

## **Notat – Ladeinfrastruktur og eierskapsmodeller bussdepot**

Pål Preede Revheim (AtB), Andreas Hammer (AtB/Sweco)

Trøndelag fylkeskommune (Trfk) har som mål at Trøndelag skal bli klimanøytralt innen 2030. For å klare dette er reduksjon av energiforbruk og utslipp blitt en sentral del av alle nye anbud og nye anskaffelser. Trfk og AtB er i oppstartsfasen av forberedelsene mot nye busskontrater i Stor-Trondheim med oppstart 2029. Ambisjonen for de nye busskontraktene er at alle busser i kontraktene skal være utslippsfrie fra oppstart. Dette samsvarer med kravet som stilles i forskrift om energi- og miljøkrav ved offentlig anskaffelse av kjøretøy til veitransport om at alle nye bybusser skal være utslippsfrie fra 1. januar 2025. Foreløpige undersøkelser tyder på at batterielektrisk drift med stor sannsynlighet vil være det rimeligste alternativet for utslippsfri drift der det er teknisk gjennomførbart.

Batterielektrisk drift av buss vil kreve omfattende etablering av ladeinfrastruktur. Dette notatet tar for seg:

- Overordnede mål for ladeinfrastruktur
- Aktuelle ladeteknologier
- Mulige modeller for ansvar og eierskap
- Andre mobilitetselskapers erfaringer med ladeinfrastruktur

### **Oppsummering:**

Det overordnede målet er å etablere «best mulig ladeinfrastruktur». I praksis vil det innebære å gjøre en avveining mellom en rekke dels motstridende krav.

Teknisk finnes det tre hovedteknologier som er aktuelle – plugglading, pantografer eller induktiv (kontaktløs) lading. Plugglading har sine største styrker i modenhet og lav pris, men krever manuell til- og frakobling og kabler på bakkeplan. Pantografer finnes i to varianter – panto-opp og panto-ned. Disse krever ikke manuell til- og frakobling, men er normalt en noe dyrere (panto-opp) og vesentlig dyrere (panto-ned) løsning enn pluggladere. Induktiv lading er en forholdsvis ny teknologi, men som kan bli aktuell som alternativ til både pluggladere og pantografer. Utviklingen går tydelig i retning av at plugglading er den mest brukte ladeteknologien på nattoppstillingsplasser som ikke er i kolonne, og panto-opp den mest brukte teknologien i kolonne. For hurtiglading i depot på dagtid er panto-opp en stadig mer brukt teknologi.

Utbygging og drift av ladeinfrastruktur omfatter en rekke oppgaver som kan organiseres på ulike måter. Alle oppgaver kan ivaretas av Trfk som depoteier, men det vil også være mulig å sette bort noen eller alle oppgavene til bussoperatør eller en annen ekstern tredjepart. Målet med organiseringen bør være å finne en modell for ansvar og eierskap som gir en tydelig plassering av ansvar, sikrer rett kompetanse, og gir incentiver til god måloppnåelse. Ved overføring av risiko til operatør eller en ekstern tredjepart må man ha et bevisst forhold til hvilken risiko eksterne er villige til å ta og konkurrere om slik at man ikke ender i en situasjon hvor hele den økte risikoen speiles tilbake i høyere pris slik at Trfk i praksis betaler for hele nedsiderisikoen mens den eksterne aktøren blir sittende med oppsiderisikoen.

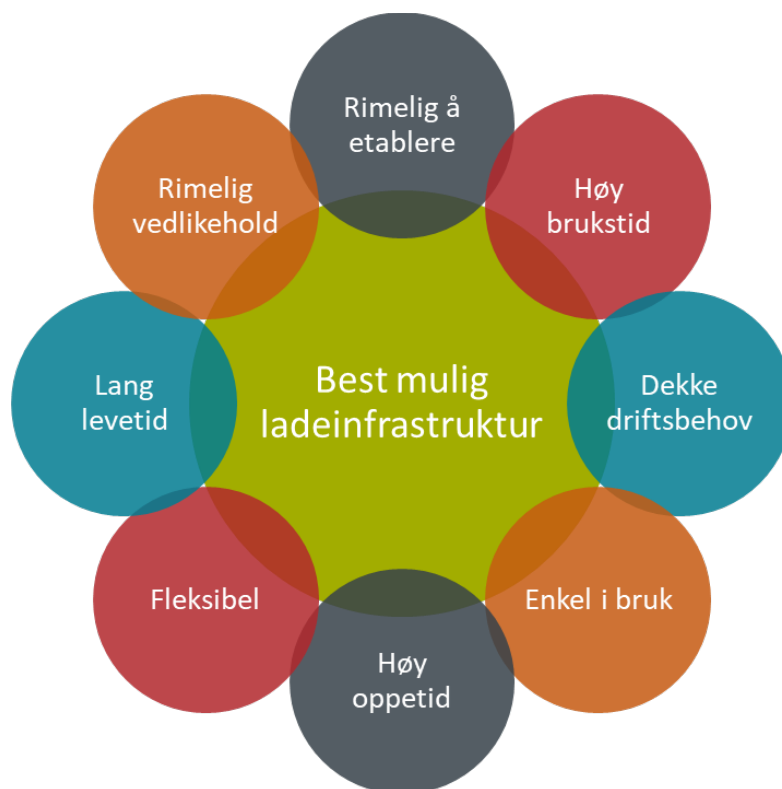
Nettilknytningen til bussdepotet kan være høyspent eller lavspent. Fordelene ved høyspent nettilknytning ligger i større fleksibilitet i innretning og eventuelt også fysisk utforming av nettstasjon og bedre muligheter for lastutjevning og ofte også en noe annen innretning av nettariffen som kan gi

lavere nettleiekostnader. Verdien av dette må veies opp imot kostnader til drift og vedlikehold av nettstasjon, derunder behov for driftsleder med særskilt kompetanse. Spørsmålet om høyspent eller lavspent tilkobling bør avklares i forkant av konkurransen og inngå som en del av konkurransegrunnlaget.

