

Strategisk utveckling

TJÄNSTEUTLÅTANDE
2015-05-05
VersionÄrende/Dok. id.
SL 2014-2911Infosäk. klass
K1 (Öppen)Handläggare
Jens Plambeck
08-686 16 51
jens.plambeck@sll.seTrafiknämnden
2015-06-02, info punkt 16

Information om genomförd behovsanalys av övergång till eldriven busstrafik

Ärendebeskrivning

Eldriven busstrafik kan bidra till att Stockholms läns landstings mål om sänkt miljöbelastning uppnås, öka attraktivitet och minska trafikdriftskostnader. Samtidigt kräver övergång till eldriven busstrafik införande av infrastruktur för laddning och en ny typ av bussar. Detta kan initialt medföra kostnadsökningar och investeringar. En övergång till eldriven busstrafik behöver därför hanteras inom ramen för landstingets investeringsprocess, och som ett första steg har en behovsanalys tagits fram.

Behovsanalysen innehåller en preliminär plan för SL-trafikens övergång till eldrivna bussar med kostnader, behov av investeringar, tidplan och aktiviteter. Den inkluderar affärsupplägg, faktaunderlag vad gäller teknikmöjligheter, konsekvenser för befintlig och behov av ny infrastruktur, påverkan på miljö och resenärnyttan. Planen är preliminär på grund av att de flesta tekniska lösningarna fortfarande är omogna och tillgängligt faktaunderlag är begränsat. De närmaste årens demonstrationsförsök i SL-trafiken och runt om i världen kommer att ge en tydligare bild.

Underlag

Förvaltningschefens tjänsteutlåtande den 5 maj 2015
Rapport - Behovsanalys av övergång till eldriven busstrafik 5 maj 2015,
Dnr SL 2014-2911-1

Förvaltningens förslag och motivering

Sammanfattning

Trafikförvaltningen föreslår att en övergång till eldriven busstrafik genomförs med fokus på kostnadseffektivitet, snarare än ett snabbt införande.

Två olika scenarier har konsekvensbedömts i behovsanalysen; ett för kostnadseffektivitet och ett för snabbare införande av eldrift. Scenariot för kostnadseffektivitet sänker energianvändningen men inte så mycket att

Strategisk utveckling

TJÄNSTEUTLÅTANDE
2015-05-05
VersionÄrende/Dok. id.
SL 2014-2911Infosäk. klass
K1 (Öppen)

måluppfyllelse enligt trafikförsörjningsprogrammets miljömål säkerställs. Scenariot för snabbare införande av eldrift bedöms sänka energianvändningen i nivå med de uppsatta målen, men den preliminära analysen tyder på att dessa åtgärder kan bli kraftigt kostnadsdrivande.

Bakgrund

Eldrivna bussar har funnits i Stockholm i form av trådbussar. De togs ur trafik under 60-talet. Utöver denna beprövade teknik har andra former av eldrift utvecklats, och de senaste åren i snabb takt. Inom SL-trafiken har sedan 80-talet ett antal mindre hybrid- och elbussprojekt genomförts. Projekten genomfördes med teknik i tidiga utvecklingsfaser vilka inte var mogna för ordinarie trafik med resenärer.

Pågående EU-projekt ZeEUS för linje 73, kommande induktionsprojekt i Södertälje och projekt på andra håll, genomförs med teknik som för första gången möjliggör trafik inom ramen för ordinarie avtalsvillkor. Den tekniska och kostnadsmissiga utvecklingen för eldriven busstrafik har nu kommit till ett läge där fördelarna kan vara tillräckliga för att motivera införande i stor skala.

Överväganden

Tidpunkt för införande. Eldriven busstrafik medför stora miljömässiga fördelar, särskilt vad gäller sänkt energianvändning, ökar attraktivitet och kan med tiden sänka trafikdriftskostnader. Dessa fördelar behöver vägas mot risker, investeringar och kostnader som ett införande medför. Ett forcerat införande är kostnadsdrivande, bland annat på grund av kapitalkostnader för trafikutövare om bussar tas ur trafik i förtid. Nyutvecklade tekniska lösningar som ännu inte serietillverkas är dyra, de ökar risken för driftstörningar och avsaknaden av standardisering kan leda till beroende av enstaka leverantörer.

Affärsupplägg och teknikval. 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 infrastruktur och beslutar om vilka tekniska system som ska införas. Olika lösningar för eldrift har olika mognadsnivå och egenskaper vilket gör dem mer eller mindre lämpliga i olika typer av trafiksituationer.

- *Hybridbussar* som minskar bränsleförbrukningen genom regenerering av bromsenergi har redan införts i innerstadstrafiken och är kommersiellt lönsamma.
- *Laddhybrider med laddning vid stolpe* körs i ordinarie trafik på linje 73 under de närmaste två åren och har potential att minska energianvändningen, utsläpp och buller kraftigt. För dessa krävs en laddstation vid ändhållplats.

Strategisk utveckling

TJÄNSTEUTLÅTANDE
2015-05-05
VersionÄrende/Dok. id.
SL 2014-2911Infosäk. klass
K1 (Öppen)

- *Laddhybrid med induktionsladdning* kommer att demonstreras från 2016 på linje 755 i Södertälje. Även denna teknik kan kraftigt minska miljöbelastning, och kräver nedgrävd laddteknik vid ändhållplats och/eller utefter linjen.
- *Helelektriska* batteribussar kräver ingen infrastruktur i gatumiljön, men kräver en god strömförsörjning till depån.
- *Trådbussar* finns idag i Landskrona och medför kontaktledningar i stadsmiljön. De är kommersiellt tillgängliga. Dessa kan utrustas med batterier och köras delar av tiden utanför trådbussnätet.
- *Bränslecellsbussar* har testats i SL-trafiken och kan i framtiden bli ett alternativ.

Rekommendationer

Rekommendationerna från behovsanalysen är att fortsätta ställa krav om sänkt energianvändning vid upphandling av busstrafik och att genomföra beslutade demonstrationsprojekt med ny teknik för att vinna värdefulla erfarenheter, men att avvakta med ett snabbare införande av eldriven busstrafik fram tills nästa upphandling av innerstadstrafiken. Inför denna upphandling behöver ett storskaligt införande av eldrift analyseras. En dialog behöver föras med berörda kommuner, framför allt Stockholms stad, om laddinfrastruktur i stadsmiljön.

Rekommendationerna är mer specifikt följande:

1. Fram till nästa upphandling av innerstadstrafiken, som sker tidigast 2022 och senast 2026, bör trafikförvaltningen följa den kostnadseffektiva inriktningen 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. SL:s gällande inköpsavtal med biogasproducenter fortsätter enligt plan och biogas används på depåer som idag är utrustade med biogastankning.

Strategisk utveckling

TJÄNSTEUTLÅTANDE
2015-05-05
Version

Ärende/Dok. id.
SL 2014-2911
Infosäk. klass
K1 (Öppen)

7. Avvakta med beslut om satsning på laddhybrider på Lidingö inom pågående trafikavtal, tills behovsanalysen är uppdaterad och ny bedömning kan göras.
8. Inför upphandling av trafikavtal, särskilt 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 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 2016-2017.

