

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP



Forord

Denne masteroppgaven er skrevet som et avsluttende arbeid for studiet industriell økonomi med fordypning i miljøfysikk og fornybarenergi, ved Universitetet for Miljø- og Biovitenskap.

Oppgaven ble skrevet på bakgrunn av et ønske om at noen skal ha glede av arbeidet jeg legger ned. Dette innledet til et samarbeid med Zero. Zero hadde opprinnelig en plan om å starte opp et prosjekt om å fase inn hurtigladere i Norge i starten av 2010 (se prosjektskisse vedlegg 5). Prosjektet ble imidlertid så stort at de trengte en ny ansatt til dette prosjektet. Dette førte til at prosjektet ikke ble startet før april 2010. Samarbeidet med Zero ble dermed ikke så tett som planlagt og oppgaven ble i større grad en slags konsulentrapport til Zero med informasjon om hurtiglading og tanker rundt dette. Målet ble i stedet at dette skulle gjøre oppstarten av prosjektet enklere og raskere.

Arbeidet med oppgaven har vært lærerikt og interessant. Hurtiglading av elbil er relativt nytt, derfor var litteratur og informasjon vanskelig tilgjengelig. Etter hvert som jeg skaffet meg kontakter falt imidlertid brikkene på plass.

Vil avslutningsvis rette en takk til alle som har bidratt med kontakter og informasjon til oppgaven. Vil spesielt trekke frem Per Christer Lund i innovasjon Norge (lokalisert på den norske ambassaden i Tokyo) som bidro til kontakt med TEPCO (Tokyo Electric Power Company). Han var også personen som satte meg i kontakt med Morten B. Gunnerud i Kongsberg Automotive som har hjulpet meg mye med informasjon om den Europeiske standarden. Videre vil jeg også takke Takafumi Anegawa og de andre i R&D avdelingen til TEPCO for å ha bidratt med informasjon om deres prosjekt og standard. Vil også takke Asbjørn Slørdahl i Go Green som har bidratt med gode innspill, spesielt med tanker rundt infrastruktur. Vil også takke Petter Heyerdahl ved Universitetet for miljø- og biovitenskap for veiledning og for at han alltid er like entusiastisk med sine innspill og ideer. Til slutt vil jeg rette en takk til Bjørnar Kruse og i den senere tid Benjamin Myklebust, begge i Zero, for at jeg fikk lov til å være en del av deres prosjekt. Håper at mitt arbeid kan være til hjelp under implementeringen av hurtigladere i Norge.

Ås, 5. Mai 2010

Nicolai Håbesland

Sammendrag

Denne oppgaven ble skrevet på bakgrunn av at Zero skal gjennomføre et prosjekt om å fase inn hurtiglading for elbil og elbiler tilrettelagt for dette. Oppgaven tar opp problemstillinger rundt hurtiglading, forskjellige standarder, og drøfter dette opp mot implementering av en infrastruktur med hurtigladere i Norge.

Hurtiglading vil sannsynligvis være en lite brukt tjeneste. Vanlig lading vil fremdeles være mest vanlig. Imidlertid reduserer hurtiglading oppladningstiden og øker den potensielle daglige rekkevidden. En vil sannsynligvis se en økning i bruken av elbil uten at en ser en tilsvarende økning i bruken av hurtigladertjenesten. Den største effekten er sannsynligvis en psykologisk effekt av å vite at en kan lade opp batteriene raskt, og dermed føle en større trygghet av å benytte seg av en elbil. De fleste med et gjennomsnittlig brukermønster av bil vil oppleve at rekkevidde på moderne elbiler holder selv uten hurtigladere. På sikt kan dette også bidra til at man anskaffer en elbil i stedet for en fossilbil. Hurtiglading kan også være god markedsføring for elbil.

I dag finnes det flere forskjellige standarder, som man kan dele de opp i to hovedformer. Den ene har ekstern lader og AC/DC konverter plassert på ladestasjonene, mens den andre standarden har dette montert inn i bilen. Japan og USA sine bilprodusenter har i stor grad gått for det første alternativet, mens Europa sine bilprodusenter har valgt det andre alternativet.

Hvilken standard som er best egnet i Norge er vanskelig å si noe om. Dette avhenger i stor grad av hva en vektlegger. Er målet å starte oppbygningen av en hurtigladeinfrastruktur i dag, vil den Japanske standarden CHAdeMO antagelig være det beste alternativet, da de første bilmodellene som blir lansert med hurtiglademulighet bygger på denne standarden. Vektlegger en at utbyggingen av infrastruktur skal være rimeligst mulig vil den Europeiske standarden være best. På sikt vil sannsynligvis effekten på laderene øke. En ekstern AC til DC konverter og ladeenhet vil da antagelig være det beste valget.

En utbygging av infrastruktur vil sannsynligvis være best å starte i byområder og i en radius av ca 100km ut fra sentrum. Bruk av elbil på lange distanser vil sannsynligvis bli vanskelig gjennomførbart, selv med hurtigladere, før elbilenes rekkevidde er god nok til å kunne kjøre hele denne distansen uten mellomading.

Abstract

This master thesis was written with the purpose of helping Zero implementing quick chargers for EVs in Norway. The assignment deals with research questions about quick charging and different standards, and discusses this for the best possible implementation of quick charging in Norway.

Quick charging will probably be a rarely used service. Normal charging will probably continue to be the most common charging method. Some benefits of a quick charger are that it would reduce charging time and increase the possible driving range per day. One will probably see an increase in the use of EVs, without having any significant increase in the use of quick charging stations. The main reason for this is probably the psychological effect of knowing that the reduced charging time will lead to shorter “down-time”, which again will give more flexibility and therefore encourage a greater use of EVs. Most of us with an average using pattern will experience that driving range with a modern EV is good enough without a quick charger. In the long run, however, this will probably contribute to people buying an EV instead of a car with a combustion engine. Quick chargers can also be good for the marketing of EVs.

Today there are several different standards, with two main methods. One of which has an external charger and an AC to DC converter located stationary on quick charging stations. The second main standard has the charger and the converter built into the car. US and Japanese car companies use the first form, while European car companies use the second form.

The best standard suited for Norway is a difficult decision. It depends on what one emphasizes. If the goal is to build an infrastructure today, the Japanese standard CHAdeMO seems to be the right decision because the first cars which have an opportunity of quick charging use this standard. If the goal is to make the infrastructure as cheap as possible, the European standard would be the best choice. In the long run the maximum power for a quick charger will most likely increase. An external charger and converter will probably be, in the future, the best alternative.

It would most likely be best to start developing an infrastructure in cities and in a radius of about 100km from the city’s center. Use of EV on longer journeys will probably not be an issue before it is even possible to drive long journeys without charging.

Innholdsfortegnelse

| | |
|---|----|
| Forord | 1 |
| Sammendrag | 2 |
| Abstract | 3 |
| Ordforklaringer | 8 |
| 1.0 Innledning..... | 9 |
| 1.1 Hvorfor elbil? | 9 |
| 1.2 Hvorfor hurtiglading? | 10 |
| 1.3 Alternativer til hurtiglading i dag..... | 10 |
| 1.4 Andre alternativer til rask energioverføring..... | 10 |
| 2.0 Teori - Hurtiglading..... | 11 |
| 2.1 Lading | 11 |
| 2.1.1 Ladeforløp litium-ion batterier..... | 11 |
| 2.1.2 Hurtiglading | 12 |
| 2.1.3 Temperatur..... | 13 |
| 2.2.4 Degenerasjon..... | 14 |
| 2.2 To hovedtyper | 14 |
| 2.2.1 AC – ombordlader | 14 |
| 2.2.2 DC – eksternlader | 15 |
| 2.3 Standarder | 16 |
| 2.3.1 Ladeplugg | 17 |
| 2.4 Kommunikasjon..... | 21 |
| 2.4.1 Ladeprosessen | 23 |
| 3.0 Resultater og funn:..... | 24 |
| 3.1 TEPCO – Tokyo Electric Power Company | 24 |
| 3.1.1 Spesifikasjoner for bilene i forsøket..... | 25 |
| 3.1.2 Spesifikasjoner hurtiglader | 27 |
| 3.1.3 Kostnad/effekt ladestasjon | 27 |
| 3.1.4 Brukermønster | 28 |
| 3.2 Transportvaner | 30 |
| 3.2.1 Gjennomsnittlig reise | 31 |
| 3.2.2 Lange reiser | 32 |

| | |
|--|----|
| 3.2.3 Analyse BMW 116i brukere | 33 |
| 3.3 Kostnad hurtigladestasjon | 35 |
| 4.0 Diskusjon | 37 |
| 4.1 Standarder | 37 |
| 4.1.1 Fordeler og ulemper | 37 |
| 4.1.2 Fleksibilitet og bruk om hverandre | 38 |
| 4.1.3 Bilprodusentenes valg og introduksjon i markedet | 38 |
| 4.2 TEPCO | 39 |
| 4.2.1 Optimal effekt, tidsbruk vs kostnader | 39 |
| 4.2.2 Brukermønster fra TEPCO- overføringsverdi til Norge | 40 |
| 4.3 Brukermønster og transportbehov for bil | 41 |
| 4.3.1 Korte reiser | 41 |
| 4.3.2 Lange reiser | 43 |
| 4.4 Infrastruktur | 46 |
| 4.4.1 Infrastruktur i Norge | 46 |
| 4.4.2 Hurtiglading for å øke elbilandelen | 47 |
| 4.4.3 Bygge ut hurtiglading kontra vanlige ladepunkter | 48 |
| 4.4.4 Billigere biler, kortere rekkevidde, kompensert ved hurtiglading | 48 |
| 4.4.5 Plassering for størst mulig overføringsverdi fra TEPCO sitt prosjekt | 49 |
| 4.4.6 Zero sine planer om infrastrukturbygging vs TEPCO sin plan | 49 |
| 4.5 Kundegrunnlag | 50 |
| 4.6 Kostnader og inntekter ladestasjon | 51 |
| 4.6.1 Total/samfunns-økonomi | 52 |
| 4.6.2 Finansiering | 54 |
| 4.6.3 Pris pr lading/kWh | 56 |
| 5.0 Konklusjon | 58 |
| 5.1 Hurtiglading i Norge | 58 |
| 5.2 Standardisering av teknologi for hurtiglading | 58 |
| 5.3 Infrastruktur for hurtigladere i Norge | 58 |
| 5.4 Kostnader for infrastruktur og pris pr kWh for hurtiglading | 59 |
| 6.0 Kilder | 60 |
| 7.0 Vedlegg | 64 |

Figuroversikt

| | |
|---|----|
| Figur 2.1 Ladeforløp litium-ion celle..... | 12 |
| Figur 2.2 Oppladningsforløp Subaru R1e..... | 13 |
| Figur 2.3 Oversikt over standarder i verden i dag..... | 16 |
| Figur 2.4 Bilde av en CEE7 kontakt..... | 17 |
| Figur 2.5 Bilde av en IEC 60309 kontakt..... | 17 |
| Figur 2.6 To standardiserte AC plugger..... | 17 |
| Figur 2.7 Identifikasjon av strømstryke AC kontakt..... | 18 |
| Figur 2.8 AC kontakt | 18 |
| Figur 2.9 Viser hvordan AC kontakten er koblet i Europa og USA..... | 19 |
| Figur 2.10 DC kontakt..... | 20 |
| Figur 2.11 Viser skjematisk hvordan DC kontakten virker..... | 21 |
| Figur 2.12 Kommunikasjon mellom bil og lader (eksternlader)..... | 22 |
| Figur 2.13 Ladeprosessen for CHAdeMO kommunikasjonsprotokoll..... | 23 |
| Figur 3.1 Oversikt over TEPCO sine biler sortert etter type..... | 24 |
| Figur 3.2 Frekvensfordeling antall km kjørt i Tokyo..... | 25 |
| Figur 3.3 Spesifikasjoner biler brukt i hurtigladeprosjekt til TEPCO..... | 26 |
| Figur 3.4 Oppladningsforløp Subaru R1e..... | 27 |
| Figur 3.5 Kostnader hurtiglader vs oppladningstid..... | 28 |
| Figur 3.6 Elbilbruk før hurtigladere..... | 29 |
| Figur 3.7 Elbilbruk etter hurtigladere | 29 |
| Figur 3.8 Frekvensfordeling gjenværende kapasitet på batteriene ved retur til base..... | 30 |
| Figur 3.9 Antall reiser etter lengde..... | 31 |
| Figur 3.10 Antall reiser med bil etter lengde..... | 32 |
| Figur 3.11 Lange reiser etter transportmiddel..... | 32 |
| Figur 3.12 Andel av befolkningen med lange reiser pr mnd..... | 32 |
| Figur 3.13 Andel av befolkningen med lange reiser med bil pr mnd..... | 33 |

| | |
|---|----|
| Figur 3.14 Oversikt over antall timer i bruk og parkert BMW 116i..... | 34 |
| Figur 3.15 Energibehovet til BMW 116i brukere pr dag..... | 34 |
| Figur 4.1 Lange reiser etter transportmiddel..... | 44 |
| Figur 4.2 Kart over hurtigladerstasjoner i Japan..... | 50 |
| Figur 4.3 Gjennomsnittlig belastning av nettet gjennom et døgn..... | 57 |

Tabelloversikt

| | |
|--|----|
| Tabell 3.1 Gjennomsnittlig reiselengde sortert etter transportmiddel..... | 31 |
| Tabell 3.2 Pris pr ladestasjon..... | 35 |
| Tabell 4.1 Lange reiser etter formål..... | 45 |
| Tabell 4.2 Beregning av energibehovet ved å konvertere 50% av dagens biler til el..... | 55 |

Ordforklaringer

Hurtiglading:

Hurtiglading av elbil gjør det mulig å lade opp rundt 80% av batterikapasiteten på 15 til 30 minutter avhengi av lader, batteristørrelse og standard. Vanlig lading vil ta 6-8 timer. Hurtiglading regnes som en ekstra tjeneste, altså ikke noe en gjør hver dag, men en ladeform som gjør at en raskt kan lade ved behov for ekstra rekkevidde.

