



BRÄNSLEUTREDNING FÖR KOLLEKTIVTRAFIKEN I VÄSTERNORRLANDS LÄN





Bränsleutredning för kollektivtrafiken i Västernorrlands län

Datum: 2021-06-21

Upprättad av: Sweco

Konsulter

Sweco Sverige AB

Jenny Widell

Uppdragsledare

Maria Xylia

Energiexpert

Anton Sjögren

Energi- och bränsleutredare

Emma Wallgren

Utredare, kartor och redaktör

Marcus Posada

Utredare

Cecilia Wallmark

Intern granskning

Beställare

Region Västernorrland

Mathias Sundin

Projekt Koll2020

SAMMANFATTNING

Denna utredning har genomförts inom ramen för det 3-åriga EU-projektet *Koll2020* som syftar till att utveckla kollektivtrafiken i Västernorrlands län. Projektet drivs av Region Västernorrland i samarbete med länets kommuner, Trafikverket och Din Tur. Utredningen är en av flera utredningar som tillsammans utgör ett kunskapsunderlag som kan ligga till grund för fortsatt utveckling av kollektivtrafiken i Västernorrlands län.

I bakgrund till ovanstående görs denna utredning i syfte att ta fram ett aktuellt kunskapsunderlag gällande möjliga val av drivmedel för en fortsatt fossilfri kollektivtrafik i Västernorrland. Syftet tar avstamp i länets målsättningar om ett funktionellt sammanhållet system för hållbart resande och att kollektivtrafiken ska bidra till en minskad negativ miljöpåverkan. Detta underlag kan vidare ligga till grund för länets kommande upphandling av nya trafikavtal för linjelagd busstrafik. Den preliminära tidplanen är att ny trafikavtalsperiod ska inledas december 2024. Avtalsperioden beräknas till 8–10 år.

I utredningen har en genomlysning av tillgängliga förnybara drivmedel för bussfordon gjorts och utvärderats. De drivmedel som innefattas är diesel miljöklass 1 (MK1), biodiesel (FAME/RME), HVO, biogas, vätgas och el. Det vanligaste drivmedlet för bussfordon i Västernorrland är HVO100 vilket används i nästintill samtliga bussar i länet. Hållbarhetsaspekter som diskuteras i relation till HVO är kopplade till dess framställning då produktionen medför sociala och miljömässiga konsekvenser i ursprungsländerna. Goda förutsättningar för lokal produktion av bland annat HVO100 finns i Västernorrland genom närheten till skogsindustrin vilket utgör en potential för mer hållbart framställd HVO i framtiden. Andra alternativa drivmedel med potential är biogas och vätgas, bland annat då det i länet finns lokal produktion av både biogas och vätgas. Diesel MK1 är på grund av dess fossila komponent inte av intresse som huvudsakligt drivmedel i framtida upphandlingar. FAME/RME har testats i Västernorrlands kollektivtrafik, men används i dagsläget inte på grund av ökat underhåll och sämre köldtålighet relativt dagens drivmedel.

För att uppskatta elektrifieringspotentialen av kollektivtrafiken i Västernorrland har en elbussutredning och potentialstudie genomförts. Utifrån befintligt linjenät och trafikering har utredningen identifierat var det är möjligt att elektrifiera busstrafiken. Befintligt trafikupplägg har analyserats på linjenivå i de 7 prioriterade trafikområdena. Lösningssupplägg presenteras på såväl linje- som trafikområdesnivå. En övergripande analys av resterande 13 trafikområden har genomförts med fokus på att identifiera linjer som potentiellt kan elektrifieras. Resultaten av elbussutredningen visar att 99 av 110 linjer skulle kunna elektrifieras med depåladdning. Resterande 11 linjer behöver kompletterande laddning utöver depåladdning för att klara omloppen på el.

Med utgångspunkt i målsättningarna som berör kollektivtrafiken inom Västernorrlands län kan framtida upphandlingar endast inkludera drivmedelsupplägg som är helt fossilfria. Flera olika kombinationer av drivmedel kan bidra till måloppfyllelse, men vissa lösningar medför ny infrastruktur eller innebär större mängd utsläpp än andra. För att bedöma de ekonomiska och klimatomfattiga förutsättningarna ur ett livscykelperspektiv för olika kombinationer av drivmedel har ett antal räkneexempel tagits fram och beräknats i en livscykelkalkyl (LCC). Resultaten avseende livscykelkostnad, emissioner, elektrifieringspotential och drivmedel har sedan sammanställts i tre möjliga drivmedelsupplägg för kollektivtrafiken i Västernorrlands län och sammanfattas på nästkommande sida.

Viktiga moment och rekommendationer inför implementering och upphandling har sammanställts i en färdplan.

Nedan är en summering av hur de tre drivmedelsuppläggen förhåller sig till varandra utifrån aspekterna ekonomisk hållbarhet, social hållbarhet, ekonomisk hållbarhet samt färdplan för genomförande.

Drivmedelsupplägg A utgår från att samtliga fordon i kollektivtrafiken drivs med HVO, i likhet med hur det ser ut idag. Detta upplägg bidrar mest till den ekonomiska hållbarheten och har lägst LCC. Genom att använda beprövade drivmedel är färdplanen inte förknippad med några egentliga osäkerheter, utan trafiken kommer att kunna driftsättas enligt plan och med förutsägbar kostnad. Upplägg A uppfyller regionens krav om fossilfrihet och bidrar till målen gällande exempelvis ekonomisk långsiktighet och resurseffektiv kollektivtrafik.

Drivmedelsupplägg B innehåller en omfattande elektrifiering av busstrafiken (80 procent av bussarna är eldrivna). Biogas nyttjas för att driva samtliga bussar i stads- och landsbygdstrafiken i och kring Härnösand (9 procent av alla bussar) och övriga bussar i regionen drivs av HVO. Det har även högst kostnad, samt osäkra kostnader och osäkerheter gällande om implementeringen kan ske till start av ett nytt trafikavtal, december 2024. Detta upplägg bidrar mest till nå mål om minskad klimat- och miljöpåverkan exempelvis till regionens mål om god miljö och långsiktigt hållbar utveckling, social inkludering samt minskad negativ miljöpåverkan.

Drivmedelsupplägg C utgår ifrån en elektrifiering av de busslinjer som Region Västernorrland har identifierat som prioriterade (22 procent av bussflottan blir eldriven), införande av biogasbussar i Härnösand och att resterande

bussar drivs med HVO. Detta upplägg bidrar mer till måluppfyllnad gällande ekologisk hållbarhet än upplägg A men mindre än upplägg C, motsatt gäller för ekonomisk hållbarhet och implementering av färdplan. Upplägg C utgör en medelväg mellan de övriga drivmedelsuppläggen där negativa effekter å ena sidan hålls nere, men där vinster och nyttor å andra sidan får mindre genomslag än i övriga alternativ. Detta upplägg bidrar således till många av regionens mål, men inte i lika hög omfattning som upplägg A och B.

När det gäller kostnader är det viktigt att ha i åtanke att samtliga beräkningar i utredningen baseras på den kunskap som finns idag (se bilaga 4 med känslighetsanalyser) samt att vid upphandling av infrastruktur för trafikdriften och busstrafik avgör marknaden och den då rådande konkurrenssituation de faktiska kostnaderna.

A

- Samtliga fordon i kollektivtrafiken drivs med HVO i likhet med hur det är idag
- Högst växthusgasutsläpp av alla upplägg
- Lägst totalkostnad med låg grundinvesteringskostnad, men högre kostnader för drift och underhåll
- Beprövad och etablerad teknik vilket underlättar implementering
- Produktionen av drivmedel i form av HVO kan ha negativ social och miljömässig påverkan
- Mest fördelaktigt utifrån fordons-, infrastruktur- och drivmedelskostnader

B

- Eldrift för cirka 80 % av alla bussar, biogas nyttjas för att driva samtliga bussar i stads- och landsbygdstrafiken i och kring Härnösand (9% av alla bussar) och övriga bussar i regionen drivs av HVO
- Upplägg B har cirka 35 % lägre utsläpp av växthusgaser jämfört med upplägg A
- Upplägg B har cirka 20 % högre nuvärdeskostnad jämfört med upplägg A
- Obeprövade lösningar i Västernorrlands kollektivtrafik vilket innebär merarbete och osäkerheter vid implementeringen
- Eldrift innebär förbättrad luftkvalitet i exempelvis stadsmiljön och har fördelar gällande förarnas arbetsmiljö samt eldrift minskar bullernivåer och är därmed positivt för dem som vistas i bussarna och i närheten av busstrafiken, till exempel i bebyggd miljö
- Produktionen av drivmedel i form av el, biogas och HVO kan ha negativ social och miljömässig påverkan
- Mest fördelaktigt utifrån minskad klimat- och miljöpåverkan

C

- Prioriterade linjer elektrifieras (22 % av alla bussar), landsbygdstrafiken i Härnösand nyttjar biogas (6 % av alla bussar) och övriga bussar i regionen drivs av HVO.
- Upplägg C har cirka 10 % lägre utsläpp av växthusgaser jämfört med upplägg A
- Upplägg C har cirka 5 % högre nuvärdeskostnad jämfört med upplägg A
- Inte så omfattande investeringar krävs - beprövade lösningar vilket medför att implementeringen underlättas
- Elbussarna har samma fördelar som nämns i B
- Produktionen av drivmedel i form av el, biogas och HVO kan ha negativ social och miljömässig påverkan
- Mest fördelaktigt utifrån länets målsättningar och förutsättningar

ORDLISTA

FAME	Fettsyrametylestrar, en typ av biodiesel som kan framställas från bland annat oljegrödor, som raps (då ofta kallat RME för rapsmetylestrar).
HVO	Hydrerade vegetabiliska oljor, en typ av biodiesel som kan tillverkas från slaktavfall, tallolja och restprodukter från palmoljeproduktion.
LCC	Livscykelkostnadsanalys
LCO	Batterityp (litiumkoboltoxid)
NMC	Batterityp (litium-nickel-mangan-koboltoxid)
NCA	Batterityp (litium-nickel-kobolt-aluminium-oxid)
MDE	Methane-Diesel Engine, även kallat dual fuel.
MK1	Miljöklass 1
Ocpp	Open Charge Point Protocol – ett öppet protokoll som möjliggör en bred kombination av olika typer av leverantörsberoende mjuk- och hårdvara avseende laddinfrastruktur och associerade tjänster.
PFAD	Palm Fatty Acid Distillate - en restprodukt från tillverkning av palmolja
RKM	Regional Kollektivtrafikmyndighet
RME	Rapsmetylester - ett bränsle som ersätter diesel, bland annat för bussar.
SPBI	Svenska Petroleum och Biodrivmedel Institutet
SOC	State-of-Charge

INNEHÅLL

1	INLEDNING	6
1.1	Syfte	6
1.2	Utredningens mål och ingående moment	6
2	NULÄGE OCH FÖRUTSÄTTNINGAR	7
2.1	Linjenät	8
2.2	Fordon	9
2.3	Depåer och befintlig infrastruktur i depåer	12
3	DRIVMEDEL	13
3.1	Diesel MK1	14
3.2	FAME/RME	15
3.3	HVO	15
3.4	Biogas	16
3.5	Vätgas	17
3.6	El	17
3.7	Sammanställning	20
4	ELBUSSUTREDNING	22
4.1	Inledning	22
4.2	Metod potentialstudie Västernorrland	23
4.3	Energibehov per linje	24
4.4	Val av batteristorlek	25
4.5	Uppskattning av elektrifieringspotential	25
4.6	Behov av tilläggsaddning	30
4.7	Effekt- och infrastrukturbehov	31
4.8	Sammanfattning potentialstudie	35
5	LIVSCYKELKALKYL – EKONOMI OCH KLIMAT	38
5.1	Analyserade exempel	38
5.2	Ekonomisk kalkyl	38
5.3	Växthusgasutsläpp	40
6	ANALYS	44
6.1	Upplägg A - mest fördelaktigt utifrån fordons-, infrastruktur- och drivmedelskostnader	44
6.2	Upplägg B – mest fördelaktigt utifrån minskad klimat- och miljöpåverkan	44
6.3	Upplägg C – mest fördelaktigt utifrån länets målsättningar och förutsättningar	45
6.4	Färdplan för Implementering	46
6.5	Summering drivmedelsupplägg	52
7	SLUTSATSER	53
8	REFERENSER	55
BILAGA 1 DEPÅÖVERSIKT		
BILAGA 2 TOPOGRAFISK KARTLÄGGNING		
BILAGA 3 TEKNISKA ASPEKTER FÖR ELBUSS		
BILAGA 4 KÄNSLIGHETSANALYS		
BILAGA 5 ELBUSSAR I SVERIGE		

1 INLEDNING

År 2030 ska klimatpåverkan från Sveriges transportsektor ha minskat med 70 procent jämfört med år 2010. Det ligger i linje med regeringens mål om en fossilbränsleoberoende fordonsflotta som fastslogs redan 2008.¹ I Region Västernorrland har en omställning till fossilfria drivmedel inom all kollektivtrafik genomförts.²

Den Regionala kollektivtrafikmyndigheten i Västernorrlands län (Din Tur) har tagit fram ett trafikförsörjningsprogram som beskriver ambitionen att år 2030 ha en behovsanpassad kollektivtrafik som bidrar till ett hållbart och inkluderande samhälle. Detta ska bland annat uppnås genom aktivt arbete för en kollektivtrafik som bidrar till social inkludering, ökad tillgänglighet, minskad miljöpåverkan och en kollektivtrafik som bedrivs på ett resurseffektivt sätt³. Trafikförsörjningsprogrammet har sin utgångspunkt i länets Regionala Utvecklingsstrategi (RUS) som vidare utgår från Agenda 2030. En av strategins prioriteringar är ett funktionellt och sammanhållet system för hållbart resande. Att alla ska ges möjligheten att minska sin klimatpåverkan vid resande är ett specifikt insatsområde.⁴

Denna utredning görs inom ramen av Projekt Koll2020 som syftar till att utveckla kollektivtrafiken i Västernorrlands län. Projektet Koll2020 är ett 3-årigt EU-projekt som drivs av Region Västernorrland i samarbete med länets kommuner, Trafikverket samt Din Tur. En viktig del i projektet är att genom olika utredningar skapa kunskapsunderlag som kan ligga till grund för fortsatt utveckling av kollektivtrafiken.⁵

1.1 SYFTE

Med hänsyn till ovanstående görs denna utredning med syfte att ta fram ett aktuellt kunskapsunderlag gällande möjliga val av drivmedel för en fortsatt fossilfri kollektivtrafik i Västernorrland. Detta underlag ska ligga till grund för länets kommande upphandling av nya trafikavtal för linjelagd busstrafik. Den preliminära tidsplanen är att ny trafikavtalsperiod ska inledas december 2024. Avtalstiden beräknas till 8–10 år.

1.2 UTREDNINGENS MÅL OCH INGÅENDE MOMENT

Denna utredning har haft som mål att utreda och föreslå nytt trafikupplägg för fossilfri busstrafik i Västernorrland. I uppdraget ingår fyra delar:

- Genomlysning och utvärdering av tillgängliga förnybara drivmedel för bussfordon där fördelar och nackdelar lyfts fram utifrån ekologisk, social och ekonomisk hållbarhet – beskrivs i kapitel 3
- Utredning av förutsättningar för elektrifierad busstrafik i Västernorrlands län med fokus på stadstrafik och tätortsnära trafik. Utifrån prioritering ta fram förslag på linje- eller kommunnivå inklusive systemlösning för fordonstyper och laddinfrastruktur – beskrivs i kapitel 4
- Utifrån ovanstående två punkter ta fram förslag på drivmedelsupplägg för hela länets linjelagda busstrafik – beskrivs i kapitel 5 och 6.
- Analysera vilka positiva och eventuellt negativa effekter som ett nytt drivmedelsupplägg skulle medföra utifrån ekologisk, social och ekonomisk hållbarhet. – beskrivs i kapitel 6

¹ Sveriges miljömål, Utsläpp av växthusgaser från inrikes transporter, 2019

² Din Tur, Framtidens kollektivtrafik i Västernorrlands län – Regionalt trafikförsörjningsprogram 2030, 2018

³ Din Tur, 2018

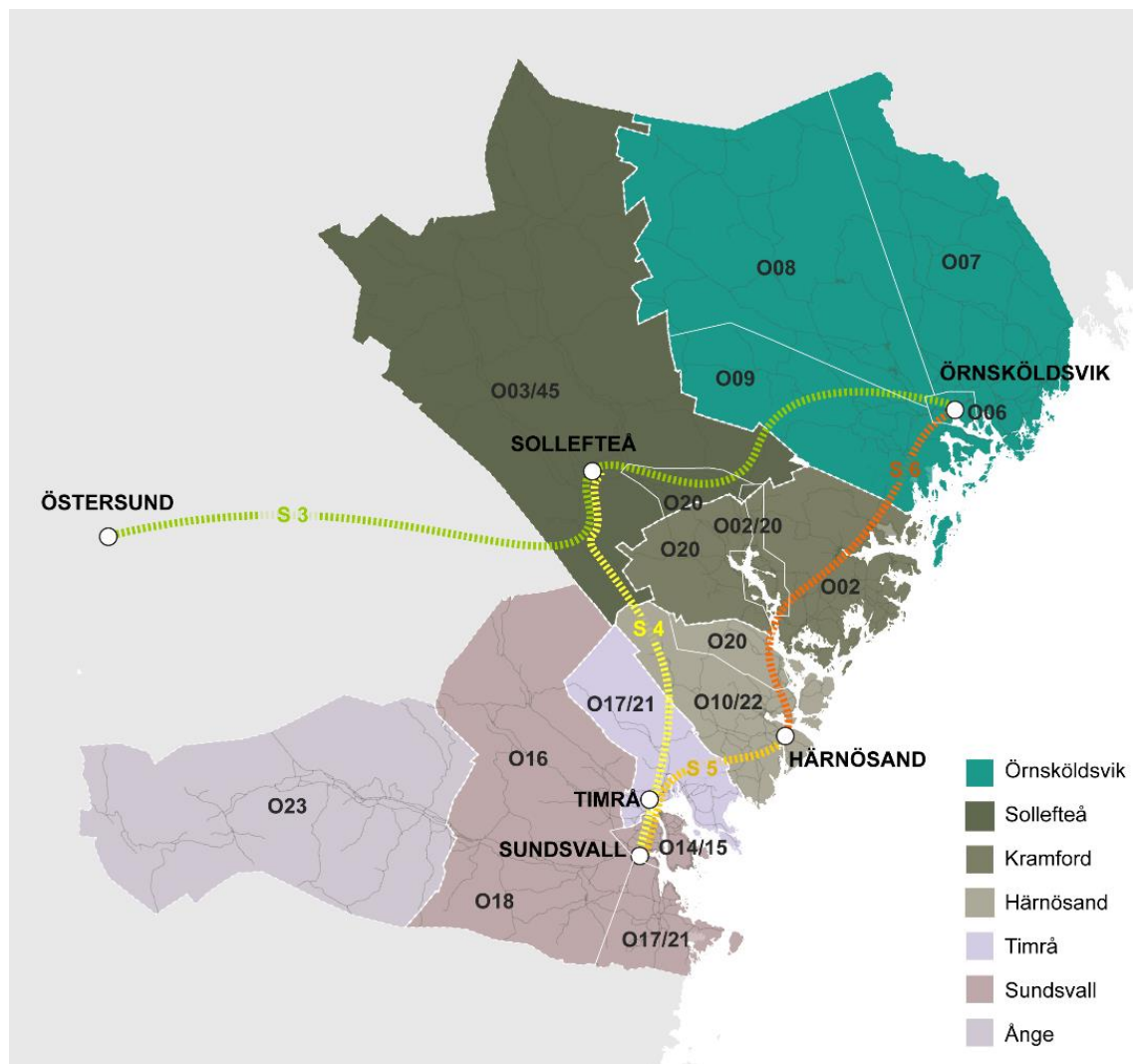
⁴ Region Västernorrland, *Ett Västernorrland – Handlingskraft, livskraft och naturkraft. Regional utvecklingsstrategi för Västernorrland 2020–2030*, 2019

⁵ Mer information om projekt Koll2020 finns här: <https://www.rvn.se/sv/Utveckling/Vara-projekt/koll-2020/>

2 NULÄGE OCH FÖRUTSÄTTNINGAR

Kommunalförbundet Kollektivtrafikmyndigheten i Västernorrlands län (Din Tur) ansvarar för länets kollektivtrafik. Den linjelagda busstrafiken i länet är uppdelad i 18 trafikområden fördelade på två avtal. Nu gällande trafikavtal för linjelagd busstrafik sträcker sig fram till december år 2022 med två optionsår⁶. I Tabell 1/Figur 1 presenteras samtliga trafikområden och linjer vars geografiska lokalisering vidare presenteras i Figur 1.

Region Västernorrland har tidigare identifierat att de områden som ska belysas särskilt för elbussutredningen är trafikområde O03, O06, O10, O14/15, O17/21, O18 och S5.



Figur 1 Karta över trafikområden i Västernorrlands län. Se tabell 1 för förklaring av trafikområden och linjer. Källa: Sweco; Region Västernorrland

⁶ Din Tur, Framtidens kollektivtrafik i Västernorrlands län – Regionalt trafikförsörjningsprogram 2030, 2018

Tabell 1 Samtliga trafikområden i Västernorrlands län. Källa: Framtidens kollektivtrafik i Västernorrlands län – Regionalt trafikförsörjningsprogram 2030; Din Tur

Trafikområde	Kommun	Linjenummer
O06*	Örnsköldsvik	401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411
O07	Örnsköldsvik	417, 419, 442
O08	Örnsköldsvik	42, 43, 438
O09	Örnsköldsvik	412, 413, 421, 422
O03*/45	Sollefteå	45,62, 39, 41, 312
O02	Kramfors	216–218, 221, 225–230
O20	Kramfors	90, 202, 211–215, 219, 263, 521
O10*	Härnösand	14, 24, 25, 39, 58, Plusbussen
O22	Härnösand	511–513, 516–518, 520
O17/21*	Sundsvall/Timrå	120, 121, 123,124,125,126,128,129, 611, 630–634, 636
O14/15*	Sundsvall	1–5, 65, 70–74, 76, 78, 80, 81, 84, 85
O16	Sundsvall	28, 30, 132–134
O18*	Sundsvall	141, 142, 143
O23	Ånge/Sundsvall	190–197, 199
S3	Regional	Linje 40 Örnsköldsvik-Östersund (via Sollefteå)
S4	Regional	Linje 331 Sundsvall-Sollefteå
S5*	Regional	201 Sundsvall – Härnösand
S6	Regional	Linje 50 Härnösand - Örnsköldsvik

*För utredningen prioriterade linjer avseende bedömning av elektrifieringspotential och förslag på trafikupplägg

2.1 LINJENÄT

Den regionala busstrafiken i Västernorrlands kan delas upp i tätortstrafik och landsbygdstrafik. Utöver dessa finns servicelinjer, skolskjutstrafik, sjukresetrafik och kompletteringstrafik. Trafikens omfattning skiljer sig mellan länets kommuner.

Tätortstrafiken i Västernorrland avser linjelagd busstrafik i tätort och finns i fyra kommuner; Sundsvall, Örnsköldsvik, Härnösand och Sollefteå. Sundsvall har den största tätortstrafiken vad gäller både utbudskilometer och antalet resande och består av 17 linjer varav 5 är stomlinjer⁷. Stomlinjerna har en turtäthet på cirka 10 minuter, resterande linjer avgår en till två gånger i timmen. I Örnsköldsvik finns 12 tätortslinjer⁸ inklusive en servicelinje. Linje 405 har den högsta turtätheten och avgår tre gånger i timmen. Resterande linjer avgår en eller två gånger i timmen. I Härnösand finns 3 linjer med en turtäthet på cirka 20–30 minuter. I kommunen finns även Plusbussen som avgår en gång i timmen mellan klockan 10–13. Sollefteås tätortstrafik består av 2 busslinjer med en turtäthet på 30 minuter.

Sundsvalls och Örnsköldsvik stadstrafik pekas i Västernorrlands regionala trafikförsörjningsprogram ut som starka trafikområden. Det innebär att trafiken bedöms ha en hög potential för kollektivt resande vilket bland annat innebär att det ska finnas ett attraktivt och konkurrenskraftigt trafikutbud med mycket hög tillgänglighet. I trafikförsörjningsprogrammet lyfts även starka stråk vilka definieras utifrån hög resandepotential och befolkningsmängd. Upekade starka stråk ligger utmed både det egna länets samt grannlänens stora befolkningssentra, arbetsmarknader och universitet. Busstrafiken trafikerar E4 och E14 och kombineras med

⁷ Din Tur, Framtidens kollektivtrafik i Västernorrlands län – Regionalt trafikförsörjningsprogram 2030, 2018

⁸ Din Tur, 2018

tågtrafik i form av Ostkustbanan och Botniabanan. Stråken fyller bland annat en viktig funktion för studiependling, arbetspendling och utomregional pendling. Exempel på busslinjer som räknas som starka stråk är linje 120 och 611 i området mellan Sundsvall och Timrå, linje 141 och 142 i Sundsvall samt den regionala linjen 201 som går mellan Sundsvall och Härnösand.

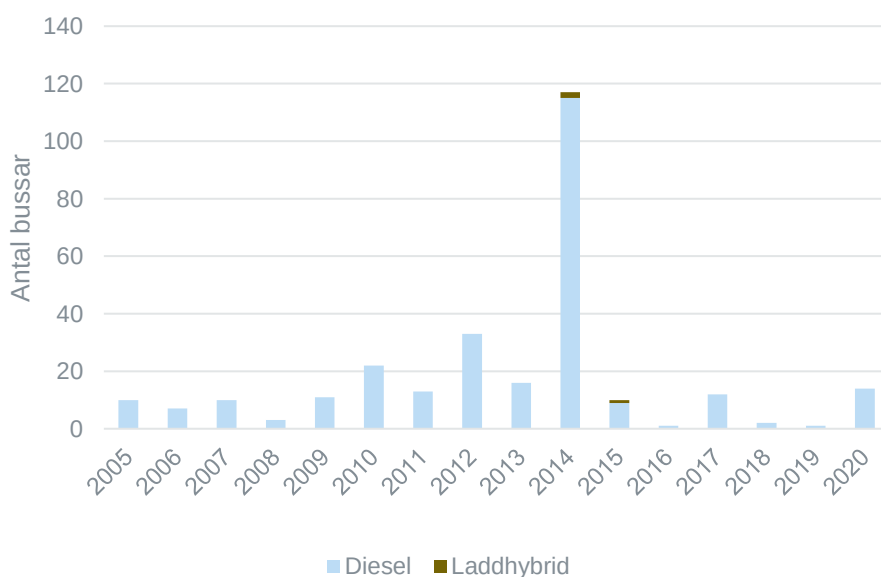
Landsbygdstrafiken innefattar all trafik som inte är tätortstrafik. Totalt finns upp mot 100 landsbygdslinjer i hela länet⁹. Den interregionala trafiken består av linjer som trafikerar mellan Västernorrland och Hudiksvall, Umeå, Stockholm och Östersund. Den interregionala trafiken utgör förbindelser till Västerbotten, Gävleborg och Jämtland.

Viktiga bytespunkter för busstrafiken är hållplats Stenstaden (Sundsvall), Härnösands station, Sollefteå station, Kramfors resecentrum, Örnsköldsviks resecentrum, Örnparken (Örnsköldsvik) och Ånge station. I Härnösand, Kramfors, Örnsköldsvik och Ånge finns möjlighet att byta till tåg. För busstrafiken är hållplats Stenstaden följt av Örnparken de övervägande största bytespunkterna sett till antal bussresenärer¹⁰.

En topografisk kartläggning av Sundsvalls busslinjenät visar att ett antal av rutterna som busslinjerna kör på har en topografisk variation som kan ha betydande inverkan på bussarnas drivmedelsförbrukning (se bilaga 2). Den genomsnittliga höjdskillnaden, maxhöjd minus minimihöjd över havet, för samtliga av de kartlagda busslinjerna är cirka 100 meter och den genomsnittliga lutningen på väg är 2,8 procent uppåt och -3,5 procent neråt. Detta innebär att energiförbrukningen av bussarna påverkas av topografin, vilket är viktigt att ta hänsyn till när elektrifieringspotentialen uppskattas.¹¹

2.2 FORDON

Den upphandlade linjelagda kollektivtrafiken i Västernorrlands län fram till år 2022 består till 99 procent av dieselbussar som drivs uteslutande av HVO. Övriga en procent är laddhybridbussar. Det är totalt 282 bussar (exklusive skolskjuts) i hela flottan med årsmodeller från 2005 fram till år 2020, se Figur 2. De flesta fordonen är av årsmodell 2014, inklusive två av laddhybriderna. Den tredje laddhybridbussen är från år 2015. Av dieselbussarna är 59 elhybrider, varav 14 är normalbussar¹² som trafikerar Örnsköldsvik. De övriga 45 bussarna som trafikerar Sundsvall utgörs av 34 normalbussar och 11 ledbussar.



Figur 2: Antal bussar fördelat på årsmodell och drivmedelstyp. Källa: Din Tur

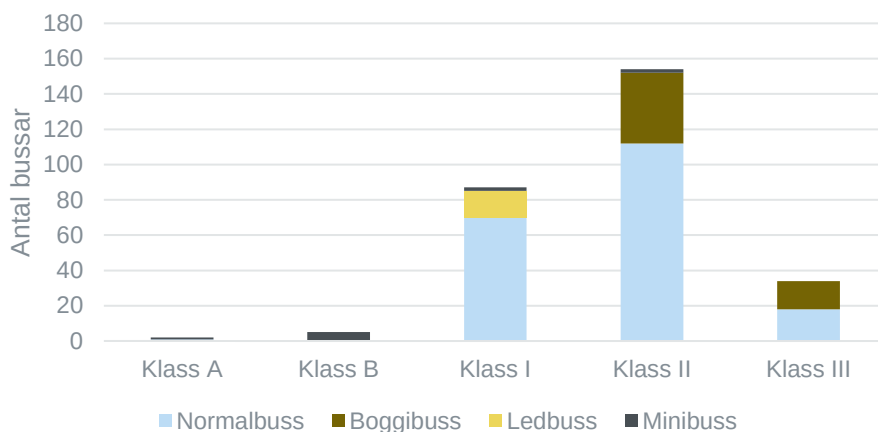
⁹ Din Tur, 2018

¹⁰ Din Tur, 2018

¹¹ Baserat på underlag från Din Tur, 2020

¹² Med normalbuss avses en buss i standardutförande med en längd på 12 meter.