Ekonomiska konsekvenser

En övergång till eldriven busstrafik kan medföra investeringar och initialt höjda kostnader. På längre sikt kan trafikdriftskostnader minska tack vare elmotorns höga verkningsgrad och ett lågt elpris. I takt med att ny information om kostnader för eldrift blir tillgänglig kan beräkningar uppdateras.

Sociala konsekvenser

Övergång till eldriven busstrafik förändrar miljön för trafikanter och andra som vistas i närheten av busstrafiken, även för bussförare och resenärer.

Ljudnivån inne i busskupén sänks, vilket bidrar till en attraktiv resenärsmiljö.

Busstrafikens bidrag till bullerstörningar sänks. Även mängden utsläpp till luft blir lägre vilket bidrar till att minska ohälsa som uppkommer på grund av partikel- och kväveoxidutsläpp från traditionella dieselbussar.

Förarens arbetsmiljö förbättras tack vare den lägre ljudnivån inuti bussarna.

Konsekvenser för miljön

En övergång till eldriven busstrafik ger en betydlig sänkning av busstrafikens miljöbelastning, särskilt vad gäller sänkt energianvändning men även utsläpp och buller.

Riskbedömning

Övergång till eldriven busstrafik ska bidra till att Stockholms läns landstings når sina mål. I synnerhet ska eldriften bidra till uppfyllnad av mål om attraktiva resor och mål om effektiva resor med låg miljö- och hälsopåverkan, utan att ett genomförande medför att budgetramen överskrids.

Strategisk utveckling

TJÄNSTEUTLÅTANDE
2015-05-05
Version

Ärende/Dok. id.
SL 2014-2911

Infosäk. klass
K1 (Öppen)

Några risker vid en övergång till eldriven busstrafik och förslag på åtgärder för att hantera dem redovisas nedan.

1. Högre än väntad kostnad och/eller investering för att starta en övergång till eldriven busstrafik. Hanteras genom att prioritera kostnadseffektivitet framför ett snabbt införande och att invänta resultat från demonstrationsprojekt innan genomförandebeslut tas.
2. Försening och fördyring av projekt för införande av eldriven busstrafik på grund av att det saknas plats för laddsystem i gatumiljön. Hanteras genom tät kontakt med städer och kommuner och i samarbete med dem hitta lösningar som är anpassade efter stads- och trafikmiljön.
3. Trafikstörningar pga ny teknik fallerar. Hanteras genom att undvika införande av specifika tekniska lösningar som ännu inte visat sig vara trafikdugliga.
4. Energianvändning minskar inte i den takt som krävs för att nå mål. Hanteras genom kontinuerlig måluppföljning, prognosarbete och vid behov förslag på åtgärder.

Fortsatt arbete och beslut av trafiknämnden

Trafikförvaltningen planerar att uppdatera behovsanalysen under 2016-2017 och avser att därefter återkomma till trafiknämnden med förslag till utredningsbeslut för övergång till eldriven busstrafik.

Ragna Forslund
Tf förvaltningschef

Jens Plambeck
Chef Strategisk utveckling

Strategisk utveckling

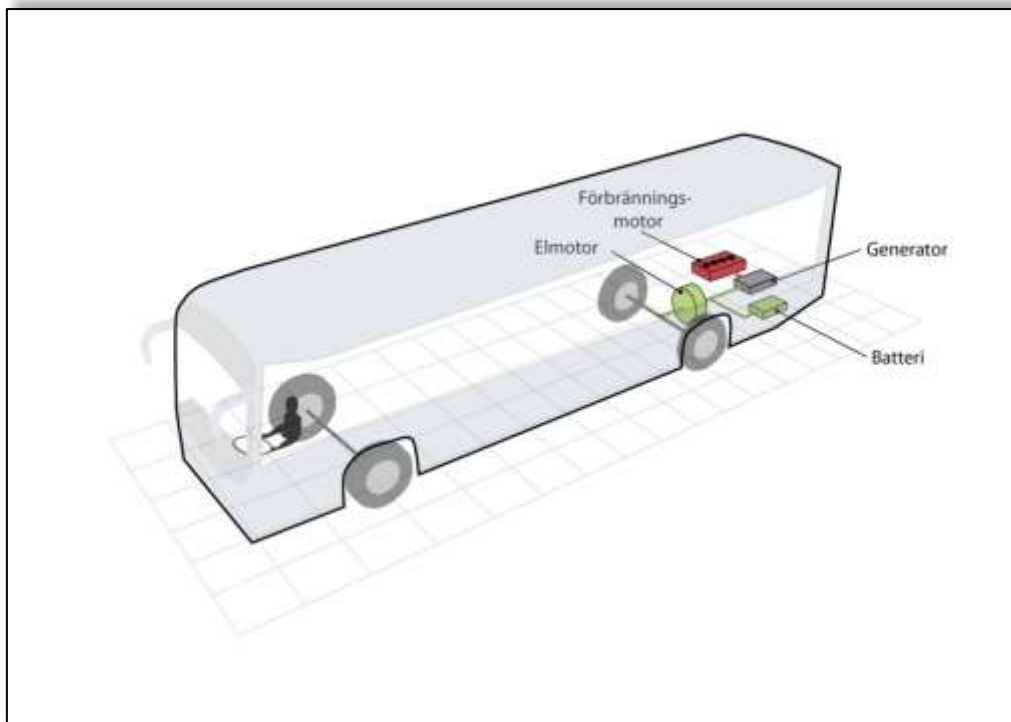
RAPPORT
2015-05-05
Version

Ärende/Dok. id.
SL 2014-2911-1

Infosäk. klass
K1 (Öppen)

Handläggare
Maria Övergaard
Johan Böhlin

Behovsanalys av övergång till eldriven busstrafik



Stockholms läns landsting
Trafikförvaltningen
105 73 Stockholm

Leveransadress:
Lindhagensgatan 100
Godsmottagningen
112 51 Stockholm

Telefon: 08-686 16 00
Fax: 08-686 16 06
E-post: registrator.tf@sll.se

Säte: Stockholm
Org.nr: 232100-0016
www.sll.se

Besök oss: Lindhagensgatan 100. Kommunikationer: Stadshagen/Thorildsplan

Förord

Eldriven busstrafik kan bidra till att Stockholms Läns Landstings mål om sänkt miljöbelastning uppnås, öka attraktivitet och minska trafikdriftnkostnader. Samtidigt kräver övergång till eldriven busstrafik införande av infrastruktur för laddning och en ny typ av bussar. Detta kan initialt medföra kostnadsökningar och investeringar. En övergång till eldriven busstrafik behöver därför hanteras inom ramen för landstingets investeringsprocess, och som ett första steg har denna behovsanalys tagits fram.

I projektgruppen för framtagning av behovsanalysen deltog:

Björn Hugosson, WSP Sverige AB
Christian Johansson, Trafikförvaltningen SLL
Frida Ukmar, Trafikförvaltningen SLL
Johan Böhlin, Trafikförvaltningen SLL
Johanna Ervér, Trafikförvaltningen SLL
Kenneth Domeij, Trafikförvaltningen SLL
Mari Widegren, Trafikförvaltningen SLL
Maria Övergaard, Trafikförvaltningen SLL
Martin Almgren, Trafikförvaltningen SLL
Peter Jörgensen, WSP Sverige AB

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	58
12 Rekommendationer	62
13 Bilaga	64

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. Scenariot för kostnadseffektivitet sänker energianvändningen men inte så mycket som de uppsatta målen kräver. Scenariot för snabbare införande av eldrift sänker energianvändningen i nivå med de uppsatta målen, men den preliminära kostnads kalkylen 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 målar 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 målpåfyllelse.

