt.

Helelektriska bussar testas, både depåladdade (Solna) och hållplatsladdade (Umeå). Tillgänglighet och batterilivslängd behöver utvärderas innan de kan sättas in i större skala. Samtidigt kan det mycket väl vara realistiskt att testa mindre flottor i Stockholm under de närmaste åren.

Trådbussar är kommersiellt tillgängliga men används bara på en ort i Sverige. Infrastruktur måste byggas i samarbete med kommunerna.

Induktivt laddade hybridbussar kan komma att testas från 2015. Det råder stor osäkerhet kring kostnaderna vilket gör det svårt att bedöma realismen. Induktiv laddning är dold i vägbanan vilket är en tydlig fördel jämfört med konduktiv pantografladdning.

Bränslecellsbussar testas i Oslo och flera andra städer. Dessa kräver vätgasinfrastruktur och tankar i bussarna. Det råder stor osäkerhet kring kostnaderna och testerna har visat på en låg tillgänglighet. Det kommer att dröja åtskilliga år innan bränslecellsbussar är att betrakta som kommersiellt tillgängliga.

6 Affärsupplägg

Affärsstrategiska principer

Vid införande av ny teknik i busstrafiken behöver ett antal strategiska överväganden göras för att säkerställa att lösningen leder mot trafikförvaltningens övergripande mål. Då kollektivtrafiken levereras till resenärerna genom trafikförvaltningens leverantörer är affärsperspektivet centralt i samtliga strategiska överväganden som trafikförvaltningen gör. I valet av införande behöver därmed effekterna på avtal, leverantörer, kostnader, intäkter och resenärerna analyseras.

I trafikförvaltningens beslutade affärsstrategi finns ett antal affärsstrategiska principer. De som i första hand är aktuella att belysa i detta underlag är som följer av nedan.

Princip #3: Trafikförvaltningen ska avväga och konstruera alla affärer utifrån en god förståelse för leverantörsmarknaden och utöver ett resenärsperspektiv ha ett leverantörsperspektiv i alla affärer.

Princip #4: Trafikförvaltningen ska ge ett ökat ansvar till leverantören i de fall det är marknadsmässigt möjligt och det leder till att Trafikförvaltningens mål långsiktigt uppnås.

Princip #6: Trafikförvaltningen ska eftersträva rådighet över strategiskt viktiga tillgångar.

För att kunna erhålla en kollektivtrafik i enlighet med Trafikförsörjningsprogrammets politiska ambition, med hög kvalitet som är ekonomiskt effektiv, är det av vikt att trafikförvaltningen inhämtar kunskap om såväl resenärernas behov som leverantörernas förutsättningar. Leverantörers marknadsförutsättningar utgörs av bland annat kapacitet, kompetens och mognadsgrad. En ökad förståelse för leverantörsmarknaden möjliggör för trafikförvaltningen att identifiera vilka delar av affären som är särskilt attraktiva för leverantören och vilka delar som upplevs kritiska eller riskfyllda.

Tajmning
I utgångspunkt är det avgörande att fundera kring huruvida det avtalsmässigt är förberett för och om det är affärsmässigt rationellt att efterhand eller vid enskilt tillfälle inom ramen för ett befintligt avtal införa eldrift. Generellt sett säger erfarenheten att det, allt annat lika, är en dålig affär att förhandla med redan kontrakterad entreprenör. Utan konkurrens är det hög risk att lösningen blir suboptimal och prislappen högre. Sistnämnt är en faktor som talar för att handla upp större förändringar i samband med att nytt avtal ändå ska upphandlas då detta

ger möjlighet till konkurrens om uppdraget och därmed en dämpande effekt på prisutvecklingen.

Vid införande av eldriftsbussar in i ett befintligt avtal bör affärsupplägget utformas med hänsyn till avtalets begränsningar och möjligheter samt leverantörens förmåga för att införandet inte ska leda till för stora kostnader. Grundprincipen är fortsatt att trafikleverantören ska vara den som köper in bussar, vilket också påverkar den takt och det sätt på vilket det är möjligt och kan vara lämpligt att införa eldrivna bussfordon.

Område
I valet av område bör det övervägas utöver områdets beskaffenhet i relation till vald teknik, nuvarande fordonsflottans sammansättning samt gällande och kommande trafikavtal huruvida det är lämpligt och möjligt att införa eldrift. Viss teknik passar bättre i områden av karaktären stadsbusstrafik medan annan teknik likväl kan nyttjas för trafik mer av karaktären landsbygdstrafik. Begränsningar av sådan typ behöver beaktas i samband med val av område för införande av eldriven busstrafik.

Ägarskap
Enligt affärsstrategin ska trafikförvaltningen ge ett ökat ansvar till leverantören i fall det är marknadsmässigt möjligt. Med marknadsmässigt möjligt avses att leverantörsmarknadens kapacitet, kompetens och mognadsgrad möjliggör ett ökat ansvar. Förutom en samhällsekonomisk effektivitet ska trafikförvaltningen även se affärerna ur ett företagsekonomiskt perspektiv i syfte att öka den ekonomiska effektiviteten och främja en sund leverantörsmarknad över tid.

Affärsstrategins princip nr 6 kan verka vägledande avseende ställningstagande kring huruvida trafikförvaltningen eller annan part skall äga viss infrastruktur. Trafikförvaltningen ska eftersträva rådighet över strategiskt viktiga tillgångar, antingen genom att äga tillgången eller disponera över den.

Strategiskt viktiga tillgångar är tillgångar som uppfyller endera eller samtliga av följande kriterier, (i)Tillgången är kritisk för att driva trafikförvaltningens kärnverksamhet, (ii)Tillgången är på något sätt unik för trafikförvaltningens verksamhet och/ eller fysiskt knuten till trafikförvaltningens verksamhet och kan inte utan betydande kostnader brytas ut eller flyttas, (iii) Tillgången kan inte finansieras av marknaden baserat på faktorer som till exempel avtalstid, restvärdesrisk, marknadens förutsättningar, utbytbarhet eller andrahandsmarknad.

Enligt ovan skulle eldriftsbussar, under vissa förutsättningar, kunna betraktas som en strategiskt viktig tillgång beroende på val av teknik och tidpunkt för införande. Teknikutvecklingen går snabbt och således förändras vad som är kommersiellt gångbart. En viktig fråga blir därmed om det är trafikförvaltningen eller leverantörsmarknaden som mest lämpligen äger bussarna. Vid teknikutveckling som

initieras av trafikförvaltningen bör rimligen ägarskap initialt inte tvingas på leverantören, speciellt om tekniken är väldigt omogen.

Teknik som avviker från marknadens standard innebär dyrare inköp, reservdelshållning och underhåll, etc. Om trafikförvaltningen kräver en teknik som inte är harmoniserad med vad marknaden kan leverera och som dessutom inte har en potentiell andrahandsmarknad, kan det tala för att trafikförvaltningen bör köpa och äga fordonen.

Vid ägarskap av infrastrukturen kopplat till eldriftsfordonen kan det däremot finnas andra aktörer på marknaden som har intresse i att (del)finansiera och ta ägarskap över infrastrukturen. Man kan först efter en intressentanalys få en överblick av vilka marknadsaktörer som kan spela relevanta roller i ägarstrukturen.

Riskbedömning
Kategorisering av risker enligt TEKOPV enligt nedan. Jämförelsealternativ är vanlig dieselbuss.

Tabell 8: Riskbedömning för olika tekniker, enligt TEKOPV

Risk / Teknik	Laddhybrid	Helelektrisk batteri	Trådbuss	Induktiv elväg	Bränslecell
Tekniska	Har testats, demonstreras i dagsläget	Har testats, demonstreras i dagsläget	Etablerad teknik	Testad, inte demonstrerad ännu	Testad, inte demonstrerad. Kommit längre på personbilssidan.
Ekonomiska	Dyrare investering, billigare drift.	Dyrare investering, billigare drift. Reservkapacitet kan behövas.	Viss investering tillkommer, låg drift- och underhållskostnad	Oklart. Kräver dock investeringar.	Oklart. Kräver vätgasinfrastruktur.
Kommersiella	Inte helt gångbart idag, men i relativ närtid.	Inte helt gångbart idag, men i relativ närtid.	Etablerat, men kräver investering i infrastruktur för att bli aktuellt.	Inte gångbar t idag, ligger längre fram i tid.	Inte gångbar idag, ligger längre fram i tid.
Organisatoriska	Infra och fordon möjligt att fördela ansvar. Intresse finns.	Infra och fordon möjligt att fördela ansvar. Intresse finns.	Dialog med kommunerna, visuella närvaron påtaglig.	Kräver investeringar i gatuinfrastruktur. Kan kräva statlig inblandning och investeringsmedel.	Kräver investeringar i vätgasinfrastruktur. Kan kräva statlig inblandning och investeringsmedel.