Zero:

Zero er en miljøvernorganisasjon som har som misjon å begrense klimaendringene gjennom å vise frem og få gjennomslag for utslippsfrie energiløsninger. Zero satser stort på klimavennelig teknologi i sitt arbeid.

Better Place:

Better Place er et internasjonalt selskap som jobber for å bygge opp infrastruktur for elbil. I forbindelse med denne oppgaven er Better Place interessant fordi de tilbyr et system der en bytter ut hele batteripakken når det er tomt i stedet for å lade det opp. Dette skifte er gjort på ca 3 minutter.

TEPCO:

Tokyo Electric Power Company, er et strømselskap som holder til i Tokyo. I forbindelse med denne oppgaven er de interessante, da de i samarbeid med flere japanske bilprodusenter har utarbeidet en protokoll for hurtiglading. De har også gjennomført et relativt stort prosjekt med hurtiglading av elbil.

Kondensator:

Er en elektrisk komponent som lagrer energi ved hjelp av et elektrisk felt. I motsetning til et batteri som lagrer energi kjemisk. Fordelen med en kondensator kontra et batteri er at effekten som kan tappes og lagres så å si er ubegrenset. Virkningsgraden for oppladning og utladning er også høyere enn for batterier. Ulempen er i dag er metoden for utladning og kapasiteten i forhold til vekt, størrelse og pris.

AC: Alternating Current, vekselstrøm

DC: Direct Current, likestrøm

SOC: State Of Charge, gjenværende kapasitet

CAN (bus): Controller Area Network- en protokoll som kommuniserer uten en sentral datamaskin.

ECU: Engine Control Unit. Styringsenhet som til enhver tid sørger for at motor og batteri yter maksimalt. Avhengig av kommunikasjonsstandard kan bilens ECU sørge for batterienes oppladningsforløp.

1.0 Innledning

Denne oppgaven er skrevet på bakgrunn av at Zero i samarbeid med flere aktører skal gjennomføre et prosjekt med å bygge opp en hurtiglade infrastruktur for elbil i Norge og fase inn elbiler tilrettelagt for hurtiglading. På grunn av at dette er et prosjekt som skal gjennomføres nå, er oppgaven basert på dagens og morgendagens teknologi.

Besvarelsen drøfter de forskjellige alternativene innenfor hurtiglading av elbil. I dag finnes det mange forskjellige standarder og metoder for lading, kontakter i vegg og bil og kommunikasjon mellom lader og batteri. Oppgaven belyser de forskjellige hurtigladestandardene og ser på de teknologiske forskjellene. Videre drøftes et prosjekt gjennomført i Japan i 2008 med hurtiglading for elbil (TEPCO) for å se om det finnes overføringsverdi til prosjektet i Norge. Oppgaven studerer også bilens bruksmønster, og ser hvordan dette kan brukes i forbindelse med etablering av en hurtigladeinfrastruktur i Norge. Økonomiske spørsmål i forbindelse med alternative standarder og infrastruktur vil også diskuteres.

1.1 Hvorfor elbil?

99% av dagens transport drives av en eller annen kjemisk binding med fossil karbon (Holden, 2009). Det eneste karbon som ikke er fossilt, er biomasse. Biomassens tilgjengelighet og hvor stort potensialet er, er en annen stor diskusjon med mange etiske spørsmål. Sentrale utfordringer med biomasse er leveringssikkerhet, konflikt med matproduksjon og om en får mer ut av ressursene ved å benytte biomassen til noe annet.

Dagens oljeressurser vil antagelig tømmes innen relativ kort tid, selv om ekspertene er uenige om hvor lang tid dette vil ta. Mangelen på flytende fossil karbon er imidlertid ikke reell. Det finnes store kullreservoarer som det er mulig å konvertere til flytende karbon (Regjeringen, 2002). Det er også nylig gjort store funn av skifer-gass. At en skal gå tom for fossile energikilder egnet for transport er derfor ikke en reell problemstilling i nær fremtid. Spørsmålet er heller om en skal forlate fossil karbon.

Det eneste alternativet som ikke kommer i konflikt med CO₂ eller store etiske spørsmål er produksjon av fornybar elektrisitet. Dette kan gjøres ved hjelp av vannkraft, solenergi osv. For eksempel stråler det totalt 10 000 ganger mer energi fra solen enn vi forbruker av fossil energi (Boyle, 2004).

Det finnes to hovedformer for lagring av energi for bruk i elbil. En kan lagre elektrisk strøm kjemisk i et batteri eventuelt i en kondensator eller en kan lagre hydrogen, etanol eller en annen karbonbasert gass for deretter å benytte dette i en brenselcelle for å produsere elektrisitet.

1.2 Hvorfor hurtiglading?

En utfordring med elbil i dag er begrenset kapasitet på batteriene og lang oppladningstid. For å starte en overgang fra en fossil fremdrift og over på fornybar fremdrift, må brukervennligheten og fleksibiliteten være like bra eller bedre enn fossile alternativer. Svært få vil være villig til å redusere sin levestandard frivillig. En vei i riktig retning er da å få oppladningstiden ned mot tiden det i dag tar å fylle bensin/diesel.

1.3 Alternativer til hurtiglading i dag

I denne oppgaven er fokuset dagens teknologi. Superkondensatorer vil imidlertid kunne revolusjonere hurtiglading. Superkondensatorer kan ta imot mye energi på kort tid. Et system hvor en superkondensator erstatter dagens batteri kan på lengre sikt tenkes. Ved hjelp av superkondensatorer kan en også redusere belastningen på kraftnettet. Ved å bruke store superkondensatorer på ladepunktene kan de lade seg langsomt opp fra nettet og stå klar med høy effekt når biler kommer for å lade.

1.4 Andre alternativer til rask energioverføring

Alternativene som finnes i dag er batteribytte, slik Better Place ser for seg. Et slikt bytte skal ta 3 minutter (renault,2010). Et annet alternativ er hydrogen, eller andre energirike gasser/væsker. Hvor raskt en fyller opp tanken kan variere, HyNor sine nye stasjoner fyller opp en tank med hydrogen på 1-2 minutter (HyNor). Flytende væsker tar tilsvarende tid som bensin og diesel i dag. En mindre brukt energi er trykksatt luft hvor trykket blir brukt til å drive en motor. En slik påfylling av trykkluft vil ta fra 1-3 minutter avhengig av bilen (MDI, 2010).

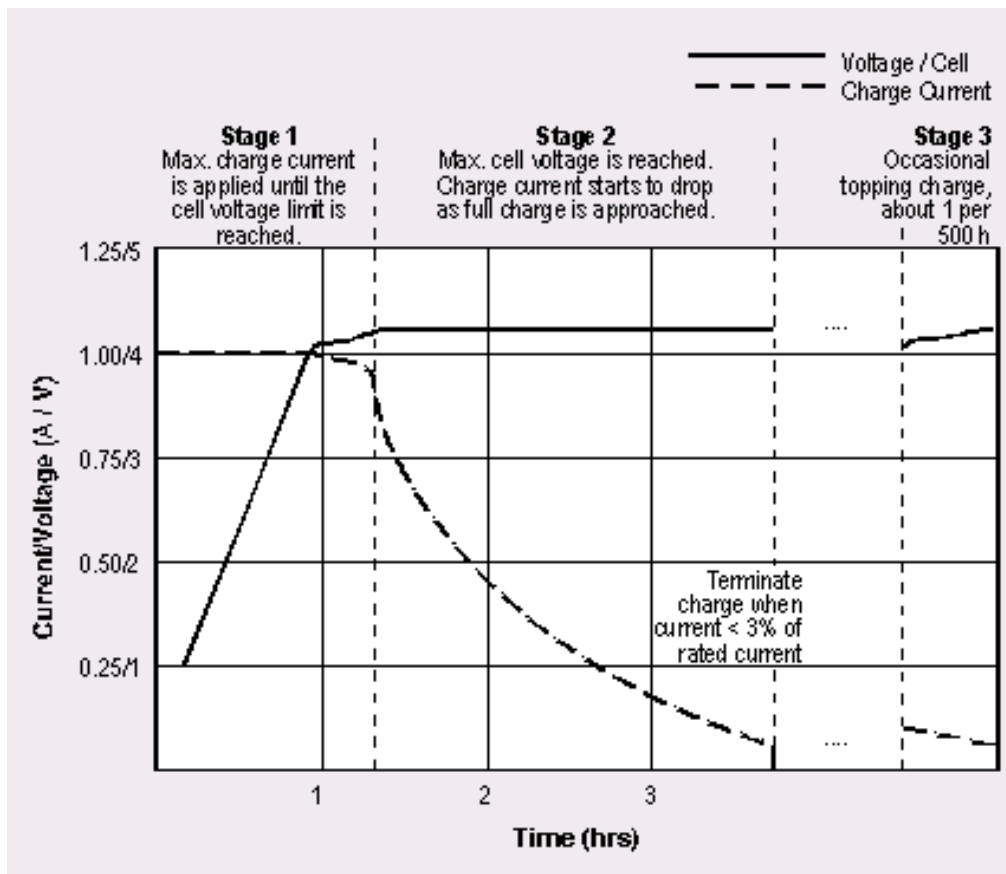
2.0 Teori - Hurtiglading

2.1 Lading

Total kapasitet på et batteri er definert som "C". C er definert i Ah (ampere timer), for en gitt spenning. En kan enkelt anslå energimengden i kWh. Hvor kraftig en lading er, defineres ut ifra størrelsen på batteriet. Lading på for eksempel 0,5C betyr lading med halvparten av antall ampere pr time som batteriets totale kapasitet. Lading av et lite mobilbatteri og lading av en batteripakke for en bil vil derfor oppleves veldig forskjellig, selv om begge lader ved samme verdi for C.

2.1.1 Ladeforløp litium-ion batterier

Dagens og morgendagens elbiler benytter seg i hovedsak av litium-ion batterier og i denne oppgaven vil derfor hovedfokuset være rettet mot litium-ion batterier. Et vanlig ladeforløp for et litium-ion batteri er skissert i figur 2.1. Dette er ladeforløp for en enkelt celle. Litium-ion batterier er svært følsomme for spenninger over dets maksimal spenning på ca 4,20 volt pr celle (Buchmann, 2001). Dette fører til at når spenningen nærmer seg maksimal spenning pr celle må ladestrømmen begrenses for å hindre en kjemisk prosess hvor katodematerialet blir oksidasjonsmiddelet og danner metallisk litium på anoden. Denne prosessen fører til en kraftig varmeutvikling, brann og i verste tilfelle eksplosjon. Det er imidlertid vanlig at batteriene er utstyrt med en sikkerhetskrets som hindrer at cellespenningen blir for høy. Ofte slår denne til ved rundt 4,30 V. Det er også vanlig at det er koblet inn en tempraturesensor som slår til ved rundt 90 grader celsius. Ved denne temperaturen kobles ladingen ut (Buchmann, 2001). Batteriet vil ta skade hvis dette skjer. Hurtiglading stiller derfor meget store krav til kontroll av ladeforløpet og kommunikasjonen mellom batteri og ladeenheten er avgjørende for å hindre skade på batteripakken.