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 målar 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 ¹⁾	Mål 2020	Mål 2030
Andel förnybar energi i kollektivtrafiken. ¹⁾	80% (buss och spår)	90% (buss och spår)	100% (buss och spår)
Buller från tunnelbana och lokalbanor. ²⁾	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 spårtrafiken.
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 ³⁾	75% reduktion från basår 2009
Energianvändning för kollektivtrafiken, per utfört trafikarbete i personkm.	0,2142 kWh/personkm	25% reduktion från basår 2007 ⁴⁾	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.

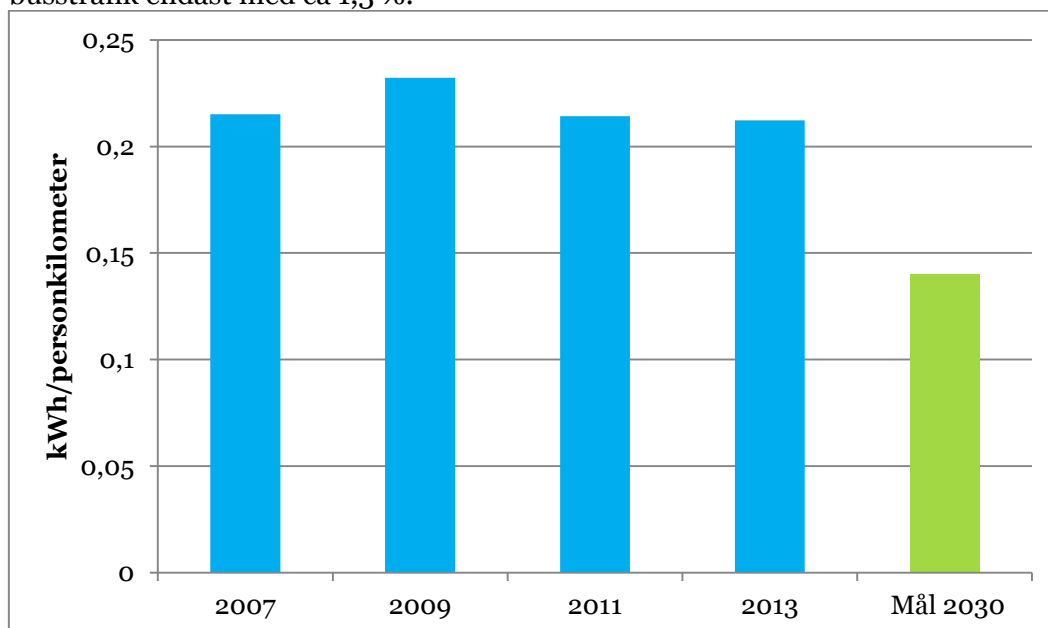
Behovsanalysen fokuserar på hur en övergång till hybriddrift och eldrift kan genomföras och bidra till att nå mål om sänkt energiförbrukning.

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 belägningsgraden	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, LUFSS. 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. Keolis, Arriva och Nobina är trafikutövare. 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



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 infrastruktur lösning 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

Strategisk utveckling
Trafik- och infrastrukturutveckling

RAPPORT
2015-05-05
Version

Ärende/Dok. id.
SL 2014-2911-1
Infosäk. klass
K1 (Öppen)

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 bensenmotor 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 marginalet med dåliga miljö- och klimategenskaper ökar sina marknadsandelar. Elmarknaden är att betrakta som nordisk och skulle inte produktionspecificerad 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:

Strategisk utveckling
Trafik- och infrastrukturutveckling

RAPPORT
2015-05-05
Version

Ärende/Dok. id.
SL 2014-2911-1

Infosäk. klass
K1 (Öppen)

Tabell 4: För- och nackdelar med eldriven busstrafik

El	<ul style="list-style-type: none">+ 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.	<ul style="list-style-type: none">– 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 energilagret 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

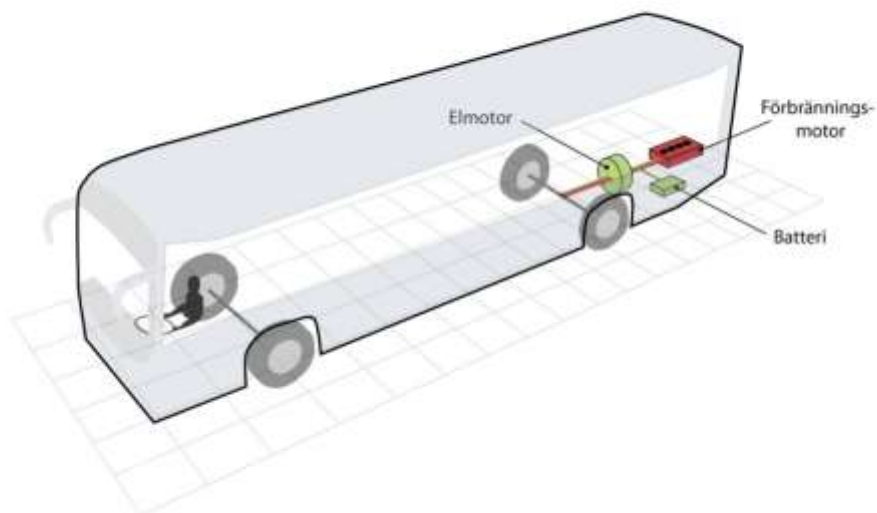
Elbusstyp	Normalladdning (över natt)	Snabbladdning (5-10 min)	Kontinuerlig överföring	Vätgas
Hybrid	-	-	-	-
Laddhybrid	I depå	Vid hållplats	-	-
Helelektrisk	I depå	Vid hållplats	-	-
Trådbuss	-	-	Tråd/spröt	-
Induktiv elväg	-	-	Platta i vägen	-
Konduktiv elväg	-	-	Spår i vägen	-
Bränslecell	-	-	-	I tank

5.2 Hybridbuss

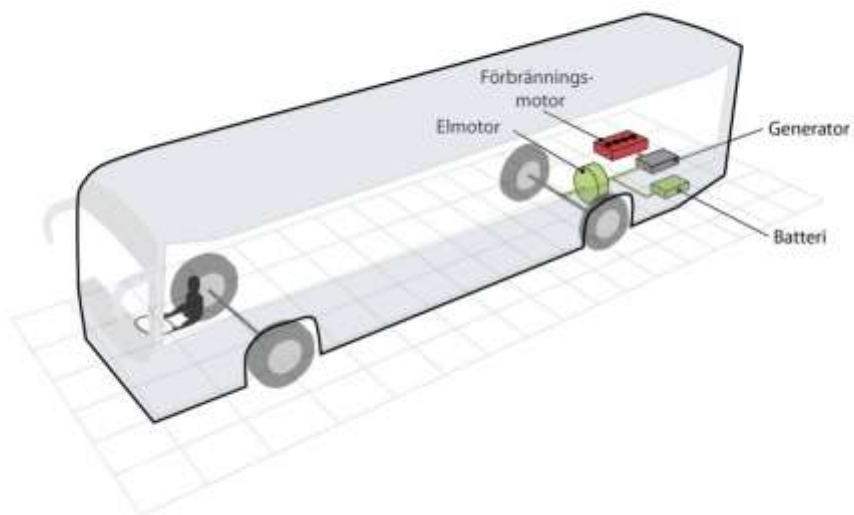
Teknisk beskrivning av buss och infrastruktur

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

Strategisk utveckling
Trafik- och infrastrukturutveckling

RAPPORT
2015-05-05
Version

Ärende/Dok. id.
SL 2014-2911-1
Infosäk. klass
K1 (Öppen)

Tillverkare

MAN¹ City Lion Hybrid² 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. Keolis³ kör med 52 biodieselhybrider i Stockholm och ytterligare 30 i Göteborg. Sammantalet 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 ännu⁴. 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.