Politiska	Intresse och vilja finns.	Intresse och vilja finns.	Kommunpolitik, kan vara känsligt och svårt att införa t.ex. i innerstadsmiljö	Intresse finns, oklart kring villighet att investera i dagsläget.	Svalt intresse i dagsläget.
Varumärke	Potentiellt god	Potentiellt god	god	oklart	oklart

7 Miljö

Eldrift i busstrafiken innebär ökad energieffektivisering, bullerreduktion och mindre lokala utsläpp. Sålunda har elektrifieringen av busstrafiken en avsevärd påverkan på uppfyllelse av miljömålen.

Graden av förnybarhet i eldriven busstrafik beror av hur elen produceras. Till SL-trafiken behöver därför produktionsspecificerad grön el köpas in till trafikens behov för att man ska kunna räkna elen som 100 % förnybar.

Utsläppet av skadliga ämnen utgörs framför allt av NOx och partiklar. För bussmotorer gäller kraven i Euro6 från 1 jan 2014. Bedömningen är att målen kommer att nås genom den infasning av nya bussar som sker. Det är i sammanhanget viktigt att påpeka av införande av eldrivna bussar leder till att utsläppen blir lägre vilket har en positiv inverkan på trafikens hälsoskadliga inverkan, framför allt i innerstaden.

När hybridbussar går i ren eldrift är de utsläppsfria medan utsläppen vid förbränningsmotordrift är att betrakta som jämförbara med Euro6 då bussarna drivs med stöd av förbränningsmotorn. Det uppstår därför en situation där utsläppsnivån kan styras beroende på vilken framdrift bussen har. I känsliga miljöer kan ren eldrift väljas. Denna teknik kallas *geofencing* eller *zone management* och kan bli viktig för att förbättra luftkvaliteten i utvalda områden.

Energianvändningen minskar med införande av eldrivna bussar. Minskningen räknat per buss är mellan 20 och 70 % beroende på graden av eldrift. Målet om 10 % energieffektivisering till 2016 tolkades som 5% för bussflottan och detta krav ställdes i E22-upphandlingen. Kravet ledde till införande av 52 elhybrider. Genom att fortsätta att skärpa kraven på energieffektivisering är det troligt att ytterligare hybridbussar, och i förlängningen laddhybrider och helelektriska bussar, kommer att införskaffas.

En viktig fråga är hur batterier och annan elektronik produceras och återvinns. Det är lag på återvinning genom lagen om producentansvar. När det gäller produktionen så innehåller elektronik ofta s.k. sällsynta jordartsmetaller, ibland även kallade konfliktmineraler eftersom vissa produceras i konflikttyngda länder som t ex Kongo. Kunskapen inom detta område är idag otillräcklig och behöver höjas för att trafikförvaltningen framöver ska kunna ställa rätt krav på hur batterier och elektronik produceras och återvinns.

Kopplat till frågan om produktion och återvinning är de ämnen som står på SLLs utfasningslista över miljö- och hälsofarliga kemikalier. Ämnen som kan finnas i den elektronik som ingår i eldrivna bussar är kadmium, kvicksilver, bly, krom,

tetrabrombisfenol, perfluoroktansulfonat och perfluoroktansyra. Särskild uppmärksamhet bör därför ägnas åt sådana ämnen vid kommande krävställning i upphandlingar.

Elmotorer ger ifrån sig mindre buller än förbränningsmotorer. Exempelvis är de hybridbussar som infördes i innerstaden sommaren 2014 tystare vid acceleration och stillastående vid hållplats än konventionella bussar, men tonala ljud kan uppstå. Upplevelsen för resenärer, förare och förbipasserande gynnas av detta. Det kan vara så att laddstationer som placeras vid hållplats ger ifrån sig ett visst buller. Inga krav ställdes kring detta då Vattenfall sökte bygglov hos Stockholms stad för laddstationen i Ropsten under hösten 2014, men man behöver bevaka om det eventuella bullret leder till olägenhet för resenärer och förbipasserande.

8 Hållplats, depå och terminal

Hållplats
För laddhybrider blir snabbladdning vid ändhållplatser huvudsaklig laddning. Även helelektriska bussar med tilläggsladdning kan utnyttja dessa stationer. Det krävs en laddtid på ca 6 min för att helt ladda batteriet, vilket kanske inte alltid finns tillgängligt med hänsyn till tidtabell och trafiksituation. Kortare laddtid ger delladdning. En flexiblare lösning skulle vara att ha laddning på flera hållplatser där bussen gör ett naturligt längre stopp.

Laddstolpen för konduktiv laddning har ett kraftigt utförande i Ropsten pga avståndet mellan stolpe och trottoarkant, i detta fall 3 m. Enligt Vattenfall[22] krävs att laddstolpen placeras innanför trottoaren av följande skäl

- SL:s hållplatsmanual kräver fritt utrymme runt bussen av hänsyn till synskadade och rullstollsburna
- Står stolpen vid trottoarkanten hindrar den snöröjning samt kan skadas vid snöröjning
- Risken för att stolpen blir påkörd och skadas minskar med denna placering

Kravet på avstånd behöver granskas eftersom det påverkar stolpens storlek väsentligt. Man bör eftersträva så smäckra lösningar som möjligt. En dialog om detta behöver föras med Stockholms stad.

Tekniken för induktiv laddning erbjuder ett mycket diskretare utförande eftersom laddplattorna är nedlagda i vägbanan. Denna teknik har därför förutsättningar att lättare kunna integreras i olika trafikmiljöer t e x i historiska delar av innerstaden. En viktig fråga är därför hur prisbilden ser ut för denna teknik och hur en eventuell extrakostnad förhåller sig till kravet på diskret utförande i innerstadsmiljö.

Till såväl konduktiva som induktiva laddstationer hör ett elskåp eller transformatorstation. Denna kan med fördel integreras i informations- eller reklamtavlor.

I händelse av strömavbrott kan en hållplatsladdad eldriven busstrafik bli stående om det inte finns reservkraft tillgänglig. Hänsyn behöver tas till det i samband med anläggning.

Depå
I depå sker normalt s.k. normalladdning. Kostnaden för en normalladdare är väsentligt lägre än för en snabbladdare. En buss står ca 6 timmar i depå så

[22] Per Thorin, Vattenfall, underlag till bygglovsansökan för laddstation i Ropsten.

normalladdningen behöver dimensioneras efter det. Normalladdning blir huvudsaklig laddning för helelektriska bussar. Även vissa laddhybrider kan laddas över natten. En buss kan behöva 100A vid laddning men mer vanligt är 63A. Detta sätter en gräns för hur många bussar som kan ladda samtidigt. En depå för ca 80 bussar har normalt en matning på ca 800 A. Det talar för att en normaldepå bara kan klara några få elbussar utan att matningen byggs ut till en väsentligt större kapacitet. I anslutning till biogasanläggningar finns bra strömtillförsel vilket talar för att dessa depåer är lämpliga för helelektriska bussar. Bedömningen är att det även behövs möjlighet till snabbladdning på depå för att kunna säkerställa att alla bussar går ut fulladdade och att kompletterande laddning kan utföras under trafikdygnet vid omlagda körvägar och oplanerad ersättningstrafik för spår.

Terminal
Större teminaler ex Gullmarsplan, Brommaplan, Odenplan, Slussen, Tekniska Högskolan, Ropsten bör ha laddmöjlighet som dimensioneras med större flexibilitet för att ta höjd för förseningar, ersättningstrafik mm. Här står bussar ibland uppställda under 10-60 min pga raster och då är det lämpligt att ladda.
Elbussar kan köras på ren el längre sträckor och kan sålunda köras i känsliga miljöer och även inomhus t ex i terminalbyggnader. Detta öppnar nya möjligheter i t ex köpcentrum.

Stockholms stads syn på infrastrukturför elbussar i stadsmiljö[23]
Som konstaterats ovan behövs en dialog mellan trafikförvaltningen och Stockholms stad när det gäller utformning av laddstationer i trafikmiljön. En sådan dialog har initierats och en första bild av Stockholms stads syn på frågan har inhämtats. Intervjun delades in i avsnitten intresse, ägande och samverkan.

Intresse:

- Generellt är staden positiv till eldriven busstrafik men vet för lite om teknikerna för att kunna förorda någon.
- När det gäller infrastruktur i gatumiljö så är tillgänglighetsanpassning viktigt.
- Trådar i stadsmiljö behöver utredas, då ett antal frågor föreligger. Öppna dubbeldäckare (turistbussar) får inte köra där det finns trådar. Det gäller också frågan om huruvida trådarna ska fästas på fasad eller stolpe, och om bussarna ska beredas egna körfält.
- Laddinfrastruktur kan vara ett visuellt hinder men kring detta behövs en dialog med Stadsbyggnadskontoret.
- Skrymmande infrastruktur kan fungera i urban lite industriell miljö t ex Ropsten men inte i historisk innerstadsmiljö.