Av det totala antalet bussar är 201 av normalstorlek (71 procent), 56 boggibussar (20 procent), 15 ledbussar (5 procent) och 10 minibussar (4 procent). Två av laddhybriderna är minibussar och en är en normalbuss. De flesta bussarna är av Klass II, följt av Klass I, Klass 3, Klass B och Klass A enligt Figur 3. Klassindelningen I, II och III avser bussar för fler än 22 passagerare medan klassindelning A och B är inrättade för bussar med högst 22 passagerare. Buss klass I är gjord för stadstrafik och buss klass II är gjord för regionaltrafik och används även ofta i förortstrafik i anslutning till stora städer. Buss klass III är gjord för mer långväga busstrafik och är vanlig i beställningstrafik och i interregional linjetrafik. Buss klass A är gjord för stads-, förortstrafik och mer kortväga regional trafik. Buss klass B är gjord för bland annat beställningstrafik och skolskjuts.¹³



Figur 3: Antal bussar fördelat på fordonsklass och busstorlek. Källa: Din Tur

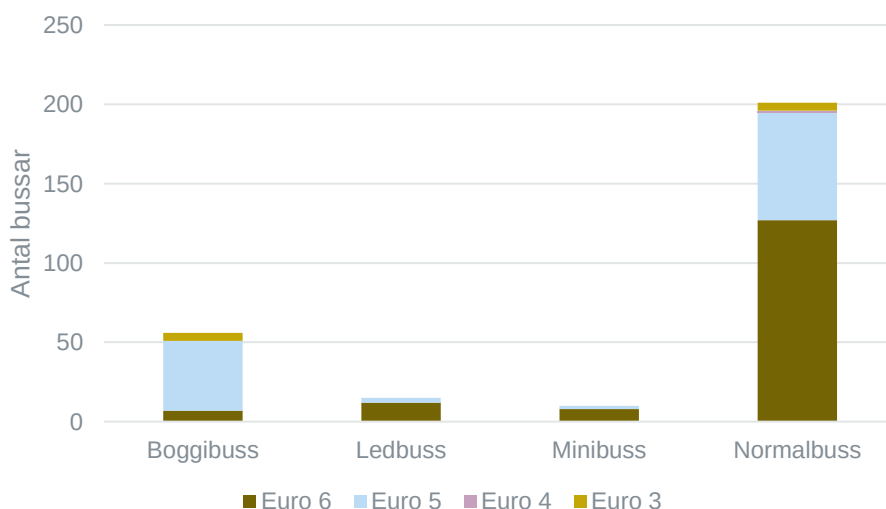
De flesta bussar nyttjas inom avtalen för Sundsvalls tätort (59), Timrå-Njurunda (30) och Ådalen (30). Fördelningen av antalet bussar och genomsnittligt körda kilometer per buss per avtalsområde redogörs i Tabell 2. Den totala körda sträckan år 2020 motsvarar 15 436 044 km.

¹³ NTF, *Resande i kollektivtrafiken*, u.å., <https://ntf.se/ntf-anser/kollektivtrafiken/> [hämtad 2021-06-02]

Tabell 2: Antal bussar fördelat på avtalsområde samt genomsnittlig körd sträcka i kilometer för bussar inom respektive trafikområde, år 2020. Källa: Din Tur

Avtalsområde	Antal bussar	Genomsnitt km/buss, år 2020
O10 Härnösands stadsbussar	7	41 307
O14/15 Sundsvalls tätort	59	65 116
O16 Nordvästra	9	64 074
O1721 Timrå Njurunda	30	64 452
O18 Matfors	7	73 457
O2 Höga Kusten	8	40 517
O20 Ådalen	30	44 569
O22 Härnösands landsbygd	17	28 398
O23 Ljungandalen	25	35 412
O345 Sollefteå	15	37 670
O6 Örnsköldsviks tätort	20	55 207
O7 Husum Björna	8	54 626
O8 Anundsjö	5	63 035
O9 Sidsjö/Köpmanholmen	18	45 335
S3 L40	7	62 440
S4 L331	4	69 042
S5 201	8	113 917
S6 Linje 50	5	77 872
TOTALT	282	57 580

Lite mer än hälften av bussarna i kollektivtrafikflottan har en miljöklass motsvarande Euro 6 (154), följd av Euro 5 (117), Euro 3 (10) och Euro 4 (1 normalbuss), fördelat på olika fordonsstorlekar enligt Figur 4. Bussflottan är med andra ord relativt modern avseende antalet fordon med en högre miljöklass.



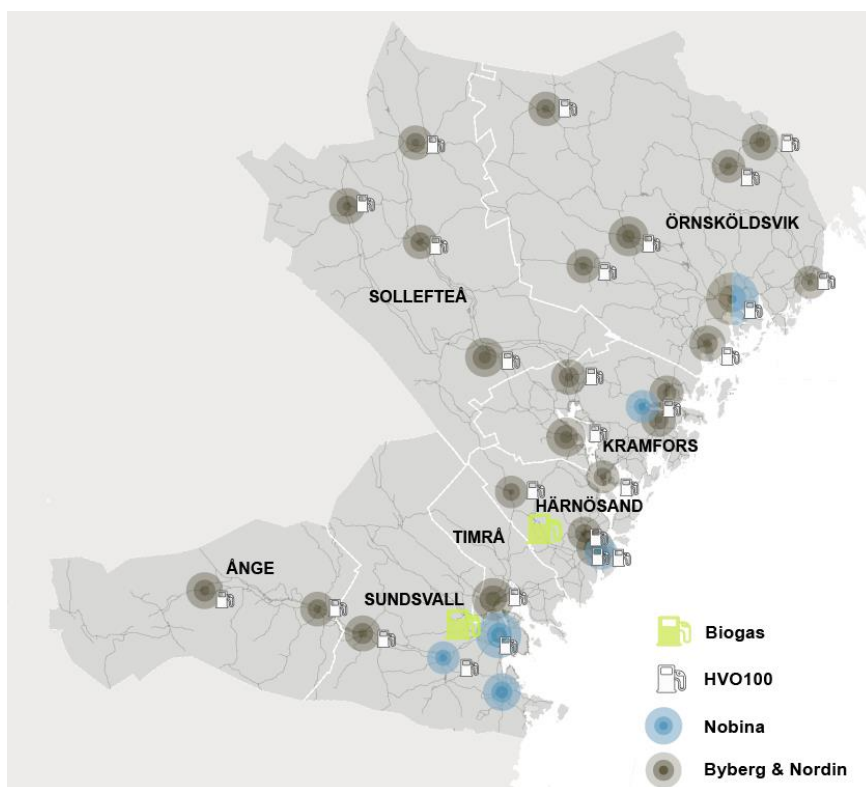
Figur 4: Antal bussar med respektive miljöklass fördelat på olika busstorlekar i Västernorrlands kollektivtrafik. Källa: Din Tur

2.3 DEPÅER OCH BEFINTLIG INFRASTRUKTUR I DEPÅER

Inom länet finns ett trettiotal depåer. Den största ligger på Gärdet i Sundsvall och har 59 uppställningsplatser, därefter följer Örnsköldsvik och Timrå med 40 uppställningsplatser vardera. Depån i Gärdet, Örnsköldsvik och i Njurunda har uppställningsplatser med motorvärmare och batteriladdare, tvätt och verkstad. Alla depåer utom den i Njurunda har infrastruktur för tankning av HVO100. I Härnösand, Kramfors, Sollefteå och Njurunda ligger depåer med plats för fler än 10 fordon. Resterande depåer har plats för färre än 10 fordon och har uppställningsplatser med varierande infrastruktur.¹⁴ I Tabell 3 redogörs de sju största depåerna sett till antalet fordon. En fullständig redogörelse av depåer finns i **Fel! Hittar inte referenskälla.1.** I Figur 5 visas samtliga depåers lokalisering i länet.

Tabell 3 De sju största depåerna i Västernorrland. Källa: Din Tur, 2021

Operatör	Plats	Antal fordon	Uppställning motorvärmare, batteriladdare	Byggnad	Tank	Tvätt	Verkstad
Nobina	Gärdet	59	x		x	x	x
Byberg & Nordin	Timrå	40		x	x	x	x
Delad	Örnsköldsvik	40	x	x	x	x	x
Byberg & Nordin	Härnösand	28		x	x	x	x
Byberg & Nordin	Kramfors	20		x	x	x	x
Byberg & Nordin	Sollefteå	14		x	x	x	x
Nobina	Njurunda	11	x			x	

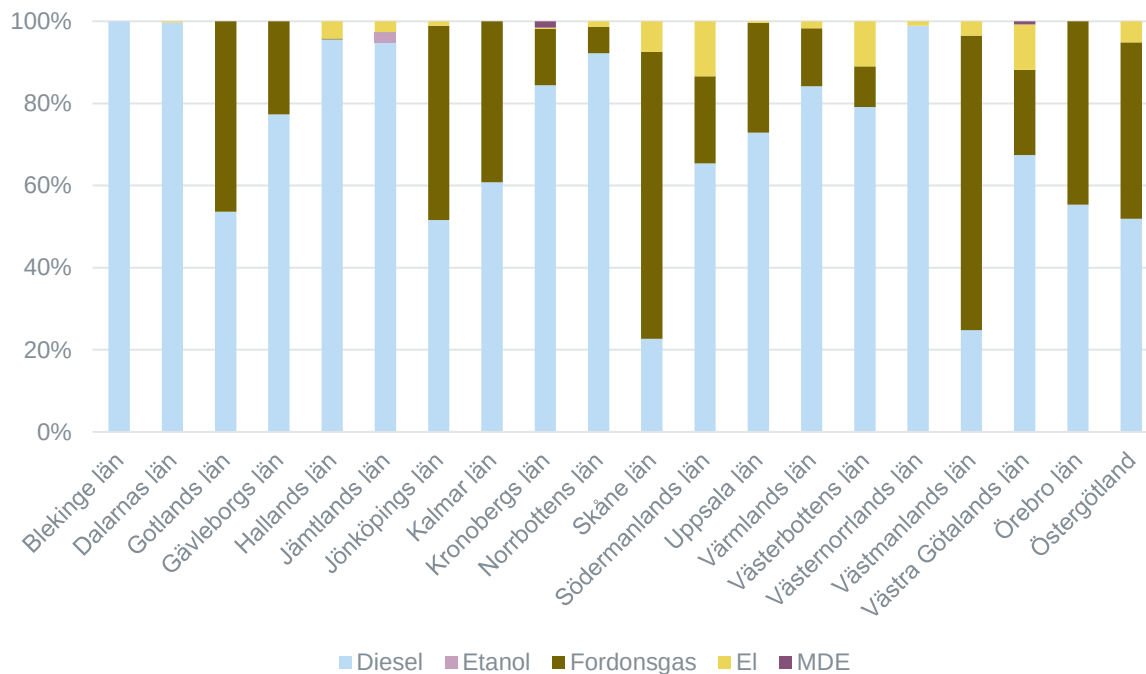


Figur 5 Bussdepåer fördelat på operatör i Västernorrlands län. Källa: Din Tur, 2021 (egen bearbetning)

¹⁴ Din Tur, 2021

3 DRIVMEDEL

I Sverige (våren 2021) drivs cirka 67 procent av bussflottan med hjälp av olika former av diesel, där biodiesel (HVO, FAME/RME) blir allt vanligare. 27,6 procent drivs av fordonsgas, 5,2 procent av el, 0,2 procent av MDE och 0,1 procent av etanol. Fördelningen på länsnivå (exklusive Stockholm, som inte presenterar antalet bussar och deras drivmedel publikt sedan år 2018) visas i Figur 6.



Figur 6. Drivmedelsfördelning på länsnivå för år 2021, exkl. Stockholms län. Källa: FRIDA-databasen våren 2021.

Antalet bussar i kollektivtrafik samt medelåldern på fordonen är fördelat enligt Tabell 4. Av samtliga fordon har 66,5 procent en miljöklass motsvarande Euro 6, 32 procent motsvarande Euro 5, 0,8 procent motsvarande Euro 4 och resterande 0,7 procent Euro 3 eller lägre.

Tabell 4. Antal bussar i kollektivtrafiken i Sveriges län (exkl. Stockholm) samt medelåldern på fordonen. Källa: FRIDA-databasen 2021.

Län	Antal fordon i kollektivtrafiken	Medelålder [år]
Blekinge län	140	4,9
Dalarnas län	332	6,6
Gotlands län	82	5,7
Gävleborgs län	225	7,7
Hallands län	381	3,3
Jämtlands län	227	5,2
Jönköpings län	275	3,7
Kalmar län	393	3,6
Kronobergs län	327	5,8
Norrbottnens län	360	7,3
Skåne län	1 068	6,8
Södermanlands län	269	4,2
Uppsala län	538	5,6
Värmlands län	418	5,4
Västerbottens län	373	5,9
Västernorrlands län	282	6,6
Västmanlands län	230	6,6
Västra Götalands län	1 932	5,1
Örebro län	329	4,3
Östergötland	393	5
TOTALT	8 574	5,5

Nedan presenteras information om de vanligaste drivmedlen i kollektivtrafiken, samt hur de används i Västernorrland idag.

3.1 DIESEL MK1

Diesel Miljöklass 1 (MK1) har en lägre svavelhalt än vanlig diesel, och introducerades i Sverige år 1991. År 2019 bestod 63 procent av den totala drivmedelsmängden (mätt i energimängd) som levererades till vägtransportsektorn i Sverige av Diesel MK1¹⁵. Det är ett vanligt fordonsbränsle i personbilar och tung trafik, som till huvudsak består av fossil diesel med viss inblandning av FAME/RME och/eller HVO (21,8 procent år 2019¹⁵). Det finns ett flertal busstillverkare som erbjuder olika typer av dieselbussar.

Inga bussar inom Västernorrlands kollektivtrafik nyttjar idag Diesel MK1 på grund av dess fossila komponent. Drivmedlet är därför inte av intresse som huvudsakligt drivmedel i framtida upphandlingar.

¹⁵ Energimyndigheten, Drivmedel 2019 – ER 2020:26, 2020

3.2 FAME/RME

FAME är förkortningen för fettsyrametylestrar som tillverkas av olika typer av vegetabiliska oljor. Den vanligaste råvaran i Sverige är rapsolja. FAME används framförallt för låginblandning i dieselbränsle upp till 8 procent. För att köra fordon på ren RME, och inte uppblandat med någon annan form av diesel, krävs en modifiering av insprutningssystemet. Underhållskostnaderna för RME-bussar är högre än för bussar som körs med exempelvis HVO. Bränslet är också köldkänsligt, och kan därmed få vissa driftproblem vid kalla temperaturer. Det finns rekommendationer om att inte använda bränslet om långvariga temperaturer under -10 grader Celsius förväntas, där fordon och bränsle kan komma att förvaras utomhus utan uppvärmning¹⁶. Det finns ett flertal busstillverkare som erbjuder olika typer av bussar anpassade för FAME/RME.

FAME/RME har testats i Västernorrlands kollektivtrafik, men används inte i dagsläget med hänsyn till ökat underhåll och sämre köldtålighet.

3.3 HVO

Hydrierad vegetabilisk olja, eller HVO, tillverkas genom hydrogenisering av vegetabiliska eller animaliska oljor och blir därmed identisk med fossil diesel. Den kan därmed användas direkt i vanliga dieselmotorer, men fordonstillverkaren måste godkänna fordonet för HVO-drift. Råvaran kommer ofta från palmolja, palmoljerester, använd matolja, tall, raps, slaktavfall och växtbaserade restprodukter. HVO blandas in i fossil diesel (MK1) och används även som eget drivmedel (HVO100).

HVO är idag ett av de vanligaste biodrivmedlen som används i Sverige. Historiskt sett har den globala produktionen av HVO överskridit efterfrågan. Efterfrågan har främst funnits i de nordiska länderna, där Sverige använder cirka 30 procent av den globala tillverkningen trots att befolkningen endast motsvarar cirka 0,1 procent av jordens befolkning¹⁷. Då Sverige i nuläget har en begränsad inhemsk produktion av HVO är priset känsligt för förändringar på den globala marknaden, vars efterfrågan har ökat mer och mer. Ökade krav på lägre fossila koldioxidutsläpp har gjort att exempelvis Tjeckien, Spanien, Portugal och Italien vill ha HVO till inblandning. Då produktionskapaciteten inte har hunnit möta den ökande efterfrågan har priserna på HVO100 ökat under de senaste åren¹⁸. Sannolikt kan efterfrågan på HVO fortsätta öka även framöver, med prisökningar som följd enligt leverantörer¹⁹. Exempelvis ser Energimyndigheten ett behov av utökad produktion av HVO för att klara av den förväntade svenska efterfrågan på HVO²⁰.

En stor del av de råvaror som används för att producera HVO importeras idag, där palmolja och produkter från palmoljeproduktion (Palm Fatty Acid Distillate, eller PFAD) är en betydande andel. Tidigare klassades PFAD som en restprodukt, men då efterfrågan på HVO ökar snabbt i både Sverige och globalt pågår en debatt om HVO:s miljöpåverkan. Sedan den 1 juli 2019 klassas den därför som en samprodukt med palmolja och får uppskattningsvis samma klimategenskaper (vilket är högre än om det klassats som en restprodukt). De vanligaste ursprungsländerna för PFAD och palmolja är i dagsläget Malaysia och Indonesien, där det i vissa fall framkommit att regnskog skövats för att producera produkterna. När stora arealer regnskog tas i anspråk i samband med palmoljeproduktionen trängs människor, djur och växtarter undan vilket riskerar hota mångfald och människors rättigheter på de platser där palmoljeodlingarna uppförs. Detta har lett till att produktionen av palmolja ofta bedöms som problematisk. Utveckling av en ekologiskt framtagna palmolja bedrivs för att öka produktens sociala och ekologiska hållbarhet.

År 2019 stod slakteriavfall för 42 procent av råvaran för HVO i Sverige, följt av 36 procent PFAD, 14 procent råttallolja och 8 procent palmolja²¹. Det är oklart hur andelen PFAD och palmolja i HVO kommer utvecklas i framtiden. Tillgången på alternativa råvaror som ersätter PFAD förväntas vara en begränsande faktor på mängden

¹⁶ Biofuel Region, Regionala förutsättningar för infrastruktur för elfordon och förnybara drivmedel – i Västernorrland, 2019

¹⁷ Biofuel Region, 2019

¹⁸ Okq8, *Priser*, <https://www.okq8.se/foretag/priser/>, [hämtad 2021-06-14]

¹⁹ "PM Biooljeutredning", Sweco på uppdrag av Stockholms Stad, 2020.

²⁰ "Omvärldsbevakning – Biodrivmedelsmarknaden", Energimyndigheten, 2018.

²¹ Energimyndigheten, *Drivmedel 2019*, 2020

producerad PFAD-fri HVO på kort sikt (3-5 år), trots en förväntad ökad efterfrågan globalt. För att kunna klara kraven på inblandning inom reduktionsplikten²² kan därför PFAD och palmolja fortsätta vara aktuella som råvaror för att producera HVO till Sverige. Dock är det fortsatt nödvändigt att minska andelen PFAD och palmolja i HVO-produktionen så långt det går, för att reducera de fossila växthusgasutsläppen och den miljöpåverkan som uppstår från dess tillverkning i ursprungsländerna. Utsläppen bör också sättas i relation till det fossila alternativet, diesel MK1, när det kommer till frågan vad PFAD och palmolja ska ersättas med. I Sverige pågår omfattande utvecklingsarbete för att producera mer HVO från skogsråvaror, däribland råtalolja.

Inom Västernorrland drivs nästintill samtliga bussar med HVO100 sedan 2014 och därmed finns infrastruktur på plats. Den HVO som används i länet idag kommer bland annat från Neste i Finland samt en pilotanläggning för HVO-produktion från skogsråvaror i Gävle. Enligt tidigare rapport²³ har Västernorrland goda förutsättningar för lokal produktion av bland annat HVO100, med sin närhet till skogsindustrin. De största potentialerna finns hos kemmassabruken, mekanisk massa- och pappersbruken, samt sågverken²⁴.

3.4 BIOGAS

Biogas tillverkas genom rötning eller förgasning av organiskt material (främst avloppsslam, gödsel, matavfall samt avfall från livsmedelsindustri och slakterier) under syrefattiga förhållanden. För att använda biogasen i fordonsapplikationer behöver den uppgraderas, dvs. renas från koldioxid, vatten och andra föroreningar. Det medför att andelen metan i gasen höjs från cirka 60 procent till över 90 procent. Biogasen kan sedan distribueras och användas antingen som komprimerad gas (CBG) eller flytande gas (LBG). Biogas kan som följd av sina lokala råvaruflöden ge en lokal försörjning av drivmedel. Den bidrar även till ett cirkulärt samhälle genom att nyttja restflöden för att producera drivmedel/energibärare. En livscykelanalys (LCA) genomförd av Härnösand Energi och Miljö AB (HEMAB) visar på att deras fordonsgas som de producerar från matavfall från Härnösand, Sundsvall och Örnsköldsvik har lägre utsläpp i jämförelse med diesel, bensin och HVO100.

HEMAB:s nuvarande anläggning har en kapacitet att röta 4 700 ton matavfall och bolaget tog i november år 2019 ett inriktningsbeslut om vidare projektering för att tredubbla produktionen av fordonsgas (till cirka 16 GWh) i Ålandsbro. En sådan ökning skulle innebära att anläggningen kan hantera 15 000 ton matavfall, och skulle därmed expandera sitt upptagningsområde för rötning av matrester till Kramfors och Sollefteå^{25,26}. Enligt en rapport från år 2019 finns det en betydande potential för att nyttja lokala restflöden i syfte att generera biogas i länet, motsvarande cirka 647 GWh biogas/år²⁷.

Det finns idag tankstationer för fordonsgas i Härnösand och Sundsvall. I Härnösand ligger nuvarande tankstation endast ett fåtal hundra meter från bussdepån, samt att en backupstation finns vid produktionsanläggningen i Ålandsbro. I Sundsvall finns det två tankstationer i närheten av E4. Detta möjliggör enligt HEMAB att bussar som trafikerar Sundsvall och Härnösand i viss omfattning kan ställa om till biogasdrift²⁸. Dock kan endast två fordon tanka åt gången vid stationen nära bussdepån i Härnösand, vilket kräver att planeringen av fordonens drift är anpassad för att undvika köbildning. Dessutom krävs att tankstationerna är tillgängliga utan driftavbrott och har anpassats för tankning av gasbussar. Övriga lokaliseringar eller mer samtidig tankning av flera gasbussar kräver nyetablering av infrastruktur för att erbjuda biogasdrift i kollektivtrafiken, med tillkommande kostnader.

²² För att främja användningen av biodrivmedel har regeringen infört reduktionsplikt för bensin och diesel. Det innebär att alla drivmedelsleverantörer varje år måste minska växthusgasutsläppen från bensin och diesel med en viss procentsats. Detta uppnås genom att gradvis öka inblandningen av biodrivmedel.

²³ Biofuel Region, 2019

²⁴ Wetterlund et al, Bioflygbränslen från skogsråvara: Delrapport AP1 Råvaror och produktionsteknik, 2017

²⁵ Härnösands energi och miljö, Framtidsinvesteringar i utökad anläggning, 2019

²⁶ Länsstyrelsen Västernorrland, Västernorrlands regionala plan för infrastruktur för elfordon och förnybara drivmedel, 2019, Publikation nr 2019:12 ISSN 1403-624X

²⁷ Biofuel Region, 2019

²⁸ HEMAB, PM - HEMABs biogas i kollektivtrafiken, 2020

Inga biogasbussar är idag i drift inom Västernorrlands kollektivtrafik, men det finns ett antal tillverkare av biogasbussar i världen.

3.5 VÄTGAS

Vätgas kan framställas på flera olika sätt, bland annat genom reformering av metan (naturgas eller biogas) eller genom elektrolys av vatten. I fordon med bränsleceller eller vätgas som drivmedel i förbränningsmotorer ges inga eller mycket små utsläpp av miljöstörande ämnen. Inga vätgasbussar är idag i drift i Sverige, men två bussar är på gång att testas i Region Gävleborg och i ett antal städer i Europa har genomfört tester med vätgasbussar. Däribland finns London, Hamburg, Oslo och Amsterdam. Utvecklingen av bränslecellsbussar för längre körsträckor i regional trafik är särskilt intressant som nollemissionsalternativ. Vätgasbussar är än så länge ovanliga i kollektivtrafikflottan och utbudet av fordon är än så länge begränsat trots att många bussleverantörer har utveckling av bränslecellsbussar på gång.

Det finns industrier i Västernorrland som tillverkar vätgas i dagsläget, dels som biprodukt, dels för produktion av väteperoxid. Enligt Biofuel Region finns ett potentiellt intresse att förädla vätgasen till drivmedel i länet, såvida det kan erbjuda en bättre marginal för producenten²⁹. Dessutom finns det planer för att etablera en elektrobränsleanläggning i Örnsköldsvik, vilket nyttjar vätgas i ett mellansteg tillsammans med koldioxid för att producera e-metanol³⁰. Detta kan förbättra tillgången på lokalt producerad vätgas ytterligare.

3.6 EL

El kan användas som drivmedel i vad som kallas för elhybrider, laddhybrider och elbussar. Både elhybrider och laddhybrider har två drivlinor, där det förutom en elmotor ofta är en dieselmotor i bussar. Skillnaden mellan de båda hybriderna är att elhybrider inte laddas med el från elnätet, utan nyttjar istället bara energin från när fordonet bromsar in eller liknande för att ladda ett batteri som sedan kan driva bussen framåt. Då elhybrider inte kan laddas från elnätet klassas de inte som ett "laddbart fordon", utan istället som ett mer effektivt diesel- eller bensinfordon.

Laddhybrider laddas däremot från elnätet, och har ofta ett större batteri för att möjliggöra eldrift under längre perioder. Elbussar har endast en elbaserad drivlina, och har därmed ofta relativt stora batterier som laddas via elnätet. Både laddhybrider och elbussar faller in under kategorin "laddbara fordon".

Elens ursprung påverkar hur mycket växthusgasutsläpp som en elbuss kan förväntas medföra under dess livscykel. Ursprungsmärkt förnybar el anses ofta medföra lägst utsläpp, följt av svensk elmix och nordisk elmix. Vilken elmix som bör väljas vid denna typ av kalkyler debatteras ofta³¹, men en svensk/nordisk elmix kan anses reflektera verkligheten närmast.

Hur elbussar och elbilar kan bidra till en hållbar utveckling av transportsektorn har bland annat undersökts i en avhandling vid BTH, Blekinge Tekniska Högskola. Forskningen lyfter fram de miljömässiga, sociala och ekonomiska fördelarna med eldrivna fordon. Avhandlingen "Towards sustainable personal mobility with electric cars and buses" som gjorts av Sven Borén vid BTH³² visar hur elbussar och elbilar i Sverige, men även i EU, har klara fördelar ur ett miljömässigt, socialt, och ekonomiskt hållbarhetsperspektiv gentemot bussar och bilar som drivs av fossila bränslen. Hans forskning visar även att det blir billigare för samhället med eldrivna fordon samt att samhället även indirekt kan spara pengar genom radikalt minskade utsläpp och lägre buller.

Elbusstrafik har lokalt positiva sociala konsekvenser. Ett område eller en gata med tysta och rena bussar blir mer attraktiv för människor. Genom att satsa på eldrift kombinerat med framkomlighet kan attraktiviteten i ett utsatt område öka, på samma sätt som vid en satsning på exempelvis ny spårväg. Eldrift är även positivt för bussförare

²⁹ Biofuel Region, 2019

³⁰ Tidningen Energi, Elektrobränsle kan bli svensk storindustri, u.å., <https://www.energi.se/artiklar/elektrobransle-kan-bli-svensk-storindustri/> [hämtad 2021-06-02]

³¹ Huruvida ursprungsmärkt el gör någon skillnad för att öka andelen förnybar el i energisystemet är ifrågasatt, och därmed också om det går att nyttja dess emissionsfaktor vid en analys av livscykelutsläpp

³² Borén, S. (2018). Towards sustainable personal mobility with electric cars and buses (PhD dissertation, Blekinge Institute of Technology) [hämtad 2021-06-17]

som får en betydligt bättre arbetsmiljö. Kopplat till social hållbarhet har batteritillverkning varit en uppmärksammas fråga på grund av att batterierna innehåller kritiska mineraler som bidrar till sociala konflikter och miljöförstöring vid gruvbrytning i ursprungslandet. Vid trafikupphandling bör krav på social hållbarhet ställas, till exempelvis att mineraler i leverantörskedjorna ska vara spårbara.

Det finns idag ett flertal elbusmodeller och system för laddinfrastruktur som kan nyttjas i Västernorrland. De flesta elbusstillverkare erbjuder elbusmodeller i olika storlekar (normalbuss, led buss, Klass I, Klass II och även Klass III elbussar finns). Se Bilaga 3 för ett urval av tillgängliga elbusmodeller från leverantörer.

För att ladda de laddbara bussarna behövs laddinfrastruktur. Hur omfattande laddinfrastrukturen behöver vara samt var laddinfrastrukturen lokaliseras beror på omloppsplaneringen, antal elbussar i trafikdrift och bussarnas batteristorlek. Det finns i huvudsak tre alternativ för laddning vilka går att nyttja parallellt:

Depåladdning

Alla bussar behöver ladda i depån under nattetid för att ha fullt laddade batterier varje morgon när bussturerna påbörjas. Långsamladdning i depån behövs för att balansera batteriet och för att inte låta det degradera för fort. I dagsläget är det typiskt laddeffekter mellan 50 och 150 kW som gäller per buss i depån. Effekter högre än 150 kW skulle kräva vätskekylda kablar, vilket innebär högre underhållsbehov och platsbehov, så därför rekommenderas pantograflösningar för laddeffekter som är högre än 150 kW.