² MAN websida <http://www.bus.man.eu/global/en/city-buses/man-lions-city-hybrid/overview/Overview.html>

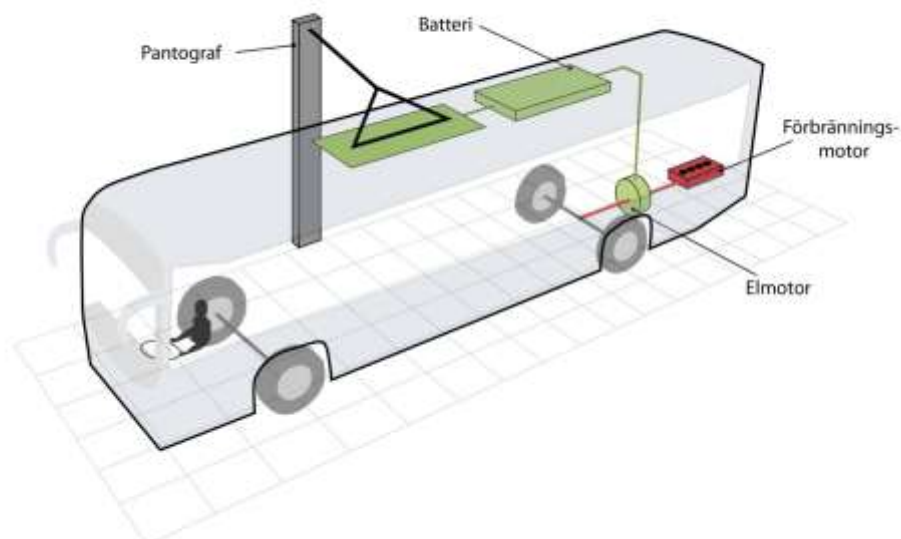
³ Intervju med Karl Orton, 22 oktober 2014

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 snabbbladdning 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 spårenät om laddstationerna placeras i anslutning till spårtrafik. Trafikplaneringsmässigt kan laddhybridbussar både gå på linje med laddstationer vid ändhållplatserna, men också om det skulle behövas gå på andra

Strategisk utveckling
Trafik- och infrastrukturutveckling

RAPPORT
2015-05-05
Version

Ärende/Dok. id.
SL 2014-2911-1
Infosäk. klass
K1 (Öppen)

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

Tillverkare

Volvo 7900 Laddhybrid⁵ 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 snabbaddas 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*.

Laddhybridridriften 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 god⁶. 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

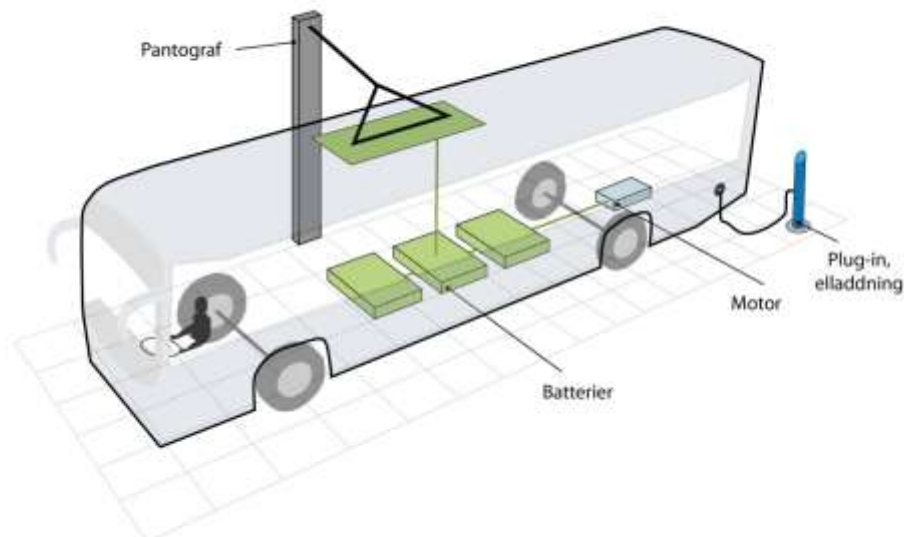
Trafikförvaltningen engagerar sig i demonstrationsprojektet ZeEUS tillsammans med Vattenfall och Volvo i syfte att testa 8 st laddhybridbussar på linje 73 i SL-trafiken. Projektet har beviljats ekonomiskt stöd från EU och kommer att pågå från och med hösten 2014 till och med 2016. Bussarna har ett batteripaket 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 snabbaddas på ändhållplatser. De förstnämnda måste ha ett mycket stort batteripaket för att klara hela dagens körning medan de sistnämnda (tilläggsaddade elbussar) kan ha mindre batteri men kräver å andra sidan en laddinfrastruktur vid hållplatserna. Batteribussar kan enligt tillverkarens 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 snabbbladdas vid hållplats

Tillverkare – exempel på depåladdad elbuss

Eurabus är en tysk tillverkare som enbart säljer helelektriska bussar⁷. 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 europeanpassas 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 $100 \cdot 400 = 40$ 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

Strategisk utveckling
Trafik- och infrastrukturutveckling

RAPPORT
2015-05-05
Version

Ärende/Dok. id.
SL 2014-2911-1
Infosäk. klass
K1 (Öppen)

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 superkondensator. 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 Hybricon⁸ 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 snabbbladdning. 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 snabbbladdar under 3 minuter vid hållplats en gång per timme vilket ger tillräcklig laddning för att kunna göra linjens 20 km. Snabbbladdaren 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 lågtrébuss 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.

Strategisk utveckling
Trafik- och infrastrukturutveckling

RAPPORT
2015-05-05
Version

Ärende/Dok. id.
SL 2014-2911-1
Infosäk. klass
K1 (Öppen)

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 räckviddsförångare. 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 sommarvärmern 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 dieselbuss⁹. 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 tilläggs-laddade helelektriska bussar trafikerat under flera år, med snabb-laddning i anslutning till trådbussnätet. Erfarenheterna visar på låga driftskostnader¹⁰. I Warszawa testades helelektriska bussar från BYD med ren batteridrift under några sommarveckor¹¹, 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.