Erfaringene med ladeinfrastruktur i andre mobilitetselskaper er fortsatt begrensede. Dette skyldes dels at det fortsatt er relativt ny teknologi i rask utvikling, og dels at tidligere etableringer har vært tilpasset krav i støtteordninger som nå er avviklet. Tilbakemeldinger innhentet fra andre norske og svenske mobilitetselskaper peker i retning av at den vanligste modellen er at bussoperatør står ansvarlig for selve laderne, mens det er større variasjon i hvem som har ansvar for nettstasjoner og annen elektrisk infrastruktur. Tilbakemeldingene er ellers veldig tydelige på at det er avgjørende å planlegge for størst mulig fleksibilitet og at ansvaret for detaljering av ladeinfrastruktur (uavhengig av eierskap) så langt som mulig bør overlates til bussoperatør.

### Overordnede mål for ladeinfrastruktur:

Det overordnede målet må være å etablere «best mulig ladeinfrastruktur». Begrepet «best mulig» vil her ha mange innhold, dels avhengig av hvilken rolle det vurderes ut ifra. Figur 1 presenterer en del forhold som kjennetegner god ladeinfrastruktur.



Figur 1 – Kjennetegn ved god ladeinfrastruktur. Figuren er ikke uttømmende, og viktigheten av kriteriene vil kunne variere fra situasjon til situasjon.

- **Rimelig å etablere:** Ladeinfrastrukturen bør være så rimelig som mulig så lenge dette ikke går på bekostning av funksjonalitet eller levetid. Et viktig grep for å lykkes med dette er å ta høyde for arealer, trekkerør mm. til ladeinfrastruktur helt fra tidlige planleggingsfaser.
- **Høy brukstid:** Ladeinfrastrukturen bør bygges slik at den er best mulig tilpasset det faktiske behovet og i bruk en størst mulig andel av tiden.

- Dekker driftsbehov: Ladeinfrastrukturen bør bygges slik at den dekker de driftsmessige behovene med minst mulig behov for tilpassing av ruter, økt bussmateriell mm.
- Enkel i bruk: Ladeinfrastrukturen bør være enkel og intuitiv i bruk. Dette sparer tid ved til- og frakopling, og reduserer nedetid og kostnader fra skader forårsaket av feil bruk.
- Høy oppetid: Ladeinfrastrukturen bør ha høyest mulig oppetid. Dette sikres bl.a. gjennom å velge robuste og standardiserte løsninger med enkel tilgang til service og reservedeler.
- Fleksibel: Ladeinfrastrukturen bør kunne tilpasses nye eller endrede behov uten behov for vesentlig ombygging eller nyinvesteringer. Dette sikres bl.a. gjennom å planlegge for fleksibilitet i nettinfrastrukturen og å velge standardiserte og modulære tekniske løsninger.
- Lang levetid: Ladeinfrastrukturen bør ha lengst mulig levetid. Dette sikres bl.a. gjennom å legge til rette for fleksibilitet, velge robuste løsninger og å stille krav til etterlevelse av nyeste standarder for mekanikk, elektro og kommunikasjon.
- Rimelig vedlikehold: Ladeinfrastrukturen bør være enkel og rimelig å vedlikeholde. Dette sikres bl.a. gjennom å velge ladeløsninger som er enkle i bruk, robuste og standardiserte.

I praksis vil det være en del motsetninger mellom kravene man ønsker at ladeinfrastrukturen skal oppfylle. Spesielt vil dette gjelde ønsket om rimelig etablering og krav til oppetid, fleksibilitet og levetid. Vektingen av ulike krav vil måtte vurderes i hver enkelt situasjon og bør hensynta de forventede samlede kostnadene over kontraktsperioden.

### **Aktuelle ladeteknologier:**

De aktuelle ladeteknologiene kan deles inn i tre kategorier – plugglading, pantograflading og induktiv lading. I tillegg til batterielektrifisering kan det også være mulig å oppnå CO<sub>2</sub>-nøytral bussdrift med hydrogen eller bio-baserte energibærere i gass eller væskeform. Dette kan utgjøre et nyttig supplement eller alternativ til batterielektrifisering på enkelte linjer, men er ikke fokus for dette notatet.

- Plugglading: Plugglading beskriver lading via en plugg som manuelt settes i bussen. Det finnes flere ulike standarder for plugglading, men i Europa er standarden Combined Charging System i variant 2 (CCS2) klart mest utbredt. CCS2 omfatter DC-lading til kjøretøy med spenninger fra 200 til 1000 V. Med aktivt kjølt ladekabel kan CCS2 levere opp til 500 A, altså en maksimal ladeeffekt på 500 kW. Det jobbes med en videreutvikling av CCS2 – Megawatt Charging System (MCS) – spesielt tilpasset tunge kjøretøy. Denne er planlagt ferdigstilt ila. 2023 og skal dekke lading opp til 1250 V og 3000 A. En lader basert på standarden ble første gang vist i juni 2022 med planlagte leveranser fra 2024.