Tilläggs-laddning

Behovet av tilläggs-laddning ökar om bussarna har mindre batterier eller om de kör långa sträckor. Tilläggs-laddning under dagen kan ske längs med linjenätet på busshållplatserna, vid ändhållplatser och i vissa fall i depåer under dagen. Tilläggs-laddarna behöver leverera en hög effekt då bussen vanligtvis bara har tid att snabbadda en kort stund. Reglerplatser, där bussar parkeras för att reglera tidtabellen efter att passagerare släppts av, är en annan lämplig plats för tilläggs-laddare då det oftast finns tid inplanerad i omloppet. Det finns risk för att tid för laddning helt eller delvis kan försvinna då förseningar i trafiken uppstår. För att minska riskerna för utebliven laddning krävs omloppsplanering som tar hänsyn till eventuella förseningar.

Elvägssystem

Laddning under färd är initialt en gammal och känd teknik där överliggande kontaktledningar längs med vägen förser fordonet med energi genom en konduktiv strömväggare (trådbussar). Under senare tid har tekniken utvecklats för fordon i stadstrafik och kan numera även drivas från elektrifierade skenor längs med mark eller trådlöst (induktivt) från spolar under mark. Den stora fördelen med elvägar är att tid för laddstopp helt försvinner under drifttiden och batteristorleken kraftigt kan reduceras eller i vissa fall till och med elimineras helt och hållet. Infrastrukturkostnaderna för elvägar är dock väldigt höga, cirka 10–12 miljoner per km på landsväg och ännu högre i tätort³³. Dessutom ger utbyggnaden av elvägssystem en påverkan i gatubilden jämfört med annan typ av laddinfrastruktur samt att busslinjens dragning är mindre flexibel.

Olika tillverkare erbjuder olika typer av laddinfrastruktur, men alla erbjuder vad som kallas för CCS-laddning (plug-in laddning som följer EU:s rekommenderade standard CCS). Se Bilaga 3 för en överblick över de olika alternativa laddinfrastrukturernas egenskaper samt fördelar/nackdelar.

Batterier och dess råvaror

De material som används vid batteritillverkning kan delas upp i kritiska och icke-kritiska material. Bedömningen av vilka material som är kritiska sker enligt Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) baserat på två kriterier: ekonomisk betydelse och tillgång. Exempelvis bedöms kobolt som ett kritiskt material på grund av dess koncentrerade gruvverksamhet, där mer än 50 procent bryts i Kongo, och dess omfattande användning i olika typer av batterikemier, såsom LCO, NMC och NCA.³⁴ Debatten om sociala och miljömässiga risker kopplade till dessa kritiska material (främst för kobolt) pågår. Det finns i dagsläget ingen batterikemi som inte associerats med sådana risker, då det utöver kobolt finns ett antal andra mineraler med betydande element av sociala risker.

³³ Intervjuer genomförda av Sweco med Electreon, Scania och Elways

³⁴ Förkortningen visar vilka material som används till batteriets katod, N=nickel, C=kobolt, A=aluminium, FP=järnfosfat, TO=titanoxid, M=mangan

Vid upphandling av elbussar bör leverantörerna följa OECD:s riktlinjer för spårbarhet av mineraler.³⁵ De flesta europeiska tillverkarna följer dessa riktlinjer. Försörjningskedjorna är ganska långa och komplicerade att följa vilket gör att arbetet med spårbarhet utvecklas kontinuerligt.

Ett av de mest effektiva sätten att minska de sociala riskerna vid mineralutvinning är återvinning. Återvinningsprocesserna är också generellt mer miljövänliga, då jungfruliga resurser och energi för brytning av dessa besparas. Dessutom kan återvinningen skapa arbetstillfällen med bättre arbetsmiljöer samt mer stabila mineralpriser. Det juridiska ansvaret för återvinning ligger enligt EU:s batteridirektiv på aktören som placerar batteriet på den europeiska marknaden, vilket i de flesta fallen är busstillverkaren (enligt Batteridirektivet Artikel 16).

Det finns inte något perfekt batteri som passar i alla tillämpningar. Val av batterikemi bör ske i samband med en utvärdering av kraven på prestanda för varje driftssituation. Miljökonsekvenserna skiljer sig för olika Li-jonbatterier. En viktig faktor är elen som används till batteriproduktion, där en mer förnybar elmix skulle leda till betydligt mindre utsläpp.³⁶ Utvecklingen av den typen av batteriproduktion sker på flera ställen i världen, där bland annat Northvolt i Sverige förväntas bidra. Förbättring av gruvsdrift samt återvinningsprocesser skulle kunna minska batteriers effekter på miljön och människors hälsa.

Västernorrlands län är en nettoexportör av el på årsnivå, vilket medför att det varje år är ett produktionsöverskott på el som levereras ut på stamnätet. Huvuddelen av elproduktionen kommer från vattenkraft, men det produceras även en hel del el från vindkraft, industri och kraftvärmeverk.³⁷

Elektrifieringen av transportsektorn kan bidra till ett ökat eleffektbehov under de tider då elnätet redan är ansträngt. Detta kan förvärra den situation som i dagsläget finns i flera storstadsregioner vilket vidare riskerar att förhindra samhällsutvecklingen. Västernorrlands län bedöms av Svenska Kraftnät inte vara ett län med risk för stora effektbrister i stamnätet i framtiden³⁷. Hur det ser ut i regionnäten och lokalnäten är ännu inte utrett, och det går därmed inte att säga huruvida en elektrifiering av kollektivtrafiken skulle påverka effektsituationen i närområdet. Det har inte givits några indikationer på att en elektrifiering av kollektivtrafiken skulle medföra en betydande försämring av effektsituationen i elnäten under genomförda intervjuer med bland annat några elnätsägare i länet.

³⁵ OECD, Due Dilligence Guidance for responsible supply chains of minerals from Conflict-Affected and High-Risk Areas, 2016

³⁶ IVL, Lithium-Ion Vehicle Battery Production, 2019

³⁷ Länsstyrelsen Västernorrland, Energi- och klimast strategi för Västernorrland 2020–2030, 2019

3.7 SAMMANSTÄLLNING

Tabell 5: Jämförelse av vanliga busstekniker och drivmedel. Källa: Sweco på uppdrag av Energimyndigheten och Trafikverket.

Teknik	Drift	Fördelar	Nackdelar
Diesel MK1	Räckvidd: cirka 500–800 km Tankning: cirka varannan dag Tankningstid: 5–10 minuter	Hög flexibilitet. Beprovad teknik. Finns befintlig infrastruktur.	Fossilt drivmedel. Utsläpp i närmiljö. Bullerpåverkan.
FAME/RME	Räckvidd: cirka 500–800 km Tankning: cirka varannan dag Tankningstid: 5–10 minuter	Hög flexibilitet. Lägre utsläpp än fossildrivna dieslbussar. Beprovad teknik. Kan produceras i Sverige.	Högre underhållskostnader än andra dieselalternativ. Köldkänsligt drivmedel. Utsläpp i närmiljö. Bullerpåverkan.
HVO	Räckvidd: cirka 500–800 km Tankning: cirka varannan dag Tankningstid: 5–10 minuter	Hög flexibilitet. Lägre utsläpp än fossildrivna dieslbussar. Finns förutsättningar för lokal produktion från skogsråvara i länet. Beprovad teknik. Finns befintlig infrastruktur.	Potentiellt begränsad import av HVO i framtiden. Utsläpp i närmiljö. Bullerpåverkan. Innehåller palmolja som kan ha negativ påverkan på social och ekologisk hållbarhet.
Biogas	Räckvidd: cirka 350 – 400 km Tankning: cirka varannan dag Tankningstid: 5–10 minuter	Hög flexibilitet. Lägre buller och lokala utsläpp än dieslbussar. Finns förutsättningar för lokal produktion från råvara i länet. Finns viss befintlig infrastruktur.	Generellt sett högre energianvändning per km än dieslbussar. Kräver ny infrastruktur i depå.
Vätgas	Räckvidd: cirka 300 km Tankning: cirka varannan dag Tankningstid: 5–10 minuter	Längre räckvidd än batterier. Lägre buller och lokala utsläpp. Finns förutsättningar för lokal produktion i länet. Lägre energianvändning än bussar som kör förbränningsmotor. Nästan inga växthusgasutsläpp om förnybar energi används.	Inte marknadsmogen teknik. Kostar mer än bussar med förbränningsmotor Kräver ny infrastruktur i depå.
Laddhybridbuss (serie eller parallell)	Räckvidd: cirka 500–800 km Tankning: cirka varannan dag Tankningstid: 5–10 minuter Laddningstid: beror på laddstrategi, dvs. snabbaddning eller långsam laddning (gäller endast seriehybrider)	Lägre energianvändning än bussar som endast har förbränningsmotor, särskilt i tät stadstrafik. Minskat buller och inga lokala utsläpp vid eldrift. Högre flexibilitet än helelektriska bussar.	Kostar mer än bussar med förbränningsmotor. Högre vikt pga. batterier, kan påverka passagerarkapacitet. Batteritekniker är i dagsläget beroende av kritiska material. Kräver ny infrastruktur i depå.
Helelektrisk buss	<i>Depåladdad buss</i> Räckvidd: vanligtvis cirka 250 km.	Minimala lokala utsläpp, främst från uppvärmnings-systemet.	Höga inköpspriser.

	Laddning: vid depå eller reglersplatser om möjlighet finns. Laddningstid: vanligtvis cirka 4 – 6 timmar. <i>Tilläggsladdad buss</i> Räckvidd: mindre än 100 km. Laddning: vid ändhållplatsen eller längs linjen (och depå) Laddningstid: vanligtvis cirka 5 minuter. Laddning under färd	Lägre energianvändning än bussar med förbränningsmotor. Nästan inga utsläpp om förnybar energi används. Tystare än bussar med förbränningsmotorer.	Osäkerheter kring livslängd samt kostnader av batterier. Batteritekniker är i dagsläget beroende av kritiska material. Kan kräva tidtabellsjusteringar, alternativt fler bussar per linje. Högre vikt pga. batterier, kan påverka passagerarkapacitet. Kräver ny infrastruktur i depå.
Buss som går på elväg	Räckvidd: obegränsad vid konstant elförsörjning via trådsystemet. Begränsad räckvidd utanför trådnätverket beroende på batteristorlek. Laddning: under färd, antingen kontinuerligt (trådbuss) eller delvis med tråd och delvis utan tråd (batteridrift)	Inga tidtabellsjusteringar behövs. Samma lokala miljöfördelar som batteridrivna elbussar.	Höga infrastruktur-kostnader. Visuell påverkan. Lägre flexibilitet. Elavbrott.

4 ELBUSSUTREDNING

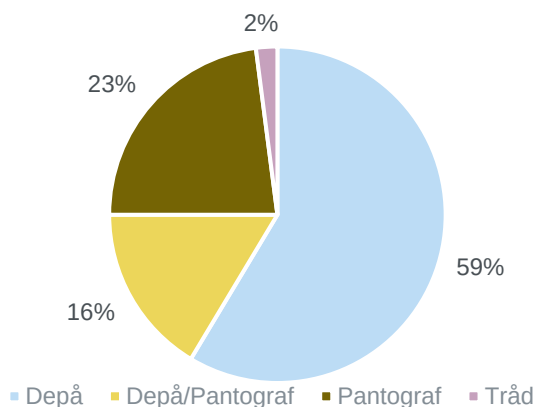
4.1 INLEDNING

Enligt FRIDA-databasen finns det i dagsläget (mars 2021) 430 elbussar i Sverige. Dessutom finns det 14 elbussar i Region Stockholms som inte är inkluderade i FRIDA-databasen. Det kan jämföras med 68 elbussar som fanns i trafik år 2018, vilket således motsvarar en ökning med 553 procent mellan 2018 och hittills 2021. Även om antalet elbussar har ökat kraftigt de senaste åren i Sverige så är andelen som elbussar representerar inom hela bussflottan relativt liten, då mer än 10 000 bussar trafikeras i upphandlad trafik³⁸. 16 regioner har redan elbussar i trafik och det finns planer på att fler elbussar ska införas inom de kommande åren, både i regioner som redan har elbussar i trafik men också i regioner där elbussar ska sättas i trafik för första gången, t.ex. i Gävleborg med 8 elbussar i Gävle (2022)³⁹.

Västra Götaland, Skåne, Västerbotten och Södermanland har största antalet elbussar i dagsläget och har främst satsat på depåladdning. I Skåne och Västra Götaland används även tilläggladdning med pantografer på gatumark på innerstadslinjer med hög turtäthet. Bilaga 5 visar busstyper och laddlösningar som har implementerats i olika svenska regioner.

Svensk Kollektivtrafik sammanfattade år 2019 information kring valda tekniklösningar för elbussladdning, se Figur 7. Den största andelen av elbussarna i slutet av år 2019 nyttjade depåladdning (59 procent), följt av tilläggladdning med pantografer i gatumiljö motsvarande 23 procent. En mindre andel (16 procent) laddade både i depå och på gatumark. Trådbussar representerar den allra minsta andelen (2 procent), vilka varit i drift i Landskrona sedan år 2003.

Det anses generellt vara enklare att införa depåladdade bussar pga. mindre påverkan i omloppsplaneringen och lägre krav på ny infrastruktur i stadsmiljön. Det kan vara utmanande att införa depåladdning inom stadstrafik med hög turtäthet och längre sträckor med behov av laddning under dagen. Detta främst eftersom det kan innebära mer tomkörning då bussarna behöver ladda under dagen, men även extra bussar som ersätter de bussarna som måste laddas. Depåladdning funkar bäst på linjer med något kortare sträckor eller linjer som har tydliga toppar under rusningstid, vilket ger möjlighet att ladda under kortare tider utanför rusningstider. Både depåladdade och tilläggladdade bussar passar alltså till olika typer av trafik och linjer.



Figur 7. Fördelning av elbussar i Sverige per laddstrategi år 2019. Källa: Sweco med underlag av Svensk Kollektivtrafik.

Då det redan finns ett antal elbussar i Norden har även deras prestanda i kallt klimat testats noga. Uppvärmningen av bussar är generellt mycket energikrävande på grund av de stora energiförlusterna till följd av bussarnas

³⁸ FRIDA-databas, 2020

³⁹ Bussmagasinet, *Solaris får stororder på stadsbussar till Vy Buss i Gävle och Skåne*, 2019, <https://www.bussmagasinet.se/2019/08/solaris-far-stororder-pa-stadsbussar-til-vy-buss-i-gavle-och-skane/> [hämtad 2021-06-02]

konstruktion. Forskning i USA visar att elbussarnas räckvidd minskar med cirka 38 procent när temperaturerna var mellan 0 och -5 °C (jämfört med energiförbrukningen under temperaturer mellan 10 och 15 °C)⁴⁰.

För att hantera värmebehovet använder elbussar tilläggsvärmare, vilka ofta är diesel- eller biodieseldrivna. Det går att komplettera tilläggsvärmarna med värmepumpar ner till temperaturer om cirka 5-7 °C, för reducerade utsläpp till närmiljön. Det finns inga teoretiska restriktioner för att använda andra bränslen i tilläggsvärmare, såsom biogas. Men det finns i dagsläget inga standardiserade lösningar vilket skulle innebära högre kostnader för fordonsinköp. Dessutom finns det säkerhetsrelaterade risker med biogasdrivna tilläggsvärmare som placeras på bussens tak där batteriet också finns. Under stora delar av året befinner sig utomhustemperaturen i ett intervall där uppvärmning med luftvärmepump är lämpligt, vilket då innebär helt emissionsfri drift av elbussarna.

Tabell 6 visar en kvalitativ bedömning av egenskaperna hos olika bussuppvärmningssystem. Kylbehovet under varmare perioder hanteras oftast med hjälp av luftkonditioneringssystemet, men det nyttjar inte lika mycket energi som uppvärmningssystemet och är därmed inte dimensionerande.

Tabell 6: Kvalitativ bedömning av vanliga uppvärmningstekniker. Källa: Sweco, PM Inneklimat - Utredningsstudie: Övergång till eldriven busstrafik (Trafikförvaltningen i Stockholm)

	<i>Elvärmare</i>	<i>Luftvärmepump</i>	<i>Diesel-/biodieselbrännare</i>
<i>Effektivitet</i>	Fungerar vid alla temperaturintervall.	Fungerar sämre vid låga temperaturer.	Fungerar vid alla temperaturintervall.
<i>Energianvändning</i>	Relativt hög energianvändning.	Relativt låg energianvändning.	Relativt hög energianvändning.
<i>Påverkan på räckvidd</i>	Påverkar räckvidden i stor utsträckning för elbussar vid låga temperaturer.	Påverkar räckvidden i mindre utsträckning för elbussar vid låga temperaturer.	Påverkar inte räckvidden för elbussar.
<i>Emissioner</i>	Möjliggör emissionsfri drift.	Möjliggör emissionsfri drift.	Innebär lokala utsläpp av exempelvis CO ₂ , partiklar, CO och NO _x .
<i>Systemkostnad</i>	Etablerad teknik.	Relativt etablerad teknik.	Etablerad teknik.
<i>Systemaspekter</i>	Mycket större batterier krävs, vilket i sin tur påverkar kostnader.	Större batterier krävs, vilket i sin tur påverkar kostnader. Tilläggsvärmare behövs i kallt klimat.	Batteristorleken påverkas inte. Tankning måste finnas tillgänglig på depå.

4.2 METOD POTENTIALSTUDIE VÄSTERNORRLAND

Utifrån befintligt linjenät och trafikering har utredningen identifierat var det är möjligt att elektrifiera busstrafiken. Befintligt trafikupplägg har analyserats på linjenivå i de 7 prioriterade trafikområdena. Lösningssupplägg presenteras på såväl linje- som trafikområdesnivå. En övergripande analys av resterande 13 trafikområden har genomförts med fokus på att identifiera linjer som potentiellt kan elektrifieras.

⁴⁰ Cleveland State University/MHCoE och CTE, An Analysis of the Association between Changes in Ambient Temperature, Fuel Economy, and Vehicle Range for Battery Electric and Fuel Cell Electric Buses, <https://cte.tv/wp-content/uploads/2019/12/Four-Season-Analysis.pdf> [hämtad 2021-06-02]

Metoden som tillämpas kan i princip fördelas i följande steg:

- Uppskattning av energibehov per linje
- Val av batteristorlekar som antas utifrån marknadsförutsättningar (standardstorlekar)
- Uppskattning av elektrifieringspotential med depåladdning
- Känslighetsanalyser (energiförbrukning, batteristorlek, räckvidd)
- Uppskattning av behov för tilläggsaddning, samt
- infrastrukturbehov i depåer och stadsmiljöer

Metoden har utvecklats med hänsyn till följande:

- Inga extra bussar krävs, förutom reservbussar (teknisk reserv) som oftast behövs oavsett tekniklösning och är exkluderad från analysen.
- Behovsstyrd trafik exkluderas ur analysen.
- Ingen laddning i depån under dagtid, depåladdning sker endast nattetid.
- Alla bussar antas vara normalbussar.
- Laddning i depån fördelas i tre s.k. laddsessioner. Alla bussar bör laddas inom ett tidsfönster av 6 timmar under natten (från kl 24 till 06), vilket delas upp i 3 sessioner á 2 timmar.
- Tomkörningstider har inte analyserats då underlag för en sådan analys saknas.

Linjeunderlag levererades av Din Tur och avser tidscheman för varje linje. Detta betyder att information saknas kring omloppsplanerna, dvs. hur varje buss körs under dygnet och antal bussar som trafikerar varje linje. För att hantera detta uppskattas antal bussar som skulle behövas per linje baserat på avstånd per tur och avgångstider. Denna lösning innebär naturligtvis en viss nivå av osäkerhet, men ger ändå en rimlig uppskattning av antal bussar som trafikerar regionens alla linjer⁴¹.

Uppskattning av elektrifieringspotentialen görs för en vanlig vinterdag (en måndag väljs). I metoden tas hänsyn till de platsspecifika förutsättningarna som råder, t.ex. gällande kallt klimat i bedömning av energibehovet per körd kilometer. Elhybridbussar inkluderas inte i analysen då de inte behöver laddning. Laddhybridbussar skulle kunna användas vid behov och för att ersätta helelektriska batteribussar för de linjerna där tilläggsaddning föreslås användas. Från ett laddningsperspektiv är behoven samma oavsett om det är en laddhybrid eller helelektrisk batteribuss. Fördelen med laddhybrider är att de erbjuder större flexibilitet vad gäller drivmedel samtidigt som färre laddare behövs i stadsmiljön. Nackdelen kan i sin tur vara att fordonet ibland kör på förbränningsmotor, vilket leder till lokala utsläpp oavsett om bränslet är förnybart eller ej. Bränslecellsbusar inkluderas inte i analysen då de inte ännu är kommersiella. Teknikutvecklingen går dock snabbt och det rekommenderas att vätgas utreds i ett senare skede.

4.3 ENERGIBEHOV PER LINJE

Elektrifieringen avser först och främst 12-metersbussar, vilka representerar majoriteten av bussflottan i Västernorrland. Energiförbrukningen anges per körd kilometer med hänsyn till vinterklimat, dvs. en del av energiförbrukningen (0,5 kWh/km) används till att driva värmepumpen (se Tabell 7). Värmepumpssystem kan användas vid behov ner till en temperatur om cirka 5 °C. Vid lägre temperaturer används vanligtvis någon form av dieselvärmare för att hantera uppvärmningsbehovet. På detta sätt säkerställs att batteriet främst används till bussens framdrift och att räckvidden bibehålls.

Det genomsnittliga energibehovet per tur och linje blir således cirka 35 kWh men variationerna är ganska stora beroende på typ av linje och trafik (stadstrafik kontra landsbygdstrafik). Standardavvikelsen är cirka 32 kWh. Minsta energibehovet per tur uppstår för linje 607 (2,5 kWh) och största för linje 40 (400 kWh).

⁴¹ Det bör även noteras att ansvar för den exakta omloppsplaneringen ligger hos bussoperatörerna och Sweco har inte tagit del av detta underlag.

4.4 VAL AV BATTERISTORLEK

För att möjliggöra ökad flexibilitet mellan omlopp och linjer bör endast ett fåtal olika batteristorlekar väljas. Valet görs med hänsyn till marknadsförutsättningar och erfarenheter, dvs. vilka batteristorlekar som erbjuds av busstillverkare samt vilka batteristorlekar som vanligtvis implementeras i Sverige. Olika batteristorlekar antas således beroende på typen av buss; depåladdade, ändhållplatsladdade eller laddhybrid.

Depåladdade bussar har i dagsläget batterier med kapacitet runt 400 kWh för att underlätta drift hela dygnet utan behov att köra tillbaka till depån för att ladda. I denna studie har därför en batteristorlek på 420 kWh antagits för depåladdade bussar. Ändhållplatsladdade bussar och laddhybrider har betydligt mindre batterier, då de laddar oftare vid hållplatsen. I denna studie har därför en batteristorlek på 120 kWh antagits för både ändhållplatsladdade bussar och laddhybrider.⁴²

Dessutom antas att 70 procent respektive 50 procent av batteriet används av depåladdade och laddhybrider/ändhållplatsladdade bussar (se Tabell 7). Detta antagande är viktigt då batterierna aldrig bör urladdas helt. Batterihälsan bibehålls längre ju mindre av batteriets kapacitet som används innan varje laddning. SOC (State-of-Charge)-intervallet för tilläggsladdade bussar är mindre då batterislitage är en större risk vid laddning med höga effekter.

Det bör noteras att uppskattade energibehov och batteristorlekar baseras på vintertidstabellen och vardagar (en typisk måndag används till uppskattningen). Olika förutsättningar (och i sin tur olika omloppsplaner) bör förväntas under sommartid eller helger. Batteristorleken som avses ger flexibilitet att planera om tidtabellen enligt behov i framtiden utan större anpassningar. Det är viktigt i detta sammanhang att dimensionera bussbatterierna med hänsyn till värsta fallet gällande energiförbrukning (som inkluderar både framdrift och energiförbrukning i luftvärmepumpen, vilken kan vara upp till 50 procent av energin som behövs till framdrift). Vid upphandling av trafikdrift med elbussar bör anbudsgivare lämna referenser på erfarenhet av drift i kallt klimat eller på annat sätt visa att de förstår och kan hantera denna problematik.

Tabell 7: Antaganden till kalkyl som uppskattar elektrifieringspotential.

Parameter	Antaget värde
Energiförbrukning normalbus (12-meter)	1,5 kWh/km
	varav ca. 0,5 kWh/km används till uppvärmningssystem
SOC (State-of-Charge) intervall – depåladdade bussar	70 %
SOC (State-of-Charge) intervall – ändhållplatsladdade bussar och laddhybrider	50 %
Batteristorlek – laddhybrider	120 kWh
Batteristorlek – depåladdade bussar	420 kWh
Batteristorlek – ändhållplatsladdade bussar	120 kWh

4.5 UPPSKATTNING AV ELEKTRIFIERINGSPOTENTIAL

Metoden fokuserar på möjligheten att främst ladda bussarna i depån och därefter analysera möjligheter till ändhållplatsladdning. Detta görs då depåladdade bussar erbjuder mer flexibilitet att flyttas mellan olika linjer, jämfört med ändhållplatsladdade bussar som är beroende av laddinfrastrukturen ute i staden.

⁴² I bilaga 3 finns en sammanställning av batteristorlekar för olika bussmodeller på marknaden.

Om 70 procent av ett 420 kWh batteri används till drift av en 12-meters buss som använder 1,5 kWh/km blir bussens räckvidd cirka 200 kilometer. Med andra ord bör det totala avståndet under dygnet vara högst 200 kilometer per buss för att depåladdning ska anses vara möjligt. Detta kan variera beroende på en mängd förutsättningar, men kring 200 kilometer anses rimligt under förutsättningarna i Västernorrland.

Baserat på antaganden ovan samt underlag som angetts av Din Tur har potentialen att elektrifiera regionens olika linjer analyserats och presenteras (se Tabell 8). Utifrån totalt 110 linjer skulle 99 av dessa kunna elektrifieras med depåladdning. Beräkningar visar att bussarna på dessa linjer kör i genomsnitt 46 kilometer per tur (minimum 2 km/tur, maximum 197 km/tur). Linjeunderlaget visar att majoriteten av linjerna har relativt få avgångar under dagen. Trafiken är tätare i stadsmiljön, men där är avstånden kortare och varför de flesta bussarna understiger gränsen om 200 kilometer.

Resterande 11 linjer behöver kompletterande laddning utöver depåladdning för att klara omloppen på el. Dessa linjer inkluderar linjer som kör inom stadstrafiken, men även linjer som kör landsbygdstrafik. Dessa diskuteras mer i detalj i avsnitt 4.6 när behovet för tilläggs-laddning beräknas. Tabell 8 visar samtliga typer av linjer per trafikområde som bedöms kunna elektrifieras med depåladdning.

Tabell 8: Indikation om elektrifieringspotential per linje och avtalsområde. (D=kan sannolikt depåladdas, EJ=kan ej depåladdas, och måste därför tilläggs-laddas för att kunna elektrifieras eller drivas med annat drivmedel.) Din Tur:s system har en annan namngivning på linjerna i sina system jämfört med vad som gäller ut mot respektive område, varför vissa av namnen nedan är annorlunda än gentemot kund. Linje 45 och 62 i Sollefteå heter linje 345 och 362 i Din Tur:s system och i tabellen nedan. Linje 24, 39 och 58 i Härnösand heter linje 524, 539 och 558 i Din Tur:s system och i tabellen nedan. Notera att linje 39 (539 i tabellen nedan) i Härnösand inte får förväxlas med linje 39 (39 i tabellen nedan) i Sollefteå.

Linje/ Avtals- område	502	503	506	512	514	517	518	519	524	526	528	529	533	536	540	542	543	544
1																		EJ
2																		EJ
3																		EJ
4																		EJ
5																		EJ
28									D									
30									D									
39					D													
40		EJ																
41					D													
42							EJ											
43							D											
50			EJ															
65																		D
70																		D
71																		D
74																		D
75																		D
84																		D
85																		D
90																		EJ
120	EJ																	
121									D									
123									D									
124									D									
125									D									

Linje/ Avtals- område	502	503	506	512	514	517	518	519	524	526	528	529	533	536	540	542	543	544
126									D									
128									D									
129									D									
132									D									
133										D								
134										D								
141										D								
142											D							
143											D							
172											D							
190																		D
191																	D	
192																	D	
193																	D	
194																	D	
195																	D	
196																	D	
197																	D	
199																	D	
201																	EJ	
202												D						
211	D																	
212	D																	
213	D																	
214	D																	
215	D																	
216	D																	
217				D														
218				D														
219				D														

Linje/ Avtals- område	502	503	506	512	514	517	518	519	524	526	528	529	533	536	540	542	543	544
221	D																	
225				D														
226				D														
227				D														
228				D														
229				D														
230				D														
263				D														
312	D																	
331					D													
345					D													
362													D					
401													D					
402														D				
403														D				
404														D				
405														D				
406														D				
407														D				
408														D				
409														D				
410														D				
411														D				
412														D				
413								D										
417								D										
419						D												
421						D												
422								D										
438								D										

Linje/ Avtals- område	502	503	506	512	514	517	518	519	524	526	528	529	533	536	540	542	543	544
442							D											
511						D												
512																D		
513																D		
514																D		
516																D		
517																D		
518																D		
520																D		
521																D		
524	D																	
539															D			
558															D			
560															D			
607															D			
610									D									
611									D									
612									D									
630									D									
631									D									
633									D									
634									D									
635									D									
636									D									

4.6 BEHOV AV TILLÄGGSLADDNING

Det finns som tidigare nämnt möjlighet att elektrifiera utöver depåladdning vilket innebär tilläggs-laddning av antingen helelektriska bussar eller laddhybrider. Enligt resultaten som presenteras i avsnitt 4.5 skulle depåladdning kunna väljas för 99 av totalt 110 busslinjer. Resterande linjer behöver någon form av tilläggs-laddning för att kunna elektrifieras. Tilläggs-laddningen skulle kräva installation av pantografer vid ändhållplatserna (eller i vissa fall längs sträckan) samt laddning med högre effekter, så att batterierna hinner laddas helt innan nästa omlopp. Som tidigare nämnt är de 11 linjerna fördelade både inom stadstrafik och landsbygdstrafik.