[23] Intervju med Eva Sunnerstedt, projektledare Miljöbilar på Miljöförvaltningen och Fredrik Alfredsson, avd chef Tillståndsavdelningen, Trafikkontoret, 2014-11-17

Ägande:

- Stockholms stad vill inte finansiera och äga infrastruktur för laddning. Däremot kan man medfinansiera satsningar inom ramen för projekt tillsammans med andra för att t ex utvärdera försök.
- Staden ger idag fördelaktiga markavtal till Vattenfall och Fortum för etablering av laddstolpar för personbilar, men kraftbolagen betalar alla kostnader. Staden ställer krav på funktion, utseende mm som kompensation för den lägre hyran.

Samverkan

- Det är viktigt med en relation mellan staden och trafikförvaltningen. Idag vet man inte hur samverkansformen ser ut.
- Att miljöanpassa tunga fordon är särskilt angeläget för staden. Man behöver utveckla en gemensam struktur för snabbladdning av bussar, sopbilar och distributionslastbilar. Dessa har olika naturliga stopp vilket gör det svårt att samutnyttja laddställena. Exempelvis är det svårt att se att lastbilar kan ladda på busshållplatser.

9 Resenärspåverkan

För resenären borde eldrift kunna medföra flertalet fördelar. Då bussen vid eldrift inte har några lokala utsläpp innebär det att den är mycket miljövänlig och kommer att leda till bättre luftkvalitet. Detta är givetvis en fördel för resenärer som vistas i närheten av bussarna, men kommer även att vara positivt för samtliga som vistas i område där elbussarna förs fram.
Bullernivån vid eldrift är dessutom lägre än vid förbränningsmotordrift vilket leder till att ljudmiljön runtomkring bussen kommer att bli bättre för de som vistas i närheten av bussarna.
Baserat på de erfarenheter som dragits vid tidigare eldriftförsök kunde man i Göteborg bland annat konstatera att den respons man fått från resenärer och förare genomgående har varit god. Boende efter linjen har bland annat konstaterat att bullret har reducerats. Vad gäller trådbussarna i Landskrona har dock resenärsupplevelsen varit ojämn då bullervolymen på insidan av bussen ofta varit hög och körningen har upplevts som ryckig. Dessa faktorer beror dock snarare på bussens konstruktion än energikällan.

En aspekt som kan uppfattas som negativ av resenärer är hur hållplatsmiljön kommer att påverkas av laddstolparna. En risk finns att dessa kan upplevas som industriella och förfulande i miljön. Detta kommer att ställa krav på utformningen av laddstolparna så att de i största möjliga mån harmoniserar med miljön i övrigt och kanske i huvudsak placeras i sådana områden där de inte sticker ut allt för mycket.

Tillgänglighetsaspekten kommer också vara av stor vikt, det vill säga att bussar som drivs på el inte innebär en konstruktion som blir mindre tillgänglig för exempelvis äldre resenärer eller resenärer med funktionsnedsättning. Funktionsnedsatt syn ökar risken för incident med buss pga. elmotorns tysta gång. Även hållplatsområdet kommer att behöva utformas på ett sådant sätt att infrastrukturen för laddning inte innebär försämringar vad gäller tillgängliget.

I samband med ZeEUS-projektet genomför trafikförvaltningen en kundundersökning som kommer att löpa under projektet. Målsättningen med mätningen är att utvärdera och se om upplevelsen för resenärer och förare på något sätt påverkas av införandet av elbussar. Under hösten 2014 genomförs en nollmätning på nuvarande gasbusstrafik och detta kommer sen att ställas mot elbussar som kommer att trafikera linje 73 under 2015 och 2016. I den första mätningen som genomfördes ombord på gasbussen gavs möjligheten till resenärerna att uppge om de hade några tankar kring elbussar. I de svar som gavs gick det att utläsa att resenärerna är mycket positivt inställda till elbussar, framförallt då det känns som ett miljövänligare alternativ än, ha positiv inverkan på

luftmiljön. Några framhöll att det är viktigt att säkerställa att elen som används kommer från förnybar källa för att verkligen vara miljövänligt.

10 Möjlig utveckling

I detta kapitel tecknas en bild av en tänkbar utveckling av fordonsflottan i SL:s trafik fram till 2026. Utgångspunkten är att inte fatta kostnadsdrivande beslut om att säga upp avtal eller rangera ut bussar i förtid. Vi antar att bussflottan ändrar komposition i den takt som bussarna avskrivs eller byts ut för att hålla medelålderskrav, och att kraftiga satsningar mot endera tekniken undviks. För att visa konsekvenserna av en snabbare elektrifiering görs en affärsanalys av ett införande av laddhybrider på Lidingö, och effekten på energianvändning beräknas för ett scenario med långtgående elektrifiering av bussflottan.

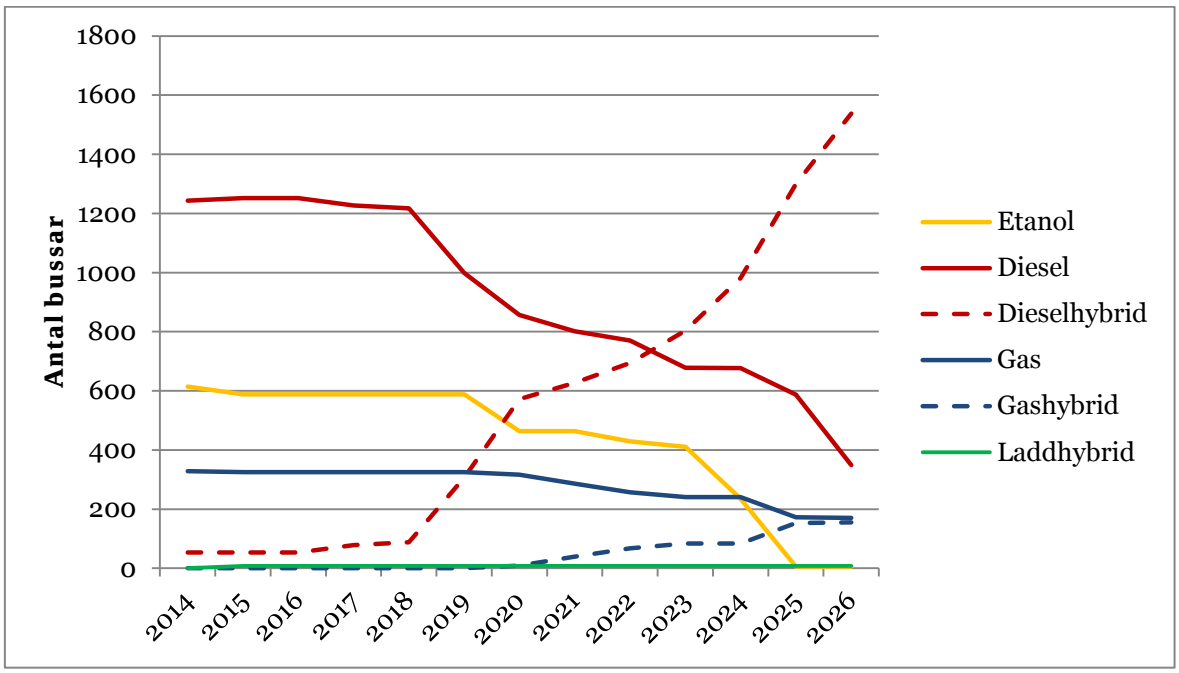
10.1 Scenario för kostnadseffektivt införande av eldriven busstrafik

Utgångspunkten att inte fatta kostnadsdrivande beslut innebär att vissa mer detaljerade antaganden behöver göras.

- Utbyten till mer energieffektiva fordon uppmuntras genom krav i trafikupphandling på sänkt energianvändning. Detta bedöms inte vara kostnadsdrivande då merkostnaden för inköp av hybridfordon redan idag (enligt tillverkarna) går att räkna hem på ca 7 år. Dessutom finns flera andra sätt för trafikutövaren att sänka energianvändningen per personkilometer.
- Inga tilläggsavtal görs till befintliga avtal.
- För trafiken utanför innerstaden antas gradvis hybridisering från 2017 i takt med att äldre bussar rangeras ut.
- De planerade projekten med laddhybrider inom ZeEUS på linje 73 och induktiv elväg och hållplatsladdning i Södertälje på linje 755 genomförs som planerat.
- För E22 (innerstaden och Lidingö) gäller Keolis förslag på utbytesplan som utgångspunkt.
- För E22-området antas vidare att bussflottan reduceras med 20 bussar (med bibehållet antal personkilometrar) och att det i minskningen är etanolbussar som i första hand fasas ut[24].
- E22-avtalet antas förlängas till 2026.
- Att flytta bussar från E22 till E19 i syfte att snabba på införandet av eldriven busstrafik i innerstaden bedöms inte vara möjligt. Bussarna i innerstaden är citybussar avsedda för lägre hastigheter än bussar för ytterområdena.