Fordelen med plugglading, spesielt når ladeeffekten er lavere enn at det er behov for aktivt kjølt ladekabel, er at løsningen er forholdsvis rimelig. CCS2 har også fordelen at alle deler av løsningen (elektrisk, mekanisk og kommunikasjon) følger veletablerte standarder, og at den store utbredelsen gjør at det er lett å få tak i reservedeler og kompetent servicepersonell. De største ulempene er at sjåføren må ut av bussen for til- og frakopling av ladeledningen og at det er behov for en forholdsvis lang fysisk kabel fra ladekabinett til buss. Dette gjør at til- og frakoplingen tar noe lenger tid og at risikoen for feilbruk (f.eks. at kablem mellom plugg og ladekabinett ikke henges ordentlig på plass) med påfølgende skader er større enn for løsninger med automatisk til- og frakopling.

Plugglading med CCS2 er mye brukt i bussdepoter og andre steder hvor busser står over en lengre periode. Her er effektbehovet lavere og ekstra tidsbruk forbundet med til- og frakopling mindre viktig enn ved endestopp eller underveisstopp.

- Pantograf: Pantografladere finnes i tre varianter – panto-opp, panto-ned og underliggende pantograf.
  - Panto-opp innebærer at pantografen er montert på bussen. Ved lading går pantografen opp fra bussen og mottar lading fra et stasjonært kontaktpunkt. Den mest brukte standarden for panto-opp er kalt Bus-up.
  - Panto-ned innebærer at pantografen er stasjonær. Ved lading går pantografen ned og avgir lading til et kontaktpunkt på taket av bussen. Den mest brukte standarden for panto-ned er kalt OPPCharge. Panto-ned er løsningen som er i bruk på endestopp i Trondheim i dag.
  - Underliggende pantografer innebærer at pantografen er montert under bussen. Ved lading går pantografen ned fra bussen og mottar lading fra et stasjonært kontaktpunkt. Et eksempel på underliggende pantograf for buss er Alstom sitt SRS-system.

Pantografløsninger har tre primære fordeler over pluggbaserte ladeløsninger – de krever ikke manuell til- og frakopling, de muliggjør ladeanlegg uten løse kabler på bakkeplan og de muliggjør høyere ladeeffekter (fram til MCS-standard er klar). Ulempene er at de kan være vesentlig dyrere enn pluggladere (spesielt panto-ned), at de kan være sensitive for nedsynking i veibanen og erfaringsmessig krever betong på ladestedet, og at det er mekaniske konstruksjoner som er mer utsatt for vær, vind og slitasje. Løsningene med pantografen montert på bussen (panto-opp og underliggende pantograf) gir også noe ekstra vekt på bussen. Alle varianter av pantograflading er vesentlig mindre utbredt enn CCS2 og vedlikehold og reservedeltilgang kan derfor være mer utfordrende.

Panto-opp blir i økende grad brukt til lading av buss i depot, spesielt der hvor det er behov for kolonneparkering. Panto-ned er på grunn av høye kostnader primært brukt til endestopp- og underveislading og i liten grad i depoter. Underliggende pantografer vurderes ikke som en aktuell løsning i Trondheim på grunn av is, snø og veisalting.

- Induktiv lading: Induktiv lading er trådløs lading fra infrastruktur i veibanen til én eller flere mottakerplater under bussen. Induktiv lading finnes som dynamisk (for buss i fart) og statisk (for stillestående buss). Til bruk i bussdepot er det statisk induktiv lading som primært er relevant. Statistiske induktive ladeløsninger kan per i dag levere opp til ca. 200 kW, men effekten kan økes med å utstyre bussen med flere mottakerplater.

Induktiv lading har de samme fordelene som pantografladere ved at de muliggjør automatisk til- og frakopling, og at de muliggjør ladeanlegg uten kabler eller annen infrastruktur på bakkeplan. I tillegg har de fordelen at ladeinfrastrukturen ikke er eksponert for vær og vind og at teknologien i større grad enn pantografer er tilrettelagt for sambruk med andre typer kjøretøy. Ulempen er at de er vesentlig dyrere enn pluggladere og at teknologien er yngre. Ung teknologi, få leverandører, og liten utbredelse gjør at usikkerheten om drift- og vedlikeholdskostnadene er større enn for andre ladeløsninger. Trfk og AtB har fått finansiering fra Miljøpakken og ENOVA til å pilotere dynamisk induktiv lading i tilknytning til depotet på Sandmoen. Piloten planlegges montert sommer - tidlig høst 2024 og vil løpe ut 2025. Piloten vil gi et bedre grunnlag for å kunne vurdere

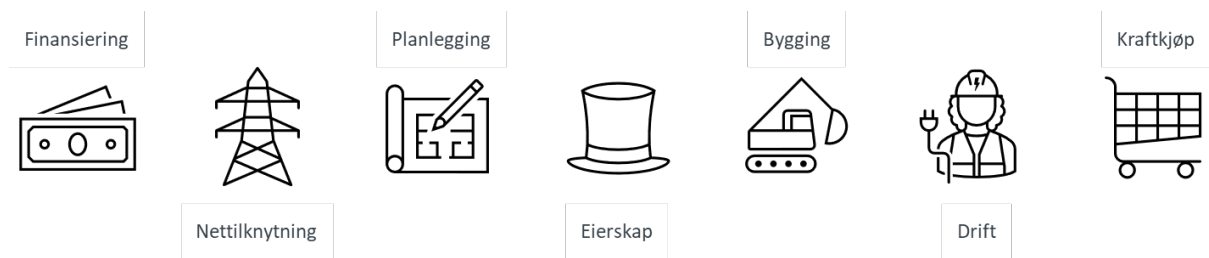
om induktiv lading (dynamisk eller statisk) vil være en egnet teknologi for lading av buss i depot, ved endestopp eller under kjøring i Trondheim fra 2029.

Statisk induktiv lading er i dag primært i bruk i USA, både til lading i depot og til lading ved endestopp. Det finnes en del eksempler også i Europa, men disse er primært knyttet til piloter eller FoU-prosjekter.