Linjerna inom stadstrafik som skulle kräva tilläggsaddning finns i Sundsvall och är följande:

- Linje 1
- Linje 2
- Linje 3
- Linje 4
- Linje 5

Tilläggsaddningen för linjerna i Sundsvall analyseras i närmare detalj i avsnitt 4.7.1.

Linjerna inom landsbygdstrafiken som skulle kräva tilläggsaddning presenteras tillsammans med bedömningen av elektrifieringspotential i Tabell 9 nedan. Det maximala avståndet per tur hämtas från Din Tur:s underlag och energibehovet per tur uppskattas. Enligt Tabell 7 är en typisk batteristorlek för en tilläggsaddade buss 120 kWh och SOC-intervallet antas vara 50 procent. Det innebär att linjer där energibehovet per tur är större än 60 kWh sannolikt inte kan elektrifieras. Detta innebär att linjerna 40, 42, 50, 90 och 201 inte bedöms kunna elektrifieras i dagsläget. Linje 120 mellan Njurundabommen och Sörberge skulle teoretiskt sett kunna elektrifieras, men det är oklart om det finns tillräckligt med tid för att bussarna skulle kunna hinna ladda mellan avgångarna. Linjerna i Tabell 9 bedöms medföra omfattande satsningar för att kunna elektrifieras, varför de rekommenderas att framföras på biodrivmedel tills vidare.

Tabell 9: Bedömning av elektrifieringspotential med tilläggsaddning för utvalda linjer inom landsbygdstrafik.

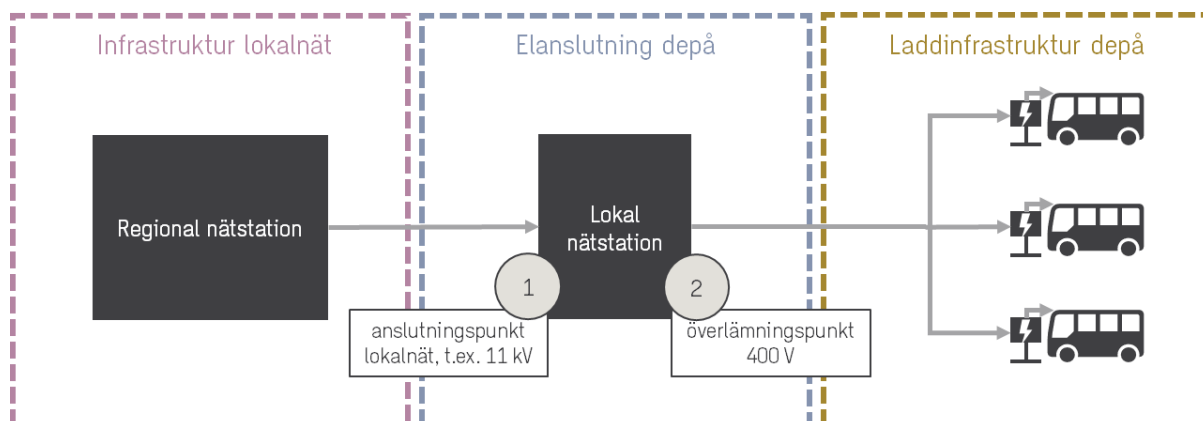
Linje	Maximalt avstånd per tur (km/tur)	Energibehov (kWh/tur)	Var skulle laddning kunna ske?
40 Örnsköldsvik - Östersund via Sollefteå	267	401	Svårt att elektrifieras med ändhållplatsladdning, större batterier skulle krävas eller tilläggsaddning längs sträckan
42 Örnsköldsvik - Solberg	116	174	Svårt att elektrifieras med ändhållplatsladdning, större batterier skulle krävas eller tilläggsaddning längs sträckan
50 Härnösand-Örnsköldsvik	106	159	Svårt att elektrifieras med ändhållplatsladdning, större batterier skulle krävas eller tilläggsaddning längs sträckan
90 Sollefteå - Härnösand	93	140	Svårt att elektrifieras med ändhållplatsladdning, större batterier skulle krävas eller tilläggsaddning längs sträckan
120 Njurundabommen - Sörberge	36	54	Tilläggsaddning i Sundsvall vore möjligt men justeringar i tidtabeller skulle krävas
201 Sundsvall - Härnösand	55	83	Svårt att elektrifieras med ändhållplatsladdning, större batterier skulle krävas eller tilläggsaddning längs sträckan

4.7 EFFEKT- OCH INFRASTRUKTURBEHOV

Det finns ett antal faktorer som påverkar möjligheterna till energiförsörjning i depåer. Depåer ansluts ofta till lokalnätet, antingen på högspänningsnätet eller på lågspänningsnätet beroende på vilken effekt som behövs. Vid en högspänningsanslutning ansvarar kunden ofta själv för nätstationen som transformerar ner spänningen till önskad spänningsnivå. Då elbussarna medför ett ökat elbehov behöver det anmälas till det lokala elnätsbolaget för varje depå som då får möjlighet att förbereda för detta. Dessutom bör det säkerställas att det finns fysiskt utrymme i depån för nödvändig utrustning.

Två överföringspunkter definierar området "Elanslutning depå" (se Figur 8). Överföringspunkt 1 i Figur 8 är mellan det lokala nätet (elnätsägare) och den lokala nätstationen för laddning inom depån. Detta är den så kallade

"anslutningspunkten", det vill säga där anläggningen ansluter till det koncessionspliktiga elnätet. Den andra överföringspunkten (punkt 2 i Figur 8) ligger mellan den lokala nätstationen och laddinfrastrukturen. Kanalisation behövs för att lägga ner kablar mellan den regionala och den lokala nätstationen samt den lokala nätstationen och laddinfrastrukturen.



Figur 8: Schematisk visualisering av infrastruktur för elförsörjning och laddning för elbussar i depåer (här visas anslutning till högspänningsnätet). Källa: Sweco.

Tabell 10 visar antagna laddeffekter beroende på laddstrategi. Laddeffekten för tilläggs-laddning är samma oavsett om det är en helelektrisk buss eller en laddhybrid som laddar. Samtliga typer av elbussar nyttjar samma typ av depå-laddning. En sammanlagring på 33 procent antas, det vill säga att en tredjedel av alla bussar i en depå antas ladda samtidigt. Sektionerna nedan redovisar specifika infrastrukturbehov för Sundsvall och Örnsköldsvik då dessa har den största andelen av trafiken. Andra depåer (förutom Härnösands, Timrås och Kramfors depåer) är betydligt mindre i storlek med färre än 20 uppställningsplatser (se Tabell 3) och har därför begränsade möjligheter till anpassning som elbussdepåer. Ett färre antal enklare laddare skulle kunna installeras vid behov, men det är oklart om elanslutningen för dessa depåer skulle kunna tillhandahålla tillräckligt höga effekter. Det vore önskvärt att gruppera elbussarna i depåerna för att minska projekteringskostnader och kostnader för nya elnätsanslutningar. Gällande laddinfrastrukturen är driftintervallen lämpliga för temperaturer ner till -20 °C (vilket kan sänkas ytterligare med specialtillverkad laddinfrastruktur). Vid anbudsfasen bör erfarenhet i kallt klimat bevisas genom relevanta referenser.

Tabell 10: Antagna värde för laddeffekter vid olika laddstrategier. Laddeffekter antas inte skilja sig mellan en helelektrisk batteribuss och en laddhybrid.

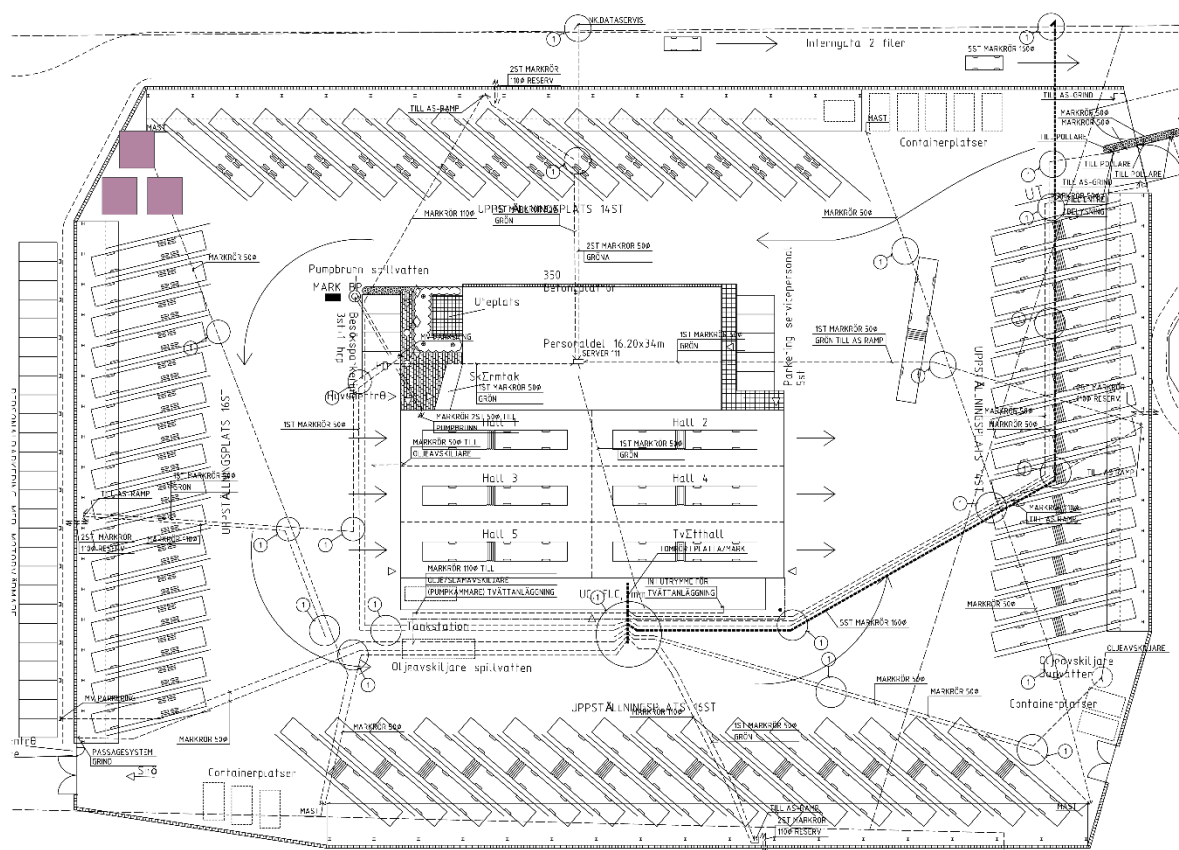
Laddstrategi	Antagen laddeffekt
Depå-laddning	150 kW
Ändhållplats-laddning	350 kW

4.7.1 Sundsvall

Depån vid Gärdet är den största inom området och är mest lämplig för etablering av nödvändig infrastruktur för elektrifiering av busstrafik. Enligt intervju med fastighetsbolaget SKIFU och underlag från Din Tur har depån 59 uppställningsplatser (med uppställning av bussar på ramp). Kanalisation med tomrör som skulle kunna användas för installation av laddare har redan förberetts till alla uppställningsplatser. Uppvärmningen av bussarna sker med fjärrvärme och bussarna parkeras under skärmtak.

SKIFU äger bussdepån som byggdes år 2015. SKIFU upplåter lokaler till Nobina, men det är kommunstyrelsen som är hyresgäst. Den abonnerade effekten för depån är 800 kW. Kommunstyrelsen i Sundsvall önskar elektrifiera hela stadstrafiken enligt intervjuer. Det totala effektbehovet om alla uppställningsplatserna erbjöd möjlighet till laddning uppskattas således vara 2.95 MW.

Figur 9 visar ett förslag för placering av ytterligare elutrustning för att möjliggöra leverans av 3 MW laddeffekt till depån. Den exakta placeringen bör utredas i dialog med kommunstyrelsen, elnätbolag och SKIFU. Sundsvall Elnät⁴³ har sagt att det går att ansluta totalt 3 MW på befintlig infrastruktur i nuläget, men att det behöver kontrolleras igen när anslutningen blir aktuell då läget kan ha förändrats om andra aktörer vill ha mer el innan dess. För att det ska passa i deras tidsramar behöver kontakt tas 8 månader innan önskad anslutning. Om det behövs 3 MW utöver vad som redan används behöver depån anslutas till högspänningsnätet. En grov uppskattning visar på att det då skulle landa kring 220 000 SEK exkl. moms, förutsatt att kunden har en egen station och står för all schaktning på egen fastighet. Det tar cirka 4 månader att ansluta till högspänningsnätet, men vid tjäle tar det längre tid.



Figur 9: Förslag på möjlig placering av ytterligare nätstationer för utökade effektbehov. Varje rosa ruta representerar en nätstation som kan leverera 1 MW effekt (ytan av varje nätstation är cirka 25 kvadratmeter). Källa: Sweco med underlag av SKIFU.

Tabell 11 sammanfattar analysen av infrastrukturbehov för att möjliggöra tilläggsaddning för linje 1 till 5 i Sundsvall. Bussnavet är den centrala terminalen och där behövs etablering av tilläggsaddare för samtliga linjer. I tabellen visas laddbehov samt den totala laddtiden som skulle krävas per tur för både normal- och ledbussar.

⁴³ Mailkontakt med Britta Jonasson, Sundsvall Elnät maj 2021.

Ledbussar sätts i drift för vissa av linjerna nedan vid peak-tiden (resterande tiden körs trafiken med normalbussar). Energianvändning som antas för ledbussar inkluderar uppvärmningsbehovet på samma sätt som det gjordes för normalbussar och uppskattas vara 2 kWh/km. Det bedöms möjligt att elektrifiera linjer 1 – 5 med tilläggsaddning oavsett om det är normal- eller ledbussar som trafikerar linjerna. Laddtiden kan dessutom fördelas mellan ändhållplatserna för att tidseffektivisera och skapa redundans.

Förutom linje 5 har alla andra linjer flera än bara en ändhållplats, vilket komplicerar val av hållplatser som eventuellt bör anpassas för att tillhandahålla laddning. Det rekommenderas att tydligare ändhållplatser introduceras i framtiden för att underlätta tilläggsaddning och elektrifiering av trafik genom investering i ett mindre antal laddare som ändå skapar redundans i systemet. En utredning av linjenätet pågår och det rekommenderas att möjligheten att förändra linjenätet för att förenkla elektrifieringsprocessen studeras. Eventuellt skulle de linjer som passerar resecentrum tilläggsaddas där, och på så sätt reducera behovet antalet tilläggsaddare. Det har inte utretts närmare i denna rapport.

Tabell 11: Tilläggsaddning för linjer inom Sundsvalls stadstrafik. Laddbehov (i kWh) och laddtid (i minuter) som behövs per tur för normal- och ledbuss. Den totala laddtiden kan fördelas till en laddare eller flera laddare.

LINJE	1	2	3	4	5
	Alnö - Navet - Bergsåker	Östra Birsta - Navet - Nacksta	Granloholm - Navet - Sidsjön	Granloholm - Sjukhuset - Navet - Skönsmon - (Bredsand)	Gångviken - Navet
ÄNDHÅLLPLATSER	Bussnavet	Bussnavet	Bussnavet	Bussnavet	Bussnavet
	Ögård	Östra Birsta	Strömstads- vägen	Granloholm centrum	Gångvikens skola
	Selångergård en	Kristinelund	Mårtensro	Syntesvägen	
	Ponnyvägen			Fäbodsands- vägen	
TURTÄTHET	var 10:e minut (peak)	var 10:e minut (peak)	var 10:e minut (peak)	var 10:e minut (peak)	var 15:e minut (peak)
Laddbehov per tur med normalbuss	33 kWh	23 kWh	15 kWh	25 kWh	25 kWh
Total laddtid som krävs per tur med normalbuss	cirka 6 minuter	cirka 4 minuter	cirka 2 minuter	cirka 4 minuter	cirka 4 minuter
Laddbehov per tur med ledbuss	44 kWh	31 kWh	19 kWh	33 kWh	33 kWh
Total laddtid som krävs per tur med ledbuss	cirka 7 minuter	cirka 5 minuter	cirka 3 minuter	cirka 6 minuter	cirka 6 minuter

I Tabell 11 inkluderas även energibehov per linje och tur samt tiden som skulle krävas för laddning per tur. Denna tid kan fördelas mellan en eller två ändhållplatser beroende på turtätheten. Baserat på underlaget ovan och en analys av turtätheten enligt tidtabellerna vore det möjligt att endast ladda vid en hållplats, till exempel Bussnavet. Men utifrån ett redundansperspektiv är det fördelaktigt att sprida laddningstillfällen runt om i staden.

4.7.2 Örnsköldsvik

Depån i Örnsköldsvik ägs av Örnsköldsviks Hamn och Logistik. Enligt information från Din Tur har depån totalt 40 uppställningsplatser och det är relativt trångt med utrymme. Många av bussarna står utomhus, ej under tak. Det har inte givits några indikationer på att det finns tillräcklig kanalisation som möjliggör laddinfrastruktur i likhet med hur det beskrivits i Sundsvall.

Det totala effektbehovet om alla uppställningsplatserna erbjöd laddning uppskattas således vara 2 MW. Enligt lokalnätägaren Övik Energi Nät AB är det inga problem med en utökad anslutning om 2 MW för det lokala elnätet, men de önskar att en beställning på anslutning kommer in minst 6 månader innan anslutning för att de ska kunna planera resurser och materiell. Det är med förutsättning att elnätägaren ansluter till en nätstation⁴⁴ som kunden själva äger. En anslutning av den storleken (cirka 12 kV) skulle kunna kosta cirka 200–300 kSEK i anslutningsavgift⁴⁵, men elnätbolaget genomför en detaljerad kalkyl vid beställning.

Ingen tilläggsaddning antas för trafiken i Örnsköldsvik.

I detta kapitel har potentialen för elektrifiering inom regionen studerats med hänsyn till tidtabeller för vardagar vintertid, samt en översiktlig beräkning av antal fordon som skulle behövas för att trafikera dessa linjer. Underlaget från Din Tur kring det exakta antal fordon som allokeras per linje saknas. Ansvaret för den exakta omloppsplaneringen ligger hos bussoperatörerna, detta medför att det beräknade antalet fordon kan ändras när bussoperatören driftsätter elbusstrafiken.

4.8 SAMMANFATTNING POTENTIALSTUDIE

Förutom 6 landsbygdslinjer skulle resterande 105 busslinjer kunna elektrifieras med hänsyn till dagens teknik och marknadsförutsättningar; antingen genom depåladdning (99 busslinjer) eller med tilläggsaddning vid ändhållplatserna för 5 stadsbusslinjer i Sundsvall.

Möjligheten att elektrifiera betyder inte nödvändigtvis det är fördelaktigt att elektrifiera. Detta analyseras mer i detalj gentemot andra drivmedelsupplägg i kapitel 6.

Tabell 12: Sammanfattning infrastrukturbbehov för elektrifiering av busstrafiken i Västernorrland.

Typ av laddare	Antal laddare	Kommentar
Depåladdare	250	59 i Sundsvalls depå 40 i Örnsköldsviks depå Resterande depåladdare uppskattas mha. antal elektrifierade linjer (osäkerheter finns)
Tilläggsaddare	Minst 5. 10 rekommenderas som optimalt för redundans (e laddare vid varje ändhållplats)	5 laddare vid Bussnavet som minimikrav 5 till laddare skulle behövas för att säkerställa redundans genom tilläggsaddning vid varje linjes andra ändhållplatsen

⁴⁴ En nätstation krävs för att omvandla el från hög-/mellan- och lågspänning, och består av bland annat transformatorer, brytare och säkringar. Den kan stå både inomhus och utomhus, och dess totala kostnad beror på hur mycket el som behövs för att ladda elbussar.

⁴⁵ Anslutningsavgiften är en engångskostnad för att ansluta till elnätet eller för att öka effektuttaget i en specifik anslutning. Den ska motsvara investeringskostnaden som anslutningen innebär för elnätsföretaget, där större anslutningar ofta kräver specifik offert. Kostnad och komplexitet ökar om det finns problem med effektbrist i elnätet, vilket inte indikerats i denna utredning.

För de områden som framhållits av Region Västernorrland som prioriterade används idag cirka 151 bussar, varav 112 av dessa kan elektrifieras enligt Tabell 13. Värt att notera är att linje 1–5 i trafikområde O14/15 står för cirka 91 procent av alla avgångar i området.

Tabell 13: Prioriterade trafikområde och behov av laddinfrastruktur i linje med uppskattade potential ovan.

Kod	Område	Totalt antal fordon i trafikområde	Linje	Laddstrategi	Uppskattat antal elbussar och depå-laddare	Antal tilläggs-laddare
O3	Sollefteå	15	45	Depå	15	0
			62	Depå		
O6	Örnsköldsvik	20	401	Depå	20	0
			402	Depå		
			403	Depå		
			404	Depå		
			405	Depå		
			406	Depå		
			407	Depå		
			408	Depå		
			409	Depå		
			410	Depå		
O10	Härnösand	7	24	Depå	7	0
			39	Depå		
			58	Depå		
			60	Depå		
O14/15	Sundsvall	59	1	Tilläggs-laddning	59	10
			2	Tilläggs-laddning		
			3	Tilläggs-laddning		
			4	Tilläggs-laddning		
			5	Tilläggs-laddning		
			65	Depå		
			70	Depå		
			71	Depå		
			73	Depå		
			74	Depå		
			75	Depå		
			76	Måste förbeställas		
			78	Måste förbeställas		
			81	Måste förbeställas		
			84	Depå		
			85	Depå		
O17/21	Sundsvall/Timrå	30	120	Ej elektrisk	4	0
			611	Depå		
O18	Sundsvall	7	141	Depå	7	0
			142	Depå		

			143	Depå		
S5	Regional	8	201	Ej elektrisk	0	0
S6	Regional	5	50	Ej elektrisk	0	0
SUMMA		151			112	10

5 LIVSCYKELKALKYL – EKONOMI OCH KLIMAT

5.1 ANALYSERADE EXEMPEL

Med utgångspunkt i målsättningarna som berör kollektivtrafiken inom Västernorrlands län kan framtida upphandlingar endast inkludera drivmedelsupplägg som är helt fossilfria. Flera olika kombinationer av drivmedel kan bidra till måluppfyllelse, men vissa lösningar medför ny infrastruktur eller innebär större mängd utsläpp än andra. För att bedöma de ekonomiska och klimatomfattiga förutsättningarna ur ett livscykelperspektiv för olika kombinationer av drivmedel har nedanstående kalkyler tagits fram.

Fem olika räkneexempel har tagits fram i samråd med Region Västernorrland för att kunna analysera vilka kombinationer av drivmedel som kan användas och vilka konsekvenser dessa räkneexempel har på ekonomi och klimat.

1. I det första exemplet fortsätter alla bussar i regionen att drivas av Biodiesel (HVO), i enlighet med hur det ser ut idag.
2. I det andra exemplet är det istället eldrift som maximeras baserat på potentialstudien (se kapitel 4), där de linjer som inte rimligtvis kan elektrifieras fortsätter drivas med HVO.
3. I det tredje exemplet är utgångspunkten att HEMAB:s framtida produktionsvolym av biogas nyttjas för att driva samtliga bussar i stads- och landsbygdstrafiken i och kring Härnösand. Övriga bussar i regionen elektrifieras enligt potentialstudien och resterande bussar drivs av HVO i likhet med exempel 2.
4. I det fjärde exemplet elektrifieras samtliga fordon som är utpekade i de prioriterade områdena enligt Tabell 13, landsbygdstrafiken i Härnösand drivs av biogas och resterande bussar i länet drivs av HVO.
5. I det femte exemplet elektrifieras samtliga fordon som är utpekade i de prioriterade områdena enligt Tabell 13 förutom för den busstrafik som kräver tilläggsaddade bussar. Landsbygdstrafiken i Härnösand drivs av biogas och resterande bussar i länet drivs av HVO.

En sammanställning över bussfördelningen på de olika drivmedelsslagen går att se i Tabell 14. I samtliga exempel summeras antalet till 282 bussar.

Tabell 14. Fördelning av antal bussar per drivmedel för respektive exempel.

Räkneexempel	1	2	3	4	5
Depåaddade bussar (st)	0	200	176	62	62
Tilläggsaddade bussar (st)	0	50	50	50	0
Biogasbussar (st)	0	0	24	17	17
Biodieselbussar/HVO (st)	282	32	32	153	203

5.2 EKONOMISK KALKYL

Vid investeringar bör inte enbart kostnaden för grundinvesteringen beaktas, utan även investeringens drift- och underhållskostnader för den valda kalkylperioden. Driftkostnaderna utgör ofta en betydande del av de totala kostnaderna. Genom att göra en livscykelkostnadsanalys, även kallad LCC (Life Cycle Cost), går det att jämföra kostnaderna för olika investeringar över en känd kalkylperiod. De antaganden som applicerats för att ta fram LCC-kalkylen presenteras nedan i Tabell 15. En känslighetsanalys där antagandena provas närmare går att se i bilaga 4.

Tabell 15. Underlag till LCC-kalkyl. Källa: Sweco.

	Depåladdad buss	Ändhållplats-laddad buss	Biogas-buss	Biodiesel-buss
Kalkylperiod/avskrivningstid (år)	10	10	10	10
Kalkylränta (%) ⁴⁶	4	4	4	4
Restvärde (SEK)	0	0	0	0
Buss, exkl batteri (kSEK)	350	350	350	300
Batteri (kSEK/kWh)	3	5	-	-
Teknisk livslängd, batteri (år)	5	5	-	-
Batteribytten (st./buss)	1	1	-	-
Batteristorlek (kWh)	420	120	-	-
Kostnad per laddare (kSEK)	260 - 350	3 500	-	-
Energianvändning (kWh/km)	1,5	1,5	5,2	4,2
Drivmedelskostnad	0,67 kr/kWh	0,67 kr/kWh	20,04 kr/kg	13,85 kr/l
Elnätsanslutning (SEK/A)	450	450	-	-
Fast elnätsavgift/år 0,4kV (SEK/år) ⁴⁷	7 200	7 200	-	-
Fast elnätsavgift/år 11kV (SEK/år) ⁴⁷	25 200	25 200	-	-
Effektavgift 0,4 kV (SEK/kW,år) ⁴⁷	1 181	1 181	-	-
Effektavgift 11 kV (SEK/kW,år) ⁴⁷	864	864	-	-
Underhåll buss (SEK/km)	1	1	3	2
Underhåll laddare, procent av investering (%/år)	3	3	-	-
Körda km per buss, genomsnitt (km/buss, år)	54 738	54 738	54 738	54 738

Batterierna antas ha en teknisk livslängd på fem år och en reinvestering för samtliga batterier behöver göras år 5. Kalkylen innehåller endast ett batteribyte då kalkylperioden är satt till tio år. Batteripriset väntas ha en minskning med 7 procent per år⁴⁸ vilket innebär att batteripriset år fem är cirka 35 procent lägre jämfört med vid investeringstillfället. I en tidigare intervju med en bussleverantör har det framkommit att batteribyte för batteribussar är inkluderat i inköpspriset. Denna LCC-kalkyl räknar dock med kostnader för batteribyte i samtliga exempel som har batterier.

Energimyndigheten har sedan 2016 en elbusspremie⁴⁹ för de aktörer som bedriver kollektivtrafik, vilken kan täcka delar av den merkostnad som köpet av en elbuss innebär. Omfattningen på stödet har minskat över tid och enligt nu gällande regler kommer stödet att finnas fram till 2023. Det är oklart vad som händer efter 2023⁵⁰, därför har en eventuell elbusspremie inte inkluderats i kalkylen. I kalkylen har det heller inte inkluderats andra typer av bidrag

⁴⁶ Antaget utifrån tidigare offentliga elbussutredningar, såsom "informationsstöd om elbussupplägg till kollektivtrafikhuvudmän", Energimyndigheten och Trafikverket 2019.

⁴⁷ Data inhämtat från E.ON:s hemsida för företagskunder i norr 2021-04-29. Avgifterna varierar beroende på nätägare, och kan vara något lägre/högre beroende på anslutningstyp och var man befinner sig geografiskt i Västernorrland.

⁴⁸ IRENA, *Electricity storage And renewables: Costs and markets to 2030*, 2017, https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Oct/IRENA_Electricity_Storage_Costs_2017.pdf [Hämtad 2021-06-02]

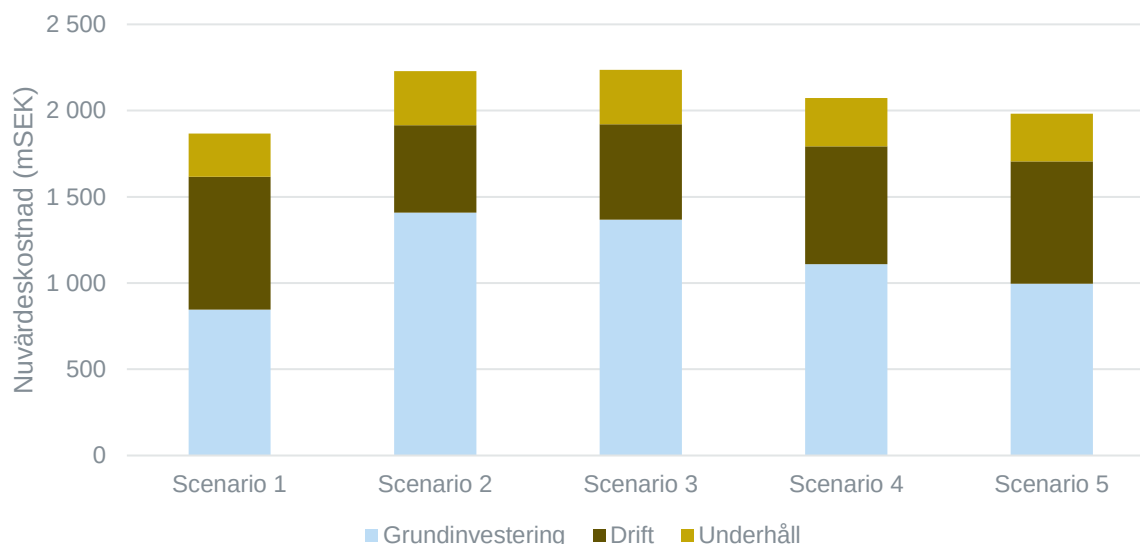
⁴⁹ Energimyndigheten, *Elbusspremie*, 2019, <https://www.energimyndigheten.se/klimat--miljo/transporter/transporteffektivt-samhalle/elbusspremie/> [Hämtad 2021-06-02]

⁵⁰ Bussmagasinet, *Minskat stöd till elbussar – elbusspremien fasas ut*, <https://www.bussmagasinet.se/2021/04/minskat-stod-till-elbussar-elbusspremien-fasas-ut/>, [Hämtad 2021-04-29]

så som stadsmiljöbidrag⁵¹ finns till och med 2029 och kan erhållas för byggande av laddinfrastruktur. Orsaken till att även detta bidrag har exkluderats i kalkylen är att för att få medel från stadsmiljöavtal krävs ett antal motprestationer från den sökande samt att vissa förutsättningar är uppfyllda. I denna utredning saknas kunskap om Region Västernorrland skulle bli beviljad bidrag och därför har denna post exkluderats, men om det blir beviljat minskar kostnaden för laddinfrastruktur, samtidigt som kostnaden för motprestationer måste tas i med i totalkalkylen.