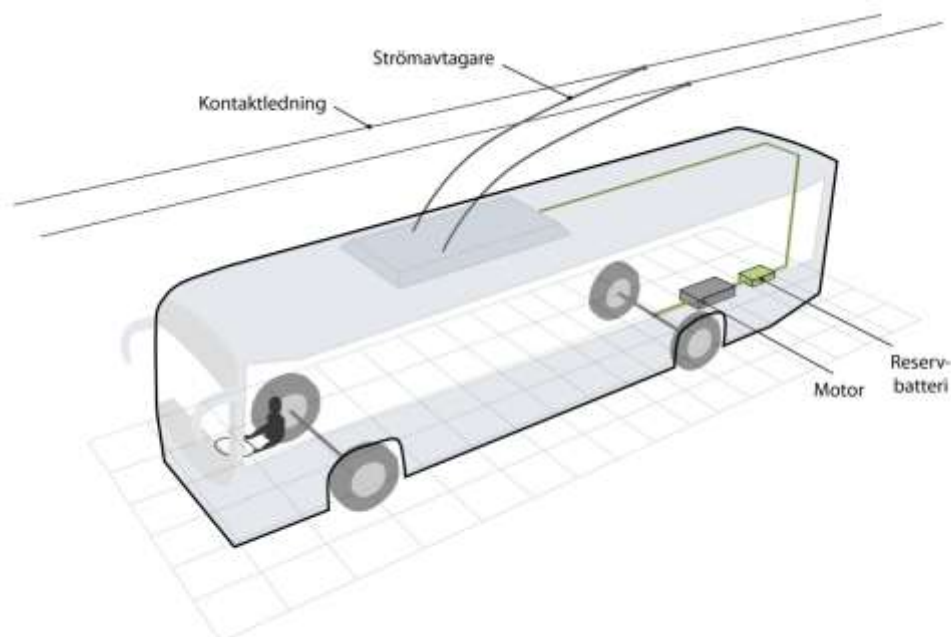
5.5 Trådbuss

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

Solaris¹² 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 tilläggsaddning 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 låga¹³. 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 sträckor¹⁴. 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

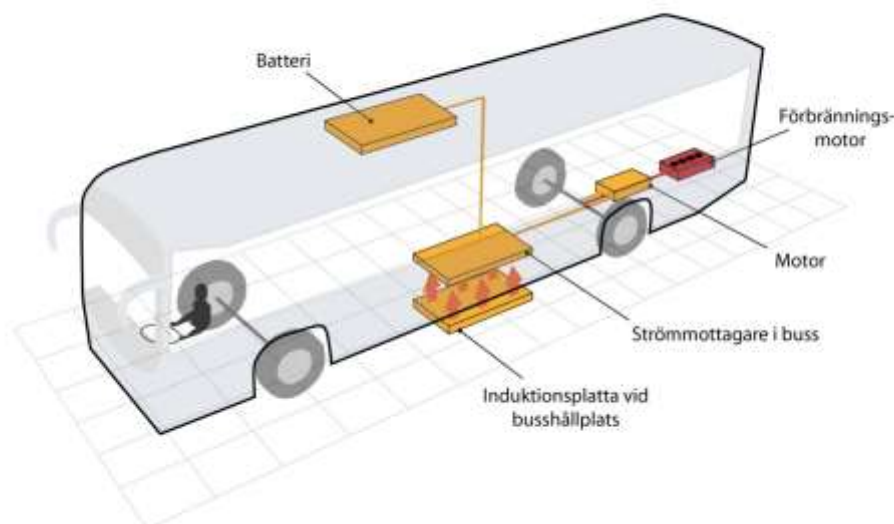
Teknisk beskrivning av buss och infrastruktur

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 Primove¹⁵. Tekniken finns bl a i Braunschweig i Tyskland¹⁶. 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 MSEK¹⁷. 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

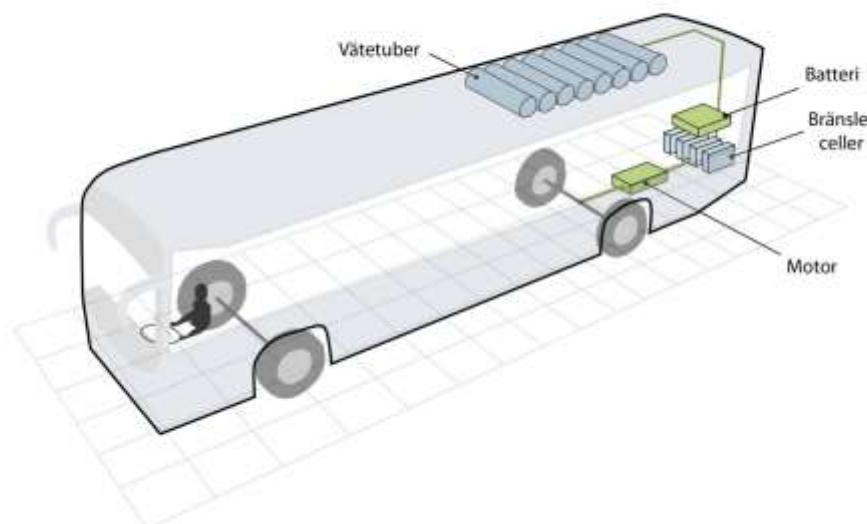
Teknisk beskrivning av buss och infrastruktur

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 bränslecellsbus. I en bränslecellsbus lagras energin i form av vätgas som omvandlas till el i bränslecellen

Tillverkare

I Oslo har fem bränslecellsbusar 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.

Bränslecellsbusarna från van Hool kostar ca 10 MSEK.

Erfarenheter

Bränslecellsbusarna 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 dieselbusar har krävts då tillgängligheten på bränslecellsbusarna har varit dålig, ca 64 % vilket kan jämföras med 94-95 % för en konventionell buss¹⁹. I andra städer inom CHIC ligger bränslecellsbusarnas tillgänglighet på 40-80 %. Bränslecellsbusarna 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 bränslecellsbusarnas 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 bränslecellsbusarna reducerar energianvändningen med 39 % jämfört med motsvarande dieslbus. 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 bränslecellsbusar 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 dieslbusar.

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

Under åren 2002-04 testade SL såväl etanolhybridbusar som bränslecellsbusar (EU-projektet CUTE). Busarna demonstrerades i ordinarie drift och fungerade väl men med restriktioner i tillgänglighet. Bränslecellsbusarna 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 lång sträcka mellan Arlanda och Rosersbergs logistikcentrum där en eldriven lastbil ska trafikera sträckan. Utvecklaren Elways²¹ 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 snabbbladdning 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	<ul style="list-style-type: none"> + 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 	<ul style="list-style-type: none"> – Lägre energibesparing än eldrift med laddning
Laddhybrid, konduktiv laddning	<ul style="list-style-type: none"> + 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 	<ul style="list-style-type: none"> – Infrastruktur i gatumiljön krävs – Teknik under utveckling, ej beprövat – Utbildningsbehov för förare vad gäller laddning och ev körning
Helelektrisk buss –	<ul style="list-style-type: none"> + Nollutsläpp (med förnybar el) + Kräver ingen infrastruktur i 	<ul style="list-style-type: none"> – 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 – tilläggsaddning 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.

Strategisk utveckling
Trafik- och infrastrukturutveckling

RAPPORT
2015-05-05
Version

Ärende/Dok. id.
SL 2014-2911-1
Infosäk. klass
K1 (Öppen)

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.

Bränslecellsbusar 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 bränslecellsbusar 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 fallet med utvecklingsplan buss eldrift 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 är en dålig affär att förhandla med en sittande entreprenör då denna har incitament att få så hög ersättning som möjligt utan att densamme löper risken att uppdraget går till en konkurrent. 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 karaktär 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 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, marknads förutsättningar, utbytbarhet eller andrahandsmarknad.