### Mulige modeller for ansvar og eierskap:

Utbygging og drift av ladeinfrastruktur omfatter en rekke oppgaver som kan organiseres på ulike måter. Alle oppgaver kan i prinsippet ivaretas av Trfk som depoteier, men det vil også være mulig å sette bort noen eller alle oppgaver til én eller flere eksterne aktører. Målet med organiseringen bør være å finne en modell for eierskap og ansvar som gir en tydelig plassering av ansvar, sikrer rett kompetanse, og gir incentiver til god måloppnåelse.

Fordeling av eierskap og ansvar kan også brukes for å flytte eller fordele risiko – for eksempel teknologirisiko og eksponering mot energipris – mellom aktører. Ved overføring av risiko til eksterne aktører må man ha et bevisst forhold til hvilken risiko eksterne er villige til å ta og konkurrere om. Alternativt risikerer man at den økte risikoen spilles tilbake i høyere pris, og at Trfk i praksis betaler for hele nedsiderisikoen mens den eksterne aktøren blir sittende med oppsiderisikoen.



Figur 2 – Oppgaver i utbygging og drift av ladeinfrastruktur.

Oppgaver i utbygging og drift av ladeinfrastruktur omfatter minimum følgende:

- Finansiering:

Alle alternative depotlokaliseringer vil kreve nyetablering eller oppgradering av eksisterende nettilknytning. Før arbeid med nettilknytning kan gå i gang må en bruker forplikte seg til å dekke et beregnet anleggsbidrag for utbygging av nettanlegg. Normalt vil det være mest naturlig at denne forpliktelsen faller på depoteier, men det kan også være mulig å overlate dette til en ekstern tredjepart. Anleggsbidraget vil faktureres forskuddsvis og avregnes etter medgått kostnad ved slutfakturerering. Netteier vil også kunne kreve en utredningskostnad knyttet til etablering av strømforsyning til depot. Anleggsbidraget vil være avhengig av effektbehovet på depotet, men uavhengig av endelig teknisk løsning på depotet og hvilken operatør som får kontrakt. Finansieringen av selve utbyggingen på depot, inkl. nødvendig kabelanlegg, nettstasjoner og ladestasjoner, vil avhenge av endelig kontrakt og fordelingen av eierskap.

- Nettilknytning:

Depotet vil bli tilknyttet og få strøm lever fra den lokale netteieren (Tensio TS) sitt nett. Dette innebærer at det må søkes til Tensio TS om tilknytning, og at Tensio TS må gjøre en vurdering av tilgjengelig kapasitet og eventuelt behov for oppgraderinger. Tensio TS har signalisert et behov for ny regionalnettstasjon på Sandmoen for å kunne tilknytte depotet på Sandmoen. Etersom forbruket på depotet vil være over 1 MW må det også sendes inn en søknad om nettilknytning som Statnett må godkjenne. I dag er det ikke tilgjengelig effekt i Trondheimsområdet for store nettilknytninger, og man er avhengig av at både Klæbu transformatorstasjon (økt effekt) og Strinda transformatorstasjon (ny stasjon) fullføres. Dette arbeidet forventes ferdigstilt hhv. innen utgangen av 2028 og 2030. Fra netteier sin nye regionalnettstasjon på Sandmoen vil det bli behov for å bygge en eller flere luftlinjer eller kabler frem til depotområdet, og disse må tilknyttes nyetablerte nettstasjoner inne på depotområdet. Nettutbyggingen til Tensio TS er en tidkrevende prosess og må som minimum være godt i gang ved utlysning av kontrakter. I verste fall kan nødvendige søknader og utbygging av nett til depotområdet ta inntil 10 år.

- Planlegging:

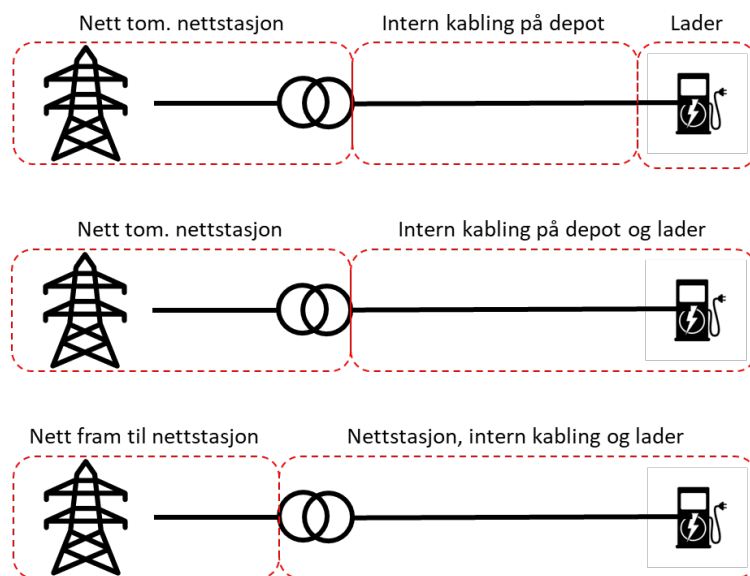
Gitt en godkjenning av nettilknytning fra både Tensio TS og Statnett med de nødvendige nettutbyggingene, vil det måtte planlegges hvor den eller de plassbygde nettstasjonene skal plasseres i forhold til forsyningen fra Tensio TS sitt nett. Dette må også ses i sammenheng med nødvendig kabelanlegg på depotområdet, ladeinfrastruktur for bussene og evt. annen infrastruktur.