Resultaten från LCC-kalkylen visar att befintligt upplägg med biodieseldrivna bussar är det exemplet med lägst nuvärdeskostnad motsvarande cirka 1,87 miljarder kronor (se Figur 10). Det följs av exempel 5 med en merkostnad om 6 procent (totalt cirka 1,98 miljarder kronor), exempel 4 om 11 procent (totalt cirka 2,07 miljarder kronor), exempel 2 om 19 procent (totalt cirka 2,23 miljarder kronor) och exempel 3 om 20 procent (totalt cirka 2,24 miljarder kronor). Då exempel 1 motsvarar nuvarande drivmedelsupplägg och ett antal av bussarna i drift förväntas kunna nyttjas flera år till kan grundinvesteringskostnaden för HVO-drivna bussar i samtliga exempel antas vara något lägre i verkligheten.

De exempel som medför lägst driftkostnad är de med stor andel elfordon (exempel 2 och 3), samtidigt som de medför något högre kostnader avseende underhåll och betydligt högre kostnader avseende grundinvestering (avseende bland annat laddinfrastruktur, anslutningskostnader, kanalisation och projektering). Då biogasbussarna är relativt få till antalet har de inte en särskilt stor påverkan på utfallet mellan de olika räkneexemplen, men exempel 3 är ändå något mer kostsamt relativt exempel 2 (cirka 8 mSEK dyrare). Med färre elbussar och tilläggsaddning som inte behöver installeras i stadsmiljön minskas kostnaden med cirka 90 miljoner kronor i exempel 5 relativt exempel 4. Restvärdet sätts till noll och inget restvärde sätts heller på reinvesteringen av batterierna vid batteribytet, även om de i praktiken kommer ha ett restvärde.



Figur 10. LCC-kostnad (i miljoner kronor) fördelat på grundinvestering, drift och underhåll för respektive exempel i Region Västernorrlands kollektivtrafik, presenterat i avsnitt 5.1.

5.3 VÄXTHUSGASUTSLÄPP

För att värdera livscykelutsläppen för olika drivmedel har ett antal antaganden etablerats, se Tabell 16. Antagandena avseende tekniska specifikationer och drivmedel används även för att beräkna livscykelutsläppen från respektive drivmedelsupplägg. En överblick över hur stora utsläppen är per kilometer går att se i Figur 11.

⁵¹ Trafikverket, *Stadsmiljöavtal*, u.å., <https://www.trafikverket.se/tjanster/ansok-om/ansok-om-bidrag/statligt-stod-for-hallbara-stadsmiljoer---stadsmiljoavtal/> [2021-06-02]

Tabell 16. Antaganden till livscykelutsläppsberäkning. Källa: Sweco

Uppgifter	Antagande	Enhet
FORDON		
Antal körda kilometer per buss	60 000	per år
Batteristorlek - depåladdad	420	kWh
Batteristorlek – ändhållplatsladdad	120	kWh
BATTERIER		
Livslängd batteri	5	år
Utsläpp batteri ⁵²	80	kg CO _{2eq} /kWh _{batteri}
BRÄNSLE		
Utsläpp fossil diesel ⁵³	275	gr CO _{2eq} /kWh
Utsläpp FAME ⁵³	118	gr CO _{2eq} /kWh
Utsläpp biogas (HEMAB-data) ⁵⁴	20,9	gr CO _{2eq} /kWh
Utsläpp biogas (STEM-data) ⁵³	57	gr CO _{2eq} /kWh
Utsläpp HVO ⁵³	48	gr CO _{2eq} /kWh
Utsläpp ursprungsmärkt el ⁵⁵	10	gr CO _{2eq} /kWh
Utsläpp svensk elmix ⁵³	47	gr CO _{2eq} /kWh
Utsläpp nordisk elmix ⁵⁶	90,4	gr CO _{2eq} /kWh
ENERGIFÖRBRUKNING (årligt genomsnitt inkl. uppvärmningsbehov)		
Dieslbuss 12-m	4,2	kWh/km
Gasbuss 12-m	5,2	kWh/km
Depåladdad elbuss 12-m	1,5	kWh/km
Tilläggs-laddad elbuss 12-m	1,5	kWh/km

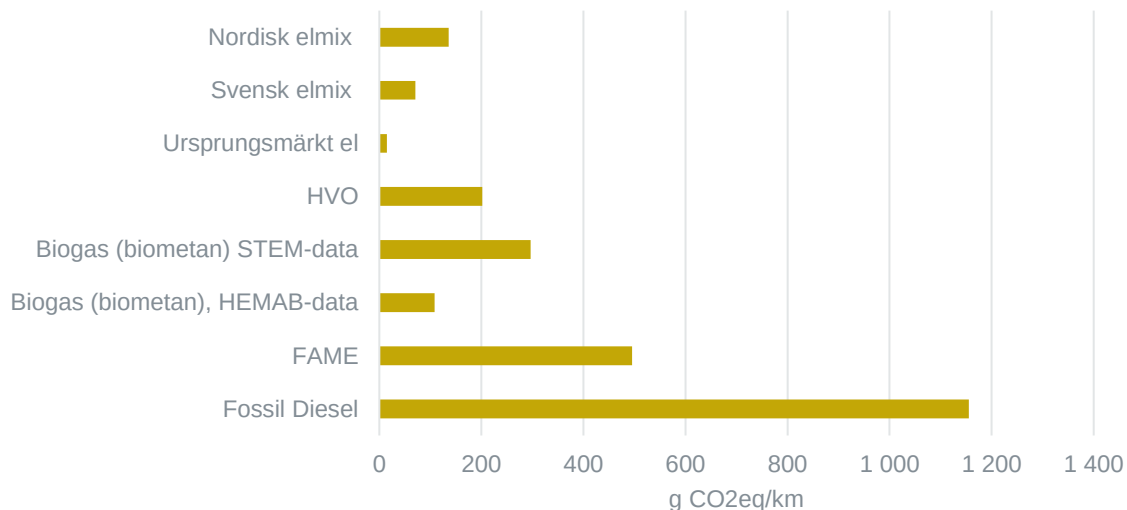
⁵² Genomsnittligt värde som togs fram av Emilsson och Dahllöf. Lithium-Ion Vehicle Battery Production: Status 2019 on Energy Use, CO₂ Emissions, Use of Metals, Products Environmental Footprint, and Recycling, 2019

⁵³ Energimyndigheten, *Drivmedel 2019* (ER2020:26)

⁵⁴ HEMAB, PM – HEMABs fordonsgas i kollektivtrafik, 2021

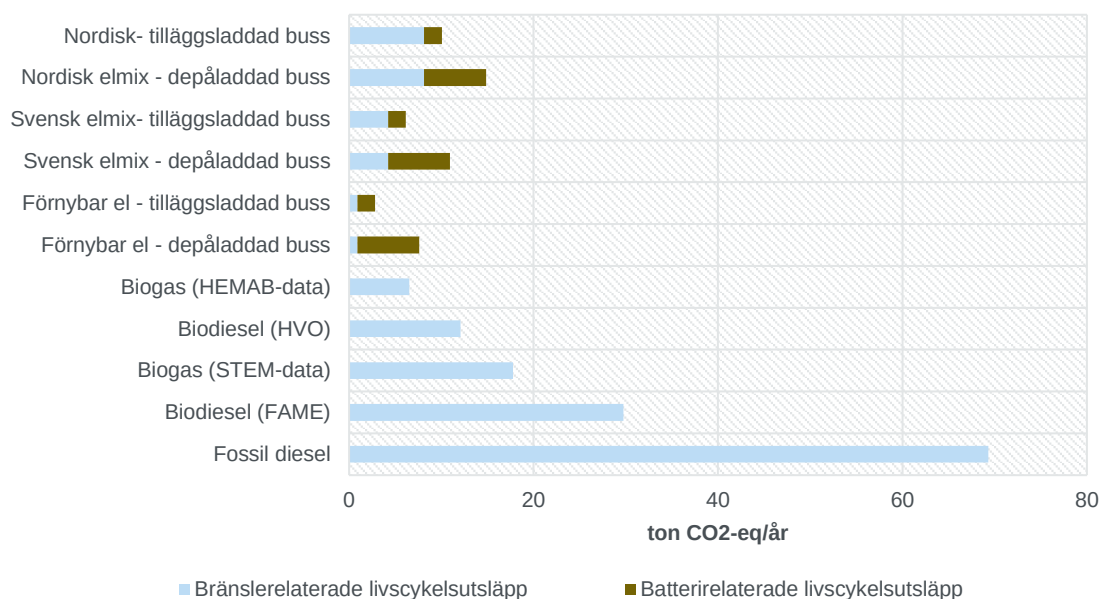
⁵⁵ Indikativt värde, varierar mellan företag

⁵⁶ Smed (Svenska MiljöEmissionsData), *Emissionsfaktor för nordisk elmix med hänsyn till import och export*, SMED Rapport nr 4 2021, <https://smed.se/luft-och-klimat/4708>, [Hämtad 2021-04-08]



Figur 11. Utsläpp av växthusgaser mätt i gram koldioxidkvalanter per kilometer för en 12-metersbuss för respektive drivmedel och ursprung/källa.

Baserat på antagandena ovan kan de årliga livscykelutsläppen för en buss med olika drivmedel och laddstrategier analyseras. Här har typanvändningen för en buss antagits, med cirka 60 000 körda kilometer per år. Resultaten presenteras i Figur 12. Lägst utsläpp uppnås med en ändhållplatsladdad buss som körs på förnybar el, medan bussar som kör på fossil diesel uppvisar de högsta livscykelutsläppen. För elbussarna kommer generellt den största andelen utsläpp från batterierna, medan lokala utsläpp är låga. HEMAB:s biogas uppvisar lägre livscykelutsläpp än motsvarande siffra framtagen av Energimyndigheten på nationell nivå. En känslighetsanalys för antaganden presenteras i bilaga 4.

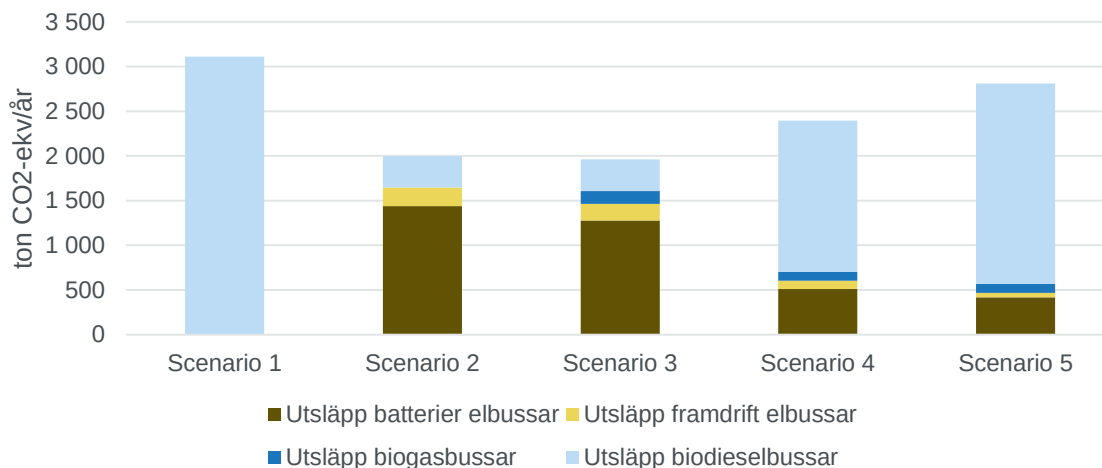


Figur 12. Jämförelse livscykelutsläpp för bussar med olika drivmedel. Utsläppen fördelas mellan drivmedels- och batterirelaterade utsläpp.

Baserat på Figur 12 är det viktigt att alla alternativ jämförs med det som används idag (HVO) och det fossila alternativet, dvs. fossil diesel. Utsläppen från fossil diesel är mer än tre gånger så höga än till exempel HVO och biogas. Skillnaden mellan fossildrivna dieselbussar och elbussar är ännu större.

Vid valet av elbussar är batterierna och elmixen betydande faktorer. Ju större batterierna är, desto större blir utsläppen. Det är därför viktigt att inte överdimensionera batterierna och se möjligheten till att krävställa batterier med hänsyn till klimateffekter. Elen bör komma från förnybara energikällor för att få lägsta möjliga utsläpp med elbussar. Om nordisk eller svensk elmix används istället för förnybara energikällor är klimatprestandan mer jämförbar med när biodrivmedel används, undantaget utsläpp i den lokala miljön.

Appliceras emissionskalkylen på de exempel som presenterades för livscykelkalkylen kan de exempel med en större andel el och biogas som drivmedel förväntas medföra lägre växthusgasutsläpp enligt Figur 13. Emissionskalkylen för elfordon baseras på ursprungsmärkt förnybar el, och emissionerna från biogas beräknas utifrån data tillhandahållet från HEMAB. Emissionerna från exempel 2 och 3 är jämförbara, där exempel 3 har något lägre utsläpp till följd av HEMAB:s biogas mycket låga emissionsfaktor. Utöver lägre växthusgasutsläpp medför även elbussarna i respektive exempel lägre utsläpp i närmiljön, vilket kan vara av stort värde i ex. stadsmiljön.



Figur 13. Jämförelse av livscykelutsläpp för respektive exempel presenterat i Avsnitt 5.1, fördelat på utsläpp från batterier- och drivmedel.

6 ANALYS

Baserat på informationen som sammanställts ovan avseende livscykelkostnad, emissioner, elektrifieringspotential samt drivmedel generellt beskrivs tre möjliga drivmedelsupplägg för kollektivtrafiken i Västernorrlands län.

6.1 UPPLÄGG A - MEST FÖRDELAKTIGT UTIFRÅN FORDONS-, INFRASTRUKTUR- OCH DRIVMEDELSKOSTNADER

Upplägg A utgår från att samtliga fordon i kollektivtrafiken drivs med HVO, i likhet med hur det ser ut idag. Upplägget har lägst fordons-, infrastruktur- och drivmedelskostnader (beräknat utifrån livscykelkalkylen). Anledningen är huvudsakligen att befintlig infrastruktur finns på plats vilket medför en betydligt lägre grundinvestering. Sannolikt kan drivmedelsupplägget i praktiken uppnå ännu lägre livscykelkostnad då flera av de fordon som är i drift idag inte kommer ha uppnått sin tekniska livslängd och därför kan nyttjas ett antal år till. Upplägget ger de högsta kostnaderna avseende drift och underhåll.

Ur ett tekniskt perspektiv är infrastruktur och teknik beprövad utifrån Västernorrlands klimat vilket medför ett relativt lågt risktagande. Det finns flera leverantörer av HVO-drivna bussar i dagsläget vilket även ser ut att gälla framöver. Upplägget är därmed relativt enkelt att implementera och att driva eftersom det sker utan större förändringar i hur kollektivtrafiken bedrivs idag.

Ett av de huvudsakliga motargumenten till HVO är att bränslet i dagsläget till stor del är beroende av palmolja och PFAD vilket kan bidra regnskogsskövling. Det finns regionala förutsättningar för att producera HVO i Västernorrland, men det har i denna studie inte givits några indikationer om att det i nuläget finns några storskaliga planer på lokalt producerad HVO. Hur HVO produceras i framtiden är osäkert, och dess tillgång på den internationella marknaden bedöms också som allt mer osäker i takt med att resten av världen också vill ställa om till en fossilfri fordonsflotta. Konkurrens om biodrivmedel kan öka priserna och påverka LCC-kalkylen, men det finns i dagsläget inga indikationer på att måttligt ökande priser på HVO kommer medföra en betydande förändring av resultaten i närtid enligt känslighetsanalys i bilaga 4.

Vidare medför drivmedelsupplägget att emissioner i närmiljön är fortsatt närvarande, vilket kan upplevas som problematiskt för kollektivtrafik som körs i exempelvis stadsmiljön. Dessutom har dieselfordon relativt höga bullernivåer och drivmedelsupplägget medför de högsta växthusgasutsläppen av alla presenterade alternativ.

6.2 UPPLÄGG B – MEST FÖRDELAKTIGT UTIFRÅN MINSKAD KLIMAT- OCH MILJÖPÅVERKAN

Upplägg B innebär en omfattande elektrifiering av kollektivtrafiken och möjliggör att nytta kan dras av HEMAB:s framtida kapacitetsutökning i biogasproduktion. Upplägget har över 37 procent lägre utsläpp av växthusgaser jämfört med ett drivmedelsupplägg som uteslutande består av HVO-drivna bussar. Elektrifieringen av kollektivtrafiken bidrar även till lägre direkta emissioner under färd, vilket kan bidra till en förbättrad luftkvalitet i exempelvis stadsmiljön. Elfordonens batterier innebär en betydande klimatpåverkan, bland annat då de är beroende av metaller som idag kommer från konfliktområden runt om i världen. Det är därför av stor vikt att satsa på batterier med bra spårbarhet av material samt att batterierna ska vara producerade med en så låg klimatpåverkan som möjligt.

Nyttjandet av biogas bidrar till att nyttja lokala restflöden och skapar förutsättningar för lokal produktion av drivmedel. HEMAB uppskattar att de kan producera cirka 11 GWh/år av biogas framöver med sin utbyggda kapacitet, vilket motsvarar tillräckligt med biogas för cirka 36–37 bussar i normal drift i Västernorrland idag. I upplägg B (se räkneexempel 3 i kapitel 5) antas att cirka 24 bussar drar nytta av biogasproduktionen i Härnösand, vilka främst kör för de avtal i och kring Härnösand där det även finns etablerad infrastruktur för tankning. Om andelen biogasdriven busstrafik ska öka medför detta merkostnader för bland annat ny infrastruktur i eller nära depåerna, samt transport av biogasen från produktionsanläggningen.

Upplägg B har lägst driftkostnad pga den stora andelen elfordon, samtidigt som de medför något högre kostnader avseende underhåll och betydligt högre kostnader avseende grundinvestering. Totalkostnaden för upplägg B beräknas till cirka 20 procent högre nuvärdeskostnad jämfört med upplägg A. Då bussarna är utspridda på ett antal depåer idag kan det bli kostsamt att förlägga laddnings- eller drivmedelsinfrastruktur vid de mindre depåerna, i och med exempelvis nätanslutningsavgifter eller projekteringskostnader. Det kan därför vara bättre att prioritera nya drivmedelsslag vid de större depåerna för ökad kostnadseffektivitet, men då minskar även antalet elbussar.

Både el- och biogasbussar är relativt obeprövade lösningar i Västernorrlands kollektivtrafik, även om operatörerna har erfarenheter av tekniken på andra ställen. Det medför ett visst merarbete vid implementeringen av systemen, avseende exempelvis nyetablering av laddinfrastruktur, lärdomar om teknikens funktion och nödvändiga rutiner, samt eventuella anpassning av linjedragningar.

Det finns ett antal tillverkare på marknaden för elbussar, där tekniken utvecklas löpande och fler modeller tillgängliggörs från allt fler leverantörer. För biogas är det färre leverantörer, och vissa har även indikerat att de inte kommer satsa mer på att utveckla tekniken då de ser en förbättrad prestanda och ökande efterfrågan på elbussar.

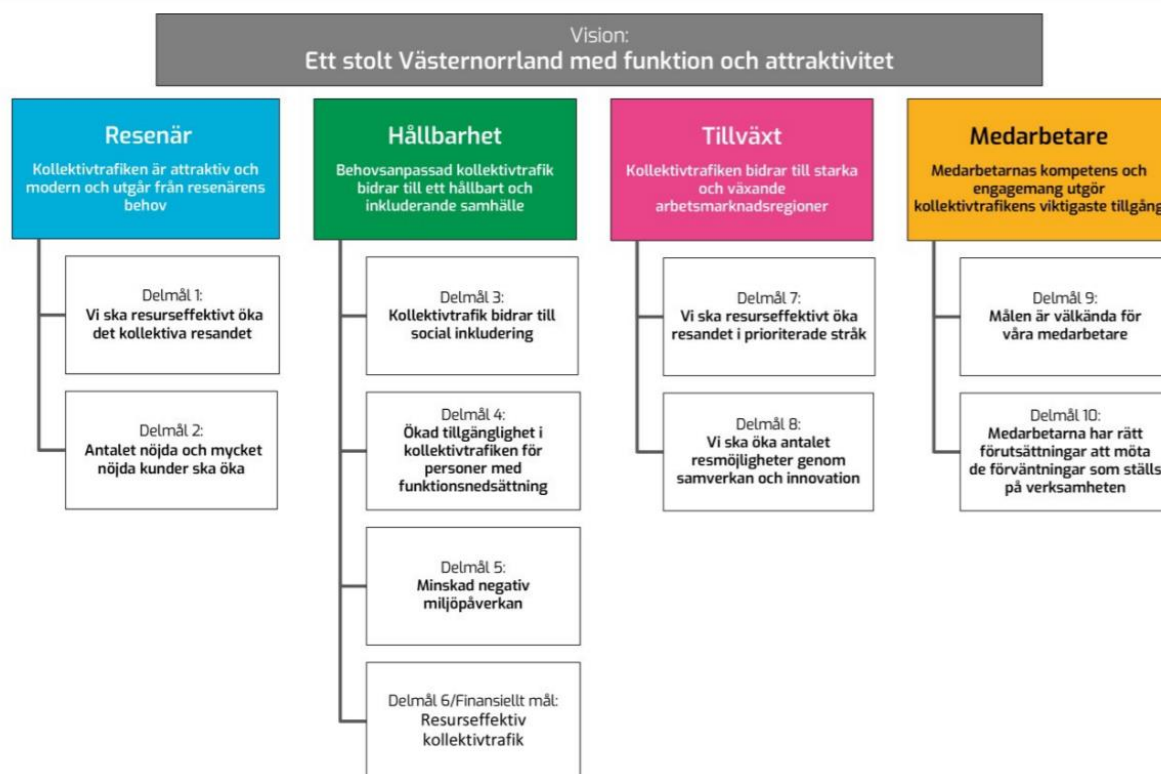
6.3 UPPLÄGG C – MEST FÖRDELAKTIGT UTIFRÅN LÄNETS MÅLSÄTTNINGAR OCH FÖRUTSÄTTNINGAR

Region Västernorrland har ett antal mål med den regionala kollektivtrafiken. Visionen för länets kollektivtrafik är bland annat att allmänna kommunikationerna är snabba, säkra, tillgängliga och att man som resenär har valmöjlighet. Regionens mål med den regionala kollektivtrafiken är att ⁵⁷

- genom kollektivtrafikmyndigheten erbjuda ett attraktivt utbud av resmöjligheter som grundas på ekonomisk långsiktighet,
- resorna ska vara bekväma, tillgängliga, säkra och prisvärda
- en god miljö och en långsiktigt hållbar utveckling ska genomsyra all verksamhet,
- arbetet med att utveckla kollektivtrafiken ska grundas på närhet, kvalitet, helhetssyn och samverkan samt att medborgarinflytandet utvecklas och säkerställs och,
- samordna sjukresor i fordon som går i linjelagd kollektivtrafik

Bland de mål som beskrivs i det regionala trafikförsörjningsprogrammet och som utgår från den regionala utvecklingsstrategin (RUS) skulle upplägg C styra mot mål gällande hållbarhet, tillväxt och resenär samtidigt som den grundar sig på ekonomisk långsiktighet. Den största måluppfyllnaden bedöms handla om en behovsanpassad kollektivtrafik som bidrar till ett hållbart samhälle (se Figur 14).

⁵⁷ Region Västernorrland, *Kollektivtrafik*, u.å., <https://www.rvn.se/sv/Utveckling/Kollektivtrafik-och-infrastruktur/kollektivtrafik/> [Hämtad 2021-06-02]



Figur 14 Region Västernorrland övergripande mål och delmål kopplat till kollektivtrafik. Källa Region Västernorrland.

Utifrån ovan nämnda dokument har detta upplägg blivit en blandning av upplägg A och B, med tillhörande fördelar och nackdelar. Med utgångspunkt i exempel 5 innebär en elektrifiering av de områden som Region Västernorrland identifierat som prioriterade en lägre livscykelkostnad relativt upplägg B, samt lägre växthusgasutsläpp relativt nuläget och upplägg A. Dessutom skulle en elektrifiering av de prioriterade områdena medföra att trafiken i de största stadskärnorna elektrifierades, med reducerade emissioner till närmiljön, minskat buller och en förbättrad luftkvalitet som följd. Trafiken utanför de prioriterade områden antas fortsätta nyttja HVO som huvudsakligt drivmedel, samtidigt som landsbygdstrafiken i Härnösand nyttjar biogas. Genom att inte inkludera elbussar som kräver tilläggsaddning och som behöver installeras i stadsmiljön minskar investeringskostnaden med cirka 90 miljoner kronor i exempel 5 relativt exempel 4. Detta innebär att resurser frigörs och kan bidra till måluppfyllnad för att mer resurseffektivt öka det kollektiva resandet, till exempel genom ökad turtäthet. En annan fördel med att inte införa elbussar med tilläggsaddning är att implementeringsprocessen inte behöver inkludera en process med detta, se avsnitt nedan.

6.4 FÄRDPLAN FÖR IMPLEMENTERING

6.4.1 Linjeanpassning

Oavsett val av bränsle i framtiden behövs det kontinuerligt genomföras anpassningar av linjeutbud och turutbud i och med att efterfrågan på bussresor ändras över tid. Likaså kan linjeförändringar krävas på grund av yttre faktorer som ändrad infrastruktur eller nya ekonomiska förutsättningar.

Då dagens trafik använder bussar som drivs med HVO innebär upplägg A ingen skillnad mot dagens linjenät, såvida inte linjeomläggningar är önskvärda av andra orsaker.

Bussar som drivs med biogas har i stort samma trafikegenskaper som HVO, men med i genomsnitt lite kortare räckvidd per tankning. Om fler linjer ska använda biogas krävs fler tankstationer, sannolikt mer tomkörning till depå/tankning och eventuellt ett modifierat linjenät.

Gällande anpassning av linjenät på grund av införande av elbussar är detta beroende på i vilken omfattning elbussar introduceras samt om elbussarna är enbart är depåladdade eller om vissa linjer ska ha tilläggsaddning. I upplägg B kommer det eventuellt krävas anpassningar av tidtabellen för linjer med tilläggsaddning. För att fastställa mer i detalj vilka konsekvenser elektrifiering av olika linjer har måste de resultat som presenterats ovan kompletteras med en mer detaljerad analys. För denna analys krävs mer data avseende linjesträckningar, omlopp

och liknande än de data som har varit tillgängliga i denna inledande studie. Även val av fordon och batteri påverkar analysen. Det bör noteras att ju större ett batteri är, desto högre flexibilitet i linjedragning men även högre är dess livscykelns växthusgasutsläpp. Överdimensionering av batterier bör därför undvikas och batteristorlekarna bör optimeras med hänsyn till både behov av räckvidd, kostnader och miljöeffekter. Viktiga aspekter att bära med sig vid en sådan studie är:

- För depåladdade elbussar rekommenderas i dagsläget att de främst används för de linjer som sammanlagt har ett dagligt omlopp på mindre än 200 kilometer per fordon. Omloppet kan utökas om batteristorleken för fordonet utökas.
- Prioritera linjer och bussar som ställs upp i de största depåerna i regionen. Det möjliggör en effektivare projektering och det är mer troligt att det finns möjligheter att ansluta till högspänningsnät i området.
- För linjer där tilläggsaddning önskas (vilket oftast är linjer med dagliga omlopp som är längre än 200 kilometer) rekommenderas att linjerna erbjuder minst 5–10 minuters mellanrum mellan turer, detta för att fordonet ska hinna laddas tillräckligt. En bristfällig planering kan leda till ökade kostnader i form av fler bussar som behövs då andra står och laddar.
- För att säkerställa ett kostnadseffektivt nyttjande av elbussar och dess laddinfrastruktur bör linjer med många avgångar och passagerare elektrifieras först.
- Se över hur linjenätet är konstruerat för att underlätta en elektrifiering, exempelvis genom att ha samma avgångsplatser för samma linjekod.

6.4.2 Infrastruktur för nyttjande av drivmedel

Då det redan finns etablerad infrastruktur för tankning av HVO innebär drivmedelslösningar med HVO ingen skillnad mot dagens läge. Nya leverans- och serviceavtal kan behöva handlas upp.

För biogas finns det idag tankstationer i Härnösand och Sundsvall. I Härnösand ligger dessutom nuvarande tankstation endast ett fåtal hundra meter från bussdepån, samt att en backupstation finns vid produktionsanläggningen i Ålandsbro. I Sundsvall finns det två tankstationer i närheten av E4. Detta möjliggör att bussar som trafikerar Sundsvall och Härnösand kan ställa om till biogasdrift. Övriga lokaliseringar kräver nyetablering av infrastruktur för att erbjuda biogasdrift i kollektivtrafiken. Ska biogasbussar nyttjas i större utsträckning än vad det finns befintlig infrastruktur kan dess tidslinje i viss mån liknas vid hur det ser ut för elfordon nedan, eventuellt med visst tidstillägg för att säkerställa nödvändiga biogasleveranser antingen inom eller utanför länet.