Figur 2.1 viser ladeforløpet til en litium-ion celle. Celle-spenningen er den kontinuerlige streken, mens den stiplede er påtrykt ladeeffekt. Figuren er delt inn i tre deler, der første del lades med full påtrykt effekt til celle-spenningen når ca maksimal verdi. Deretter går den inn i en fase hvor påtrykt effekt gradvis reduseres til batteriet er fullt. Siste del er kun en lading som foregår av og til, og er ment for å "topp lade" batteriet. Kilde: Buchmann, 2001

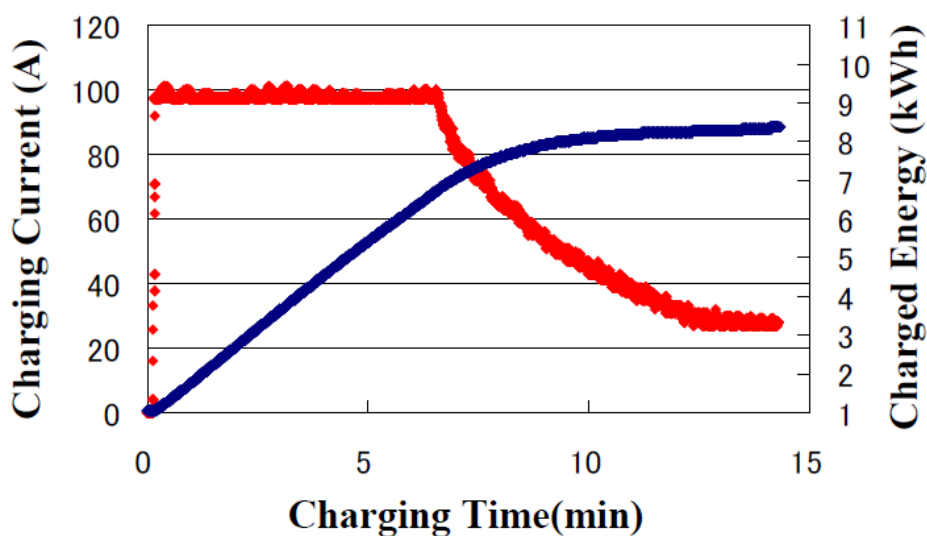
2.1.2 Hurtiglading

Hurtiglading vil derfor kun fungere i "Stage 1" vist i figur 2.1. Altså i området før den kritiske cellespenningen nærmer seg. Her er det mulig å lade med høy effekt. Ulempen ved å lade med en høyere effekt, er at cellespenningen oppnår kritisk verdi på et tidligere stadium enn ved mindre kraftig lading. Avslutningen av "stage 1" skjer derfor tidligere, og "stage 2" vil ta lenger tid (Buchmann, 2001). Dette vil altså si at det ikke er en lineær sammenheng mellom maksimal ladeeffekt og ladetid. En annen konsekvens er at ved hurtiglading får en ikke full oppladet kapasitet på batteriet. Vanlig antagelse er rundt 70% fullt i "stage 1". Som nevnt over avhenger imidlertid dette av hvor stor effekt batteriene lades med og spesifikasjonene på batteriet.

Hurtiglading er, for dette prosjektet, definert av Zero som alt over 1 fase, 230 V og 16A (Zero prosjektskisse, 2010). Altså alt over ca 3,7 kW. I praksis vil det si fra og med 1 fase 230V og 32 A (7,4kW). Virkningsgraden for ladeenhet og AC/DC konverter varierer fra fabrikant. AeroVironment sin eksterne lader har en virkningsgrad som skal være over 90%(AeroVironment, 2010), mens AkerWade skal ha en virkningsgrad over 92%(AkerWade, 2010). Kongsberg automotive mener at deres ombordlader bør ha en virkningsgrad opp mot 96%(Gunnerud,2010)(ikke enda i produksjon). Antar

derfor et snitt på 90%. Totalvirkningsgraden for lading av et batteri vil da bli rundt 80% (Ladeenhet/konverter $\eta \approx 90\%$ og batteri $\eta \approx 90\%$) (Valøen & Shoesmith). Med en virkningsgrad på 80%, tilsvarer en lading på 32 A en ladeeffekt på ca 5,9 kW. En typisk batteripakke på 15 kWh, vil da bruke ca 2 og halv time på å oppnå full kapasitet (antatt full ladeeffekt under hele ladeforløpet).

Kravet til kommunikasjon mellom batteri og lader øker når effekten på ladingen økes som nevnt tidligere. Under en slik lading kreves det hele tiden en toveis kommunikasjon mellom lader og batteri. I figur 2.1 er ladeeffekt plottet opp mot cellespenning. Figuren viser en celle. Figur 2.2 viser ladeforløpet for en relativt liten batteripakke for elbil. Her kan en se mye av det samme som i figur 2.1, men i dette tilfellet viser figuren ladeeffekt plottet opp mot lagret energi i batteriet.



Figur 2.2 Viser oppladningsforløpet ved hurtiglading for en Subaru R1e. Y-aksen til venstre forholder seg til den røde grafen, og viser antall ampere. Y-aksen til høyre viser oppladet kapasitet i kWh, og forholder seg til den mørkeblå grafen. X-aksen viser antall minutter. Lader altså for fullt i ca 6 minutter (stage 1), tilsvarer ca 7 kWh. Maks kapasitet på batteriet er 9,2 kWh, altså oppladning til 70-80% med full kapasitet. Kilde Anegawa, T (2008)

Som grafen viser går ladingen av batteriet gradvis langsommere og langsommere. Under hurtiglading er det derfor vanlig å snakke om å lade opp til 80% av full kapasitet, da de siste 20% vil ta lang tid å oppnå.

2.1.3 Temperatur

Vanlig antagelse på kommersielle litium-ion batterier er at de ikke tåler å bli ladet ved temperaturer utenfor 0-45 grader celsius. Det finnes i dag batterier som takler å bli ladet utenfor dette angitte temperaturintervallet, men da med begrenset ladeeffekt (Buchmann, 2001). Her er det imidlertid viktig å presisere at dette er temperaturen til batteriene, og ikke omgivelsenes temperatur.

Hurtiglading kan allikevel bli en utfordring på kalde dager i Norge. I samtale med AeroVironment (Kristen Helsel, Vice President of EV Solutions, 2010), sa de at deres hurtiglader takler temperaturer

ned til -20 celsius. Ladeenheten kunne også bygges inn, slik at den kunne takle det meste av temperatur og vær. Imidlertid var det batteriene som var den store begrensningen i kaldt vær.

2.2.4 Degenerasjon

Økt degenerasjon av batteriene over tid på grunn av hurtiglading er en relevant problemstilling. I dag finnes det ikke tilgjengelig data som kan si noe om dette. Hurtiglading av litium-ion batterier beregnet for elbil er for nytt. Det er imidlertid naturlig å anta at hurtiglading vil kunne degenerere batteriene raskere, da det er større sannsynlighet for at en kommer utenfor de ideelle toleransegrensene for batteriet. Sannsynligheten for å bryte toleransegrenser vil øke i takt med påtrykt effekt. Spesielt er overgangen mellom "stage 1" og "stage 2" og også videre i "stage 2" kritisk, se figur 2.1. Det er naturlig å anta at dette problemet varierer fra batteriproducent til batteriproducent, og at forskjellige ladeteknologier og protokoller vil påvirke i hvor stor grad dette blir et problem.

2.2 To hovedtyper

Det finnes i dag to hovedtyper for hurtiglading. Enten å bygge videre på det AC systemet vi har i dag med ombordladere i bilene, men med en høyere effekt, eller lade direkte med DC ved hjelp av en eksternlader.

2.2.1 AC – ombordlader

Ladeenheten og AC til DC konverteren vil sitte i bilen, slik de fleste elbiler i Norge har i dag. Ved å øke effekten på et slikt system kan en enkelt komme opp i 32 A 230V enfase. Som eksempelet i starten av kapittelet viser, bruker et slikt system fremdeles 2,5 timer på å lade opp en typisk batteripakke. For å redusere tidsbruken ytterligere, har vi i dag systemer som kan benytte seg av 400V 3 fase, og opp mot 63A. Dette vil gi en effekt på ca 44 kW. Ved så kraftig lading vil en, som figur 2.2 viser, ikke kunne lade for fullt under hele oppladningsforløpet. En vanlig antagelse er at en kan lade fullt til ca 70% av maks kapasitet. Følger en eksempelet over med 15kWh batteripakke, vil en ved 44kW effekt (tilsvarer rundt 35 kW ladeeffekt, $\eta=0,8$) oppnå 70% av full kapasitet på rundt 18 minutter. Videre oppladning vil ikke være lineær, og dermed usikker å anslå.

2.2.1.1 Varmeutvikling - ombordlader

Virkningsgraden på en konverter og ladenhet ligger i dag på rundt 90% (Aker Wade og AeroVironment, 2010)). Dvs. at ved vanlig 16A 230V lading vil enheten gi fra seg en varmeeffekt på rundt 300- 400W. Batteriene har i dag også rundt 90% virkningsgrad (Valøen & Shoemith), og en vil dermed også her avgi i størrelsesorden lik varmeeffekt. Dette kan i begge tilfeller greit løses ved å

transportere bort varmen. 44 kW lading vil med tilsvarende virkningsgrader avgi rundt 4kW med varme under lading. Dette er mye effekt å transportere bort fra bilen, men vil være mulig ved riktig dimensjonering. Det er imidlertid lite varme å transportere bort hvis en sammenligner med en forbrenningsmotor.

Spesielt kan varme bli et problem på lengre turer med flere hurtigladinger etter hverandre, grunnet batteriets virkningsgrad på 90% også gjelder ved utladning av batteriet. Varme vil derfor genereres under lading og under kjøring.

2.2.2 DC – eksternlader

Et annet system er å lade batteriene direkte med DC. På den måten slipper en å ha en ladeenhet i bilen. Ladeenheten vil da stå på utsiden som en slags bensinpumpe og konvertere AC til DC, og kommunisere med bilen. Etter visse parametere som nevnt i avsnitt 2.1, vil laderen gi batteriene den effekten den takler. Slike systemer vil kun begrenses av strøm inn til stasjonen, og kraftelektronikken i ladestasjonen. Det finnes i dag systemer som skal takle opp mot 250 kW (Aker Wade og AeroVironment, 2010). Imidlertid finnes det ikke batterier som takler denne effekten. Think City takler i dag rundt 70-80 kW (22-24 kWh batteripakke, 80% på 15 min → [70,4 – 76,8]kW, (Think, 2010). Maksimal effekt er antagelig noe høyere, da det er naturlig å tro at ladeeffekten ikke er maksimal helt til 80%.

2.2.2.1 Varmeutvikling – eksternlader

Også her vil det genereres varme i ladeenheten og i batterier på grunn av irreversible tap. Fordelen med dette systemet er at en får varmen fra ladeenheten utfor bilen. Varmen som må transporteres bort er fra batteriene. I og med at virkningsgraden fordeler seg ganske likt på batteri og ladeenhet, vil en teoretisk kunne lade dobbelt så kraftig og få samme varme generert i bilen.