Selve nettutbyggingen inne på depotområdet, inkl. kabelanlegg og nettstasjoner, er forventet å kunne gjøres i løpet av to år. Det kan derfor være fornuftig å avvente detaljplanlegging til kontrakten(e) på depotet er tildelt slik at operatørens behov og ønsker kan hensyntas uten at det er behov for større revideringer av eksisterende planer eller ombygging av allerede etablerte anlegg. Dette vil være spesielt viktig hvis man legger opp til en eierskaps- og ansvarsmodell hvor operatør eller en ekstern tredjepart tar en stor del av ansvaret for energi- og ladeinfrastrukturen. I sistnevnte tilfelle kan det være naturlig at det er operatør eller ekstern tredjepart som selv står for detaljplanlegging.

- Eierskap:

Eierskap til ladeinfrastruktur omfatter i utgangspunktet selve laderne og intern kabling på depotområdet, men kan også omfatte nettstasjonene på depotområdet.

Ladere og intern kabling kan ha samme eier, men det vil også være mulig å splitte opp slik at f.eks. depoteier eier kabler under bakkeplan, mens operatør eller tredjepart eier selve laderne. Dette kan være en fornuftig variant hvis kablene må legges før operatør er valgt, eller hvis det er klare ønsker fra depoteier sin side om hvordan arealene på depotet skal disponeres, men det skaper et ekstra grensesnitt og det kan også redusere operatørens muligheter til å optimalisere ladeanlegget etter egne ønsker og planlagt bruk. En mulig mellomløsning kan være at depoteier eier trekkør, mens operatør (eller en annen tredjepart) eier selve kablene.



Figur 3 – Noen mulige grensesnitt for eierskap til energi- og ladeinfrastruktur

Tensio TS vil i alle tilfeller eie nettet fram til netttasjonene på depotområdet og kan også eie netttasjonene (lavspent tilkobling). Hvis Tensio TS eier netttasjonene vil det ikke være behov for å søke om anleggskonsesjon, og selve forbruket vil faktureres gjennom en lavspenntariff (fordelt på flere målere). Kostnadene til netttasjoner vil faktureres depoteier som anleggsbidrag. Alternativt kan Trfk, bussoperatør, eller en tredjepart eie netttasjonene (høyspent tilkobling). Dette krever at det søkes om anleggskonsesjon. I så fall vil forbruket faktureres gjennom en høyspenntariff (en felles måler). Hvis andre enn Tensio TS tar eierskap i netttasjonene vil de måtte ta ansvar for utbyggingen, etablere en avtale med godkjent driftsleder, og ta kostnaden for drift- og vedlikehold av anlegget. Muligheter, fordeler og ulemper ved høyspent og lavspent tilkobling er utdypet i et eget avsnitt «Netttilknytning» under. Spørsmålet om høyspent eller lavspent tilkobling bør avklares i forkant av konkurransen og inngå som en del av konkurransegrunnlaget.

Hvis operatør eller en annen tredjepart eier hele eller deler av ladeinfrastrukturen bør det etableres avtaler for hvordan overtakelse av anlegget etter endt kontraktsperiode gjennomføres. Avtalen må innrettes slik at eier av ladeinfrastruktur i én kontraktsperiode ikke har noen uforholdsmessig fordel i konkurransen om en ny kontraktsperiode.

- Bygging:

Utbyggingen av ny regionalnetttasjon og nødvendig kabel/luftanlegg frem til depot vil ledes av Tensio TS i dialog med Trfk. Prosessen mot utbygging av ny regionalnetttasjon må påbegynnes før kontrakt er inngått med bussoperatør, og effektbehovet til bussdepotet vil derfor måtte forskutteres. Hvis Tensio TS eier netttasjonene vil de også ta ansvar for byggingen av disse.

Bygging inkluderer grunnarbeid for nødvendige kabelanlegg og ladepunkter, og etablering av en eller flere netttasjoner. Per i dag er det inntil ett års leveringstid på noen nettkomponenter, og ved en ytterligere økning av denne kan det i verste fall bli aktuelt at Trfk eller en tredjepart må starte bestillingsprosessen før en inngåelse av kontrakt. Hvis dette

blir tilfelle, bør Trfk rådføre seg med aktuelle operatører i forkant av bestillingen for å redusere risikoen knyttet til feilbestilling.

Bygging av ladeinfrastrukturen i bussdepotet bør såfremt mulig vente til kontrakt er inngått med bussoperatør. Dette gjør det mulig med best mulig tilpasning til bussoperatørens ønsker og sikrer mot overdimensjonering, feilinvesteringer osv. Et mulig unntak fra dette er infrastruktur under bakkeplan som det kan være behov for å etablere tidligere pga. avhengigheter med annen byggeaktivitet. Å legge ned rikelig med grovt dimensjonerte trekkkrør kan da være en god forsikring mot seinere problemer. Hvis bussoperatør eller en ekstern tredjepart står som eier av ladeanlegget kan det være naturlig at de også tar ansvar for selve byggingen.

- Drift:

Driften av ladeanlegget kan ivaretas av depoteier, eier av ladeanlegget eller settes bort til en tredjepart. Dette omfatter ansvar for service og vedlikehold, men kan også omfatte ansvar for tilpasninger og oppgraderinger underveis i kontrakten. I kontrakten med teknologileverandører, spesielt for selve ladeanlegg, bør det være tydelig definerte ansvarsforhold som inkluderer garantiperiode og evt. serviceavtale.

- Kraftkjøp og nettleie:

Det er i hovedsak to muligheter knyttet til kraftkjøp, avhengig av forretningsmodell og risiko: Enten kan Trfk som depoteier være sluttkunde mot netteier og etablere strømabonnement, eller så kan bussoperatør eller en ekstern tredjepart være sluttkunde og etablere strømabonnement. I begge tilfeller vil det være mulig med både fastprisavtaler og spotprisavtaler. Det vil også være mulig å f.eks. etablere avtaler hvor strøm handles til variabel pris, men faktureres operatør til fastpris.