Gällande införande av elbuss krävs en omfattande process för att säkra laddinfrastruktur i depåer samt eventuellt tilläggsaddning. Efter det att ett specifikt drivmedelsupplägg med eventuellt behov av ny infrastruktur fastställts följer en serie av aktiviteter vilka behöver ske i en specifik sekvens (se Figur 15). Tillfrågade elnätsaktörer i Örnsköldsvik och Sundsvall har nämnt att de behöver informeras om en önskan att ansluta cirka 3 MW 6–8 månader innan projektet skall inledas. Processen vid en ökad elbussladdning i depå kan i stora drag beskrivas enligt följande:

1. Information sammanställs inför dialog med elnätsägare, avseende bland annat typ av abonnemang (låg- eller högspänningsabonnemang), förväntat toppeffektbehov, medeleffektförbrukning (i kW) och installerad elutrustning (till exempel transformatorer och befintliga laddare) i depån.
2. Baserat på ovanstående uppgifter beräknas restkapaciteten samt önskad effektutökning med hänsyn till antal elbussar som tänks införas i trafiken.
3. Söka bygglov för laddinfrastruktur (behövs för tilläggsaddning, men eventuellt även för depåladdning)
4. En lastkurva som visar depåns effektbehov under dygnet tas fram för att uppskatta den maximala effekten samt effekten som krävs under elnätets högbelastningstid (vanligtvis mellan klockan 16 och 21). Sådana lastkurvor brukar efterfrågas av elnätsägarna senare i processen (se punkt 5).
5. En formell anmälan om effektutökning (eller nytt abonnemang) lämnas in.
6. Om nätkapacitetsbrist riskerar uppstå i området är det möjligt att föreslå en avbrytbar överföring av el till depån. Detta innebär att elförsörjning skulle kunna avbrytas under högbelastningstid för vissa dagar av året (gäller främst de kallaste vinterdagarna).
7. Det är viktigt att laddningstillfällen för elbussar planeras med hänsyn till högbelastningstider. Dessutom bör det avbrytbara abonnemanget vara separat från det befintliga abonnemanget så att depåns övriga verksamhet inte påverkas.

Tillstånd för bygglov av laddinfrastruktur varierar beroende på teknisk lösning och var laddinfrastrukturen ska anläggas. Extra tidskrävande är det om gällande detaljplan behöver ändras. För laddning längs linje, vid ändhållplats eller annan plats (terminal, reglerplats med mera) krävs bygglov. En laddstolpe behöver inte bygglov om den inte har tak, men däremot behöver transformatorstationen bygglov. Enligt uppgifter från andra kommuner tar bygglovsprocessen cirka 10–20 veckor. Oavsett teknisk lösning för laddning av bussarna behöver de kunna laddas i depån. Det kan även krävas bygglov för laddinfrastruktur i depå, exempelvis om laddplatserna ska förses med en enklare takkonstruktion eller om det krävs en ny eller ombyggd transformatorstation. En utbyggnad av laddinfrastrukturen kan kräva att depåerna behöver byggas ut/om. Det är ett arbetsmoment som ligger utanför denna utredning, men kan vara en svår, kostsam och tidskrävande process i synnerhet i tätbebyggda miljöer.

Parallellt som anslutningen förbereds från elnätssidan kan det utredas hur depån ska anpassas och projekteras för nya drivmedel avseende bland annat placering av transformatorstation samt framdragning av laddinfrastruktur. Därefter ska laddinfrastruktur och serviceavtal handlas upp och en plan för hur uttjänta batterier ska hanteras tas fram. Efter cirka 3–5 år kan en elektrifierad bussflotta förväntas vara i full drift.

Det återstår sedan att kontinuerligt utvärdera och följa upp driften. För att underlätta uppföljningen av elbussarnas prestanda behöver data samlas in löpande. I detta kan rätt val av kommunikationsprotokoll underlätta. OCPP-standarderna bör användas för kommunikation mellan laddare och dataplattformen då det är en vanlig standard bland etablerade laddinfrastrukturleverantörer. En överblick på laddinfrastruktursystem från olika leverantörer med tillhörande kommunikationsprotokoll går att se i Bilaga 3.

År	1	2	3	4	5	6...
Anmäla effektutökning i befintliga depåer						
Utredning av depåanpassningar och projektering						
Ansöka om bygglov (tilläggsaddare och ev. depåladdning)						
Genomförande av depåanpassningar						
Upphandling av laddinfrastruktur (samordnas med elbussupphandling)						
Leverans och driftsättning laddinfrastruktur						
Avtal för drivmedelsleveranser inkl. kravställning						
Upphandling serviceavtal för bussar						
Återvinnings- och återanvändningsplan för uttjänta batterier						
Utvärdering av elbussimplementering och erfarenheter med drift						

Figur 15. Övergripande färdplan för implementering av ny kollektivtrafikflotta.

6.4.3 Fordonsanskaffning

Oavsett drivmedel har inköpta bussar en leveranstid på minst 10–12 månader. Standardbussar har generellt kortare leveranstid än specialbeställningar (till exempel gällande inredning, längd, drivmedel), men en beställare kan ha mer eller mindre otur om fordonstillverkarna exempelvis om tillverkaren samtidigt har fått stora beställningar eller har brist på någon tillverkningskomponent. Därför gör många trafik huvudmän och trafikoperatörer preliminärbokningar för att säkra leverans av bussar tills dess att ett nytt trafikavtal ska starta eller när det de ser behov av utökad eller förändrad fordonspark.

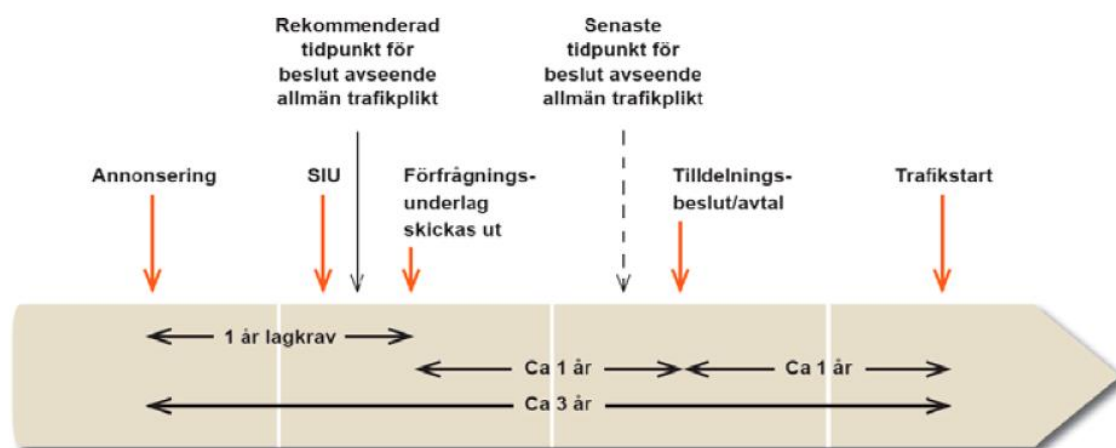
Baserat på uppgifter från trafikutövare och fordonsleverantörer bedöms anskaffningstiden för elbussar vara cirka 14–18 månader, det vill säga något längre jämfört med övriga bussar. Om anskaffningstiden kommer att förkortas som en följd av större fordonsserier eller förlängas på grund av ökad efterfrågan är svårbedömt. Dessutom behövs kalendertid för att genomföra driftstester och tekniska justeringar för att säkra att drift och laddning av elbussar fungerar enligt plan, detta är i synnerhet viktigt om ett nytt avtal innehåller en stor andel eldrivna bussar samt laddning av elbussar utanför depå.

6.4.4 Trafikupphandling

Första januari 2012 infördes en kollektivtrafiklagstiftning (Kollektivtrafiklag 2010:1065, prop. 2009/10:200)⁵⁸ som innefattar krav på att de regionala kollektivtrafikmyndigheterna (RKM) ska besluta om allmän trafikplikt för den trafik som RKM avser ta ansvar för och upprätta avtal om. Genom ett beslut om allmän trafikplikt tar myndigheten ansvar gentemot sina invånare för att tillhandahålla den beslutade tjänsten. Den nu gällande definitionen av kollektivtrafik är den som står i EU:s kollektivtrafikförordning: "persontransporttjänster av allmänt ekonomiskt intresse som erbjuds allmänheten fortlöpande och utan diskriminering"⁵⁹.

Enligt Europaparlamentets förordning⁶⁰ ska löptiden för avtalen om allmän trafik vara begränsad. Löptiden får inte överstiga 10 år för busstransporter och 15 år för persontransporter på järnväg eller annat spårburet transportsätt. Om ett avtal om allmän trafik gäller flera olika transportsätt och transporterna på järnväg eller annat spårburet transportsätt står för mer än 50 procent av de ifrågavarande tjänsternas värde, ska löptiden vara begränsad till 15 år.

Samverkansarenan "Partnersamverkan för en förbättrad kollektivtrafik" använder nedanstående bild för att beskriva processen kring upphandlad kollektivtrafik som där omfattar 3 år, men många regionala kollektivtrafikmyndigheter avsätter en längre tid för att ha manöverutrymme om det uppstår oförutsedda tidskrävande moment i processen. Det finns många fördelar med att införa bussar med nya bränslen i samband med nya trafikavtal. Fördelarna är bland annat att priset konkurrensutsätts och att genom inledande dialog (SIU) kan krav anpassas och riskerna för samtliga parter minska.



Figur 16 Trafikupphandlingsprocessen, SIU= samråd inför upphandling, se Svensk kollektivtrafik (2018)

Region Västernorrlands preliminära tidplan för nytt trafikavtal är att avtalet ska träda i kraft i december 2024 och avtalstiden beräknas till 8–10 år. Detta medför att Region Västernorrland bör genomföra annonsering för nytt trafikavtal under hösten 2021 om ovan beskrivna upphandlingsprocess följs.

Nedan beskrivs fyra parallella processer vid upphandling av trafikavtal med elbussar (se Figur 17). Process A är den ordinarie upphandlingsprocessen som sker oavsett val av drivmedel för bussar. Alla centrala förutsättningar i kommande trafikavtal bör vara bestämda när förfrågningsunderlaget skickas ut (cirka 1,5–2 år innan trafikstart),

⁵⁸ Prop. 2009/10:200, Lag (2010:1065) om kollektivtrafik

⁵⁹ Transportstyrelsen, EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EG) nr 1370/2007 av den 23 oktober 2007 om kollektivtrafik på järnväg och väg och om upphävande av rådets förordning (EEG) nr 1191/69 och (EEG) nr 1107/70, https://transportstyrelsen.se/globalassets/global/vag/rena-transporter/forordningeg1370_2007.pdf [Hämtad 2021-06-02]

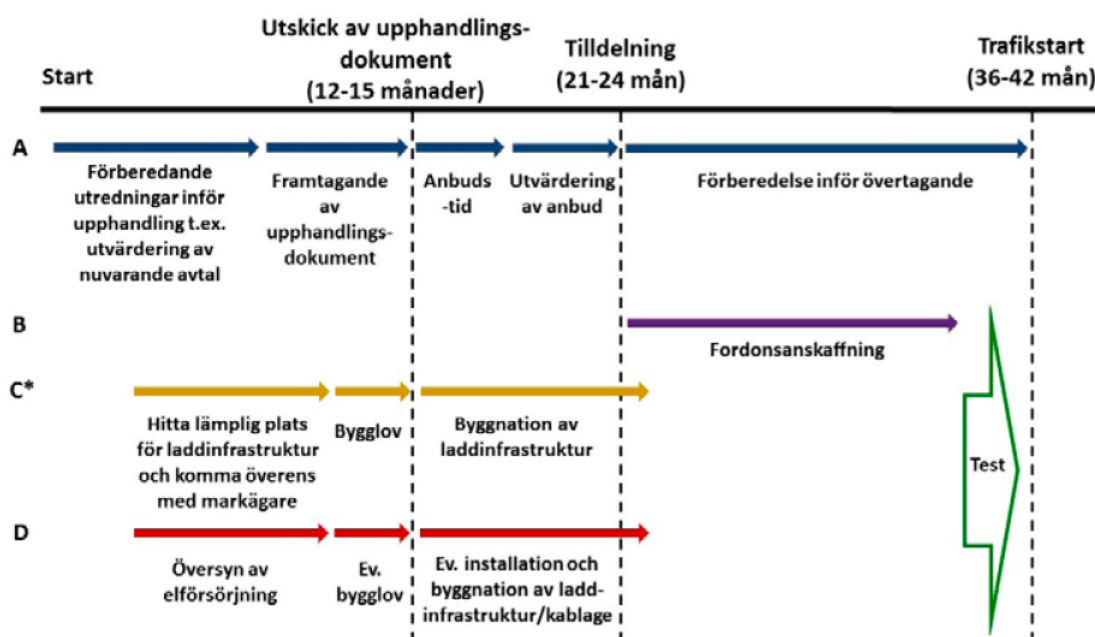
⁶⁰ Transportstyrelsen, 2007

så att potentiella anbudsgivare kan förstå affärsupplägget och kunna lämna pris utifrån omfattning och risker i affären.

Längden på process B beror på fordonsval. Process B kan starta tidigare i de fall som trafikhuvudmannen äger fordonen, men är det operatören som äger fordonen kan den egentliga anskaffningsperioden inte starta före tilldelning av kontrakt.

Process C är svår att skatta eftersom det bland annat beror på vem som är markägare, markförhållanden med mera. I samtliga svenska städer som infört laddinfrastruktur i gaturummet har kommunen varit en deltagande part och därmed har denna process sannolikt varit lite enklare. Hur omfattande detta arbete är beror även på antalet platser där laddningsinfrastruktur ska anläggas, vilket i sin tur beror på antalet linjer som ska elektrifieras.

Process D är den process som beskrivs ovan (6.4.2). Även för biogas som blir ett nytt drivmedel för kollektivtrafiken i Region Västernorrland krävs förberedelser.



Figur 17 Parallella processer för införande av eldriven busstrafik. Process C utgår om enbart depåladdade elbussar ska införas

Det har funnits, finns och kommer sannolikt även i framtiden att finnas olika former av bidrag och premier för att minska busstrafikens klimat- och miljöpåverkan. Rekommendationen är att Region Västernorrland kartlägger tillgängliga bidrag, bidragens villkor och krav på motprestationer, för att därefter eventuellt söka dessa bidrag.

I beräkningen av kostnad för framtida trafikdrift finns andra osäkerhetsfaktorer, i bilaga 4 finns en känslighetsanalys som visar på hur variation av olika kostnadskomponenter påverkar slutsumman. Orsaker till förändrade drivmedelspriser är exempelvis att inhemsk produktion av drivmedel skulle kunna sänka biodrivmedelspriser. Den pågående teknikutvecklingen inom eldrift kommer sannolikt minska priser på elbussar, batterier och laddinfrastruktur mer än för andra bränslen.

Efter trafikstart påbörjas en process med att förvalta trafikavtalet. I förvaltningen ingår att följa upp att operatören följer avtalskraven, men även att kontinuerligt tillsammans med operatören och eventuellt berörda kommuner har dialoger för att förbättra trafiken och övriga avtalsdelar för att nå regionens mål. Gällande elbussinförande finns det kommunikationsprotokoll som underlättar uppföljningen (se avsnitt 6.4.2).

Väljer region Västernorrland att införa elbussar i stor skala, upplägg B, är det bråttom att starta processer för att säkra elförsörjning i och utanför depåer. Även om enbart depåladdade ska ingå i kommande avtal behövs minst 3 års förberedelsestid för att vara helt säkra på att trafiken kan driftsättas december 2024.

6.4.5 Social hållbarhet trafikupphandlingar

Samtliga bränslen som studerats har för- och nackdelar gällande social hållbarhet. I de mallavtal⁶¹ som finns kring upphandling av kollektivtrafik saknas det förslag på hur frågor kring social hållbarhet ska inkluderas i upphandlingar och avtal. Dock finns det finns avtalsskrivningar och upphandlingskriterier för miljö, trygghet, säkerhet och tillgänglighet som kan användas för att täcka in delar av området social hållbarhet.

Elbusstrafik har lokalt positiva sociala konsekvenser. Ett område eller en gata med tysta och rena bussar blir mer attraktiv för människor. Genom att satsa på eldrift kombinerat med framkomlighet kan attraktiviteten i ett utsatt område öka, på samma sätt som vid en satsning på exempelvis ny spårväg. Eldrift är även positivt för bussförare som får en betydligt bättre arbetsmiljö. Kopplat till social hållbarhet har batteritillverkning varit en uppmärksammas fråga på grund av att batterierna innehåller kritiska mineraler som bidrar till sociala konflikter och miljöförstöring vid gruvbrytning i ursprungslandet. Vid trafikupphandling bör krav på social hållbarhet ställas, till exempelvis att mineraler i leverantörskedjorna ska vara spårbara. Likaså bör krav på återvinning av batterier ställas.

En stor del av de råvaror som används för att producera HVO importeras idag, där palmolja och produkter från palmoljeproduktion är en betydande andel. De vanligaste ursprungsländerna för PFAD och palmolja är i dagsläget Malaysia och Indonesien, där det i vissa fall framkommit att regnskog skövats för att producera produkterna. När stora arealer regnskog tas i anspråk i samband med palmoljeproduktionen trängs människor, djur och växter undan vilket riskerar hota mångfald och människors rättigheter på de platser där palmoljeodlingarna uppförs. Detta har lett till att produktionen av palmolja ofta bedöms som problematisk. Utveckling av en ekologiskt framtagen palmolja bedrivs för att öka produktens sociala och ekologiska hållbarhet. Den HVO som används för busstrafik i länet idag kommer bland annat från Neste i Finland samt en pilotanläggning för HVO-produktion från skogsråvaror i Gävle. Enligt tidigare rapport har Västernorrland goda förutsättningar för lokal produktion av bland annat HVO100, med sin närhet till skogsindustrin. De största potentialerna finns hos kemmassabruken, mekanisk massa- och pappersbruken, samt sågverken. Vid upphandling med HVO bör krav inom sociala och ekologiska hållbarhet ställas.

Biogas tillverkas genom rötning eller förgasning av organiskt material (främst avloppsslam, gödsel, matavfall samt avfall från livsmedelsindustri och slakterier) under syrefattiga förhållanden. Biogas bidrar till ett cirkulärt samhälle genom att nyttja restflöden för att producera drivmedel/energibärare. Biogas kan som följd av sina lokala råvaruflöden ge en lokal försörjning av drivmedel, men om det inte finns förutsättningar för lokal produktion och distribution krävs omfattande transporter (till exempel flakning) eller stora investeringar i rörledningar. Vid upphandling med biogas bör det säkerhetsställas att främst lokalt producerad biogas nyttjas och om det krävs transporter eller investeringar i nya rörledningar bör krav inom sociala och ekologiska hållbarhet ställas.

Det finns studier som visar att investeringar i kollektivtrafik med exempelvis nya fordon med hög komfort och liten miljöpåverkan, kan bidra till att stärka det sociala kapitalet genom att investeringar i ett område signalerar att det och dess invånarna är viktiga och prioriterade. Det saknas entydig evidens huruvida detta även kan leda till ett ökat resande, men tidigare studier visar att resenärernas nöjdhet ökar vid nyinvesteringar vilket kan vara en viktig indirekt faktor till ökat resande. Både i upplägg B och C kommer sådana tydliga signaler och kan därmed förbättra invånarnas attityd till kollektivtrafiken och kan eventuellt i förlängningen leda till ökat kollektivt resande.

⁶¹ Svensk kollektivtrafik, *Modellavtal & bilagor*, <https://www.svenskkollektivtrafik.se/partnersamverkan/modellavtal--bilagor/> [hämtad 2021-06-21 9]

6.5 SUMMERING DRIVMEDELSUPPLÄGG

Nedan är en summering av hur de tre drivmedelsuppläggen förhåller sig till varandra utifrån aspekterna ekonomisk hållbarhet, social hållbarhet, ekologisk hållbarhet samt färdplan för genomförande.

- A- Bidrar mest till den ekonomiska hållbarheten och har lägst LCC. Genom att använda beprövade drivmedel är färdplanen inte förknippad med några egentliga osäkerheter, utan trafiken kommer att kunna driftsättas enligt plan och med förutsägbar kostnad.
- B- Bidrar mest till nå mål om minskad klimat- och miljöpåverkan. Högst kostnad, samt osäkra kostnader och osäkerheter om det kan hinnas med till december 2024.
- C- Bidrar mer till måluppfyllnad gällande ekologisk hållbarhet än upplägg A men mindre än upplägg C, motsatt gäller för ekonomisk hållbarhet och implementering av färdplan. Upplägg C bidrar till många av regionens mål för kollektivtrafiken och den regionala utvecklingen. Upplägg C utgör en medelväg mellan de övriga två drivmedelsuppläggen där negativa effekter å ena sidan hålls nere men där vinster och nyttor å andra sidan får mindre genomslag än i övriga alternativ.

Tabell 17 Summering av drivmedelsupplägg där mörklila är det relativt mest fördelaktiga upplägget och ljuslila det relativt minst fördelaktiga upplägget inom respektive aspekt.

	<i>A - mest fördelaktigt utifrån fordons- infrastruktur och drivmedelskostnader</i>	<i>B - mest fördelaktigt utifrån minskad klimat- och miljöpåverkan</i>	<i>C - mest fördelaktigt utifrån regionens mål och förutsättningar</i>
<i>Ekologisk hållbarhet</i>			
<i>Social hållbarhet</i>			
<i>Ekonomisk hållbarhet</i>			
<i>Färdplan genomförande</i>			

7 SLUTSATSER

Utredningen har genomförts i syfte att ta fram ett aktuellt kunskapsunderlag gällande möjliga val av drivmedel för en fortsatt fossilfri kollektivtrafik i Västernorrland. Syftet tar avstamp i länets målsättningar om ett funktionellt sammanhållet system för hållbart resande och att kollektivtrafiken ska bidra till en minskad negativ miljöpåverkan. Detta underlag kan vidare ligga till grund för länets kommande upphandling av nya trafikavtal för linjelagd busstrafik. Den preliminära tidplanen är att ny trafikavtalsperiod ska inledas december 2024. Avtalstiden beräknas till 8–10 år.

I utredningen har en genomlysning av tillgängliga förnybara drivmedel för bussfordon gjorts och utvärderats. De drivmedel som innefattas är diesel MK1, biodiesel (FAME/RME), HVO, biogas, vätgas och el. Det vanligaste drivmedlet för bussfordon i Västernorrland är HVO100 vilket används i nästintill samtliga bussar i länet. Hållbarhetsaspekter som diskuteras i relation till HVO är kopplade till dess framställning då produktionen medför sociala och miljömässiga konsekvenser i ursprungsländerna. Goda förutsättningar för lokal produktion av bland annat HVO100 finns i Västernorrland genom närheten till skogsindustrin vilket utgör en potential för mer hållbart framställd HVO i framtiden. Andra alternativa drivmedel med potential som diskuterats är biogas och vätgas, bland annat då det i länet finns lokal produktion av både biogas och vätgas. Diesel MK1 är på grund av dess fossila komponent inte av intresse som huvudsakligt drivmedel i framtida upphandlingar. FAME/RME har testats i Västernorrlands kollektivtrafik, men används i dagsläget inte på grund av ökat underhåll och sämre köldtålighet relativt dagens drivmedel.

För att uppskatta elektrifieringspotentialen av kollektivtrafiken i Västernorrland har en elbussutredning och potentialstudie genomförts. Utifrån befintligt linjenät och trafikering har utredningen identifierat var det är möjligt att elektrifiera busstrafiken. Befintligt trafikupplägg har analyserats på linjenivå i de 7 prioriterade trafikområdena. Lösningssupplägg presenteras på såväl linje- som trafikområdesnivå. En övergripande analys av resterande 13 trafikområden har genomförts med fokus på att identifiera linjer som potentiellt kan elektrifieras.

Elbussar är etablerad teknik i Norden och Sverige, om än inte i stor skala. Depåladdning är vanligast typ av lösning på grund av dess flexibilitet, men kan kompletteras av tilläggsaddning om det bedöms behövas. I Västernorrland är depåladdning möjlig för 99 av totalt 110 busslinjer. Resterande linjerna behöver en form av tilläggsaddning för att kunna elektrifieras. I Sundsvall bedöms att linjerna i stadstrafik (linje 1-5) kräva tilläggsaddning. Resterande linjer som inte klarar sig depåladdning, vilka går i landsbygdstrafiken, riskerar bli tekniskt och ekonomiskt svåra att elektrifiera varför de kanske bör nyttja andra drivmedel. Dessa linjer är, 40, 42, 50, 90, 120 och 201. Vidare kan små depåer vara svåra att elektrifiera, både på grund av eventuella begränsningar i elnätet eller av rent ekonomiska skäl. Det kan därför vara ekonomiskt fördelaktigt att prioritera en elektrifiering av bussarna vid större depåer (med fler än 20 uppställningsplatser) och därmed dra nytta av skalfördelar.

Med utgångspunkt i målsättningarna som berör kollektivtrafiken inom Västernorrlands län kan framtida upphandlingar endast inkludera drivmedelsupplägg som är helt fossilfria. Flera olika kombinationer av drivmedel kan bidra till måluppfyllelse, men vissa lösningar medför ny infrastruktur eller innebär större mängd utsläpp än andra. För att bedöma de ekonomiska och klimatomfattiga förutsättningarna ur ett livscykelperspektiv för olika kombinationer av drivmedel togs ett antal räkneexempel fram vilka beräknades i en livscykelkalkyl. Fem olika exempel analyserades för att se vilka kombinationer av drivmedel som kan användas och vilka konsekvenser dessa räkneexempel har på ekonomi och klimat. Några viktiga insikter är:

- De exempel som medför lägst driftkostnad är de med stor andel elfordon, samtidigt som de medför något högre kostnader avseende underhåll och betydligt högre kostnader avseende grundinvestering.
- Befintligt upplägg med biodieseldrivna bussar ger lägst nuvärdeskostnad.
- Högst utsläpp av växthusgaser har exempel med enbart biodieseldrivna bussar. Om fordonsflottan även består av elbussar och biogasbussar minskar utsläppen.
- Elbussar genererar lägre utsläpp i närmiljön, vilket kan vara av stort värde i ex. stadsmiljön.

Utifrån dessa räkneexempel och dess resultaten avseende livscykelkostnad, emissioner, elektrifieringspotential och bidrag till regionens mål har tre möjliga drivmedelsupplägg för kollektivtrafiken i Västernorrlands län sammanställs. Samtliga tre upplägg är möjliga att implementera, men de har olika för- och nackdelar.

Drivmedelsupplägg A utgår från att samtliga fordon i kollektivtrafiken drivs med HVO, i likhet med hur det ser ut idag. Detta upplägg bidrar mest till den ekonomiska hållbarheten och har lägst LCC. Genom att använda beprövade drivmedel är färdplanen inte förknippad med några egentliga osäkerheter, utan trafiken kommer att kunna driftsättas enligt plan och med förutsägbar kostnad. Upplägg A uppfyller regionens krav om fossilfrihet och bidrar till målen gällande exempelvis ekonomisk långsiktighet och resurseffektiv kollektivtrafik.

Drivmedelsupplägg B innehåller en omfattande elektrifiering av busstrafiken (80 procent av bussarna är eldrivna), biogasbussar införs i Härnösand (9 procent av alla bussar) och resterande drivs med HVO. Detta upplägg bidrar mest till nå mål om minskad klimat- och miljöpåverkan. Det har även högst kostnad, samt osäkra kostnader och osäkerheter gällande om implementeringen kan ske till start av ett nytt trafikavtal, december 2024. Detta upplägg bidrar i hög omfattning till regionens mål om exempelvis god miljö och långsiktigt hållbar utveckling, social inkludering samt minskad negativ miljöpåverkan.

Drivmedelsupplägg C utgår ifrån en elektrifiering av de busslinjer som Region Västernorrland har identifierat som prioriterade (22 procent av alla bussar), det införs biogasbussar för landsbygdstrafiken i Härnösand (6 procent) och att resterande drivs med HVO. Detta upplägg bidrar mer till måluppfyllnad gällande ekologisk hållbarhet än upplägg A men mindre än upplägg B, motsatt gäller för ekonomisk hållbarhet och implementering av färdplan. Detta innebär att upplägg C utgör en medelväg mellan de övriga drivmedelsuppläggen där negativa effekter å ena sidan hålls nere, men där vinster och nyttor å andra sidan får mindre genomslag än i övriga alternativ. Detta upplägg bidrar således till många av regionens mål, men inte i lika hög omfattning som upplägg A och B.

Avslutningsvis sammanställdes viktiga moment och rekommendationer inför implementering och upphandling i en färdplan. Upplägg A innefattar beprövade drivmedel varför färdplanen inte är förknippad med några egentliga osäkerheter och innebär att trafiken kommer att kunna driftsättas enligt plan och med en förutsägbar kostnad. Upplägg B står i motsättning till upplägg A och medför osäkra och högre kostnader med flera osäkerheter huruvida upplägget kan implementeras till december 2024. Upplägg C innehåller mestadels beprövade drivmedel, men med ett relativt stort inslag av elbussar och biogasdrivna bussar. Bedömningen är att detta upplägg kan implementeras utan några större risker, men till högre kostnad jämfört med nuvarande trafik.

Av de tre alternativen förordas upplägg C som en inriktning för drivmedelsupplägg i Västernorrland. Olika bränslen har olika egenskaper med tillhörande för- och nackdelar. Trafikupplägg (turtäthet, linjelängd, med mera), fordonskrav, lokalisering av depåer och tillgång till bränslen är faktorer som i hög grad påverkar eller begränsar vilket bränsle som är lämpligt på vilken plats, vilka linjer och när det ska implementeras. Mot denna bakgrund bör en fördjupad analys genomföras inför slutgiltigt beslut om drivmedelsmix. Likaså ekonomi och värdering av sociala och miljömässiga aspekter påverkar valet av bränsleanvändningen i bussflottan.

När det gäller kostnader är det viktigt att ha i åtanke att samtliga beräkningar i denna utredning baseras på den kunskap som finns idag (se bilaga 4 med känslighetsanalyser) samt att vid upphandling av infrastruktur för trafikdriften och busstrafik avgör marknaden och den då rådande konkurrenssituation de faktiska kostnaderna.