[24] Baserat på Keolis nuvarande framtidsbild (2014-12-01).

Bilden nedan visar fördelningen mellan olika tekniker för hela SL-flottan givet att antagandena ovan följs. Runt 2020 sker stora förändringar vilka i stora drag innebär att etanolbussar rangeras ut, dieselbussar ersätts med dieselhybrider och gasbussar ersätts med gashybrider.



Figur 11: Bussflottans utveckling fram till 2026 enligt antaganden i 6.1

Efter att E22-avtalet går ut 2026 finns en möjlighet till elektrifiering av innerstadstrafiken.

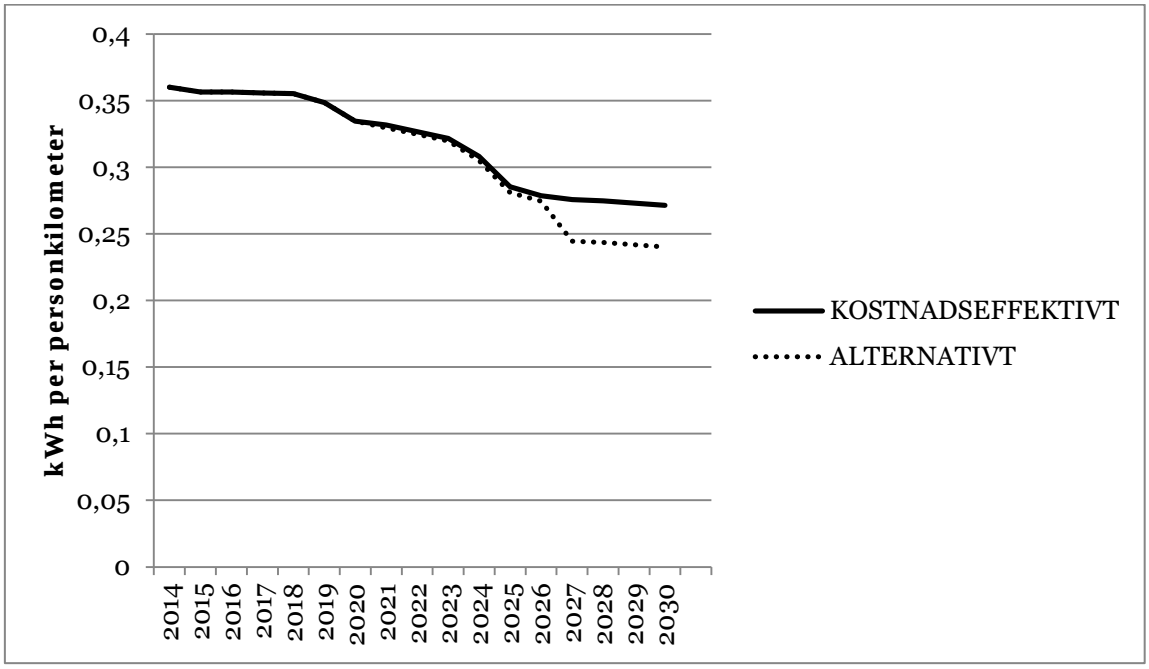
10.2 Energianvändning

För att illustrera hur vidare elektrifiering av bussflottan kan bidra till energibesparingar, har en översiktlig energikalkyl gjorts utifrån ett kostnadseffektivt scenario och ett scenario med snabbare elektrifiering, baserat på de antaganden och förutsättningar som beskrivits ovan. Tolkningen av resultaten bör ta hänsyn till att såväl de grundläggande kalkylparametrarna som antaganden om bussutbyten är schablonmässiga. Analysen utgår från uppgifter från databasen FRIDA med information om den nuvarande bussflottan. Bussarna antas gå 50 000 kilometer per buss och år, med 15 % påslag för tomkörning.

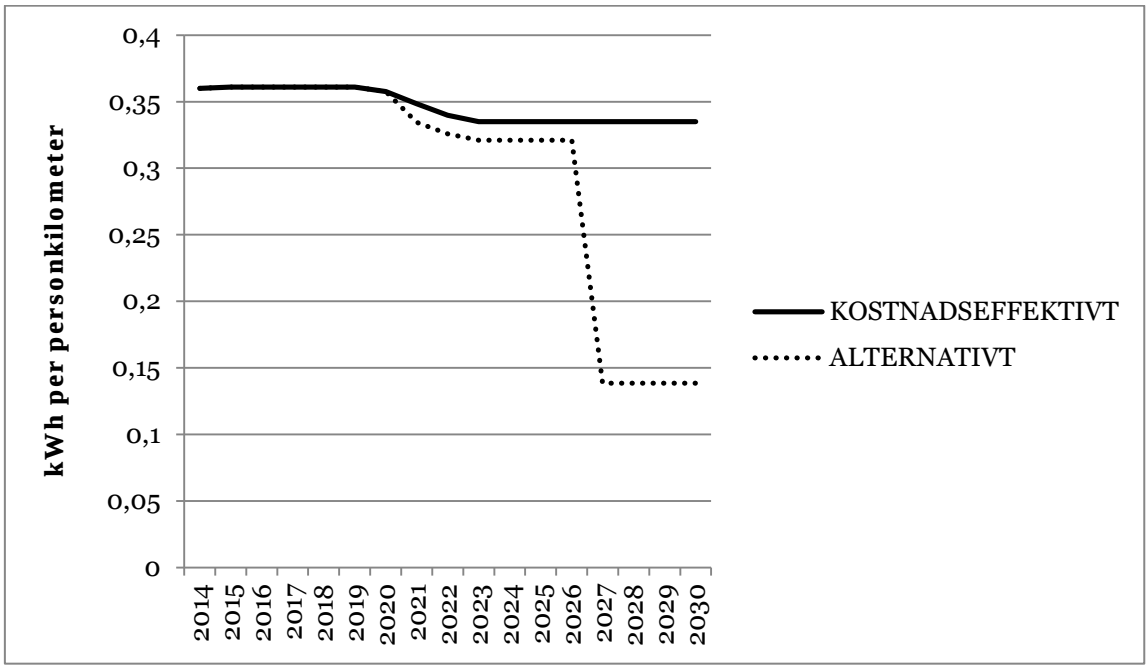
Kostnadseffektivt scenario bygger på samma antaganden som står beskrivna under 6.1. Fram till 2020 antas andelen hybrider vid inköp av bussar öka gradvis, för att därefter utgöra samtliga bussinköp vid utbyten. Gasbussar ersätts med gashybrider, diesel- och etanolbussar ersätts med dieselhybrider. Avskrivningsperioden antas vara 14 år för samtliga busstyper.

Alternativt scenario bygger i stort på samma antaganden som kostnadseffektivt scenario, men innehåller ett antal exempelåtgärder för snabbare elektrifiering och därmed skarpare energieffektiviseringsfokus. I alternativt scenario antas ett införande av 30 laddhybrider på Lidingö från 2021, enligt kapitel 6.2. Eldriften antas liksom i affärskalkylen stå för 70 % av körda kilometrar. Därutöver antas införande av eldriven BRT-trafik vid spårväg syd (8 bussar) samt i Fredriksdal (10 bussar). Från och med 2027 antas total elektrifiering av bussflottan i innerstaden, genom biodiesel-laddhybrider.

Resultaten på energianvändning kan ses i figur 1 och 2, med sammanfattning i tabell 10. Det kan konstateras att en gradvis hybridisering av bussflottan har stor potential att reducera energianvändningen i SL:s busstrafik (kostnadseffektivt scenario), dock inte i nivå med målet på 35 % energieffektivisering som satts till målåret 2030. Med en snabbare elektrifiering (alternativt scenario) kan en ytterligare sänkning av energianvändningen åstadkommas, framför allt genom ett totalt införande av laddhybrider i E22-området med början 2027 (vilket här antas vara nästa avtalsperiod), vilket leder till en reduktion i energianvändningen för hela SL-området i linje med målet för 2030.



Figur 12: Energianvändning för buss efter scenario, samtliga avtalsområden



Figur 13: Energianvändning för buss efter scenario, avtalsområde E22

	Totalt	E22
Kostnadseffektivt scenario	– 25 %	– 7 %
Alternativt scenario	– 33 %	– 62 %

Tabell 9: Förändring i energianvändning 2014-2030 efter scenario och område

10.3 Ett exempel på åtgärd för snabbare elektrifiering: Laddhybrider Lidingö

Det scenario som beskrivs ovan innebär en kraftig ökning av antalet hybridbussar men inte någon större introduktion av laddbara elbussar. För att utveckla bilden av vad som kan vara möjligt med eldriven busstrafik så analyseras i detta avsnitt ett införande av laddhybrider på Lidingö.