2.3 Standarder

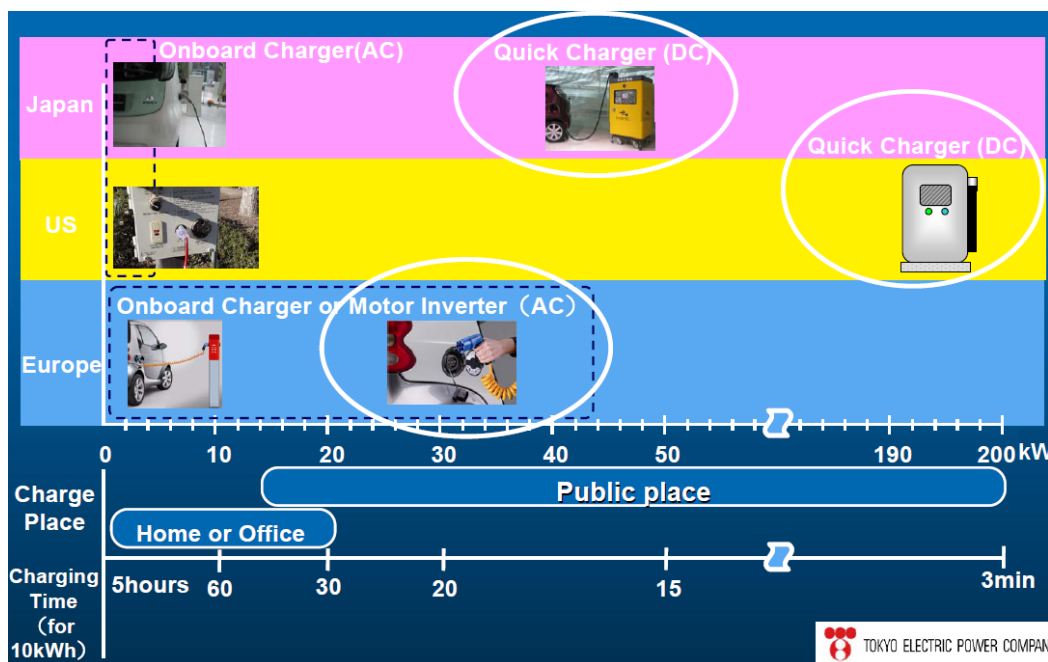
Hovedutfordringen i dag, med tanke på standarder, er at det finnes i hovedsak 4 forskjellige selskaper som jobber med standardisering på dette feltet:

- International Electrotechnical Commission (IEC)
- International Organization for Standardization (ISO)
- Society of Automotive Engineers (SAE)
- Electric Power Research Institute (EPRI)

Det jobbes imidlertid nå med å få på plass en felles standardisering mellom disse selskapene.

Som nevnt i avsnitt 2.2 finnes det to hovedtyper av hurtiglader. Eksternlader med DC inn til bilen eller integrert lader i bilen med AC inn til bilen. Ombordlader blir av alle i dag brukt ved vanlig lading. Figur 2.3 viser et godt bilde av verden i dag. Japan går for hurtiglading ved hjelp av en eksternlader med en effekt rundt 50 kW. USA går samme vei, men med betydelig høyere effekt, opp mot 250 kW. Europa skiller seg klart ut ved å gå for en variant med lader bygget inn i bilen, og maksimal effekt på ≈ 44 kW (3 fase, 400V, 64A).

Europa sin variant med innebygget lader gjør systemet noe mer fleksibelt for de som har 3 fase tilgjengelig hjemme eller på jobb. De kraftigste ladepunktene ser en det som mest sannsynlig å plassere i det offentlige rom.



Figur 2.3 viser hvordan de fleste bilselskapene i henholdsvis Japan, USA og Europa ser for seg hurtiglading. Alle tenker seg vanlig lading med ombordlading, mens ved hurtiglading skiller Europa seg ut ved å benytte seg av ombordlader. USA har den kraftigste laderen, mens Europa har den svakeste. Kilde Anegawa, 2010

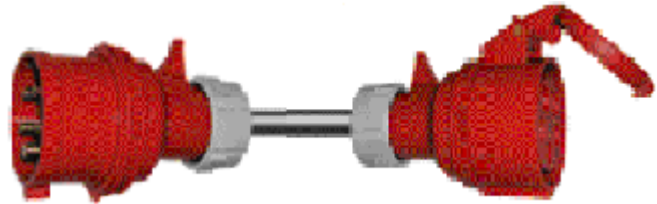
2.3.1 Ladeplugg

2.3.1.1 AC-Ombordlader

Her vil det igjen bli et skille mellom ombordlader og eksternlader. Ved bruk av en ombordlader kan en tenke seg at en kan bruke allerede kjente standarder som CEE7 og IEC 60309. Se bilde under.



Figur 2.4 viser en standard CEE7 kontakt. Dette er en kontakt som benyttes for vanlig lading i dag.



Figur 2.5 viser en IEC 60309 kontakt. Dette er en 3 fase kontakt som finnes i flere størrelser avhengig av spenning og antall ampere den er dimensjonert for. Kilde ICS

CEE7 som standard varier litt fra land til land, men i Europa er denne i hovedsak brukt. IEC 60309, eller en tre-fase plugg, vil også variere i størrelse i forhold til strømstyrke og land.

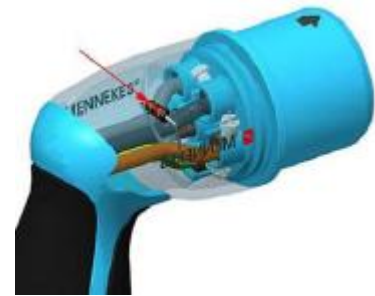
Produsentene har imidlertid ikke valgt å gå for en standard 3 fase kontakt, eller en standard 1 fase kontakt. Hovedgrunnen bak denne beslutningen er sikkerhetsaspektet og fleksibilitet. I dag finnes det to hovedtyper, IEC 62-196-2 **Type I** (japansk/amerikansk) og IEC 62-196-2 **Type II** (europeisk)(Mennekes), se figur 2.6 for detaljert beskrivelse. Hovedforskjellen mellom disse to pluggene er at Type II takler 3 fase og 1 fase, mens Type I kun takler 1 fase. Dette fører til at Type II kontakten kan takle en maksimal effekt på 49,9 kW, mens Type I kun kan gi en effekt på 19,2 kW.

| | IEC 62-196-2 Type I (Japanese proposal*) | IEC 62-196-2 Type II (European proposal) |
|-----------------------|--|--|
| Maximum voltage | 240V | 480V |
| Maximum current | 32A (80A US) | 63A (70A single phase) |
| Phases | 1 | 1 to 3 |
| Maximum power | 7.2kW (19.2kW US) | 49.9 kW |
| Interlock | mechanical latch on connector | electromechanical latch on socket |
| Control Pilot | PWM signal | PWM signal |
| Proximity | Resistor in connector (also used to detect latch status) | Resistor (also used to detect current limit) |
| Digital communication | PLC | PLC |
| Intended use | vehicle | vehicle / infrastructure |

*also supported by SAE

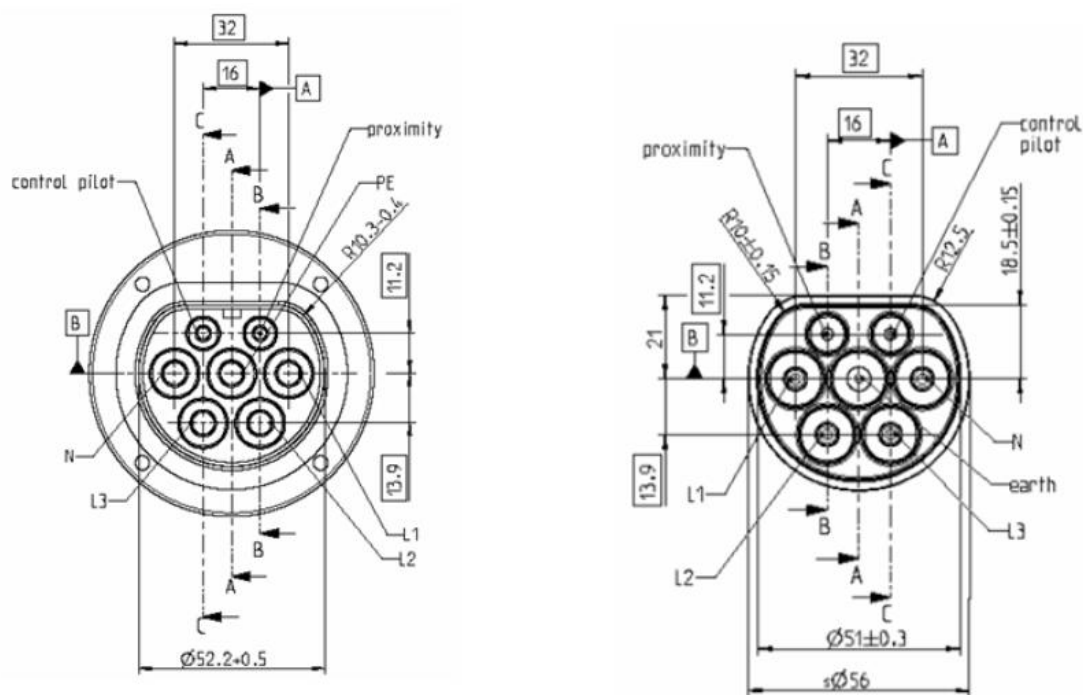
Figur 2.6 viser de to standardiserte pluggene for AC. kilde: Oestreicher, Preuschoff & Bogenberger, 2009

For hurtiglading vil derfor Type II kontakten være best egnet. Denne kontakten er laget slik at uavhengig av strømstyrken på ladepunktet, vil laderen automatisk tilpasse seg kapasiteten til ladepunktet. Dette gjøres ved at de forskjellige ladepunktene har en kontakt hvor det er bygget inn en motstand som vist i figuren til høyre. Laderen måler denne motstanden og sammenligner den opp mot en tabell hvor hver motstand er gitt et spesifikt sett med spesifikasjoner. Dette gjør systemet meget fleksibelt, og gjør at en kan bruke samme kontakt for alle strømstyrker uten at det går i konflikt med kapasiteten til ladepunktet. Systemet inkluderer også 1 fase.



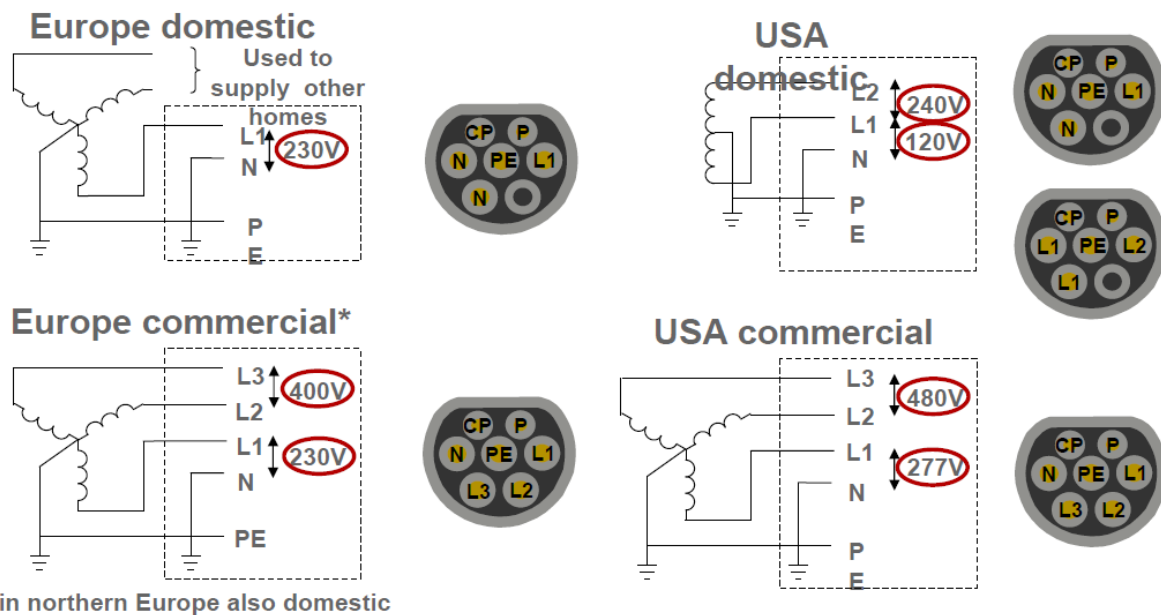
Figur 2.7 viser hvordan motstanden er koblet, som skal identifisere kapasiteten til ladepunktet. Kilde: Oestreicher, Preuschoff & Bogenberger, 2009

Som en ser av figur 2.8 vil Type II pluggen ha foruten de 3 fasene (L1, L2, L3), nøytral (N) og jord (earth) også ha to kontakter (proximity, control pilot) beregnet for kommunikasjon. Ladepunktet vil på den måten kunne identifisere bilen, få vite hvor mye energi det er igjen på batteriene osv. Det vil ikke være strøm i kontakten før pluggen settes inn. Pluggen vil "låse" seg fast til bilen. Også målingen av motstanden for å detektere strømstyrke, vil foregå ved hjelp av disse pinnene. Pluggen skal tåle opp mot 63A, 500V i 3 fase (max 49,9kW), og 70A 500V i en 1 fase (Oestreicher, Preuschoff & Bogenberger, 2009).