Enligt ovan bör eldriftsbussar betraktas som en strategiskt viktig tillgång. Men ska trafikförvaltningen eller leverantörsmarknaden äga 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, bör istället trafikförvaltningen äga och köpa 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 gångbart idag, ligger längre fram i tid.	Inte gångbart 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.

Strategisk utveckling
Trafik- och infrastrukturutveckling

RAPPORT
2015-05-05
Version

Ärende/Dok. id.
SL 2014-2911-1
Infosäk. klass
K1 (Öppen)

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 NO_x 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 att 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,

Strategisk utveckling
Trafik- och infrastrukturutveckling

RAPPORT
2015-05-05
Version

Ärende/Dok. id.
SL 2014-2911-1
Infosäk. klass
K1 (Öppen)

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 snabbaddning vid ändhållplatser huvudsaklig laddning. Även helelektriska bussar med tilläggsaddning 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 flexiblere 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 Vattenfall²² krävs att laddstolpen placeras innanför trottoaren av följande skäl

- SL:s hållplatsmanual kräver fritt utrymme runt bussen av hänsyn till synskadade och rullstolsburna
- 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 snabbaddare. En buss står ca 6 timmar i depå så

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

Strategisk utveckling
Trafik- och infrastrukturutveckling

RAPPORT
2015-05-05
Version

Ärende/Dok. id.
SL 2014-2911-1
Infosäk. klass
K1 (Öppen)

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 snabbbladdning 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 terminaler 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 infrastruktur för elbussar i stadsmiljö²³

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 förordna 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

Strategisk utveckling
Trafik- och infrastrukturutveckling

RAPPORT
2015-05-05
Version

Ärende/Dok. id.
SL 2014-2911-1
Infosäk. klass
K1 (Öppen)

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 snabbbladdning 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 eldriftsförsök 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 bullervolymer 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 tillgänglighet.

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

Strategisk utveckling
Trafik- och infrastrukturutveckling

RAPPORT
2015-05-05
Version

Ärende/Dok. id.
SL 2014-2911-1
Infosäk. klass
K1 (Öppen)

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.

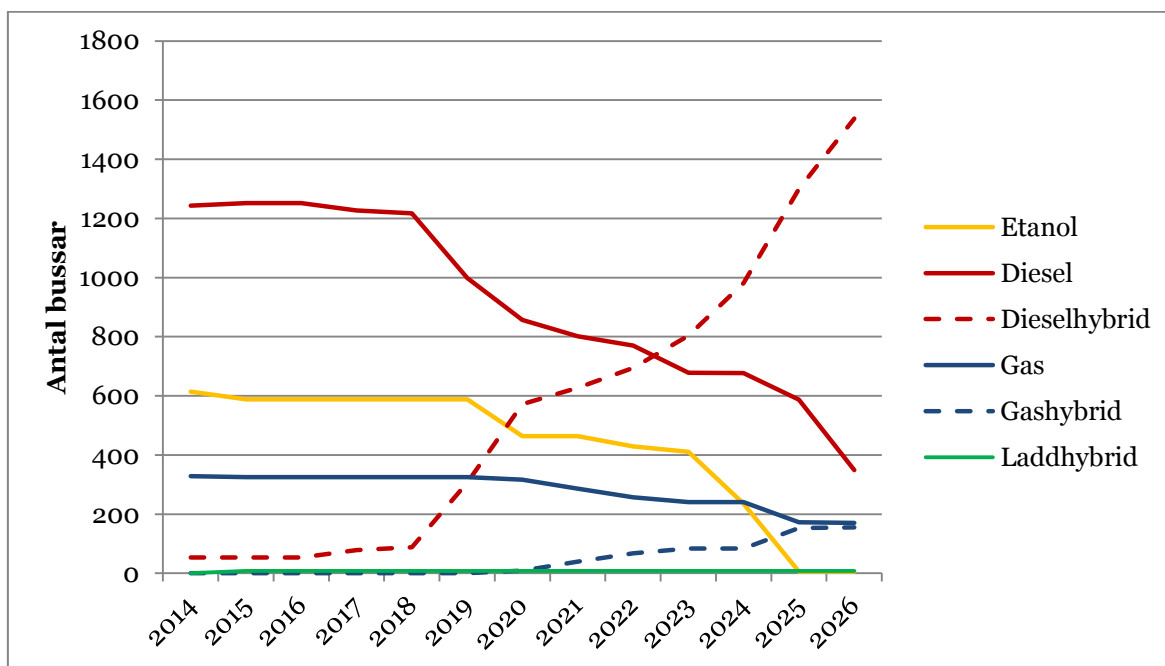
10.1 Scenario för kostnadseffektivt införande av eldriven busstrafik

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 ut²⁴.
- 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.

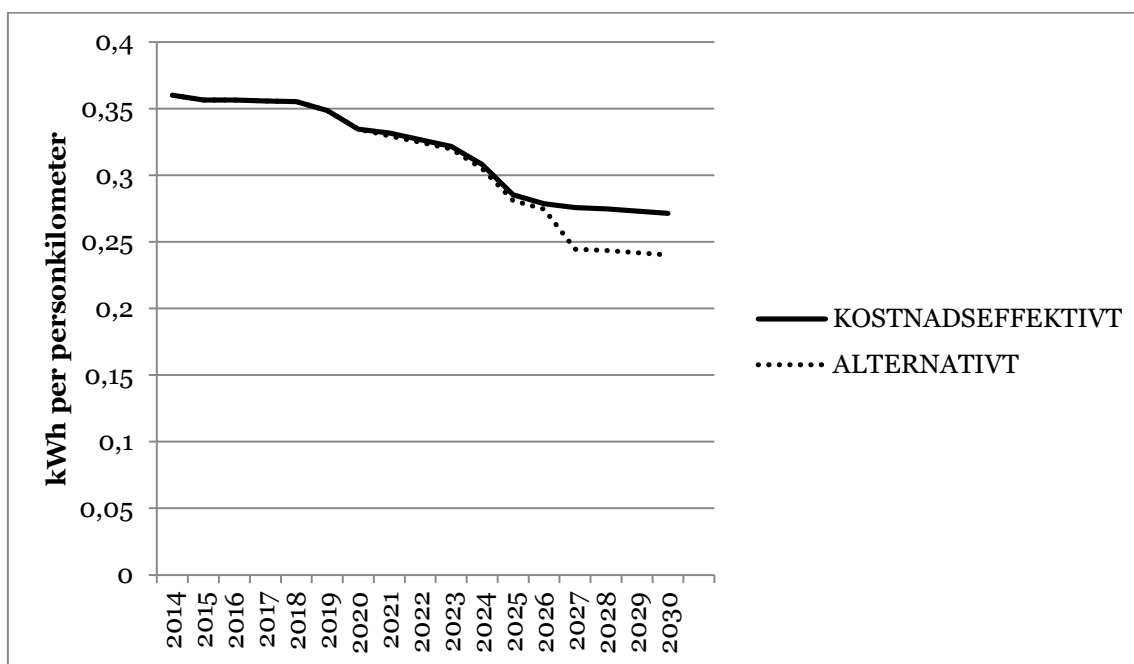
10.2 Energianvändning

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.