Antaganden

- 2021 elektrifieras busstrafiken för Lidingö med 30 st. Laddhybrider.
- Gaskravet slopas/justeras så att Keolis vid bussutbyten under denna avtalsperiod *inte* byter ut gamla gasbussar mot nya biogasbussar, utan laddhybrider.
- Beslut om införande av laddhybrider på Lidingö fattas i samband med utvärdering av linje 73, troligtvis 2018

Affärsanalys av införande av Laddhybrider på Lidingö
En möjlig övergång till eldrift bör utgå ifrån ett sammanfattande strategiskt övervägande utifrån teknikval, områdets förutsättningar, det specifika avtalet och leverantören och andra relevanta intressenters perspektiv. En möjlig övergång till elektrifiering av busstrafiken i Stockholms län utgår därför ifrån Keolis egna utbytesplan för E22-avtalet.

Område
Trafiken i Innerstan/Lidingö betraktas vara av lämplig karaktär för att realisera ett införande av eldriftsbussar givet teknikens förtjänster och nackdelar; bl.a. på grund av stort resenärsunderlag och hög beläggning, vilket kan innebära goda förutsättningar för att eldriften ska vara lönsam. Vidare så är detta område åtminstone delvis kopplat till miljözoner, vilket innebär att det kan komma att krävas framledes att en övergång till eldrift sker för att kunna framföra fordonen utan begränsningar. Därtill finns landstingets miljömål och trafikförvaltningens bedömning och trafiknämndens beslut kring hur dessa mål ska kunna uppnås.

Dock finns det även andra områden som i framtiden skulle kunna tänkas vara intressanta för eldrift i någon form och omfattning. Det är då i första hand områden som karaktäriseras helt eller delvis av att det finns stadstrafik. Omvänt är det då inte särskilt lämpligt med eldrift i områden med mycket matartrafik och motorvägsbussar. Dock kan detta skilja sig beroende på val av teknik så frågan om område behöver därför kopplas ihop med frågan om teknik etc.

Tajming
I valt scenario ändrar bussflottan endast komposition i den takt som bussarna avskrivs eller byts ut för att hålla medelålderskrav, vilket bör innebära att förslaget inte driver stora kostnader utöver de investeringar och kostnader som själva införandet medför.

Enligt Keolis utbytesplan för E22 ska 30 st. gasbussar anskaffas för driftstart 2021. Detta åtgärdsförslag innebär att 30 st. laddhybrider införs istället detta år. De 30 bussarna kommer att beröra busstrafiken på Lidingö.

Teknik och infrastruktur
Laddhybriden bedöms vara ett relativt realistiskt teknikval. Laddhybriden finns redan i SL-trafiken i demonstrationsprojektet ZeEUS som trafikförvaltningen driver tillsammans med Vattenfall och Volvo men även i Göteborg. Tekniken är relativt ny, men har prövats och är nu under demonstration även om den ännu inte finns i storskalig omfattning i Sverige.

Den infrastruktur som behövs vid ändhållplatser och/eller vid hållplatser antas placeras i Ropsten. För åtgärden antas behov av 6 st. laddstolpar (utöver de som finns för de 8 bussar i ZeEUS-projektet).

Ägarskap
En första initial informationsinhämtning för olika intressenters syn på ägarskap av fordon och infrastruktur har påbörjats. Gällande fordonen anser Keolis att det framförallt är rationellt med en stegvis övergång till hybrider och att alltför höga ambitioner riskerar bli väldigt kostsamt för SLL. Tekniken är idag inte till fullo motiverad ekonomiskt och ur ett produktionsperspektiv och att gå in i ett befintligt avtal och kravställa att Keolis ska ta investera i bussarna kommer vara svårt att få igenom och även väldigt kostnadsdrivande. Det kommer vara lättare att inom ramen för nästa avtal kravställa energieffektiviseringsmål som motsvarar laddhybriden eller liknade teknik.

När det gäller infrastrukturen behöver däremot troligen trafikförvaltningen inte själva stå för hela investeringen och ägarskapet. I ZeEUS-projektet stod t.ex. Vattenfall för finaniseringen av laddstolparna och de har även nu uttryckt ett intresse för att inneha en tung roll i att äga och driva laddnätverket. Investeringen i nödvändig infrastruktur i depån får däremot trafikförvaltningen garantera. Keolis ser att SLL gentemot trafikleverantör behöver ta ansvar för att tillhandahålla de infrastrukturella förutsättningarna för hybridfordon.

Förutsättningar
Åtgärden förutsätter vissa givna omständigheter som måste realiseras för att ett införande av 30 laddhybrider i busstrafiken på Lidingö ska vara möjligt 2021. Åtgärden innebär att trafikförvaltningens gaskrav justeras så att Keolis kan ersätta

gasbussarna, detta kräver en översyn av gasavtalet mellan trafikförvaltningen och SGAB och vilka möjligheter som finns att reducera avtalat åttagande alternativt att möjliggöra flexibilitet gentemot andra trafikavtal.

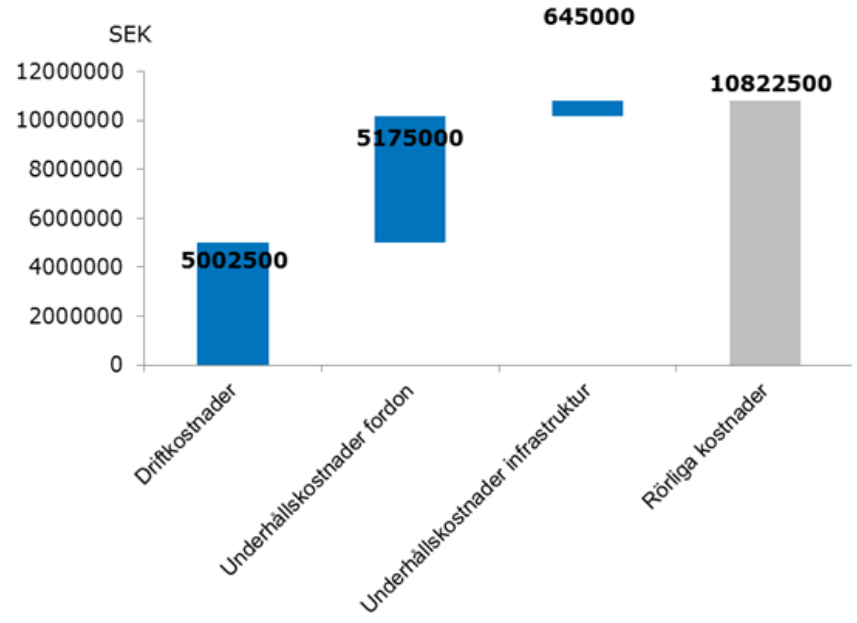
Kalkyl
Två olika kalkyler har genomförts utifrån ovan förslag på möjlig åtgärd för övergång till eldrift, dels en kostnadsanalys och dels en resultatanalys. De antaganden som ligger till grund för beräkningarna finns i bilaga 1.

Kostnadsanalys
En översiktlig kostnadsanalys har gjorts av ett införande av 30 laddhybrider på Lidingö från år 2021. Kostnader har även beräknats för ”status quo”, dvs. att inget införande av laddhybrider görs och att Keolis istället anskaffar sina planerade biogasbussar. Analysen jämför de totala kostnaderna för dessa två tekniker; drift- och underhållskostnader samt avskrivningar.

För biogasbussen saknas i dagsläget ett antal indata gällande investeringar i depån och underhållskostnader för dessa. Därför redovisas endast de kostnader som är jämförbara. Resultatet ger dock ändå en indikation för hur kostnaderna ser ut.

Grafen nedan presenterar de rörliga kostnaderna för laddhybrid. Totala rörliga kostnader för 30 laddhybrider, givet de antaganden som gjorts, uppnår till drygt 10,8 miljoner kronor per år. Inga antaganaden om prisförändringar över åren har gjorts.