Figur 2.8 Til venstre ser en skisse av en kontakt, til høyre ser en skissen av pluggen. På figuren er det forklart hva de forskjellige egenskapene til pinnene. Størrelsen på kontakt og plugg er også vist. kilde: Oestreicher, Preuschoff & Bogenberger, 2009

Figur 2.9 viser hvordan kontakten kan brukes som både 1 fase og 3 fase. Den viser også hvordan de forskjellige standardene, med tanke på spenning, er i USA og i Europa. Ser en på "europe commercial" står det at vi har 400V mellom fasene og 230V mellom en fase og nøytral. Dette stemmer ikke helt med den "Norske standarden" da det er 230V mellom fasene og 133V mellom nøytral og en av fasene. Imidlertid begynner det i nye anlegg å bli vanlig også i Norge med standarden som forevises her.



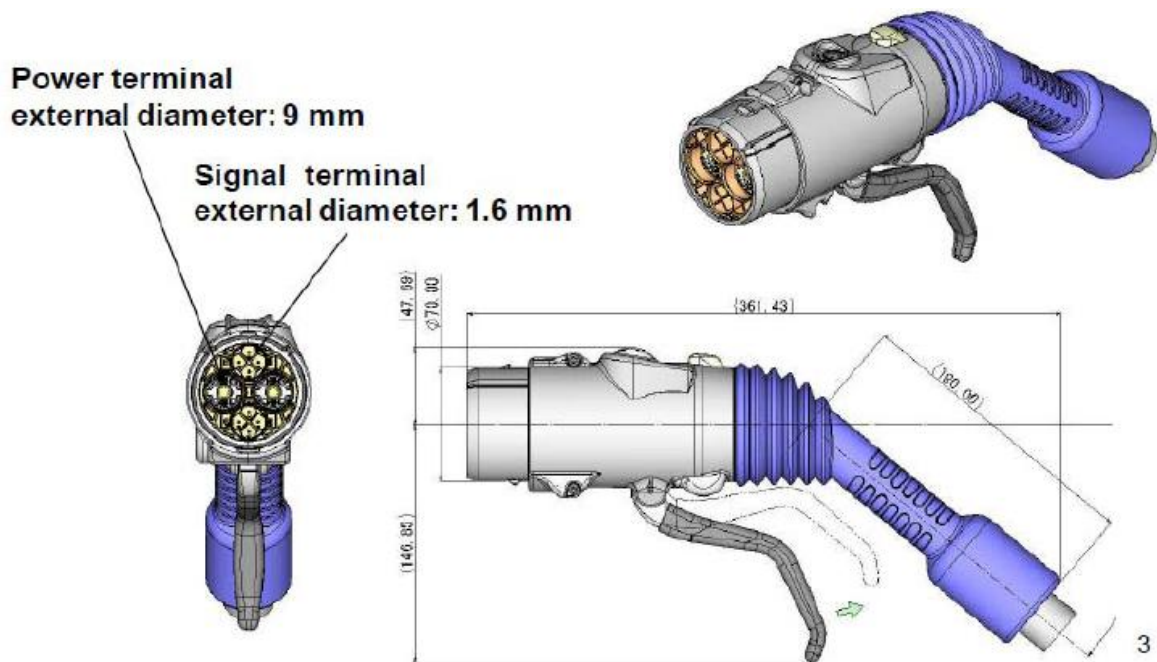
Figur 2.9 viser europeisk og amerikansk standard, og hvordan dette er koblet inn i Mennekes pluggen. Norge har riktignok en annen 3 fase standard enn det som vises her, med 230V mellom live ledningene (L1, L2 og L3) og 133V mellom live og jord. Imidlertid begynner også standarden med 400V mellom live å bli vanligere også her. Kilde Oestreicher, Preuschoff & Bogenberger, 2009

Kommunikasjonen for ladeforløpet av batteriene vil i hovedsak foregå mellom lader og batteri. Siden ladeenheten er integrert i bilen, trengs det ikke noen felles kommunikasjonsprotokoll for denne kommunikasjonen. Imidlertid kreves en liten kommunikasjonsprotokoll for identifikasjon, gjenværende kapasitet på batterier osv.

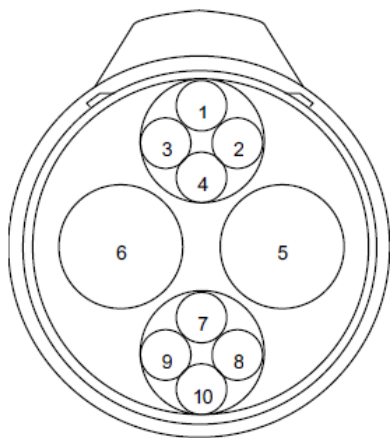
Ladepunktene vil være enklere enn tilsvarende DC ladepunkter og det er dermed naturlig å anta at dette er billigere. Det vil imidlertid være rimelig å anta at bilene med denne funksjonen vil være dyrere, da det kreves en ladeenhet innebygget i bilene.

2.3.1.2 DC-Ekstern lader

For DC lading er bildet annerledes. Her finnes det flere forskjellige pluggdesign. Hovedprinsippene er imidlertid ganske like. Vil derfor kun vise en plugg som Nissan, Mitsubishi, Subaru og TEPCO har utviklet i samarbeid og gjort til sin defaktostandard. Pluggen blir omtalt som JARI Level 3 DC Connector og er fremdeles under utvikling og testing. Pluggen skal tåle opp mot 200A og 500V avhengig av ledningstverrsnitt, se figur 2.10. Innebygget i pluggen vil det også være kommunikasjonskontakter osv. Se ytterligere spesifikasjoner i figur 2.11.



Figur 2.10 viser størrelsen og utseende på en JARI Level 3 DC connector laget for Nissan, Mitsubishi, Subaru og TEPCO. Kontakten er utformet med et håndtak som sikrer at pluggen sitter fast når en plugges den i bilen. Videre består den av en rekke kommunikasjonspinner ut over de to hovedpinnene for DC strøm. Kilde: Anegawa, 2010



| Pin Nr. | Funksjon | Pin diameter [mm] | Ledningstverrsnitt [mm ²] |
|---------|---------------------------|-------------------|--|
| 1 | Referanse jord for | 1,6 | 0,75 |
| 2 | Kontroll EV rele (1 av 2) | 1,6 | 7,75 |
| 3 | (ikke i bruk) | 1,6 | - |
| 4 | Klar for lade kontroll | 1,6 | 0,75 |
| 5 | Strøm minus | 9,0 | 150A: 42,4 200A: 53,5 |
| 6 | Strøm pluss | 9,0 | 150A: 42,4 200A: 53,5 |
| 7 | Proximity detection | 1,6 | 0,75 |
| 8 | Kommunikasjon + | 1,6 | 0,75 |
| 9 | Kommunikasjon - | 1,6 | 0,75 |
| 10 | Kontroll EV rele (2 av 2) | 1,6 | 0,75 |

Figur 2.11 viser kontakten til venstre, med nummer for hver enkelt plugg. Til høyre ser en hva tilstøtende nummer gjør. Ser at det totalt er 10 pinner i kontakten, hvor to store pinner står for ladestrømmen. Kilde: Anegawa, 2010

2.4 Kommunikasjon

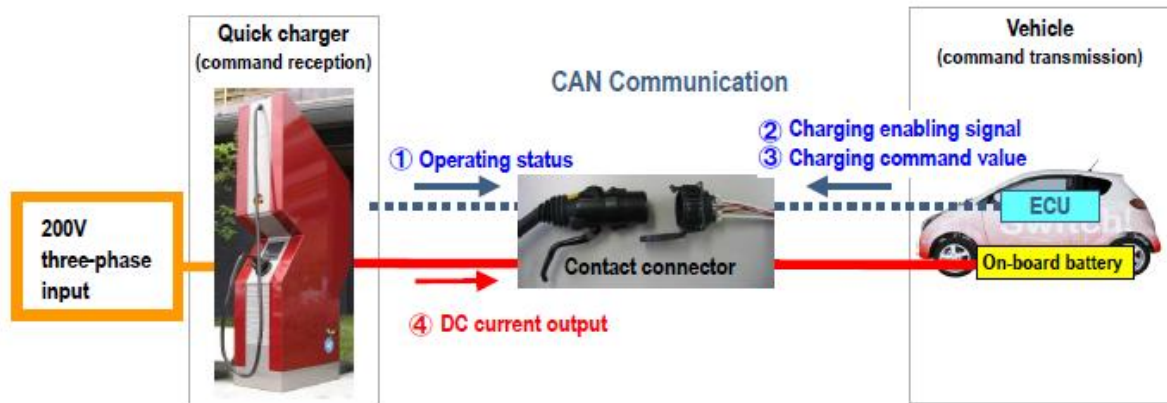
Batteriladerne kommuniserer i dag med batteripakken for å vite når celledspenningen når maksimal verdi og påser at temperaturen holdes innenfor de oppsatte toleranseverdiene. Kommunikasjon mellom batteri og lader er derfor ikke noe nytt. Imidlertid vil kravet til kommunikasjon øke når effekten på ladingen økes. Dette kreves for å opprettholde sikkerheten på systemet. Når alt går raskere vil de oppsatte toleranseverdiene raskere bli brutt.

Et annet moment ved å benytte seg av en ekstern lader er at kommunikasjonen må bli standardisert. I følge Asbjørn Slørdahl i Go-green(2010) benytter alle produsentene seg av en form for CAN-kommunikasjon, men mange har forskjellige protokoller. De må altså bli enige om en felles protokoll.

TEPCO protokoll - CHAdeMO Protocol

Den mest omtalte og kjente protokollen for DC lading er TEPCO protokollen, også kalt CHAdeMO protokoll. Denne protokollen gjør at hvilken som helst bil kan kommunisere med laderen, gitt at denne protokollen benyttes. Bilens ECU (Engine Control Unit) beregner hva slags lading som er ideelt for batteriene og har ansvaret for ladeforløpet. På den måten kan laderen gi en DC strøm tilsvarende det ECU'en i bilen spør etter. Kommunikasjon og ladeforløp er skissert i figur 2.12. Her skjer en toveis

kommunikasjon der svaret til bilen i hovedsak består av lade strøm. Selv om det i dette tilfellet beskriver kommunikasjonen til en lader med eksternlader, vil en ombordlader følge omtrent den samme prosedyren. Forskjellen ligger i at mesteparten av kommunikasjonsutvekslingen vil foregå internt i bilen.



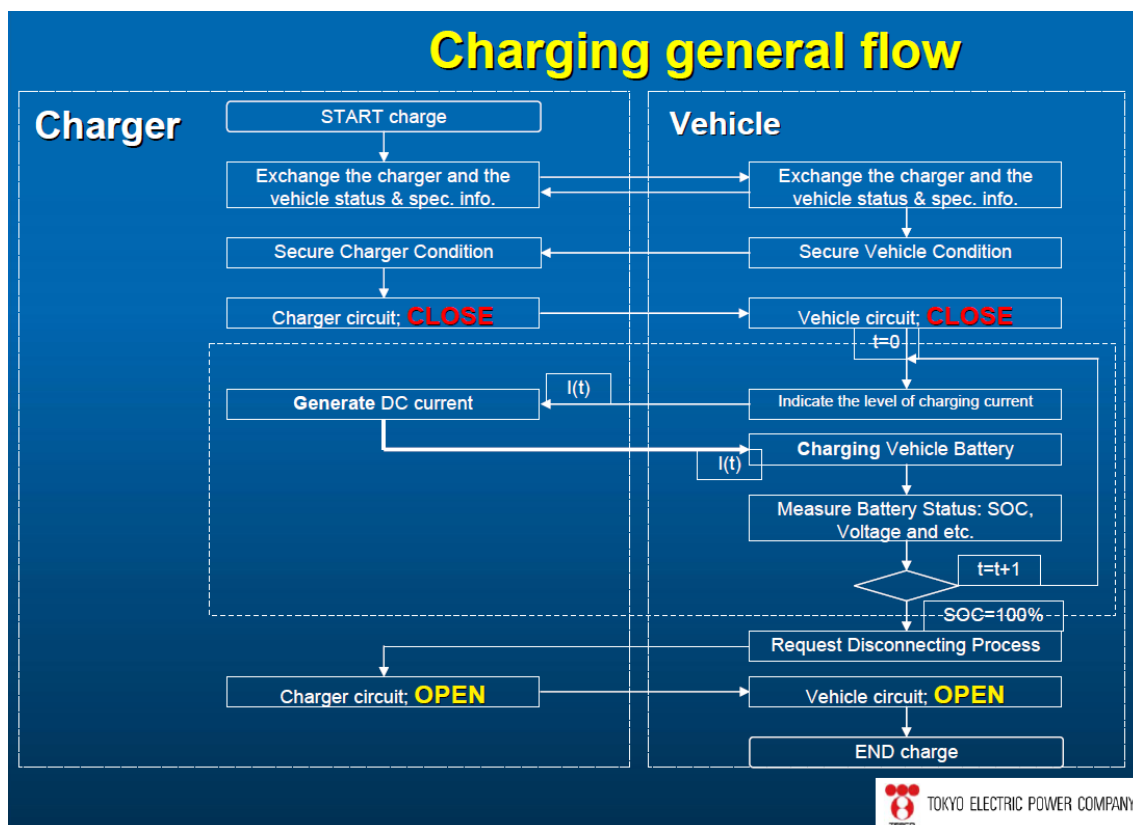
Figur 2.12 viser hvordan kommunikasjonen flyter mellom bil og lader gjennom en kontakt. Kilde: CHAdeMo, 2010

Verdt å legge merke til er at kommunikasjonsprotokollen hele tiden forsikrer seg om at jordingen er i orden. Dette for å forsikre seg om jordfeil og øke sikkerheten på systemet.