Tariff for nettleie vil avhenge av om depotet har høyspent eller lavspent tilknytning og om man kan akseptere såkalt utkoblbar tariff som innebærer at man kan bli koblet ut eller få redusert effekt i pressede situasjoner (eventuelt innenfor definerte tidsrom). På grunn av høye krav til regularitet i driften og utfordringer med å etablere en fullskala backup-løsning vurderes ikke generell utkoblbar tariff å være noe aktuelt alternativ, men varianter hvor utkobling eller effektreduksjon kun tillates i definerte tidsrom (for eksempel morgen- og ettermiddagsrush, som normalt er de mest pressede tidspunktene for nettet) kan hvis mulig være verdt å se nærmere på.

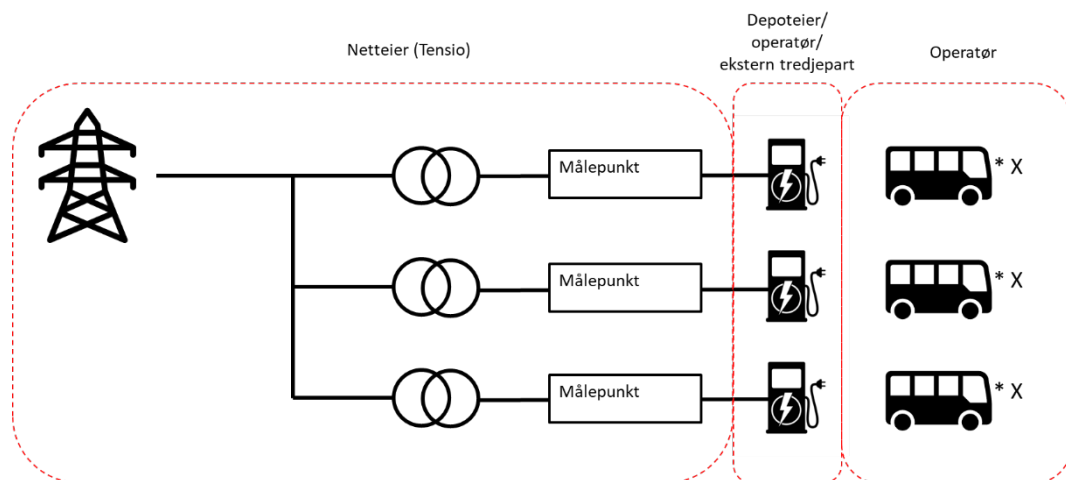
Både kraftmarkedet og ordninger for nettleie har vært i rask utvikling de siste årene, og forventes også å være det framover. I kjølvannet av de høye strømprisene det siste året er det bl.a. et uttalt politisk mål å gjøre det enklere og mer attraktivt for små og mellomstore næringskunder å inngå fastprisavtaler. Hvilke muligheter som finnes, og hva som gir den beste balansen mellom pris, fleksibilitet og forutsigbarhet bør vurderes fortløpende.



## Alternativer for nettilknytning:

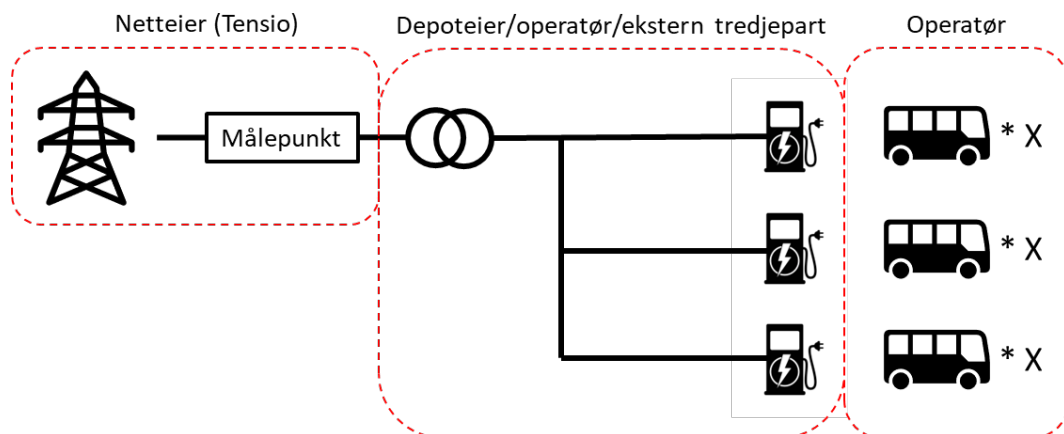
Nettilknytningen til bussdepotet kan være høyspent eller lavspent. Forskjellen mellom disse kan oppsummeres i hvem som skal eie, bygge og drive nettanlegget, og hvordan sluttkunden vil avregnes mot netteier. Den tekniske installasjonen vil i utgangspunktet være like for de to alternativene, men avhengig av behovet vil det være større tilpasningsmuligheter ved en høyspenttilknytning, enn ved en lavspenntilknytning. Dette fordi det ved en lavspenntilknytning er netteier som bygger og dimensjoner anlegget basert på sluttkundens behov, og netteier vil dermed benytte sine egne og velkjente komponenter. Ved en høyspenttilknytning vil depoteier (depoteier vil i dette tilfelle kunne være TrFK, operatør eller en tredjepart) kunne bestemme hvordan anlegget skal bygges og hvilke komponenter som skal benyttes. Antall nettstasjoner inne på depotet vil avhenge av nødvendig effekt. Ved behov for inntil 20 MVA vil det sannsynligvis måtte etableres en plassbygd nettstasjon på 80-100 kvm med minst 8 stk. 2,5 MVA transformatorer. Ved et mindre effektbehov eller oppdeling av effekten kan det bli aktuelt med en eller to plassbygde nettstasjoner på 50-60 kvm med 3-4 store transformatorer. Dette fordi det vil kreve en del ekstra beskyttelse med tanke på brann og oppsamling av olje.