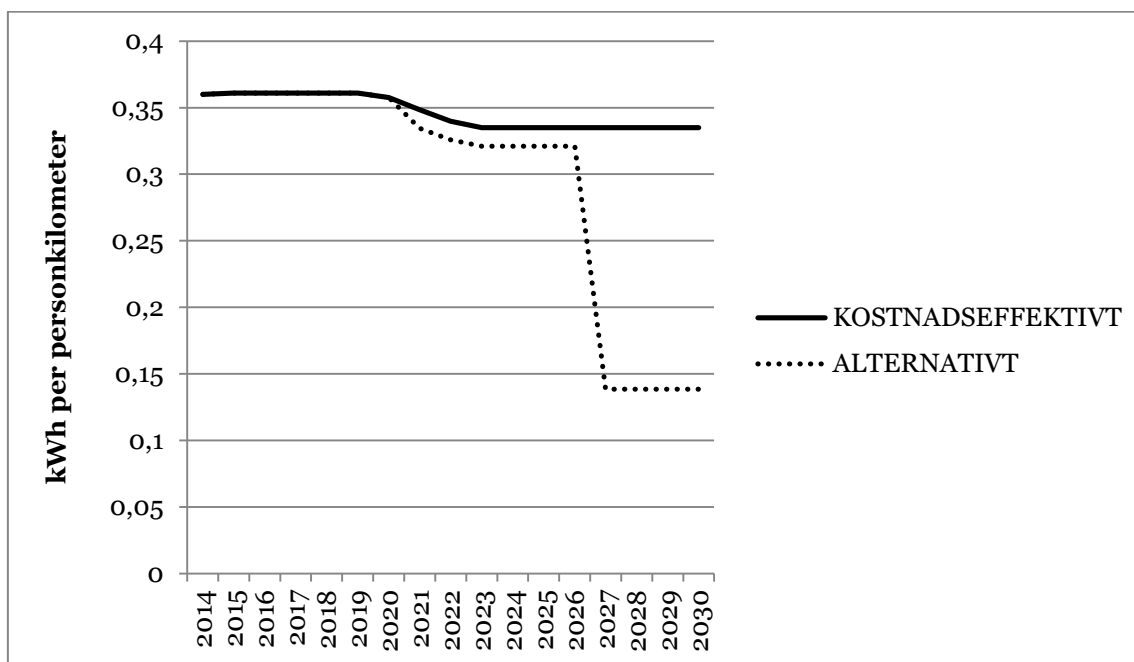
Kostnadseffektivt scenario bygger på samma antaganden som står beskrivna under 6.1. Fram till 2020 antas andelen hybrider vid inköp av bussar öka gradvis, för att därefter utgöra samtliga bussinköp vid utbyten. Gasbussar ersätts med gashybrider, diesel- och etanolbussar ersätts med dieselhybrider. Avskrivningsperioden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

Strategisk utveckling
Trafik- och infrastrukturutveckling

RAPPORT
2015-05-05
Version

Ärende/Dok. id.
SL 2014-2911-1
Infosäk. klass
K1 (Öppen)

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 finansieringen 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

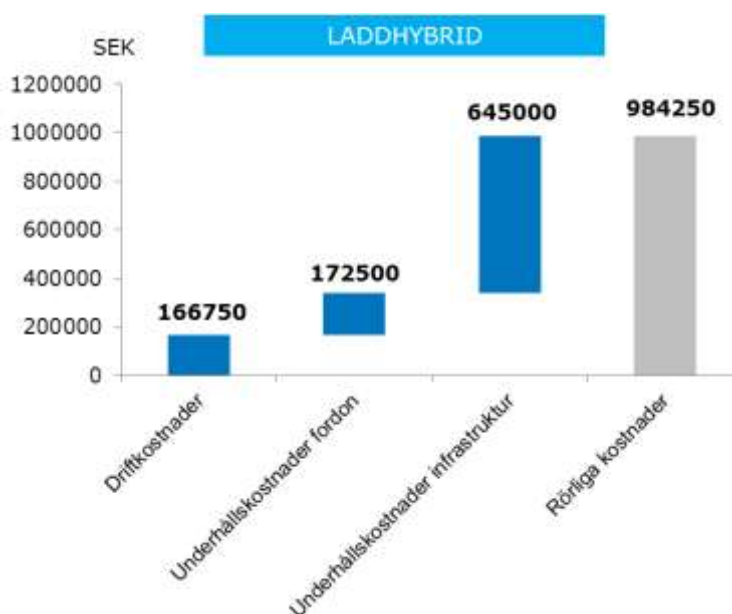
Två olika kalkyler har genomförts utifrån ovan förslag på möjlig åtgärd för övergång till eldrift, dels en kostnadsanalys och dels en resultatanalys. De antaganden som ligger till grund för beräkningarna finns i bilaga 1.

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 biogas-bussar. 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.

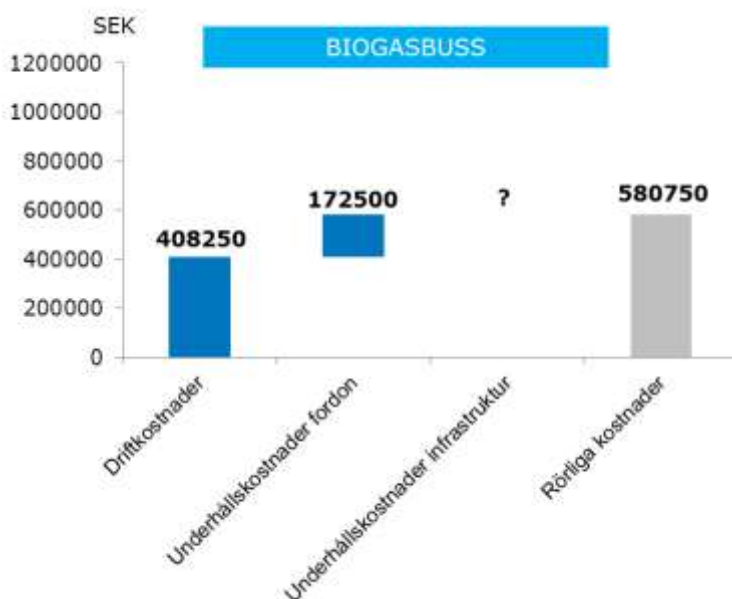
I grafen nedan som presenterar de rörliga kostnaderna för laddhybriden är det tydligt att underhållskostnaderna för infrastrukturen (laddstationer samt laddning och elframdragnig i depån) utgör den stora kostnadsmassan (representerar ca 65,5% av de totala rörliga kostnaderna). De antaganden som tagits kring dessa kostnader spelar därför en avgörande roll för business caset.



Figur 14: Rörliga kostnader för laddhybrid

Totala rörliga kostnader för 30 laddhybrider, givet de antaganden som gjorts, uppnår till nästan 1 miljoner kronor per år. Inga antaganden kring prisförändringar över åren har gjorts.

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. Men eftersom biogasbussen inte kräver några laddstationer som ska underhållas blir ändå de totala rörliga kostnaderna ändå lägre. (För laddhybriden representerar underhållskostnaden för laddstationerna nämligen 93% av totala underhållskostnader för infrastrukturen).



Figur 15: Rörliga kostnader för biogasbuss

Givet gjorda antaganden om utbud, infrastruktur, kostnader, investeringar, etc. blir den totala kostnaden för laddhybriden ca 11,5 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.