2.4.1 Ladeprosessen

Ladeprosessen for TEPCO er skissert under i figur 2.13. Selv om dette viser fremgangsmåten til TEPCO sin protokoll og standard vil ladeprosessen være sammenlignbar for andre ladeprosesser med eksterne DC ladere. Prosessen er i stor grad også sammenlignbar for biler med ombordladere. Forskjellen ligger i at prosessen med gjenkjenning og identifikasjon av bil og batteri ikke vil skje, da ladeenheten er spesialtilpasset for batteripakken i bilen. Kommunikasjonen om ladeforløpet vil på den måten aldri gå ut av bilen, men kun utveksles mellom lader og bilens ECU.

Først starter ladeprosessen ved at en setter pluggen inn i bilen. Kommunikasjonen utveksles mellom bil og lader slik at laderen vet hvilke spesifikasjoner som gjelder. Videre skjer en sikkerhetsprosedyre for å undersøke om lader og bil er klar for lading. Deretter vil lader og bil komme frem til om kretsen er sluttet eller ikke, og eventuelt sette i gang ladeprosessen. Det vil altså ikke være spenning i kontakten før systemet har fått svar fra bilen. Ladeprosessen settes i gang og bilens ECU vil hele tiden følge med på utviklingen og sende informasjon tilbake til laderen om hvor stor strøm og spenning laderen skal gi. Når batteriet er fullt oppladet, eller en vil avbryte ladeprosessen, kuttes strømmen og en kan ta ut kontakten.



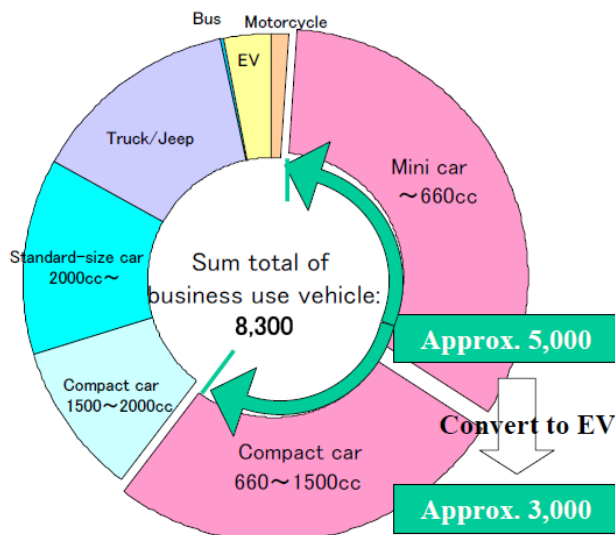
Figur 2.13 viser ladeprosessen for TEPCO sin kommunikasjonsprotokoll. Høyre del av figuren representerer bilen, mens venstre del representerer den eksterne ladeenheten. Ladeprosessen starter øverst til venstre, og en kan følge pilens retning videre nedover til endt lading. Viktige momenter å legge merke til er hvordan bil og lader kommuniserer i starten før laderen begynner å lade. Kilde: Anegawa, 2010

3.0 Resultater og funn:

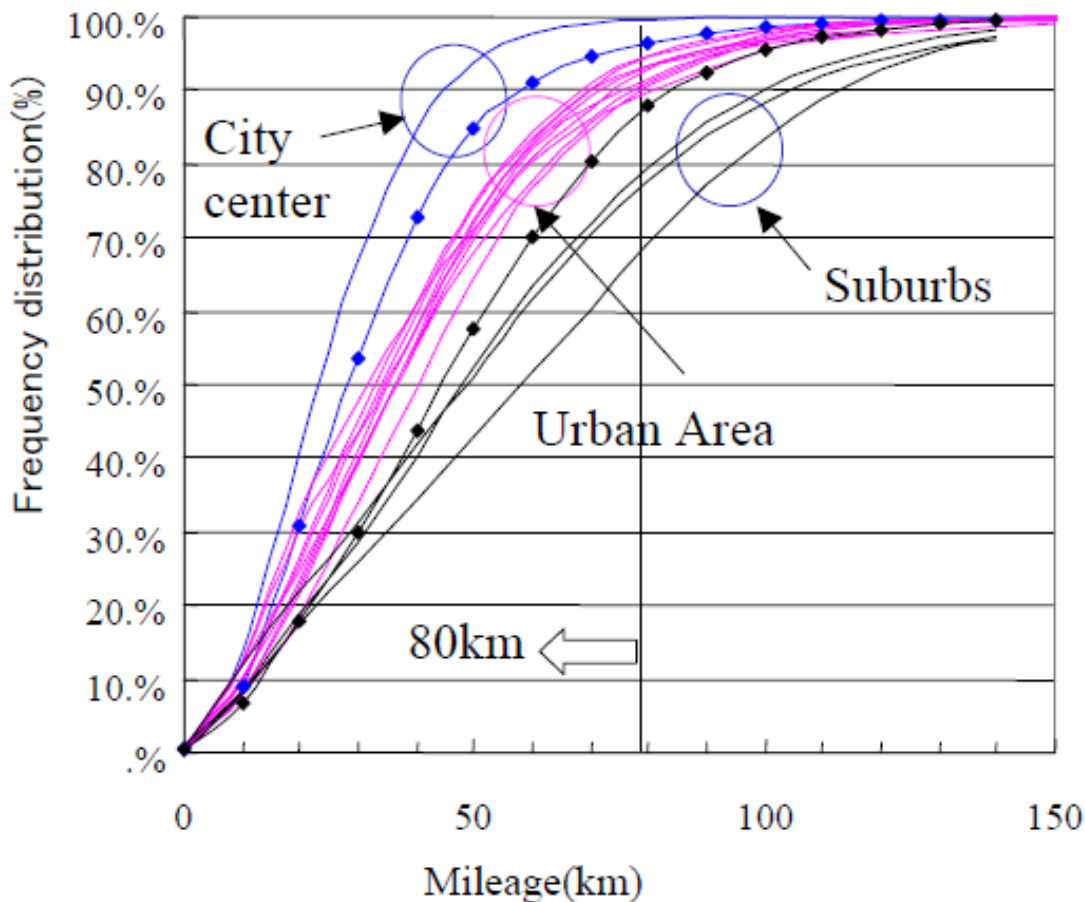
3.1 TEPCO – Tokyo Electric Power Company

TEPCO gjennomførte et forsøk hvor de elektrifiserte en andel av sine tjenestebiler som kjørte i Tokyo sentrum. De supplementerte etter hvert med hurtiglading og har gjort et prosjekt hvor de kartla og analyserte bruken av elbil før og etter.

TEPCO hadde i slutten av 2008, 8300 kjøretøy i sin tjeneste. Som vist i figur 3.1 ser en at ca 5000 av bilene er mini- og kompaktbiler med små motorer. Det finnes også en liten flåte med elektriske biler. Figur 3.2 viser en frekvensfordeling av hvor langt hver bil kjører pr dag. Ved å sette en relativt beskjeden grense på 80 km kan elbil dekke en stor andel av bilbruken. TEPCO ser for seg å kunne erstatte ca 3000, av de 5000 minste bilene, med elektriske biler. Dette tilsvarer en andel på ca 36% EV. Det er spesielt store forskjeller i hvor bilene befinner seg. I bykjernen kjører bilene relativt kort mens de utenfor byen kjører lenger pr dag.



Figur 3.1 viser hvordan bilparken til TEPCO så ut i 2008, og hvordan de i sammenheng med figur 3.2 så for seg andelen som kunne elektrifiseres. Kilde: Anegawa, 2008.





Figur 3.2 viser antall prosent på y-aksen og antall km på x-aksen. Ser hvordan antall km pr dag fordeler seg i forhold til hvor bilen befinner seg. Ser at en kan dekke omtrent alle turer i "city center" med en kapasitet på 80 km. "Urban area" vil også i stor grad være dekket med denne rekkevidden. Kilde Anegawa, 2008.

3.1.1 Spesifikasjoner for bilene i forsøket

To biler ble brukt under testing på hvordan elektriske biler kan implementeres i TEPCO sin bilpark; en Subaru og en Mitsubishi som vist i figur 3.3. Subaru sin variant er en liten og lett bil med kun plass til to personer, mens Mitsubishi er en noe større og tyngre bil med plass til fire. Mitsubishi har også gått for en større batteripakke som gir bilen en større rekkevidde. Begge bilene har mulighet for hurtiglading.

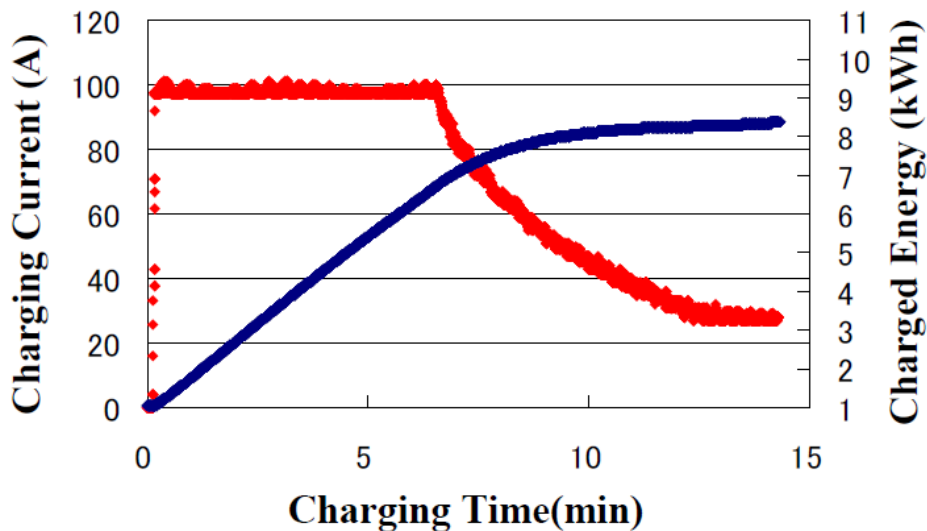
Bilene ble stilt til fri disposisjon for transportbehov som tidligere kun ble gjort med fossile biler. Brukerne var vanlig arbeidere.

| | | |
|------------------------|---|--|
| |  |  |
| Name | R1e | i-MiEV |
| Manufacturer | Fuji Heavy Industry Ltd. | Mitsubishi Motors Corp. |
| Passengers | 2 | 4 |
| Weight[kg] | 870 | 1,080 |
| Cruising range[km] | 80 | 120 |
| Battery. Capacity[kWh] | 9.2 | 16 |
| Recharging Time | Normal: 8h(AC100V), 6h(AC200V) Quick: 15min (Up to 80% SOC) | Normal: 14h(AC100V), 7h(AC200V) Quick: 15min (Up to 50% SOC) 30min (Up to 80% SOC) |

Figur 3.3 viser en Subaru R1e og en Mitsubishi i-MiEV. Disse bilene ble benyttet under TEPCO sitt prosjekt i Tokyo. Kilde: Anegawa, 2008

3.1.2 Spesifikasjoner hurtiglader

I prosjektet ble det benyttet en hurtiglader som leverer 500 V DC. Maksimal strøm er 100A, noe som gir en maksimal effekt på 50kW (Anegawa, 2008). CHAdeMO sin ladeprotokoll ble brukt under forsøket. Et typisk oppladningsforløp av R1e er skissert i figur 3.4. Ser at det blir ladet med 100 A i ca 7 minutter før strømmen gradvis blir redusert. Etter ca 15 minutter har batteripakken mottatt ca 8,3 kWh. På grunn av irreversible tap tilsvarer dette rundt 7,4 kWh på batteriene. Dette tilsvarer 80% av maksimal batterikapasitet.