De fleste ladeanlegg for buss er bygget som lavspentanlegg hvor netteier eier høyspenningsanlegget og har ansvaret for drift og vedlikehold. Dette medfører at depoteier avregnes som en lavspentkunde og det vil være behov for måler til hvert enkelt ladepunkt. Det vil dermed være mindre muligheter for lastbalansering internt på anlegget for å redusere total makseffekt, og mindre insentiver for å etablere f.eks. solceller, systemer for smart lading eller batterilagring. En skisse av grenseskillet mellom netteier, depoteier/operatør/ekstern tredjepart og operatør for tilfellet med lavspenntilknytning er vist i Figur 4.



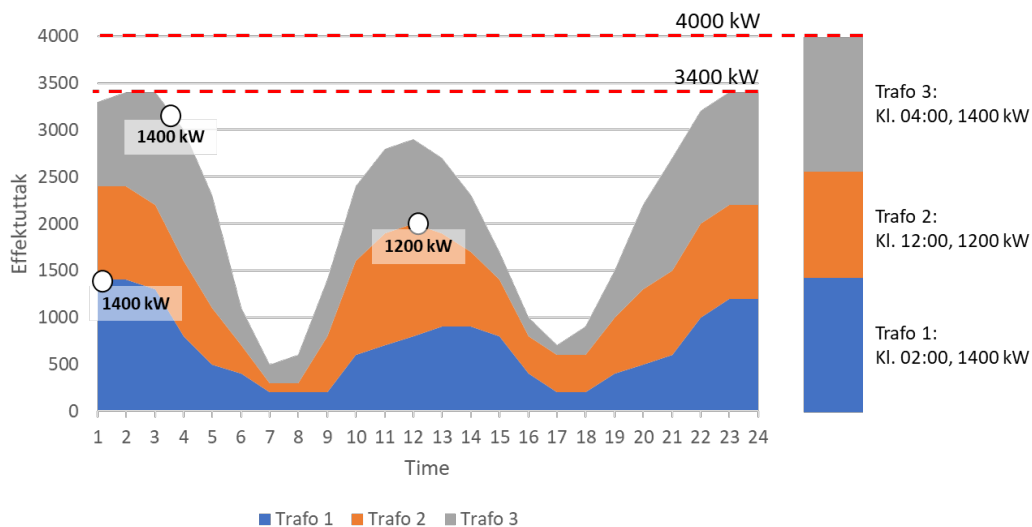
Figur 4 – Tilknytning lavspent med fordeling av eierskap mellom netteier, depoteier og operatør

Alternativt kan ladeanlegget bygges som et høyspentanlegg, hvor det er depoteier, operatør eller ekstern tredjepart som eier høyspenningsanlegget. Dette medfører at depoteier må søke om anleggskonsesjon siden NVE krever konsesjon for alle som skal bygge, eie og drive et nettanlegg. Konsesjonen kan hvis ønskelig senere overføres til operatør eller ekstern tredjepart. Konsesjonshaver vil ha ansvaret for drift og vedlikehold av anlegget, og netteier vil kreve at konsesjonshaver har en driftsleder på anlegget (enten i egen organisasjon eller innleid). Ved høyspent tilkobling vil man ha ett felles avregningspunkt (en felles måler) for hele ladeanlegget. Dette medfører større muligheter for lastbalansering, og sannsynligvis en større gevinst ved etablering av solcelleanlegg, batterilagring eller systemer for smart lading. En skisse av grenseskillet mellom netteier, depoteier/operatør/ekstern tredjepart og operatør for tilfellet med høyspenttilknytning er vist i Figur 5.



Figur 5 – Tilknytning høyspent med fordeling av eierskap mellom netteier, depoteier og operatør

Gevinstene ved høyspent tilkobling vil ligge i noe større fleksibilitet til å tilpasse anlegget til egne behov og bedre muligheter for å redusere effekttopper gjennom lastutjevning, egenproduksjon av strøm eller lokal lagring. Virkningen av ett kontra flere målepunkter på effektuttaket som ligger til grunn for beregning av nettariff er vist for et konstruert eksempel i Figur 6. Eksempelet viser et tenkt bussdepot fordelt på 3 stk. nettstasjoner med typiske lastprofiler gjennom et døgn. I eksempelet er det maksimale momentane effektuttaket fra bussdepotet 3400 kW, mens summen av de maksimale effektuttakene fra nettstasjonene er 4000 kW. Ved høyspent tilkobling og ett målepunkt vil nettariff beregnes ut ifra 3400 kW, mens med lavspent tilkobling og tre målepunkter 4000 kW. Basert på Tensio TS sine nettariffer per juni 2022 vil dette utgjøre en forskjell i nettariffkostnader på ca. 1 mnok per år. Det vil være teoretisk mulig å få summen av effektuttak fra flere nettstasjoner ned på samme nivå som det maksimale momentane effektuttaket, men i praksis vil det være svært krevende.