Strategisk utveckling
Trafik- och infrastrukturutveckling

RAPPORT
2015-05-05
Version

Ärende/Dok. id.
SL 2014-2911-1
Infosäk. klass
K1 (Öppen)

Totala årliga kostnaden för biogasbussen är ca 7 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. Det är inte troligt att avskrivningskostnaden för depåinvesteringen för biogasbussen skulle motsvara 4 miljoner SEK, vilket är differensen. Det kan därför konstateras att totala årliga kostnaden för laddhybriden är högre än biogasbussen.

På grund av de höga underhållskostnaderna så kommer ett införande av laddhybriden leda till högre kostnader än vad biogasbussen planeras kosta.

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.

Strategisk utveckling
Trafik- och infrastrukturutveckling

RAPPORT
2015-05-05
Version

Ärende/Dok. id.
SL 2014-2911-1
Infosäk. klass
K1 (Öppen)

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)	6 670 071
Tillkommande kostnader (underhåll infrastruktur)	- 600 000
EBITDA	6 070 071
Avskrivningar	- 10 555 000
EBIT	- 4 484 929

Det kan således konstateras att även om trafikförvaltningen får intäkter i form av leasingkostnader för fordonen så innebär ett införande av laddhybrider i E22-avtalet en förlust för trafikförvaltningen (enligt ovan tabell, baserad på underliggande antaganden, ca 4,5 MSEK per år).

Rekommendationen är därför att avvakta ett införande tills avtalet gått ut och sedan se över möjligheterna till en mer omfattande elektrifiering i nästa innerstadsavtal.

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.

Strategisk utveckling
Trafik- och infrastrukturutveckling

RAPPORT
2015-05-05
Version

Ärende/Dok. id.
SL 2014-2911-1
Infosäk. klass
K1 (Öppen)

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 är mindre fördelaktigt. Fördelarna med att genomföra åtgärden redan 2021 istället för vid nästa trafikupphandling bedöms inte uppväga den ökade kostnaden. Dock bör en förnyad analys genomföras vid uppdatering av behovsanalysen (2016), då den snabba marknads- och teknikutvecklingen kan ge helt andra förutsättningar.

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 frågor 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 som 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, likt Vattenfall, 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 alltså. 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 bränslecellsbusar så är kostnadsbilden alltför osäker för att man ska kunna bedöma realiteten 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

Strategisk utveckling
Trafik- och infrastrukturutveckling

RAPPORT
2015-05-05
Version

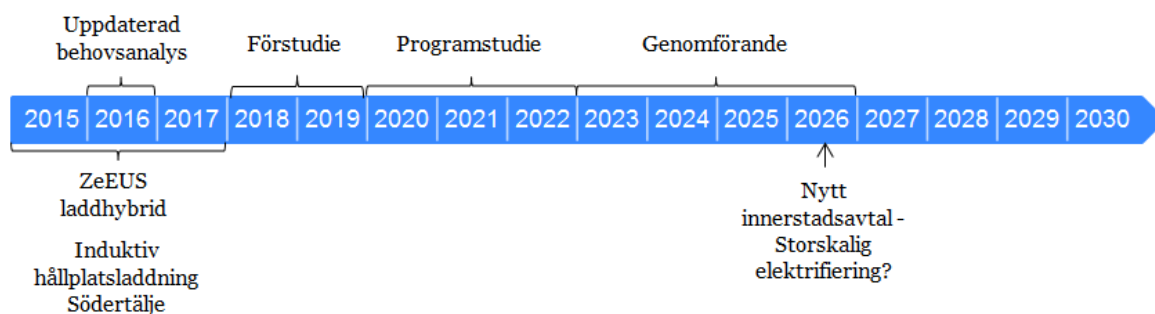
Ärende/Dok. id.
SL 2014-2911-1
Infosäk. klass
K1 (Öppen)

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

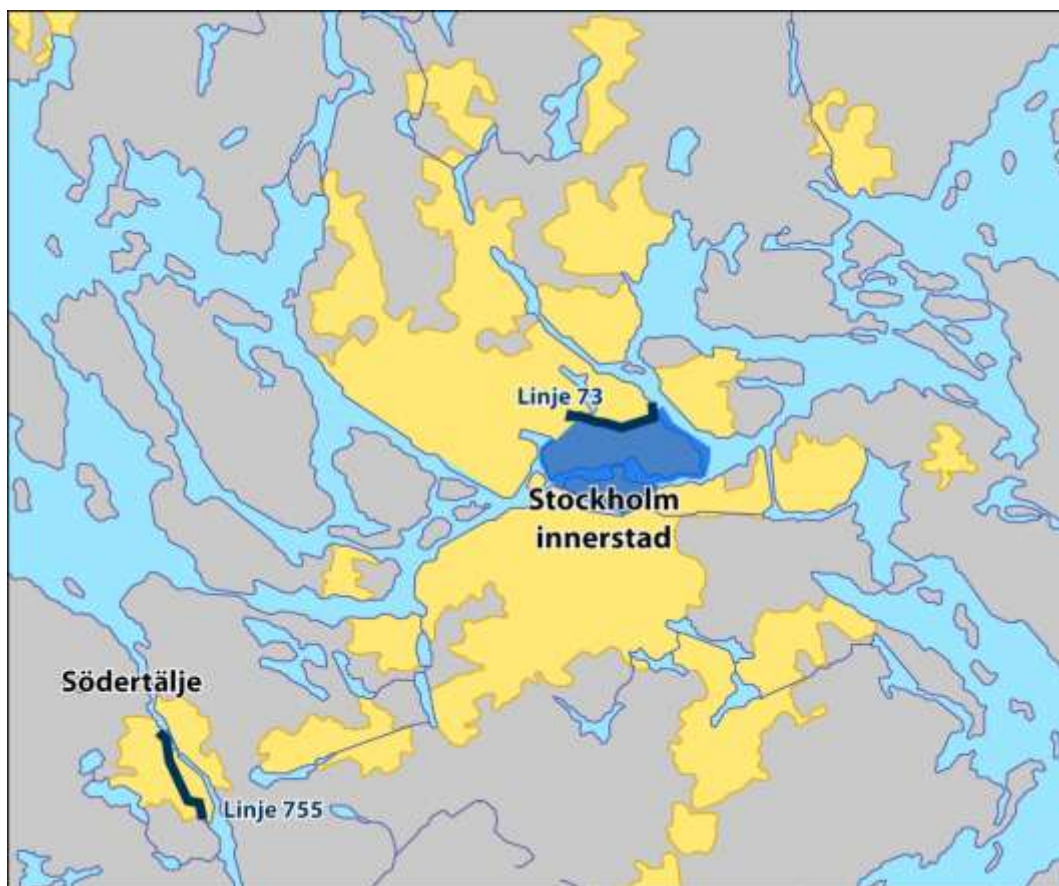


Figur 16: Tidslinje som visar några viktiga hållpunkter under perioden fram till 2030 baserat på behovsanalysens rekommendationer

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	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 elframdragnings 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	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

Strategisk utveckling
Trafik- och infrastrukturutveckling

RAPPORT
2015-05-05
Version

Ärende/Dok. id.
SL 2014-2911-1

Infosäk. klass
K1 (Öppen)

Investeringskostnad depå	?
Avskrivningstid biogasbuss (år)	14