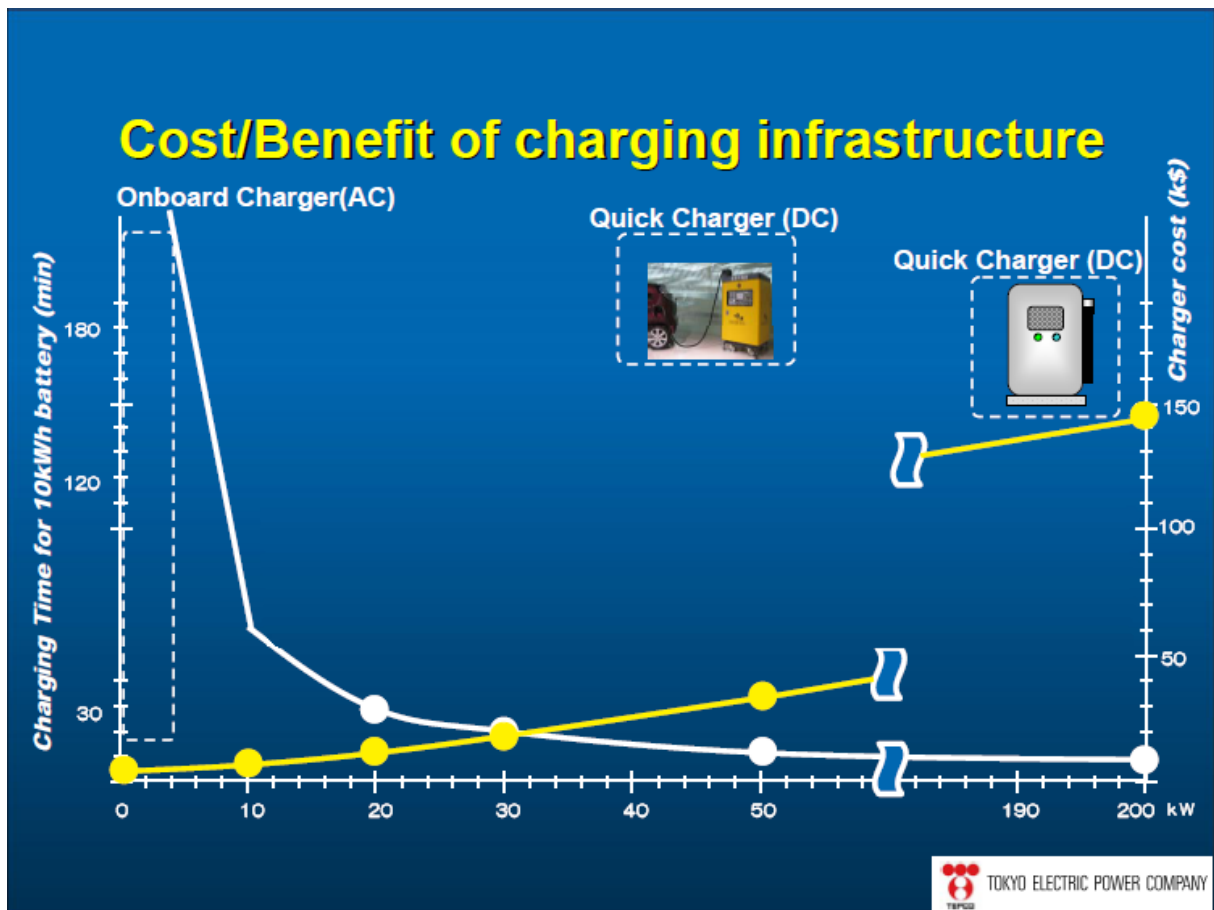


Figur 3.4 Viser oppladningsforløpet ved hurtiglading for en Subaru R1e. Y-aksen til venstre forholder seg til den røde grafen, og viser antall ampere. Y-aksen til høyre viser oppladet kapasitet i kWh, og forholder seg til den mørkeblå grafen. X-aksen viser antall minutter. Lader altså for fullt i ca 6 minutter (stage 1), tilsvarer ca 7 kWh. Maks kapasitet på batteriet er 9,2 kWh, altså oppladning til 70-80% med full kapasitet. Kilde Anegawa, 2008

3.1.3 Kostnad/effekt ladestasjon

Som nevnt under avsnitt 2.1, lading, om ladeforløpet av et litium-ion batteri, er det ingen lineær sammenheng mellom maksimal ladeeffekt og tidsbruk. TEPCO har derfor gjort beregninger på hva slags effekt som vil være mest gunstig i forhold til kostnaden på infrastruktur med forskjellige ladeeffekter. Figur 3.5 viser denne sammenhengen. Her kan en se at ladetiden synker meget raskt ved å øke effekten noe fra "standard" lading. Ved rundt 20 kW begynner virkningen av økt ladeeffekt å avta betydelig. Ladetiden er omtrent flat fra 50 til 200 kW. Det er imidlertid viktig å bemerke at dette er med dagens batterier og at det er en meget liten batteripakke på kun 10 kWh.

Kostnadene øker jevnt opp til 50 kW. På grunn av manglende ladere i området mellom 50-200kW, er dette tatt ut av figuren. Prisen for hurtigladere på 200 kW er imidlertid omtrent 4 ganger så høy som en 50kW. På grunn av den relativt lille forskjellen i ladetid bestemte TEPCO seg for en infrastruktur med en maksimal ladeeffekt på 50kW.



Figur 3.5 viser sammenhengen mellom kostnader og fordeler av en hurtiglade infrastruktur. Hvit kurve forholder seg til venstre x-akse og viser tidsforbruket på oppladning av en 10kWh batteripakke. Gul kurve forholder seg til høyre x-akse og viser sammenhengen mellom ladeeffekt og pris for en hurtiglader. Kilde Anegawa, 2010

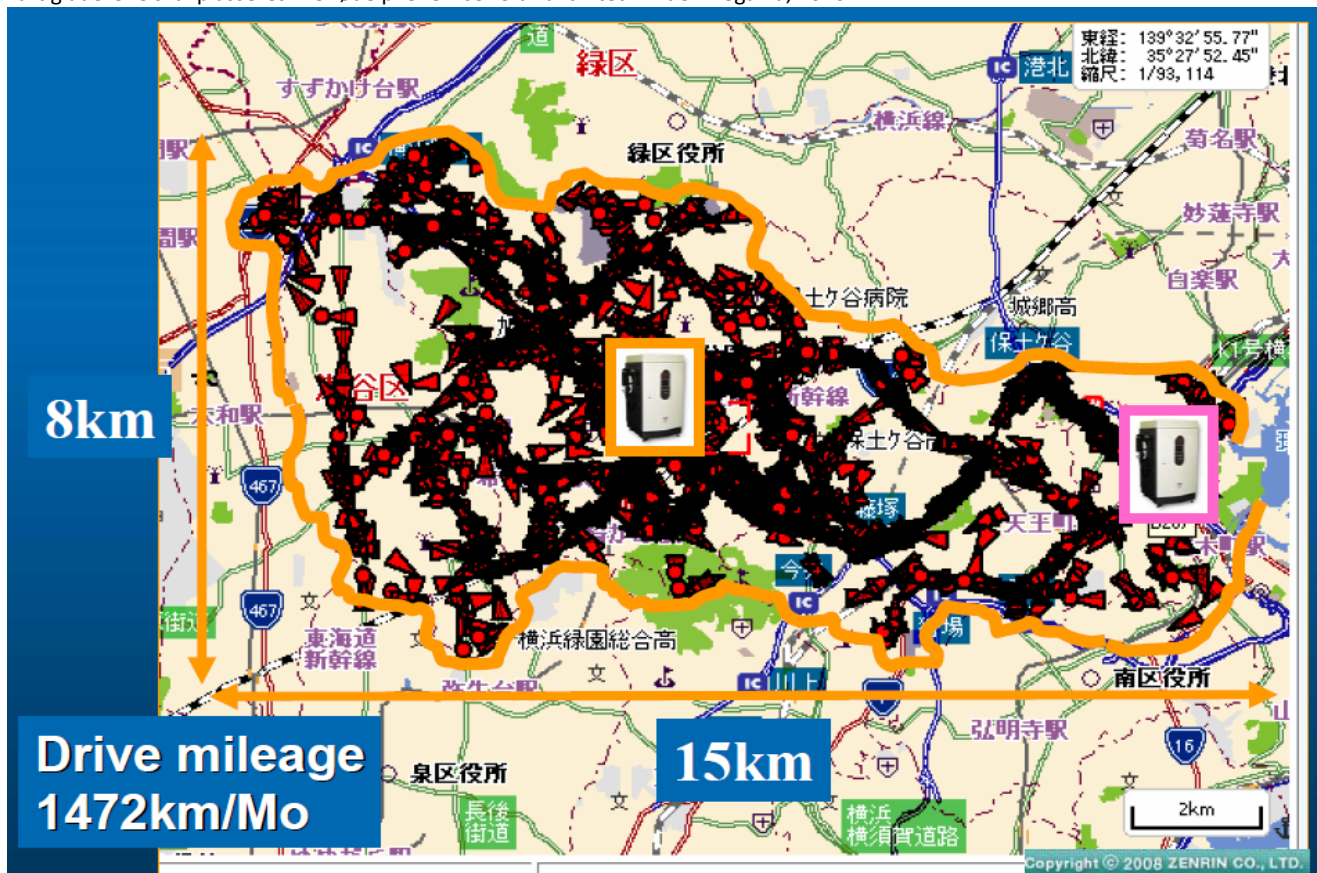
3.1.4 Brukermønster

3.1.4.1 Rekkevidde

Før TEPCO plasserte ut hurtigladere for elbiler i Tokyo ble de elektriske bilene kun brukt over relativt korte distanser. De beveget seg heller aldri langt unna ladestasjonene, se figur 3.6. Som vist i figur 3.7 kan en tydelig se hvordan brukermønsteret endret seg til å dekke hele det operasjonelle området. De to målingene ble gjennomført i oktober 2007 og juli 2008. Altså et intervall på noe under et år. Implementeringen av to hurtigladere ble gjennomført i denne perioden, siste i mars 2008. Juli 2008 dekker elbilene hele det oppmerkede området. Gjennomsnittlig distanse pr elbil økte fra 203 km pr måned til 1472 km pr måned. Dette tilsvarer en økning på 725%.



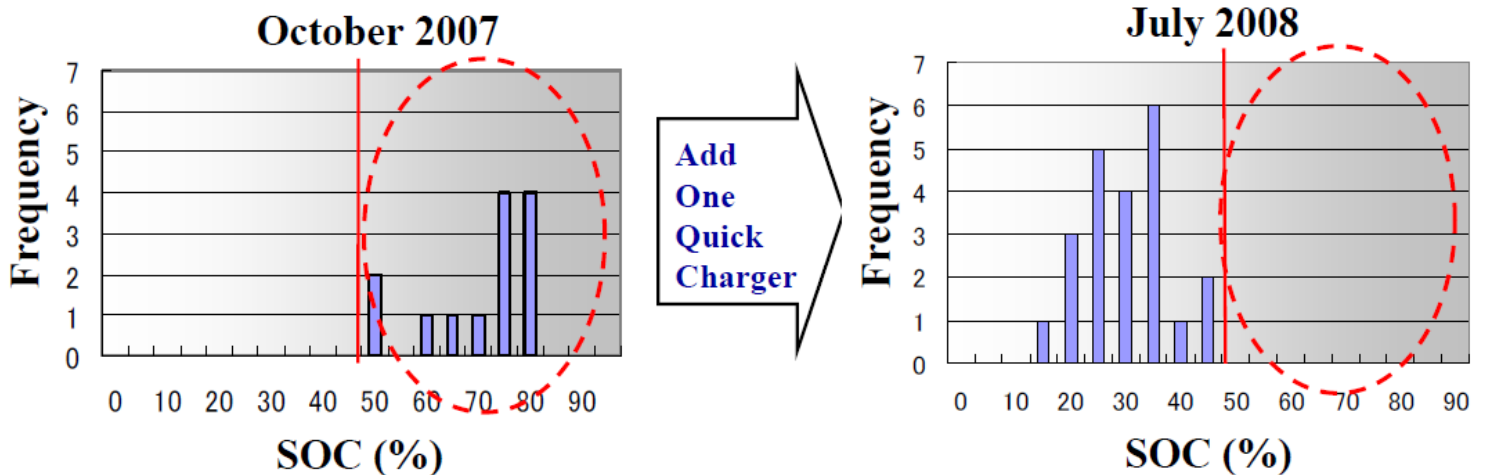
Figur 3.6 viser en del av Tokyo sentrum, en del av det operasjonelle området til TEPCO. De to innrammede figurene er hvor hurtigladerene skal plasseres. De røde pilene viser elbil aktivitet. Kilde Anegawa, 2010



Figur 3.7 viser en del av Tokyo sentrum, en del av det operasjonelle området til TEPCO. De to innrammede figurene er hvor hurtigladerene er plassert. De røde pilene viser elbil aktivitet. Kilde Anegawa, 2010.