8. REFERENSER

Biofuel Region, *Regionala förutsättningar för infrastruktur för elfordon och förnybara drivmedel – i Västernorrland*, 2019

Bussmagasinet, *Minskat stöd till elbussar – elbusspremien fasas ut*, 2021, <https://www.bussmagasinet.se/2021/04/minskat-stod-till-elbussar-elbusspremien-fasas-ut/> [Hämtad 2021-04-29]

Bussmagasinet, *Solaris får stororder på stadsbussar till Vy Buss i Gävle och Skåne*, 2019, <https://www.bussmagasinet.se/2019/08/solaris-far-stororder-pa-stadsbussar-till-vy-buss-i-gavle-och-skane/> [Hämtad 2021-06-02]

Borén, S., 2018, *Towards sustainable personal mobility with electric cars and buses* (PhD dissertation, Blekinge Institute of Technology) <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:bth-16965> [Hämtad 2021-06-17]

Cleveland State University/MHCoE och CTE, *An Analysis of the Association between Changes in Ambient Temperature, Fuel Economy, and Vehicle Range for Battery Electric and Fuel Cell Electric Buses*, u.å., <https://cte.tv/wp-content/uploads/2019/12/Four-Season-Analysis.pdf> [Hämtad 2021-06-02]

Din Tur, *Framtidens kollektivtrafik i Västernorrlands län – Regionalt trafikförsörjningsprogram 2030*, 2018

Energimyndigheten, *Elbusspremie*, 2019, <https://www.energimyndigheten.se/klimat--miljo/transporter/transporteffektivt-samhalle/elbusspremie/> [Hämtad 2021-06-02]

Energimyndigheten, *Drivmedel 2019 – ER 2020:26*, 2020

Energimyndigheten, *Informationsstöd om elbussupplägg till kollektivtrafikhuvudmän - Åtagande i den strategiska planen för omställning av transportsektorn till fossilfrihet (SOFT)*, 2019, ER 2019:03, ISSN 1403-1892

FRIDA-databas, 2020

HEMAB, *PM - HEMABs biogas i kollektivtrafiken*, 2020

Härnösands energi och miljö, *Framtidsinvesteringar i utökad anläggning*, 2019

IRENA, *Electricity storage And renewables: Costs and markets to 2030*, 2017, https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Oct/IRENA_Electricity_Storage_Costs_2017.pdf [Hämtad 2021-06-02]

IVL Svenska Miljöinstitutet, *Lithium-Ion Vehicle Battery Production*, 2019

Länsstyrelsen Västernorrland, *Energi- och klimast strategi för Västernorrland 2020–2030*, 2019

Länsstyrelsen Västernorrland, *Västernorrlands regionala plan för infrastruktur för elfordon och förnybara drivmedel*, 2019, Publikation nr 2019:12 ISSN 1403-624X

NTF, *Resande i kollektivtrafiken*, u.å., <https://ntf.se/ntf-anser/kollektivtrafiken/> [Hämtad 2021-06-02]

OECD, *Due Dilligence Guidance for responsible supply chains of minerals from Conflict-Affected and High-Risk Areas*, 2016

Region Västernorrland, *Ett Västernorrland – Handlingskraft, livskraft och naturkraft. Regional utvecklingsstrategi för Västernorrland 2020–2030*, 2019

Region Västernorrland, *Kollektivtrafik*, u.å., <https://www.rvn.se/sv/Utveckling/Kollektivtrafik-och-infrastruktur/kollektivtrafik/> [Hämtad 2021-06-02]

Prop. 2009/10:200, Lag (2010:1065) om kollektivtrafik

Smed (Svenska MiljöEmissionsData), *Emissionsfaktor för nordisk elmix med hänsyn till import och export*, SMED Rapport nr 4 2021, <https://smed.se/luft-och-klimat/4708>, [Hämtad 2021-04-08]

Svensk kollektivtrafik, *Modellavtal & bilagor*, <https://www.svenskkollektivtrafik.se/partnersamverkan/modellavtal--bilagor/> [Hämtad 2021-06-21 9]

Sveriges miljömål, *Utsläpp av växthusgaser från inrikes transporter*, 2019, <http://www.sverigesmiljomal.se/etappmalen/utslapp-av-vaxthusgaser-fran-inrikes-transporter/> [Hämtad 2021-06-02]

Sweco, *FRAMTIDENS DRIVMEDEL FÖR LULEÅ LOKALTRAFIK (LLT) Handlings- och implementeringsplan fram till år 2030, 2020*

Tidningen Energi, *Elektrobränsle kan bli svensk storindustri*, u.å., <https://www.energi.se/artiklar/elektrobransle-kan-bli-svensk-storindustri/> [Hämtad 2021-06-02]

Trafikverket, *Stadsmiljöavtal*, u.å., <https://www.trafikverket.se/tjanster/ansok-om/ansok-om-bidrag/statligt-stod-for-hallbara-stadsmiljoer---stadsmiljoavtal/> [Hämtad 2021-06-02]

Transportstyrelsen, Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1370/2007 av den 23 oktober 2007 om kollektivtrafik på järnväg och väg och om upphävande av rådets förordning (EEG) nr 1191/69 och (EEG) nr 1107/70, https://transportstyrelsen.se/globalassets/global/vag/rena-transporter/forordningeg1370_2007.pdf [Hämtad 2021-06-02]

Wetterlund et al, *Bioflygbränslen från skogsråvara: Delrapport AP1 Råvaror och produktionsteknik*, 2017

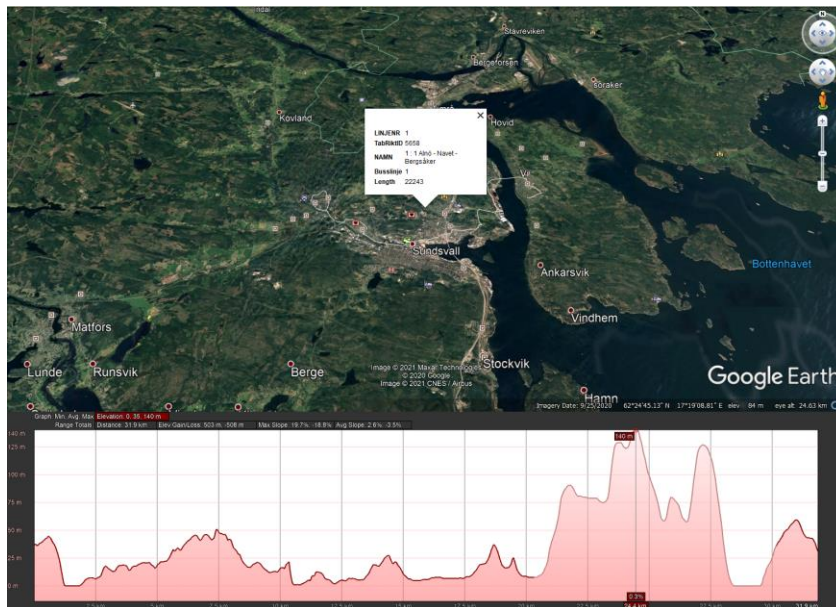
Muntlig kommunikation

Helen Lundahl	Sundsvalls kommun	Kollektivtrafikstrateg
Ulf Rehnberg	Härnösands kommun	Trafikstrateg
Neil Johnson	Örnsköldsviks kommun	Trafikstrateg
Charlotta Isaksson	Nobina	Trafikchef Västernorrland
Tomas Byberg	Byberg & Nordin	VD
Urban Simander m.fl.	SKIFU	Förvaltare och fastighetschef
Bo Almström, Susanna Blomgren m.fl.	Din Tur	Kollektivtrafik, data

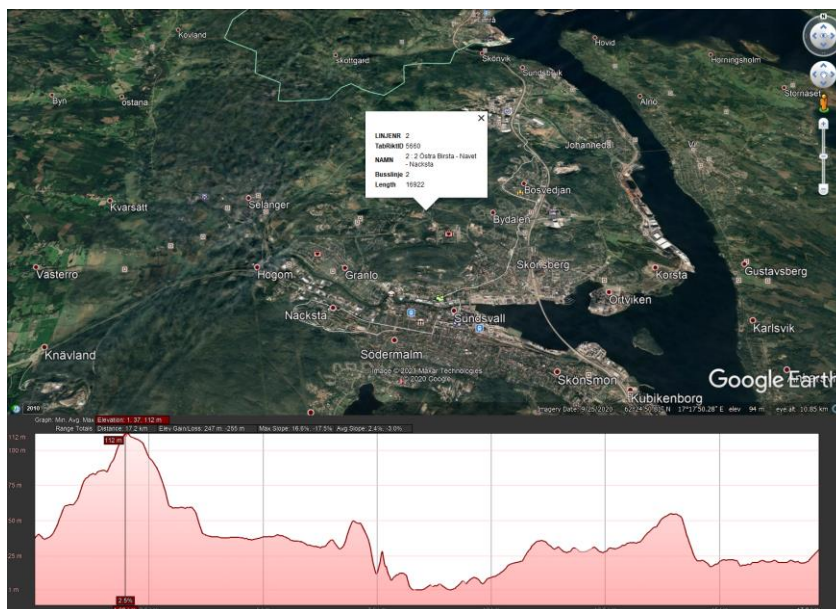
BILAGA 1- DEPÅÖVERSIKT

Operatör	Plats	Antal fordon	Uppställning motorvärmare, batteriladdare	Byggnad	Tank	Tvätt	Verkstad
ÖRNSKÖLDSVIK							
Byberg & Nordin	Husum	1	x				
Delad	Örnsköldsvik	40	x	x	x	x	x
Byberg & Nordin	Skorped	2		x			
Byberg & Nordin	Solberg	1	x				
Byberg & Nordin	Köpmanholmen	4		x		x	
Byberg & Nordin	Trehörningsjö	1	x				
Byberg & Nordin	Långviksmon	1	x				
Byberg & Nordin	Bredbyn	5	x				
SOLLEFTEÅ							
Byberg & Nordin	Junsele	2		x			
Byberg & Nordin	Ramsele	4					
Byberg & Nordin	Sollefteå	14		x	x	x	x
Byberg & Nordin	Näsåker	2	x				
Byberg & Nordin	Junsele	2		x			
KRAMFORS							
Byberg & Nordin	Prästmon	1	x				
Byberg & Nordin	Kramfors	20		x	x	x	x
Byberg & Nordin	Nyadal/Kramfors	2		x	x	x	
Byberg & Nordin	Docksta	5		x	x	x	x
Byberg & Nordin	Järesta	2		x		x	
Nobina	Ullånger	2	x				
HÄRNÖSAND							
Byberg & Nordin	Härnösand	28		x	x	x	x
Nobina	Härnösand	1	x				
Byberg & Nordin	Viksjö	2	x	x			
Byberg & Nordin	Älandsbro	1	x				
TIMRÅ							
Byberg & Nordin	Timrå	40		x	x	x	x
ÅNGE							
Byberg & Nordin	Torpshammar	6		x	x	x	x
Byberg & Nordin	Ånge	4		x	x	x	x
SUNDSVALL							
Byberg & Nordin	Stöde	2	x				
Nobina	Gärdet	59	x		x	x	x
Nobina	Njurunda	11	x			x	
Nobina	Matfors	7	x				

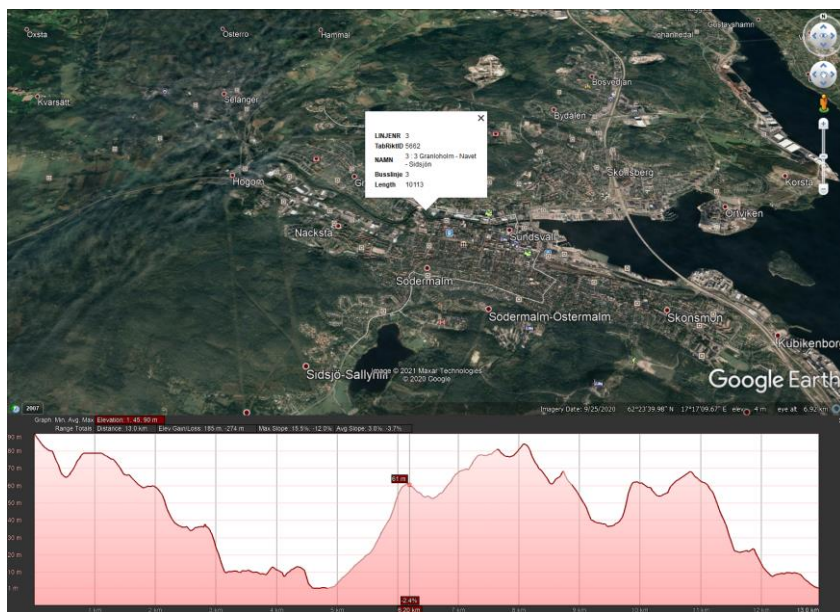
BILAGA 2 - TOPOGRAFISK KARTLÄGGNING



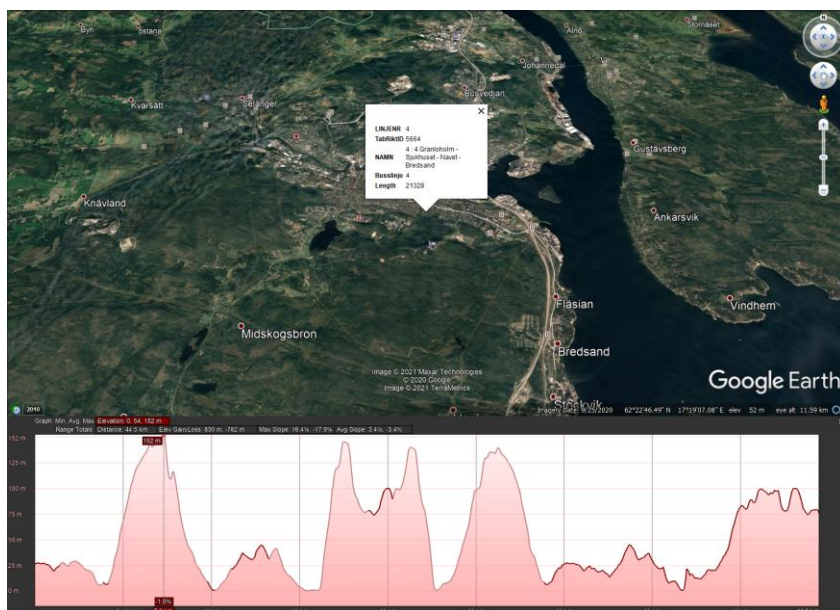
Figur 1: Topografi: Linje 1 (Alnö - Navet - Bergsåker) med tillhörande topografi. Källa: Google Earth



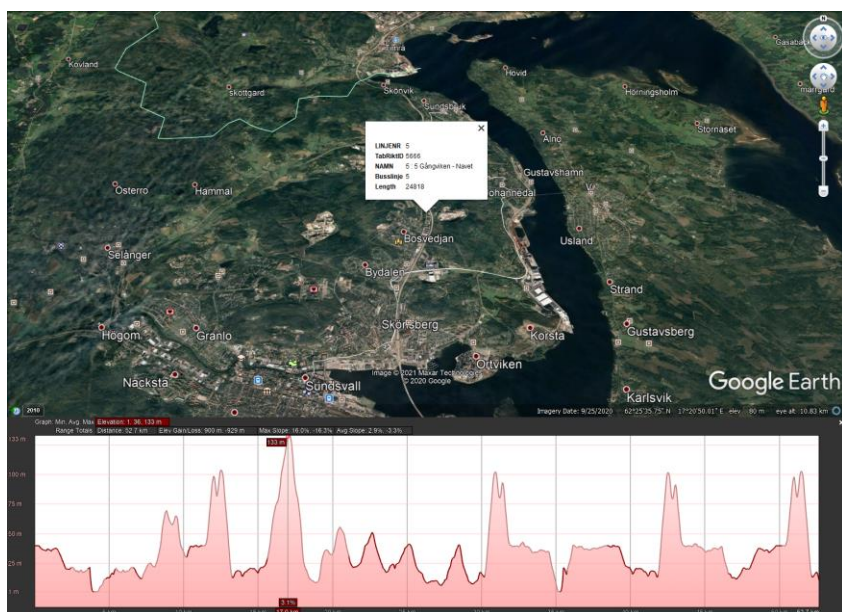
Figur 2: Topografi: Linje 2 med tillhörande topografi. Källa: Google Earth



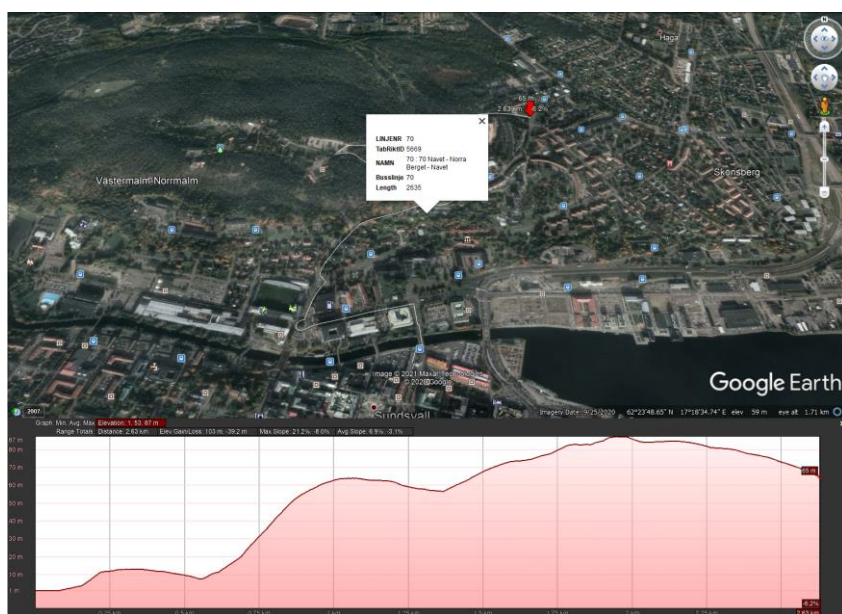
Figur 3: Topografi: Linje 3 med tillhörande topografi. Källa: Google Earth



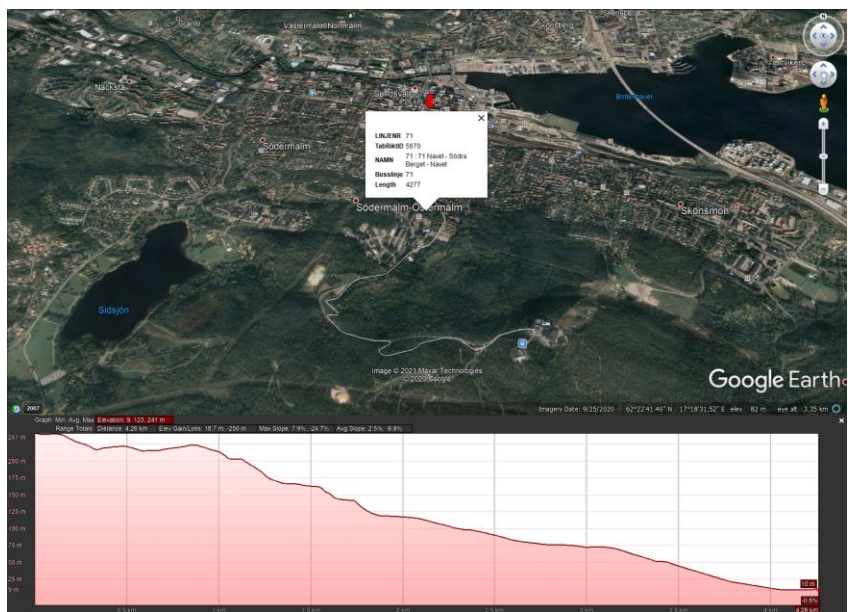
Figur 4: Topografi: Linje 4 med tillhörande topografi. Källa: Google Earth



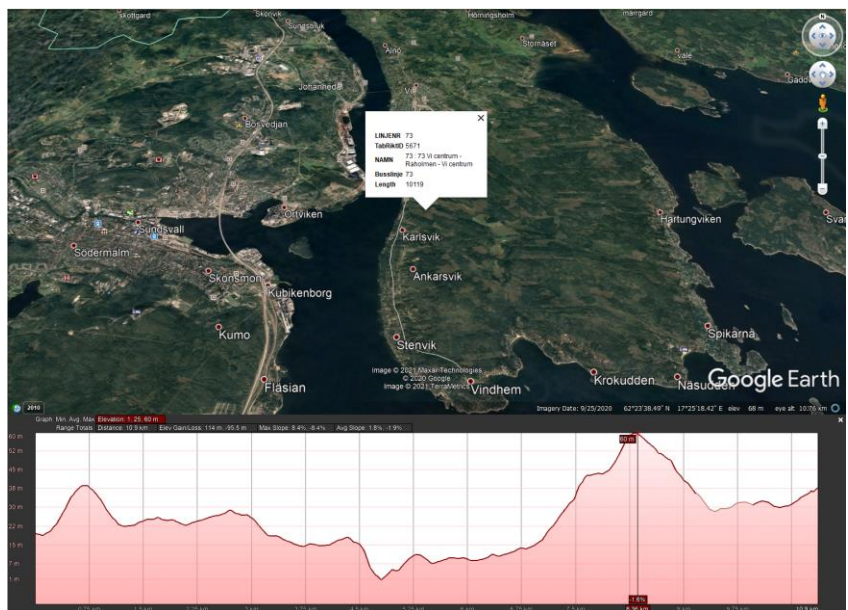
Figur 5: Topografi: Linje 5 med tillhörande topografi. Källa: Google Earth



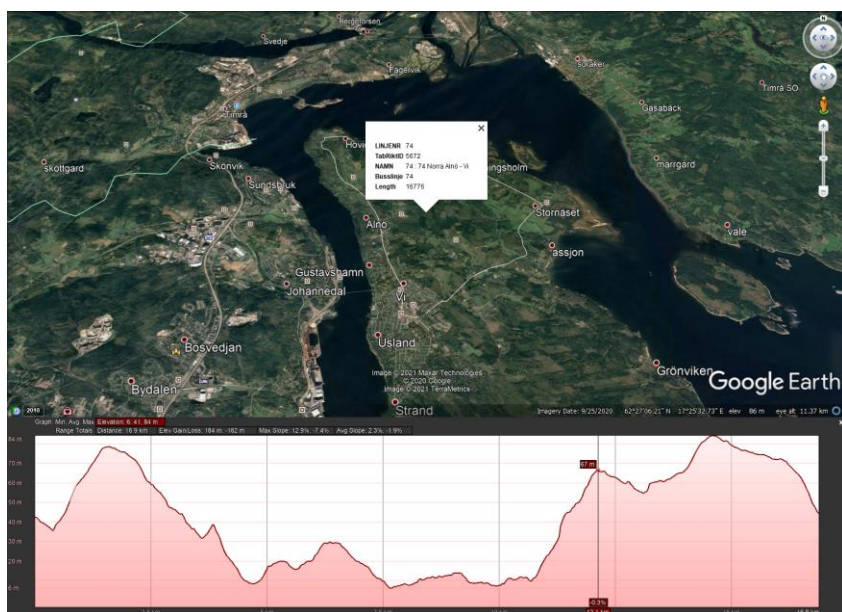
Figur 6: Topografi: Linje 70 med tillhörande topografi. Källa: Google Earth



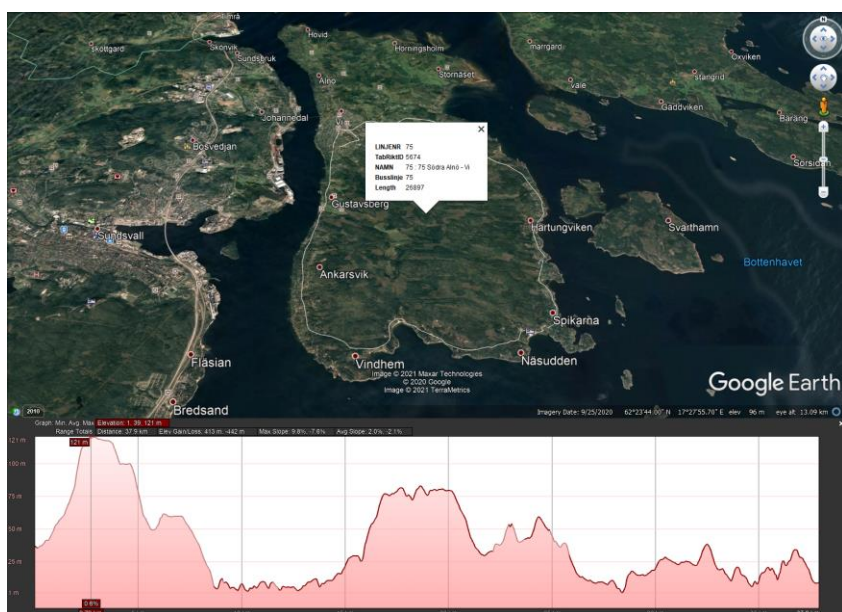
Figur 7: Topografi: Linje 71 med tillhörande topografi. Källa: Google Earth



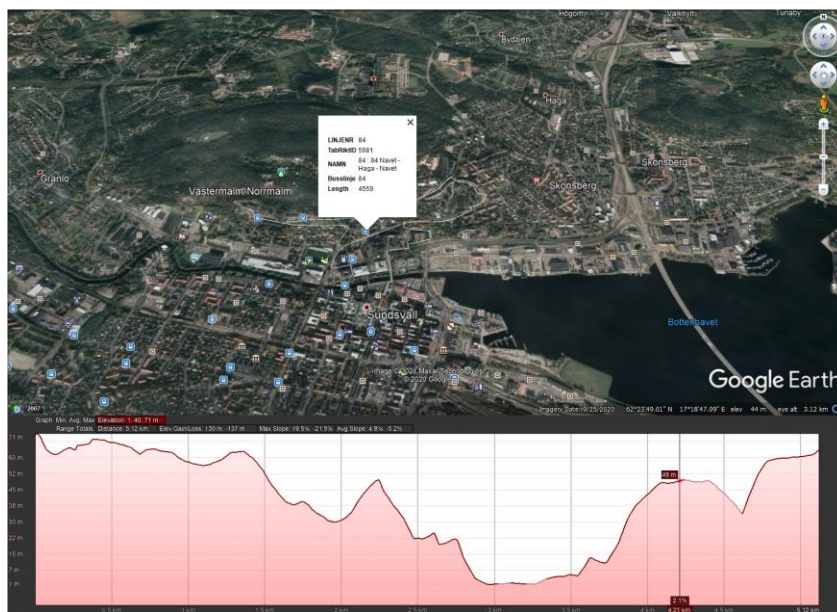
Figur 8: Topografi: Linje 73 med tillhörande topografi. Källa: Google Earth



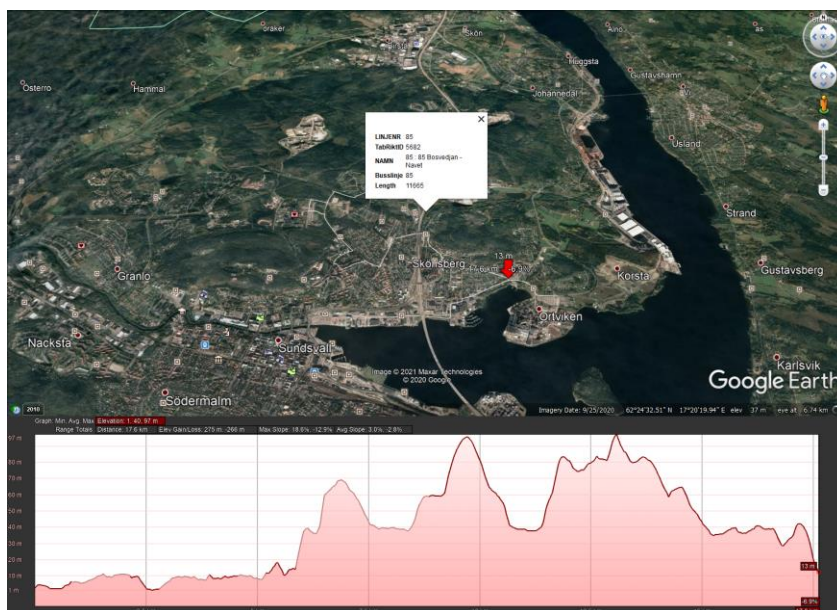
Figur 9: Topografi: Linje 74 med tillhörande topografi. Källa: Google Earth



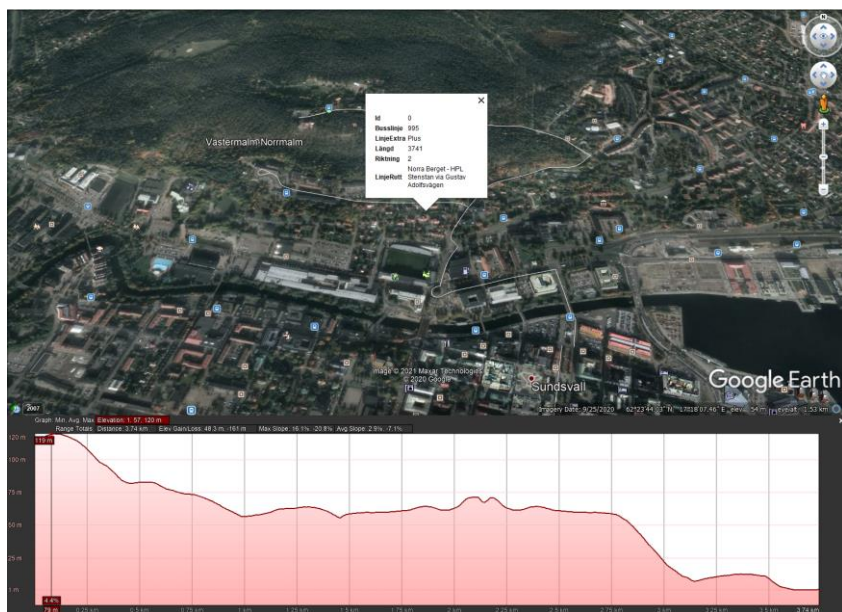
Figur 10: Topografi: Linje 75 med tillhörande topografi. Källa: Google Earth