Laddhybridbuss

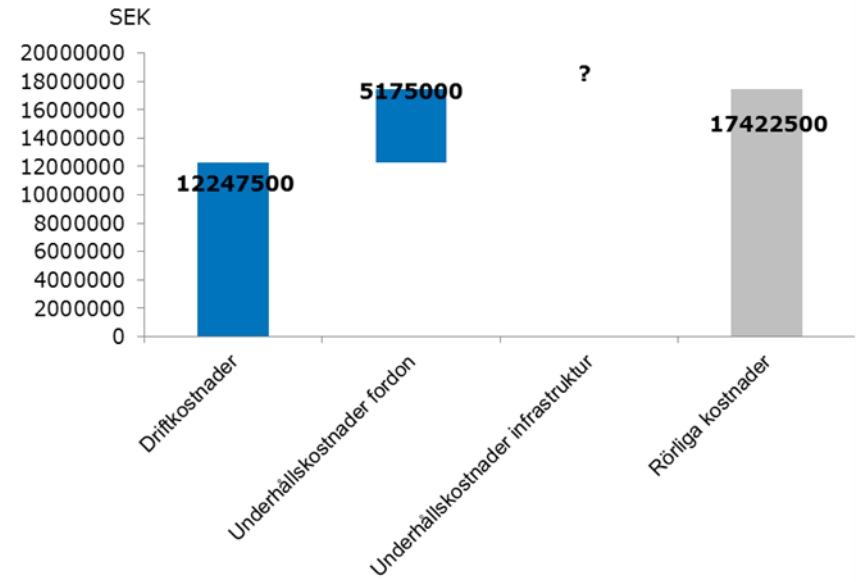


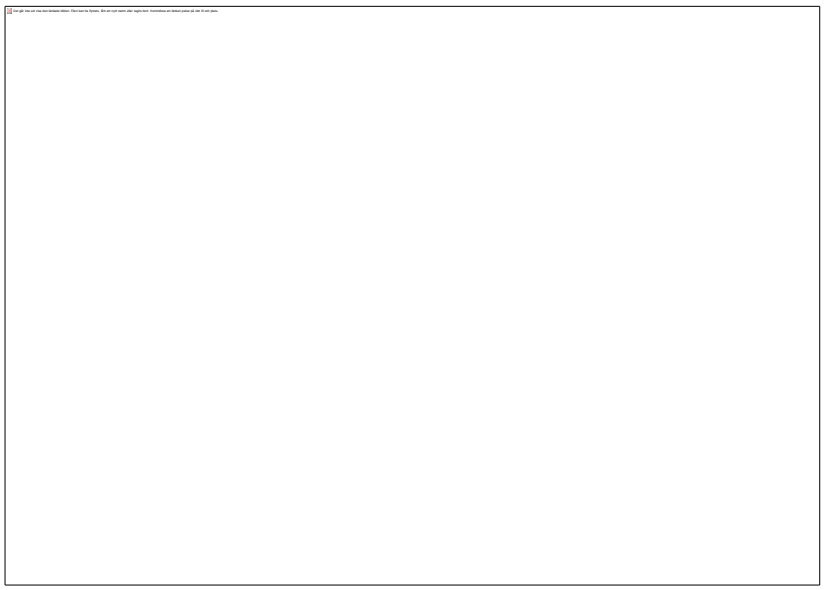


Figur 14: Rörliga kostnader för laddhybridbussar

Grafen för biogasbussen ger ett annat resultat, se nedan. Här är driftskostnaderna mycket högre än för laddhybriden (ca 2,5 gånger så stor). Underhållskostnaden för fordonen antas vara den samma som för laddhybriden. Pga avsaknad av information kring underhållskostnaderna för infrastrukturen, dvs depån, kan denna stapel inte visas.

Biogasbuss





Figur 15: Rörliga kostnader för 30 biogasbussar

Givet gjorda antaganden om utbud, infrastruktur, kostnader, investeringar, etc. blir den totala kostnaden för 30 laddhybrider ca 21,4 miljoner SEK per år (ca 30 000 SEK ytterligare i avskrivningskostnad efter ca 7 år när investering i nytt batteri sker). Investeringsbehovet skulle år 1 ligga på ca 148,6 miljoner SEK.

Den årliga kostnaden för ett införande omfattande hela innerstan (332 bussar) skulle med samma kostnadsantaganden (dock med uppräknat utbudskm, behov av laddstationer och antal depåer som berörs) kosta trafikförvaltningen ca 124 miljoner SEK per år. Detta skulle innebära ett investeringsbehov på ca 1,6 miljarder SEK. Däremot tillkommer ytterligare kostnader (i form av t.ex. restvärdesrisker) givet att ett totalt införande innebär att befintliga bussar byts ut i förtid.

Totala årliga kostnaden för 30 biogasbussar är ca 23,8 miljoner SEK per år men till det tillkommer även underhållskostnaden för depån som inte är inräknad (pga. avsaknad av data).

Avskrivningarna för laddhybriden (fordon, laddstationer och depåinvestering) motsvarar ca 10,5 miljoner SEK per år. Avskrivningarna för biogasbussen (fordon) är ca 6,4 miljoner per år. Skillnaden i total årlig kostnad mellan alternativen är till liten fördel för laddhybridalternativet. Dock är inte alla kostnader inräknade, t.ex. förarkostnad, vilken bedöms högre för laddhybriden baserat på vunna erfarenheter. Tillsammans med teknik och de därtill hörande osäkra kostnaderna kan alternativen anses i samma härad om man ser enkom till årlig kostnad.

Laddhybridalternativet innebär dock en väsentligt högre investeringskostnad.

Resultatanalys
Det som är intressant att analysera i sammanhanget är vad ett införande av 30 laddhybrider på Lidingö i det gällande E22-avtalet skulle innebära för trafikförvaltningens resultat.

I kostnadsanalysen jämfördes endast kostnaden för de 30 laddhybriderna med kostnaden för 30 biogasbussar. I realiteten kommer ett införande i E22-avtalet innebära att Keolis inte behöver investera i de planerade biogasbussarna. De kommer istället leasa laddhybriderna från trafikförvaltningen, givet att trafikförvaltningen är den part som finansierar och äger fordonen.

Resultatanalysen har därför utgått ifrån att Keolis betalar en årlig leasingkostnad till trafikförvaltningen som motsvarar avskrivningskostnaden för biogasbussen. Detta är den kostnad som Keolis skulle ha, laddhybriden innebär därför ingen extra kostnad. Därutöver ska de sänkta driftskostnader som Keolis får med laddhybriden adderas till den årliga leasingkostnaden. Denna leasingkostnad betraktas i resultaträkningen som ”intäkter” för trafikförvaltningen.

De tillkommande kostnaderna för trafikförvaltningen bör motsvaras av skillnaden mellan underhållskostnaden för laddhybridens infrastruktur (laddstationerna och i depån) och biogasbussens infrastruktur. Dessa kostnader ingår inte i E22-avtalet idag och utgör en extra kostnad för trafikförvaltningen. Eftersom underlag kring biogasbussens underhållskostnader för infrastruktur inte har identifierats i detta läge antas den tillkommande kostnaden endast motsvaras av underhållskostnaderna för laddstationerna. Detta bör inte påverka resultatet nämnvärt eftersom underhållskostnaderna för laddstationerna är den stora tillkommande kostnaden, dvs. 600 000 per år.

I avskrivningar ingår investeringar i fordon och depå. Laddstationerna antas ägas av trafikförvaltningen, inget antagande om ägarskap av tredje part, t.ex. Vattenfall har gjorts, vilket istället skulle innebära att trafikförvaltningen via trafikutövarna istället betalade en avgift för laddning vid laddstationerna.

Precis som i kostnadsanalysen har för enkelhetens skull ingen hänsyn tagits till prisförändringar i vare sig el, bränsle, investeringar eller personal. De resultat som redogörs är därför samma för samtliga år. Nedan presenteras hur ett införande av de 30 laddhybriderna på Lidingö påverkar trafikförvaltningens resultaträkning varje år under E22-avtalet.

Tabell 10: Resultaträkning för införande av 30 laddhybrider på Lidingö

Resultaträkning E22	SEK
Totala intäkter (leasing fordon)	13 673 571
Tillkommande kostnader (underhåll infrastruktur)	- 600 000
EBITDA	**13 073 571**
Avskrivningar	- 10 555 000
EBIT	**2 518 571**

Det kan således konstateras att ett införande av laddhybrider i E22-avtalet teoretiskt innebär en positiv resultatpåverkan för trafikförvaltningen (enligt ovan tabell, baserad på underliggande antaganden, ca 2,5 MSEK per år).

Rekommendationen är dock sammantaget att avvakta ett införande tills gällande E22-avtal har löpt ut och sedan se över möjligheterna till en mer omfattande elektrifiering i nästa innerstadsavtal.

Rådande osäkerhet kring ingångsvärden, känslighet i antaganden avseende förhållandevis ny teknik samt erfarenheter från pågående försök med laddhybrider gör att det finns skäl att anta skillnaden i praktiken är så pass liten att beprövad lösning trots allt i detta case kan vara att föredra.

11 Samlad bedömning

Området eldriven busstrafik är i snabb utveckling vad gäller tekniska lösningar, kostnadsnivåer, vilket eller vilka tekniska system som kommer att få genomslag, hur rollfördelningen kommer att se ut mellan olika aktörer, vilka produkter som finns tillgängliga på marknaden, produkternas användningsområden mm.