Figur 6 - Eksempel på forskjellen mellom effektuttak per nettstasjon og samlet effektuttak for bussdepot

Fordelene ved høyspent nettilknytning ligger i større fleksibilitet i innretning og eventuelt også fysisk utforming av nettstasjon og bedre muligheter for lastutjevning og ofte også en noe annen innretning av nettariffen som kan gi lavere nettleiekostnader. Verdien av dette må veies opp imot kostnader til drift og vedlikehold av nettstasjon, derunder behov for driftsleder med særskilt kompetanse.

## **Andre mobilitetsselskapers erfaringer med ladeinfrastruktur:**

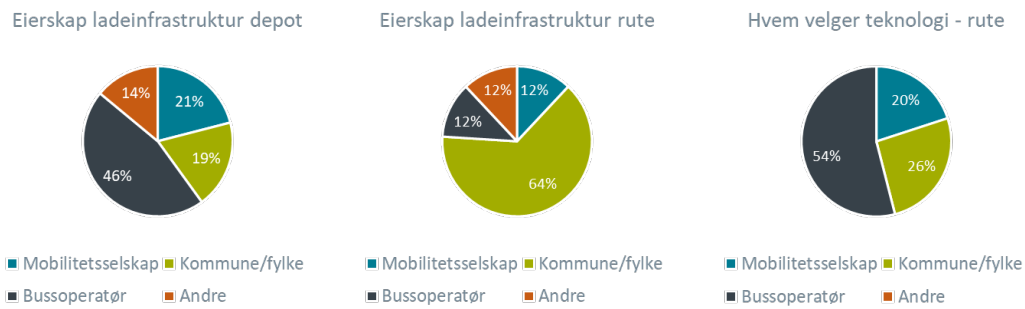
Erfaringene med ladeinfrastruktur i andre mobilitetsselskaper er fortsatt begrensede. Dette skyldes dels at teknologien har vært og fortsatt er i rask utvikling, noe som gjør at tidlige anlegg ikke lenger er relevante, og dels at ansvars- og eierskapsmodeller i tidlige anlegg har vært sterkt påvirket av krav stilt i offentlige støtteordninger. Fram til ENOVAs ordning for støtte til infrastruktur for offentlige transporttjenester ble avviklet i 2021 var den med på å delfinansiere praktisk talt alle busselektrifiseringer i Norge, inklusive i Trondheim (15,7 mnok i støtte vedtatt 2016). Ordningen stilte krav om at søker og eier fram til kontraktsoppstart måtte være en kommune, fylkeskommune eller heleid offentlig AS.

AtB har gjennomført en spørreundersøkelse om modeller for eierskap og erfaringer med ladeinfrastruktur blant deltakerne i bussdepot-forumene i de norske og svenske kollektivtransportforeningene. Med noen få unntak var tilbakemeldingene at selskapene hadde lite erfaring og kunnskap, men at det var et aktuelt og viktig tema som de jobbet med å få mer kunnskap om. Tre selskaper som skilte seg ut med fylldige svar og tydelige erfaringer og anbefalinger var:

- Ruter
  - Operatør har totalansvar for ladeinfrastruktur. Skille rett fra netteier til operatør.
  - Høyspent anleggskonsesjon på alle anlegg med mer enn én nettstasjon. Ruter søker om konsesjon, men konsesjonen overtas av operatør før kontraktsoppstart.
  - All infrastruktur overtas av Ruter ved kontraktslutt. Jobber med å finne en modell som sikrer godt vedlikehold mot slutten av kontrakten.
  - Krav til standardisering inngår som en del av konkurransegrunnlaget. Ikke krav til spesifikk ladeløsning eller -teknologi.
  - Tilgjengelig nettkapasitet inngår som en del av konkurransegrunnlaget.
  - Anbefaler å skape mulighetsrom til at operatørene kan velge rimelige og fleksible løsninger. Tydelige på at fleksibilitet bør prioriteres over robusthet fordi ladeløsninger vil være teknologisk utdatert før de når teknisk levetid.
  
- Västtrafik
  - Västtrafik eier infrastruktur fram til lader (kabling), operatør anskaffer, bygger, eier og drifter lader.
  - Lavspent nettilkobling som hovedregel.
  - Stiller ikke krav til standarder eller ladeløsninger/-teknologier, men har egne krav om funksjon, framdrift etc.
  - Anbefaler egen RFI (som inkluderer både teknologileverandører og bussoperatører) i forkant av utarbeidelse av konkurransegrunnlag for å lukte på stemningen i markedet.
  - Anbefaler å så langt det er mulig overlate ansvaret for detaljering av ladeinfrastruktur til operatør.
  
- Region Uppsala
  - Region Uppsala eier infrastruktur fram til lader (kabling), operatør anskaffer, bygger, eier og drifter lader.
  - Høyspent tilkobling som hovedregel.
  - Viktig å hensynta ladeinfrastruktur tidlig i prosjektering (plass, høyde) og å sikre tilstrekkelig dimensjonering av kabler evt. nok trekkrør.

- Anbefaler å vektlegge fleksibilitet og så langt det er mulig overlate ansvaret for detaljering av ladeinfrastruktur til operatør.

I 2019 gjennomførte MOVIA en stor overordnet kartlegging av ansvars- og eierskapsmodeller til ladeinfrastruktur for buss som en del av et H2020-forskningsprosjekt. Kartleggingen tok for seg 50 kontrakter i Norge, Sverige og Danmark. Kartleggingen viste at det vanligste var at bussoperatør sto som eier av ladeinfrastruktur i depot, mens offentlige aktører klart oftest sto som eier av ladeinfrastruktur på endestopp eller langs rute. Det vurderes som sannsynlig at andelen hvor bussoperatør står som eier av ladeinfrastruktur i depot er høyere i dag enn i 2019.



Figur 7 – Ansvars- og eierskapsmodeller for ladeinfrastruktur i Norden