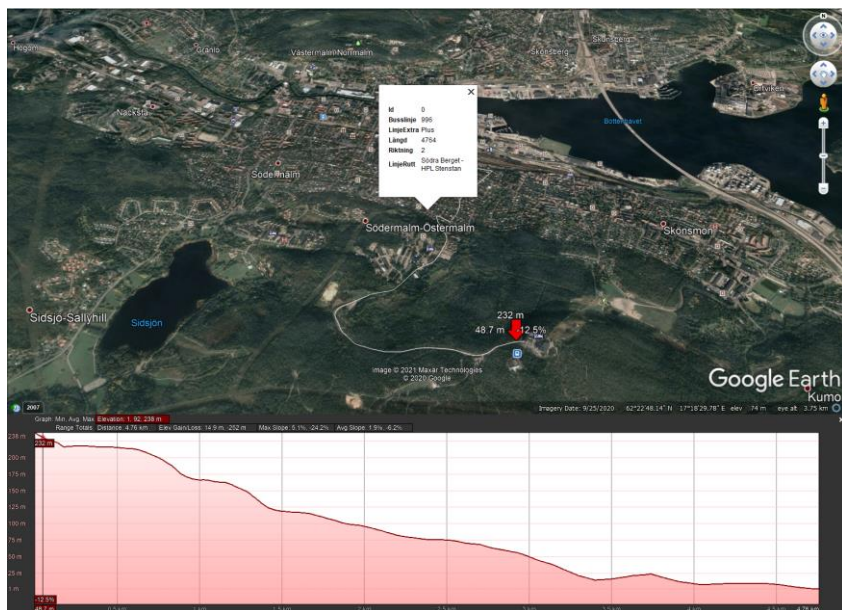
Figur 11: Topografi: Linje 84 med tillhörande topografi. Källa: Google Earth



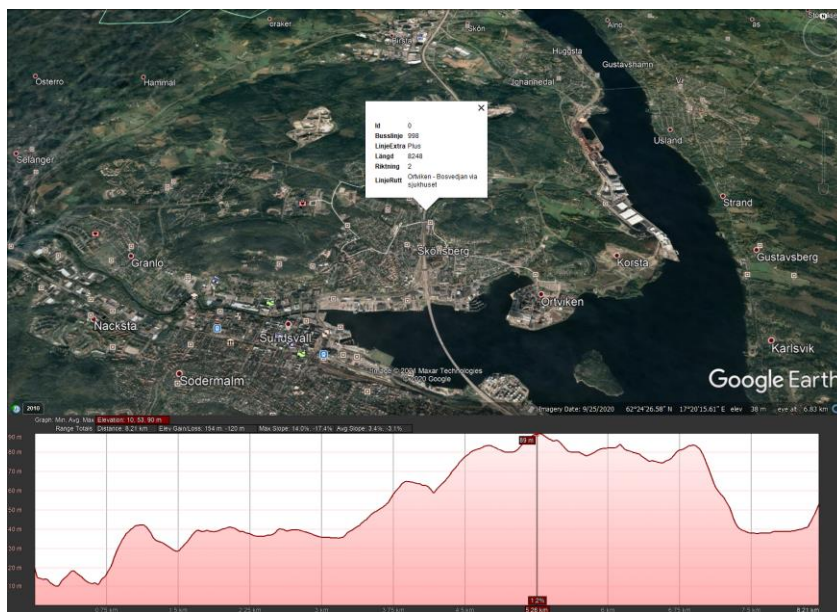
Figur 12: Topografi: Linje 85 med tillhörande topografi. Källa: Google Earth



Figur 13: Topografi: Linje 995 med tillhörande topografi. Källa: Google Earth



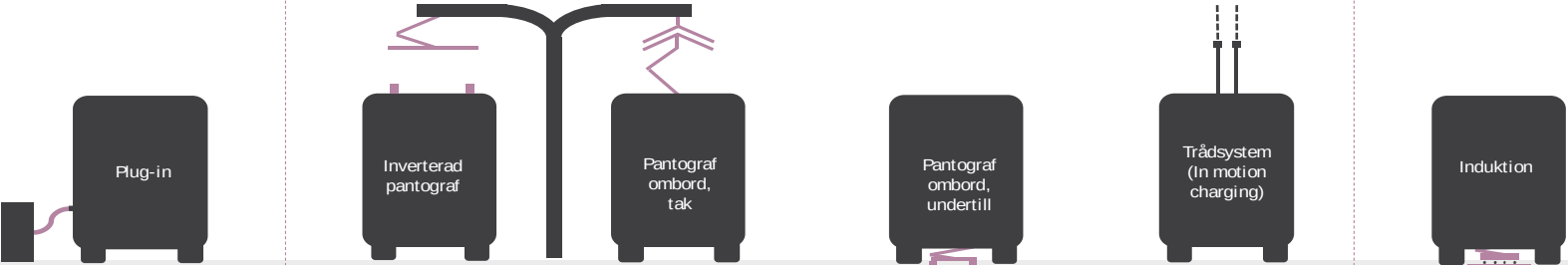
Figur 14: Topografi: Linje 996 med tillhörande topografi. Källa: Google Earth



Figur 15: Topografi: Linje 998 med tillhörande topografi. Källa: Google Earth

BILAGA 3 - TEKNISKA ASPEKTER

Tabell 1: Överblick av olika laddtekniker för laddbara bussar. Källa: Sweco på uppdrag av Energimyndigheten och Trafikverket.

				
Laddteknik	Typisk effekt (kW)	Installation	Fördelar	Nackdelar
Plug-in	30 – 150	Elskåp. Gemensam nätstation för depå. Inkoppling med kabel vid varje depåplats.	Mogen teknik. Låg driftskostnad och lätt att installera. Lätt att använda vintertid.	Kräver manuell hantering. Extra arbetsmoment att ansluta laddkabeln i bussen, kan vara tungt.
Inverterad pantograf	300 – 700	Elskåp (lågspänningsanslutning) eller nätstation (högspänningsanslutning). Stolpe/balk/portal antingen vid ändhållplatser/ terminal eller dedikerade laddplats i närhet till ändhållplats.	Förenklad busskonstruktion jämfört med pantograf ombord. Mindre batterier behövs. Tål höga effekter.	Ökar pris per laddstation jämfört med pantograf ombord. Synlig infrastruktur. Rörliga delar kräver underhåll.
Pantograf ombord			Förenklad konstruktion av laddstation jämfört med inverterad pantograf. Minskar kostnader för nätverket av laddstationer.	Större krav på positioneringsnoggrannhet. Mer krävande sett till drift och underhåll. Större utmaning än inverterad pantograf vid snöväder. Synlig infrastruktur.
Induktion-stationärt	200	Elskåp (LSP-anslutning) eller nätstation (HSP-anslutning) Laddningsplatta under marken	Mindre synlig infrastruktur. Färre rörliga delar.	Omogen teknik. Luftgapet mellan bussen och laddningsplattan orsakar överföringsförluster. Större krav på positioneringsnoggrannhet
Elvågssystem	Tråd: 50 – 60 Skena i väg: 200–800 Induktivt: 25–100	Längs med busslinjen behövs vissa anslutningspunkter med elskåp.	Tråd, mogen teknik. Tråd, betydligt billigare alternativ till spårvagnar och liknande kollektivtrafik. Mindre batterier alternativt inga batterier behövs i bussarna.	Synlig infrastruktur vid tråd. Visuell påverkan i stadsmiljö. Minimal påverkan i stadsmiljö med skena och induktivt. Skena och induktivt, ej moget teknikkoncept i nuläge. Minskad flexibilitet i linjedragning.

Tekniska lösningar - bussar och infrastruktur

Batterikemierna som används varierar beroende på de olika tillverkarna och typ av applikation. Tabell 2 sammanställer tillgängliga elbussmodeller per tillverkare samt visar dess val av batterikemi, passagerarkapacitet och möjliga laddlösningar.

Tabell 2: Sammanställning av elbusstillverkare och modeller, juni 2020. Källa: Sweco med underlag av tillverkare. Alternativ som finns markerats med "X".

Tillverkare	Modell		Batterikemi ¹	Kapacitet (passagerare)		Batterikapacitet (kWh)		Laddning		
	12-m	18-m		12-m	18-m	12-m	18-m	Plug-in	Pantograf ombord	Inverterad pantograf
BYD	X	X	LFP	80	129	320	348	X 50 kW CCS	X 300 kW	N/A
Ebusco	X	X	LFP	90	130	362/475	362/544	X	-	X (OppCharge)
Irizar	X	X	Beror på laddstrategi	80	155	90/185/ 350	150/260/ 525	X 100/150 kW CCS	X 450/500/ 600 kW	-
Iveco	X	X	NMC, LTO	N/A	N/A	280-385 (NMC) 73-88 (LTO)	102-117 (LTO) 250 (NMC)	X 100 kW CCS	-	X 450 kW (OppCharge)
MAN	X	X	NMC	88	120	480	640	X 150 kW CCS	-	-
Mercedes	X	X	NMC & solid state	80-93	93-136	146-396 (NMC) 252-441 (SS)	243/396 (NMC) 378/441 (SS)	X CCS	X	X (OppCharge)
Scania	X	-	NMC	100	N/A	250	-	X 150 kW CCS	X 300 kW	X 300 kW (OppCharge)
Sileo	X	X	LFP	90	136	225	337	X 180 kW CCS	-	-
Solaris	X	X	NMC/ LTO	90	129 ²	120/240 58/145	300/553	X CCS	X 400 kW	X (OppCharge)
VDL	X	X	Beror på laddstrategi	75	135	216/288 /350	216/288 /420	X	X 450 kW	X 450 kW (OppCharge)
Volvo	X	X	LFP	90/102	154	250	300/400	X CCS	X	X (OppCharge)
Yutong³	X	X	LFP	92	N/A	422	563	X CCS	N/A	N/A

¹ Förkortningen visar vilka material som används till batteriet, L=litium N=nickel, C=kobolt, A=aluminium, FP=järnfosfat, TO=titanoxid, M=mangan

² Senaste modellen rymmer upp till 141 passagerare; <https://www.sustainable-bus.com/electric-bus/e-buses-cracow-mpk-solaris/>

³ Klass-II version finns

Tabell 3 nedan sammanfattar de olika laddsystemen som levereras för elbussar samt de kommunikationsprotokoll som används.

Tabell 3: Sammanställning av laddinfrastrukturtilverkare och de kommunikationsprotokoll som används, juni 2020. Källa: Sweco med underlag från tillverkare. Alternativ som finns markeras med "X".

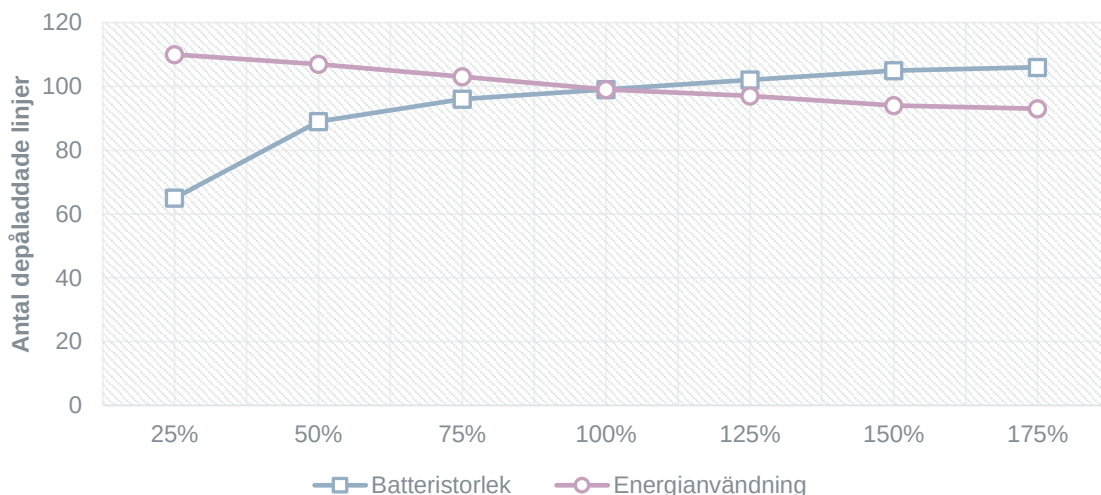
Tillverkare	Plug-in CCS-2	Pantograf ombord	Inverterad pantograf	Kommunikation back-end
ABB	X 50 – 150 kW	X 150-600kW	X 150- 600kW	OCPP 1.6 (forb 2.0)
BYD	X AC 80 kW DC 150 kW	X CCS 150 kW	N/A	proprietary communication operating system
Ebusco	X 60/120 kW	-	-	OCPP
Ekoenergetyka	X 50 kW	X 200 kW	X upp till 1 MW	X OCPP 1.6
Heliox	X 50 – 150 kW	X 150 – 600 kW	X 150 – 600 kW	OCPP
Kempower	X 50 - 600 kW	-	-	X OCPP 1.6
Luobinsen	X 180 kW	X 200 – 500 kW	X 200 – 500 kW	X OCPP
Siemens	X upp till 200 kW	X upp till 800 kW	X upp till 800 kW	OCPP (forb. 2.0)

BILAGA 4 – KÄNSLIGHETSANALYS

Elbussutredning

Resultaten som visas från potentialstudien av elbussar påverkas främst av två faktorer; energianvändningen per kilometer samt batteristorleken som antas. Båda kan uttryckas i form av tillgänglig räckvidd som kan antas för de dagliga omloppen. På samma sätt som i elbussutredningen uppskattas potentiella linjer där depåladdning kan användas som laddstrategi med hänsyn till succesiva förändringar (25 procent till 175 procent) av batteristorleken och energianvändning per kilometer. Referensvärde (100 procent) är för batteristorleken 420 kWh och 1,5 kWh/km för energianvändningen. SOC-intervallet antas vara konstant, dvs. 70 procent. Figur 1 visar att kalkylen är känsligare för förändringar i batteristorleken än den är avseenden energianvändningen per kilometer. Vid den minsta batteristorleken (25 procent av referensvärdet 420 kWh vilket motsvarar 105 kWh) minskar antal linjer som kan elektrifieras med depåladdning till 66 jämfört med 99 för referensfallet (dvs. en minskning med 34 procent).

Skillnaderna är inte lika stora vid förändring (minskning eller ökning) av energianvändningen. Det bör även noteras att antalet linjer som skulle kunna depåladdas inte ökar lika kraftigt vid en ökning av batteristorleken jämfört med effekterna av en minskning av batteristorleken. Ett batteri som är 105 kWh större än referensfallet (525 kWh istället för 420 kWh) möjliggör endast en elektrifiering av 3 linjer till. Detta innebär att batteristorlekar som ligger inom den initialt antagna storleksordningen (och även är vanliga batteristorlekar att införskaffa i övriga Sverige) är lämpliga för att täcka regionens elektrifieringsbehov.



Figur 1: Känslighetsanalys för det potentiella antalet depåladdade bussar beroende på batteristorlek och energianvändning per kilometer.

Kostnads- och utsläppskalkyler

Det finns ett flertal faktorer som kan förändra utfallet av både livscykelkostnads- och utsläppskalkylen över den valda kalkylperioden. För livscykelkostnadskalkylen är en av de mer osäkra faktorerna framtida drivmedelspriser, där vissa är exempelvis mer konjunkturkänsliga än andra. Om samtliga drivmedel ser en kostnadsökning om ca 20 procent är det vissa drivmedelsupplägg som får en betydligt sämre LCC-kalkyl än andra. Då kostnaden för drivmedel är större för de scenarier med en större andel HVO och biogas blir den relativa kostnadsökningen högre för dessa scenarier jämfört med de som främst nyttjar el enligt tabell 1.

Tabell 1. Känslighetsanalys över LCC med 20 procent ökning i drivmedelskostnad under den satta kalkylperioden relativt ordinarie LCC-kalkyl.

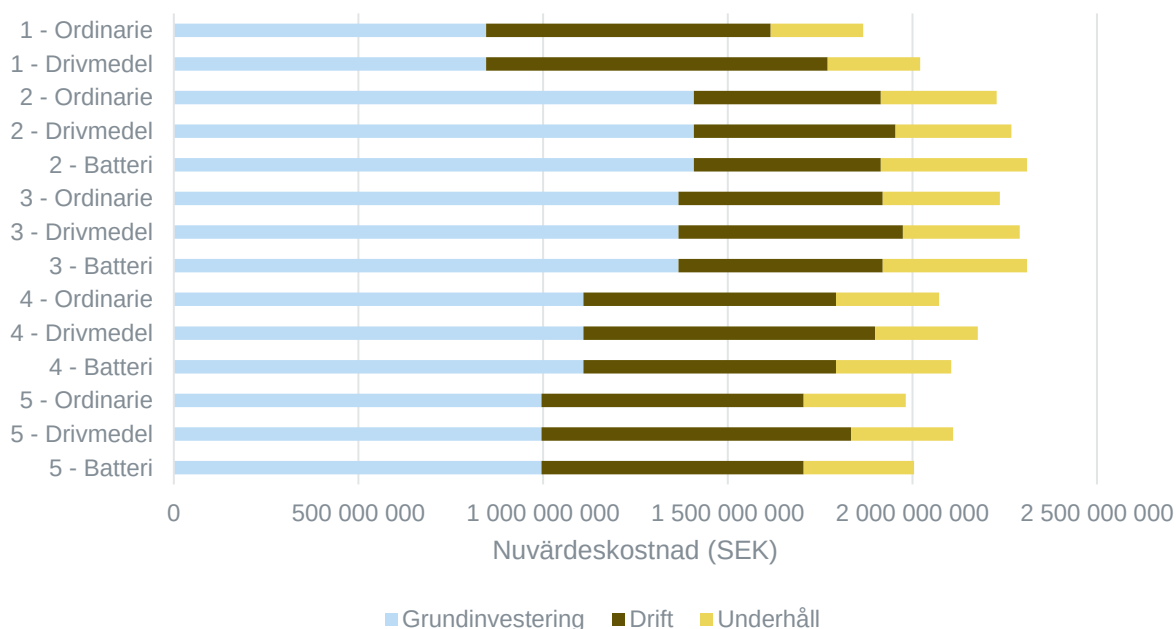
	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5
Ordinarie [mSEK]	1 867	2 228	2 237	2 072	1 983
Ökat samtliga drivmedel med 20 % [mSEK]	2 021	2 268	2 291	2 178	2 111
Ökning LCC i procent	8%	2%	2%	5%	6%

En annan parameter som kan påverka LCC-kalkylens resultat är batteripriset vid reinvestering. I grundinvesteringen har batteripriserna 5 000 kr/kWh för 120 kWh-paketen och 3 000 kr/kWh för 420 kWh-paketen använts. Vid en reinvestering av batterierna år 5 har det antagits att de nya batteripaketen kostar 35 procent mindre jämfört med grundinvesteringen. Dock så råder det en osäkerhet kring prisutvecklingen för batterier, varför det genomförts en känslighetsanalys på ett oförändrat batteripris efter 5 år. De drivmedelsupplägg med en större andel elfordon får en högre livscykelkostnad enligt tabell 2.

Tabell 2. Känslighetsanalys över LCC med ett oförändrat batteripris vid byte av batteripack under den satta kalkylperioden relativt ordinarie LCC-kalkyl.

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5
Ordinarie [mSEK]	1 867	2 228	2 237	2 072	1 983
Oförändrad batterikostnad vid reinvestering [mSEK]	1 867	2 310	2 310	2 105	2 005
Ökad LCC i procent	0%	4%	3%	2%	1%

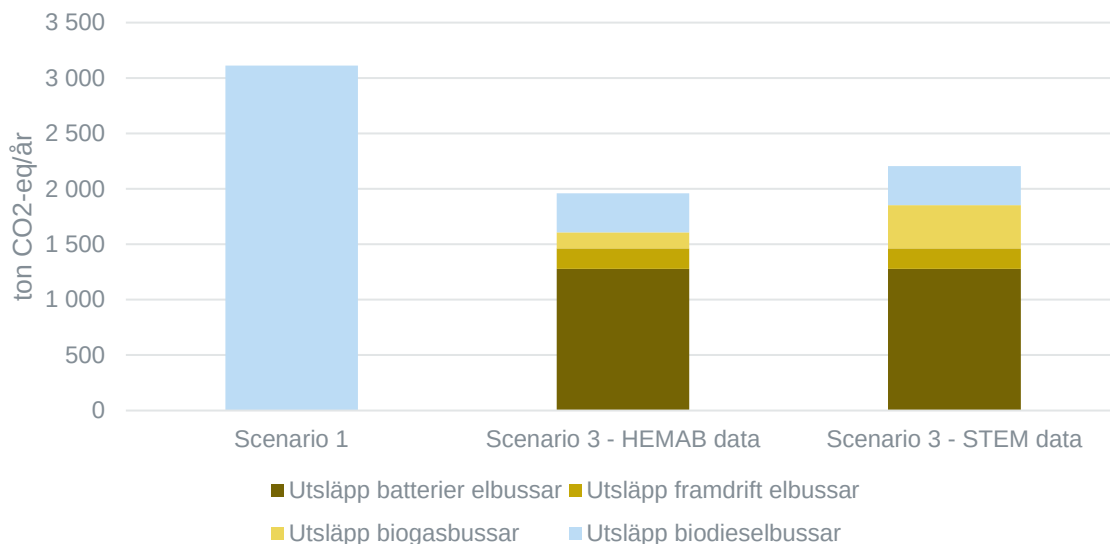
En sammanställning av testade känslighetsscenarier går att se i figur 2, där ordinarie kalkyl (Ordinarie) jämförs med ökade drivmedelspriser (Drivmedel) och oförändrade batteripriser vid reinvestering (Batteri). Värt att notera att huvuddelen av testade parametrar i känslighetsanalysen främst berör drift och underhåll av framtagna drivmedelsupplägg. Även om investeringskostnaden står för en betydande del av samtliga LCC-kalkyler är det en betydligt lägre osäkerhet kring dessa parametrar då de ligger nära i tiden. Av investeringskostnaderna är det främst kostnaden för fordon, batterier och infrastruktur som kan påverka kalkylens resultat.



Figur 2. Sammanställning av känslighetsanalys kring LCC-kalkyl för olika drivmedelsscenarier. På Y-axeln presenteras respektive scenario 1-5 med applicerad känslighetsanalys. På x-axeln visas framräknad nuvärdeskostnad för respektive scenario och känslighetsanalys fördelat på grundinvestering, drift och underhåll.

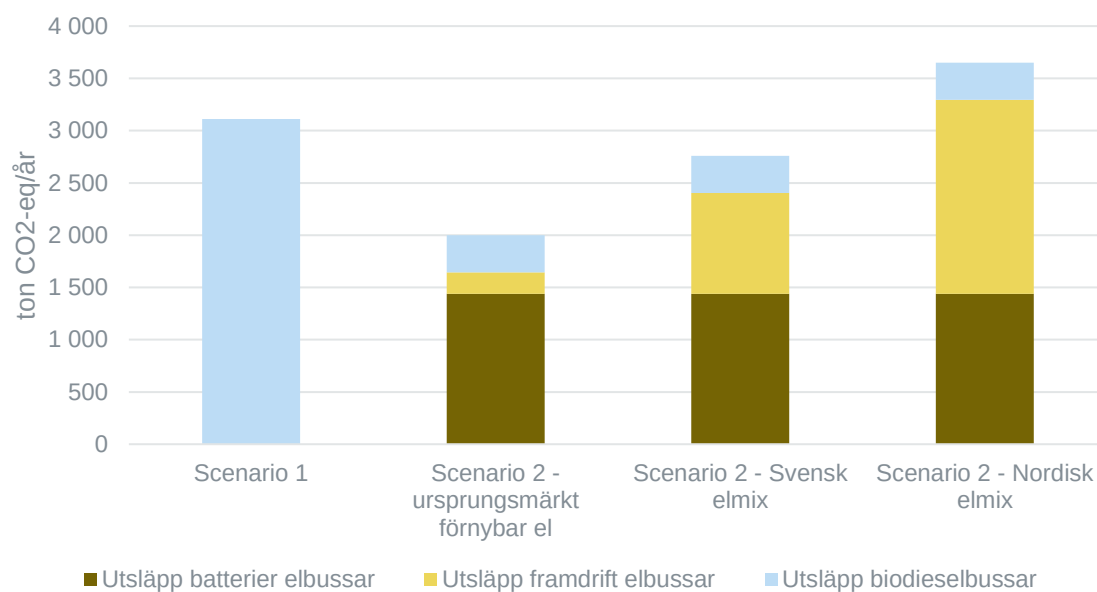
Vad gäller emissionskalkylen är det främst antagandena om emissionsfaktorer för vissa drivmedel som förväntas påverka kalkylen. I likhet med vad som visualiserades i figur 2 ovan kan emissionsparametern påverka utfallet av resultaten.

Antagandet om HEMAB:s emissionsfaktor för biogas kan ställas i relation gentemot Energimyndighetens faktor på nationell nivå, vilken är nästan tre gånger så hög (20,88 g CO₂-eq/kWh enligt HEMAB, och 57 g CO₂-eq/kWh enligt Energimyndigheten). I jämförelse mellan de båda emissionsfaktorerna för scenario 3 enligt figur 3 går det att se att Energimyndighetens emissionsfaktor ökar scenariots totala emissioner, men inte tillräckligt för att ge någon betydande förändring relativt de totala emissionerna för en fordonsflotta som helt är beroende av HVO.



Figur 3. Känslighetsanalys gällande antagande om emissionsfaktor för biogas, i jämförelse med scenario 1 och befintliga antagna värden.

Valet av elmix som elbussarna laddas med påverkar emissionskalkylen betydligt enligt figur 4. Det ursprungligt antagna värdet är för ursprungsmärkt el (10 g CO₂-eq/kWh), vilket ställs i relation till svensk elmix (47 g CO₂-eq/kWh) och nordisk elmix (90,4 g CO₂-eq/kWh). Som väntat bidrar en större emissionsfaktor till högre totala utsläpp, där emissionerna från en nordisk elmix kan förväntas bidra till mer utsläpp än nuvarande upplägg med HVO som drivmedel för bussarna. Om man i dagsläget tecknat ett elavtal om ursprungsmärkt förnybar el räknas det generellt med den emissionsfaktorn. Systemet med ursprungsmärkt el är ifrågasatt, då det inte anses bidra till en ökad mängd förnybar energi samtidigt som det inte garanterar att den el som levereras till fordonen är helt förnybart producerad. Det är dock ett vedertaget sätt att beräkna emissioner från elanvändning i en bredd av sektorer, och har därför antagits även här. Oavsett indikerar känslighetsanalysen att det är viktigt att upphandla förnybara energislag så långt som möjligt, för att säkerställa att emissionerna från valt drivmedelsupplägg blir så låga som möjligt.



Figur 4. Känslighetsanalys gällande antagande om emissionsfaktor för elmixen, i jämförelse med scenario 1 och befintligt antagna värden.

BILAGA 5 - ELBUSSAR I SVERIGE

Tabell 1: Sammanställning av elbussar i trafik per region, stad, tillverkare, typ av buss och laddstrategi år 2019. Källa: Sweco med underlag av Svensk Kollektivtrafik.

Region	Stad	Antal elbussar	Längd (meter)	Tillverkare	Bussoperatör	I drift	Laddning	Batteristorlek (kWh)
Uppsala	Enköping	1	8	Iveco	Sambus	okt-17	Depå	75
	Bålsta	1	8	Iveco	Sambus	okt-18	Depå	75
Stockholm	Norrtälje	5	12	BYD	Nobina	jun-19	Depå	N/A
	Barkarby	3	4	EasyMile	Nobina	okt-18	Depå	N/A
	Sigtuna	5	12	BYD	Transdev	jun-19	Depå	N/A
Norrbottn	Luleå	5	12	Linkker	LLT	okt-18	Pantograf	55
Kronoberg	Växjö	1	9,2	Optare	Flexbuss	maj-19	Depå	90
Västerbotten	Umeå	10	12	Hybricon	Transdev	maj-15	Depå	80
	Umeå	25	18	VDL	Transdev	jun-19	Depå	169
Jämtland	Östersund	3	12	Scania	Vy Buss	mar-18	Pantograf	120
	Östersund	2	12	Scania	Vy Buss	aug-19	Pantograf	150
Jönköping	Jönköping	2		Volvo	Keoils	dec-19	Pantograf	N/A
Värmland	Karlstad	4	18	VDL	Keolis	dec-18	Pantograf	170
	Karlstad	3	9	Optare	Keolis	aug-15	Depå	90
Västmanland	Västerås	1	12	Solaris	Svealandstrafiken	aug-14	Depå	160
	Västerås	7	8	Rosero	Svealandstrafiken	sep-18	Depå	88
Sörmland	Eskilstuna	2	12	BYD	Transdev	sep-15	Depå	287
	Eskilstuna	10	12	BYD	Transdev	mar-17	Depå	324
	Nyköping	19	12,2	BYD	Nobina	aug-19	Depå	348
	Katrineholm	4	12,2	BYD	Nobina	aug-19	Depå	348
	Flen	1	12,2	BYD	Nobina	aug-19	Depå	348
Skåne	Malmö	13	12	Volvo	Nobina	dec-18	Pantograf	200

Västra Götaland	Ängelholm	5	12	BYD	Nobina	jan-16	Depå	292
	Landskrona	14	12	BYD	Nobina	jan-19	Depå	348
	Landskrona	5	12	Solaris	Nobina	sep-03	Tråd	54
	Ystad	5	12	Mercedes	Bergkvara	aug-19	Depå	243
	Helsingborg	13	18	VDL	Arriva	jun-19	Pantograf	160
	Trelleborg	10	12	Mercedes	Bergkvara	dec-19	Pantograf	N/A
	Borås	10	18	BYD	Nobina	aug-19	Depå/Pantograf	N/A
	Lidköping	11	12	BYD	Nobina	sep-19	Depå	N/A
	Ale	5	10	BYD	Nobina	okt-19	Depå	N/A
	Uddevalla	4	12	Volvo	BIVAB	nov-19	Depå	N/A
	Göteborg	1	10	Volvo	Keolis	maj-15	Pantograf	N/A
	Göteborg	1	12	Volvo	Keolis	maj-15	Pantograf	N/A
	Göteborg	2	18	Volvo	Transdev	apr-18	Pantograf	N/A
	Göteborg	1	7	Mellor	Connect Bus	maj-18	Depå	N/A
	Göteborg	30	12	Volvo	GS Buss	okt-19	Depå/Pantograf	200