De beräkningar, bedömningar och rekommendationer som finns i behovsanalysen kommer att behöva uppdateras kontinuerligt.

11.1 Energianvändning

Eldriven busstrafik kan sänka miljöbelastningen, har potential att höja kollektivtrafikens attraktivitet och kan med tiden sänka kostnaderna för busstrafiken. En övergång till eldrift har redan startat i SL-trafiken i och med de 52 hybridbussarna som kom i trafik i innerstaden sommaren 2014.

Det är idag möjligt att ställa tuffare krav på sänkt energianvändning än tidigare eftersom införande av hybridbussar kan göras utan någon större kostnadsökning för trafikutövarna, och utan att andelen förnybar energi minskar. Detta gäller även i ytterområdena eftersom hybrider speciellt anpassade för förortstrafik finns på marknaden.

Det kostnadseffektiva scenariot innebär en utökad användning av hybrider som, tillsammans med annan utveckling för att sänka energianvändningen och beslutade demonstrationsprojekt, ger en signifikant sänkning av energianvändningen på 25 %. Detta utan att trafikförvaltningen satsar mer än vad som redan är beslutat.

Vid eldrift med laddning krävs investering i infrastruktur. I dagsläget går det att motivera, och basera beräkningar på, att trafikförvaltningen är den aktör som gör investeringen. Även andra aktörer kan vara intresserade av att tillhandahålla infrastruktur.

Med de antaganden som gjorts i behovsanalysen krävs ett storskaligt införande av infrastruktur i innerstaden, kombinerat med andra åtgärder enligt alternativa scenariot, för att nå en reduktion av energianvändningen med närmare 35 %.

11.2 Affärsförutsättningar

De stora osäkerheter som finns i underlag till beräkningar gör att en ekonomisk jämförelse mellan olika tekniker för storskaligt införande inte kan göras. Det går att konstatera att investeringen som krävs är av storleksordningen som kräver hantering i investeringsprocessen, i utvecklingsplaner och i genomförandeplaner.

Den översiktliga kostnadsanalys som gjorts av en total elektrifiering av innerstadstrafiken visar att det krävs en investering i storleksordningen en miljard kronor. Viktigt att notera är dock att underlaget baseras på förhållanden under en demonstrationsfas och att teknikutveckling och konkurrens kan komma att ändra kostnadsbilden. Den totala investeringen beror också på om det är trafikförvaltningen som gör investeringen eller om man köper in tjänster i form av leasing eller laddtjänster. Redan idag erbjuder tillverkare leasingkontrakt till operatörer med kostnadsnivå som är jämförbar med konventionella bussar, vilket indikerar bland annat en snabb utveckling inom helelektriska batteribussar.

En initial analys av införande av laddhybridbussar på Lidingö år 2021 i samband med att Keolis byter ut bussar, under pågående avtal, visar att detta med dagens ingångsvärden skulle kunna vara fördelaktigt. Fördelarna med att genomföra åtgärden redan 2021 istället för vid nästa trafikupphandling bedöms dock inte uppväga nackdelarna. Dock bör utvecklingen följas och förnyad analys vid behov genomföras då den snabba marknads- och teknikutvecklingen kan ge helt andra förutsättningar framgent.

I förhållande till nuvarande samt upphandlade, men ännu inte startade avtal är det generellt sett ekonomiskt mest rationellt att vänta med att införa eldrift i större skala till i samband med nästa gång området eller områdena ska handlas upp. Rationaliteten ligger i att det typiskt sett blir dyrt och att det i vissa avseenden kan vara riskfyllt att förhandla in nyttjandet av bussar med eldrift. Undantag kan vara i samband med att bussar i ett avtal ändå ska bytas och om det då finns goda skäl till att man verkar för att nya bussar drivs helt eller delvis på el.

De tekniska lösningarna innebär ofrånkomligen att det kommer att behövas en dialog och ett samarbete med väghållare, kommun och olika leverantörer inför ett införande. Det kan handla om spörsmål rörande finansiering, byggande och ägande av infrastruktur, drift- och underhåll etc. De fortsatta diskussionerna och samarbetet i test och demonstrationer kan tjäna som underlag och vägledning inför framtida diskussioner om ett större införande av eldrivna bussfordon.

Avseende ägande av infrastruktur är det viktigt att följa utvecklingen på marknaden och då inte minst pågående och kommande tester och demonstrationer för att se hur leverantörsmarknaden formar sig. Som utgångspunkt kan trafikförvaltningen tänkas äga infrastruktur om sådan bedöms som strategiskt viktig. Fordonen bör som utgångspunkt ägas av trafikleverantör medan eventuella anpassningar i depå/terminal bör falla på trafikförvaltningen. Beroende på val av laddningslösning kan det tänkas att tredje part tar ansvaret och att trafikförvaltningen, möjligen genom trafikleverantör, sedan betalar för att nyttja denna infrastruktur.

11.3 Teknik

Flertalet tekniker är idag mer eller mindre obeprövade. Erfarenheter från fullskalig drift och över längre tid saknas alltjämt. Detta innebär oundvikligen att de ekonomiska beräkningarna är osäkra samt att det kan förväntas finnas merkostnader, till följd av att det är ny teknik, vilka inte är upptagna i kalkylen. Samtidigt kan det finnas andra kostnader som i kalkylen är överskattade till följd av att det inte finns så stor erfarenhet att gå på idag.

Laddhybridbussar och helelektriska bussar som laddas under drift medför laddinfrastruktur vilket kräver ett samarbete med berörda kommuner, framför allt Stockholms stad. Den lösning som byggs i ZeEUS-projektet innebär att s.k. pantografstolpar byggs vid hållplatsen. Beroende på krav på utformning av hållplatsen, vilket kan medföra att laddstolpen placeras en bit in från kantstenen, kan stolpen få ett relativt kraftigt utförande, vilket kan uppfattas som kontroversiellt i innerstadsmiljö. Denna aspekt behöver bevakas i dialogen med Stockholms stad och andra kommuner. Den induktiva tekniken är betydligt mer diskret i sitt utförande, och en hållplatsladdning med induktiv teknik skulle lättare kunna anpassas till innerstadsmiljöns krav. En avvägning mellan ekonomi och funktion blir viktig att göra i diskussionen om laddinfrastruktur i känslig miljö.

Helelektriska bussar kräver depåladdning vilket ställer krav på den elektriska matningen till depån. Depåer med biogasbussar har ofta en kraftig dimensionering av elmatningen och kan därför vara lämpliga att börja placera ut helelektriska bussar på. En fördel med helelektriska bussar relativt laddhybrider är att depåerna inte kräver tankanläggning med t.ex. biodiesel. Med tanke på osäkerhet kring kostnader, batterilivslängd och depåkapacitet så bör helelektriska bussar först provas ut i mindre skala innan ett större införande planeras.

Trådbussar är en beprövad teknik för eldriven busstrafik. Alternativet bör alltid övervägas vid teknikval så att valet inte begränsas till de nyutvecklade lösningarna.

När det gäller induktivt laddade bussar och bränslecellsbussar så är kostnadsbilden alltför osäker för att man ska kunna bedöma realismen för teknikerna. Det planerade testet av induktivt laddade bussar i Södertälje kommer troligen att ge viktiga insikter. Den induktiva tekniken har klara fördelar i och med att infrastrukturen är dold i vägbanan. En viktig distinktion är mellan statisk laddning vid hållplatsen och dynamisk överföring av el längs hela vägen. Den statiska skulle mycket väl kunna vara ett realistiskt alternativ till konduktiva pantograflösningar vid hållplatser, medan den dynamiska lösningen är svårare att bedöma innan tekniken demonstrerats.

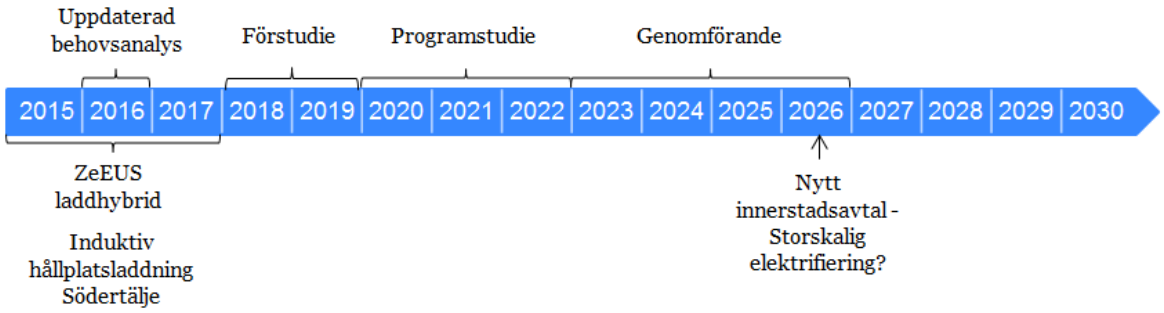
En satsning på eldrift kan komma att minska användningen av biogas som bussbränsle. Stora investeringar har gjorts för att säkra tillgången till biogas i framför allt innerstadstrafiken. Det är viktigt att vårda satsningen på biogas. Det är

ett utmärkt bränsle som inte ska behöva stå i motsatsförhållande till satsningen på eldrift. Detta kan göras genom gasdrivna hybrider och laddhybrider, anpassning av gasinfrastrukturen till trafik i ytterområdena eller att erbjuda gasen till andra aktörer så att den kommer till användning på ett så miljöanpassat sätt som möjligt.

De undersökningar som gjorts visar att både resenärer och närboende uppfattar eldriven busstrafik som positiv tack vare den lägre bullernivån.

Elektroniken i eldrivna bussar kan komma att innehålla ämnen som står på SLLs utfasningslista eller s.k. sällsynta jordartmetaller vilket gör det viktigt att bevaka de krav som ställs i kommande upphandlingar.

12 Rekommendationer



Figur 16: Tidslinje som visar några viktiga hållpunkter under perioden fram till 2030 baserat på behovsanalysens rekommendationer

Rekommendationerna från behovsanalysen är följande:

1. Fram till nästa upphandling av innerstadstrafiken, som sker tidigast 2022 och senast 2026, bör Trafikförvaltningen följa den kostnadseffektiva linje som beskrivits i denna behovsanalys. Detta innebär att inga extra åtgärder utöver de redan beslutade genomförs i pågående Innerstads- och Lidingö trafikavtal.

2. Undvik skärpta eller förändrade krav i pågående avtal även i avtal utanför Innerstad och Lidingö.

3. Demonstrationsprojekt ZeEUS laddhybridbuss (2013-2017) genomförs som planerat

4. Demonstrationsprojekt Induktiv elväg och hållplatsladdning Södertälje (2015-2017) genomförs som planerat.

5. Följ de demonstrationsprojekt som genomförs noga, även försök som görs i andra städer i Norden eller Europa. Inga av de elbussar som testas idag har rullat längre än två år och det är viktigt att framöver analysera de långtida effekterna. Detta gäller i synnerhet batteriernas livslängd och hur de reagerar på snabbladdning, temperaturvariationer m.m. Beräkningar och antaganden som används i denna rapport är färskvara och bör uppdateras kontinuerligt

6. Krav på sänkt energianvändning ställs vid upphandling vilket förmodas leda till ett kommersiellt baserat införande av hybridbussar.

7. Biogas används enligt gällande avtal på de depåer som är utrustade med biogastankning.

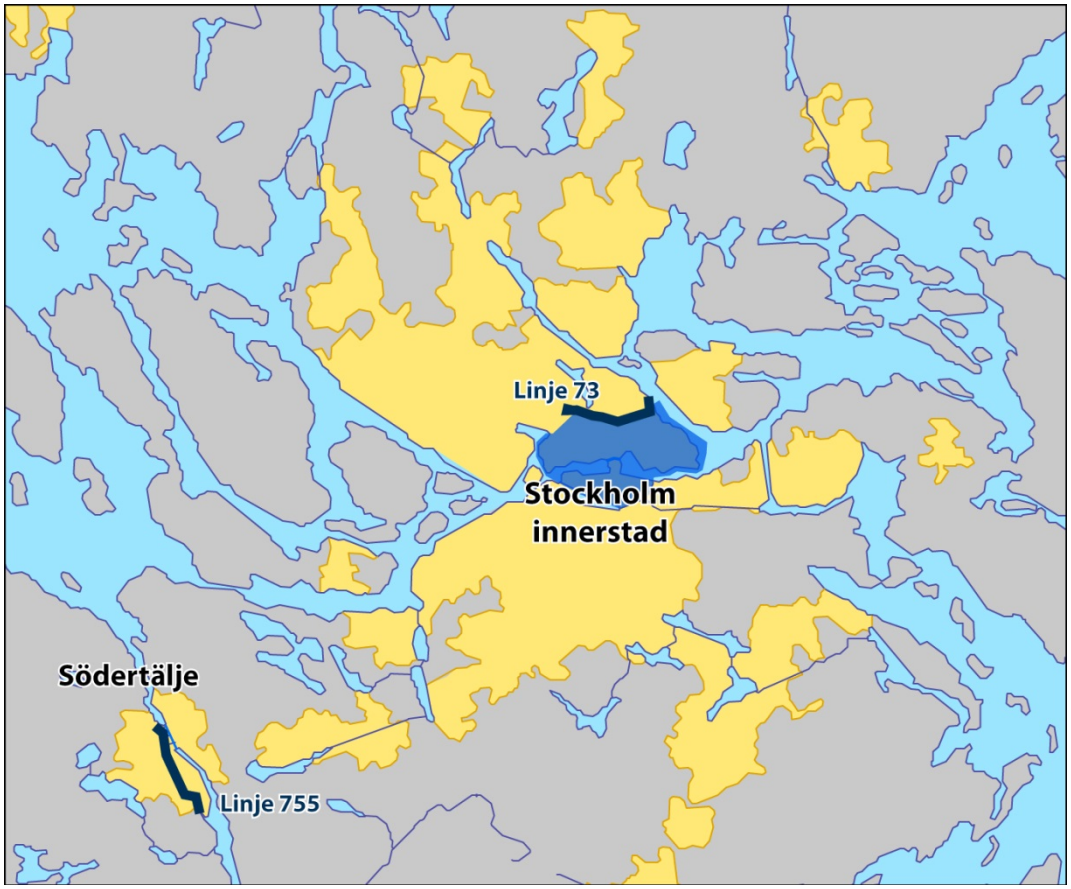
8. Avvakta med beslut om satsning på laddhybrider på Lidingö inom pågående trafikavtal, tills behovsanalysen är uppdaterad och ny bedömning kan göras.

9. Inför upphandlingen av Trafikavtal för Innerstad och Lidingö bör ett införande av infrastruktur för eldrift studeras där omfattningen är beroende av hur långt teknikutvecklingen kommit och i vilken grad som miljömålen uppfyllts.

10. Utöver de demonstrationsprojekt som beslutats bör en öppenhet finnas att delta i ytterligare projekt som kompletterar med nya erfarenheter och kunskaper, t ex helelektriska bussar med depåladdning eller andra tekniker som bedöms intressanta.

11. Starta ett samarbete med Stockholms stad kring frågan om laddinfrastruktur i stadsmiljön.

12. Uppdatera behovsanalysen under 2016.



Figur 17: Områden som berörs av beslutade satsningar på eldriven busstrafik som görs i det kostnadseffektiva scenariot; hybridbussar i innerstaden som infördes sommaren 2014, laddhybrider på linje 73 i projekt ZeEUS och induktiv elväg och hållplatsladdning på linje 755.

13 Bilaga

Bilaga 1 – kalkylvärden, införande av laddhybrider på Lidingö

Indata	Antagande
Generella antaganden	
År för införande	2021
Slutår för E22-avtalet	2026
Drift och underhåll laddhybrid	
Utbudskm/år och buss	50 000
Fördelning eldrift av totala utbudskm (%)	70%
Påslag tomkm	15%
Bränslekostnad el (SEK/km)	1,4
Bränslekostnad biodiesel (SEK/km)	6,4
Underhållskostnad för fordon (SEK/km)	3
Underhållskostnad för laddstolpe (% av investering/år)	5%
Underhållskostnad för depå (% av investering laddning/år)	5%
Investeringar laddhybrid	
Antal fordon	30
Antal laddstationer	6
Antal depåer som berörs	1
Investeringskostnad/fordon (SEK)	4 500 000
Investeringskostnad per nytt batteri	200 000
Investeringskostnad/laddstation inkl installation (SEK)	2 000 000
Investering laddstation av TF (ja/nej)	Nej
Investeringskostnad laddning depå (SEK/fordon)	30 000
Investeringskostnad elframdragning depå (SEK/depå)	750 000
Avskrivningstid laddhybrid (år)	14
Avskrivningstid laddstation (år)	14
Avskrivningstid batteri (år)	7
Avskrivningstid depåinvestering (år)	30
Drift och underhåll biogasbuss	
Utbudskm/år och buss	50 000
Påslag tomkm	15%
Bränslekostnad biogas (SEK/km)	7,1
Kostnad för underhåll fordon (SEK/km)	3
Kostnad för underhåll depå	?
Investeringar biogas	
Antal fordon	30

Investeringskostnad/fordon (SEK)	3 000 000
Investeringskostnad depå	?
Avskrivningstid biogasbuss (år)	14