3.1.4.2 Utnyttet kapasitet

Etter innføringen av hurtiglading ble kapasiteten til elbilene i mye større grad utnyttet. Av figur 3.8 ser en tydelig endring i brukermønsteret. Mens en før implementeringen av hurtiglademuligheten oktober 2007 ikke hadde en eneste bil som returnerte til "basen" med kapasitet under 50%, var det i juli 2008, etter implementeringen av hurtiglader, ingen som returnerte med over 50% kapasitet. Selv om en også tidligere kunne ha utnyttet kapasiteten tilsvarende var den eneste fysiske endringen muligheten for hurtiglading.



Figur 3.8 viser en frekvensfordeling over gjenværende kapasitet på batteriene før og etter TEPCO fasett inn hurtiglading. Ser at i oktober 2007 returnerte alle bilene med over 50% gjenværende kapasitet, og antall turer var relativt få. I juli 2008, etter at det var plassert ut en hurtiglader returnerte ingen av bilene tilbake "basen" med over 50% gjenværende kapasitet. Antall turer har også økt. Kilde: Anegawa, 2010

3.2 Transportvaner

Transportvanene til den norske befolkningen er nøye kartlagt i flere år av Transportøkonomisk institutt (TØI) i en reisevaneundersøkelse (RVU). Den siste komplette rapporten er fra 2005 og går under tittelen "den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2005 – nøkkelrapport". Vil under dette kapittelet referere mye til denne rapporten. Reisevaneundersøkelser gjennomføres i mange land, og det er noen retningslinjer å gå etter. Dette er gjort for at resultatene skal kunne sammenlignes på tvers av landene. Den viktigste er definisjonen på en reise.

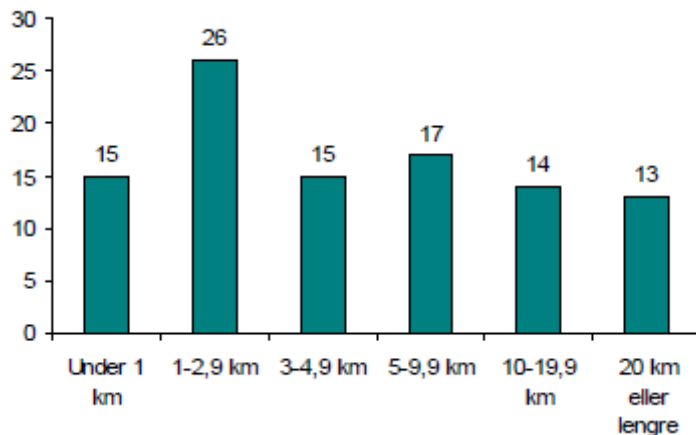
"En reise er enhver forflytning utenfor egen bolig, skole, arbeidsplass eller fritidsbolig, uavhengig av forflytningens lengde, varighet, formål eller hvilket transportmiddel som brukes."

(RVU, 2005)

Det vil si at hvis en reiser hjemmefra til barnehagen for å slippe av ungene og så videre til jobb, regnes dette som 2 individuelle reiser.

3.2.1 Gjennomsnittlig reise

Gjennomsnittlig reiselengde var i 2005 på 11,1 km og varte i 21 minutter. Gjennomsnittlig antall reiser pr dag var 3,33 (2005). Ser en på frekvensfordelingen av lengden på disse reisene, vist i figur 3.9, ser en at ca 40% av turene var under 3 km i lengde. Imidlertid må en her huske på definisjonen av hva en reise er. Dessuten er dette alle transportmidler og inkluderer også reiser på sykkel og til fots.



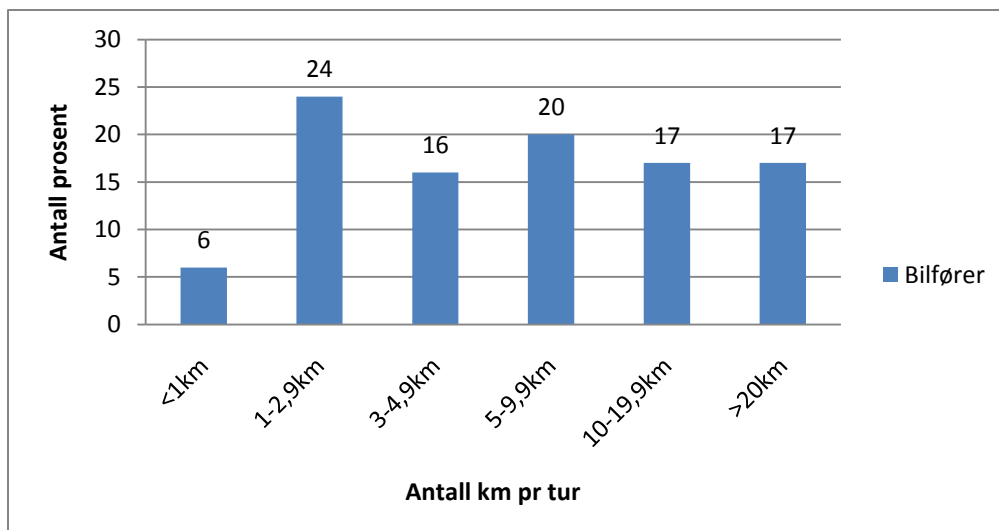
Figur 3.9 viser antall reiser etter lengde. Figuren inneholder data fra alle transportmidler. Ser at ca 40% av turene er under 3 km. Kilde RVU 2005

Gjennomsnittlig reiselengde for ulike transportmidler er vist i tabell 3.1. Her kan en se at en bilfører i gjennomsnitt kjører 12,4 km og at turer med passasjerer øker kjørelengden til 15,5 km.

Tabell 3.1 viser gjennomsnittlig reiselengde for reiser med ulike transportmidler for årene 1992, 2001 og 2005. er at en gjennomsnittlig reise med bil er 12,4 km i 2005. Kilde RVU, 2005

| Transportmiddel | 1992 | 2001 | 2005 |
|-----------------|------|------|------|
| Til fots | 1,3 | 1,4 | 1,7 |
| Sykkel | 2,6 | 2,9 | 3,3 |
| MC/moped | 5,3 | 15,2 | 9,0 |
| Bilfører | 12,3 | 12,9 | 12,4 |
| Bilpassasjer | 16,8 | 17,7 | 15,5 |
| Kollektivt | 17,3 | 29,0 | 26,7 |
| Annet | 8,8 | 6,6 | 10,1 |
| Gjennomsnitt | 10,3 | 11,9 | 11,1 |

Gjennomsnittet sier imidlertid lite om hvordan fordelingen av reisene er. Mest interessant i denne oppgaven er hvordan transportmiddel" bilfører" fordeler seg. Dette vises i figur 3.10.

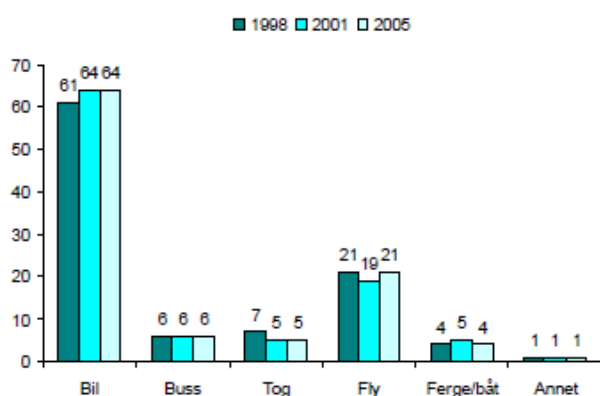


Figur 3.10 viser en frekvensfordeling av antall reiser med bil med hensyn på lengde. X-aksen viser antall km og y-aksen antall prosent turer innenfor intervallet. Kilde RVU, 2005.

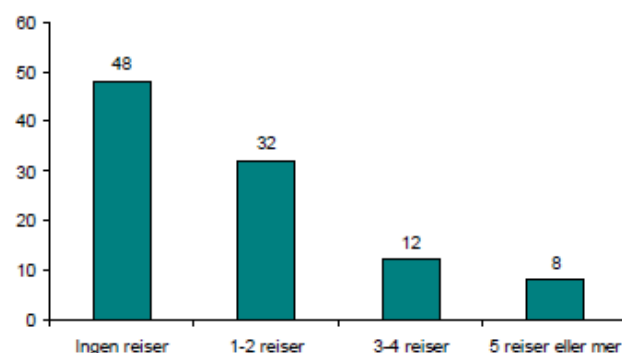
Her kan en se at frekvensen er høyest på distanser mellom 1-2,9 km. Kun 17 prosent av reisene er på over 20 km.

3.2.2 Lange reiser

I snitt representer ikke rekkevidde på elbil noen begrensning. Imidlertid er det noen som har behov for lengre reiser. Lang reise er definert som en reise på over 100km. Befolkningens behov for lange reiser pr måned er skissert i figur 3.12. Her kan en se at 48% gjennomfører ingen reiser av denne lengden pr måned og 32 % gjennomfører 1-2 slike reiser pr måned.



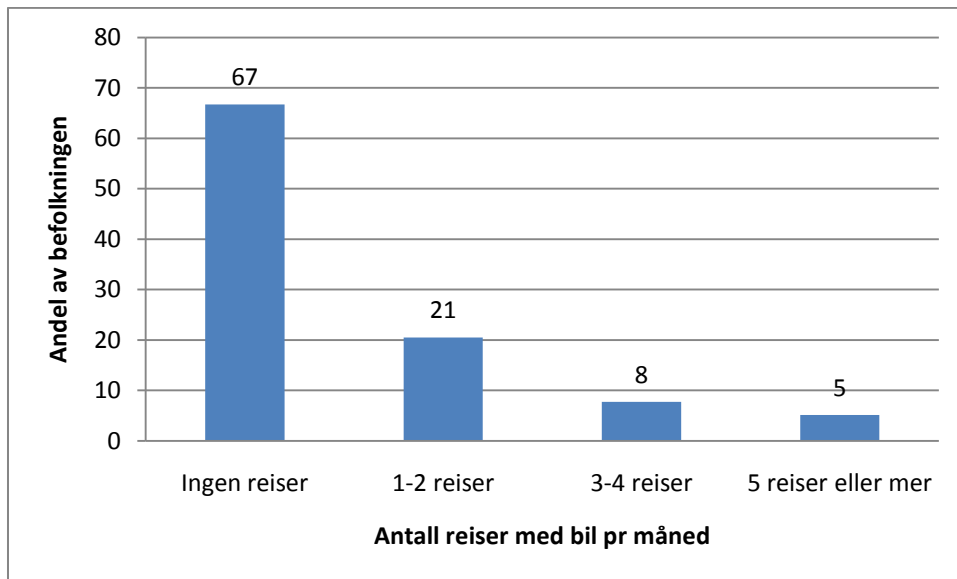
Figur 3.11 viser lange reiser etter transportmiddel for 1998, 2001 og 2005. Kilde RVU 2005



Figur 3.12 viser andelen av befolkningen med lange reiser (reiser > 100 km) per måned. Kilde RVU, 2005

Igjen er tallmaterialet basert på reiser med alle transportmidler. Forutsetter at bilandelen på lange reiser fordeler seg likt på gruppene med ingen til 5 reiser eller mer. Benytter figur 3.11 som viser hvordan de forskjellige transportmidlene fordeler seg på de lange reisene og multipliserer med andelen av bil i nevnte figur (bilandel på 64%). En får da ut at ca 13% av befolkningen har 3 eller flere

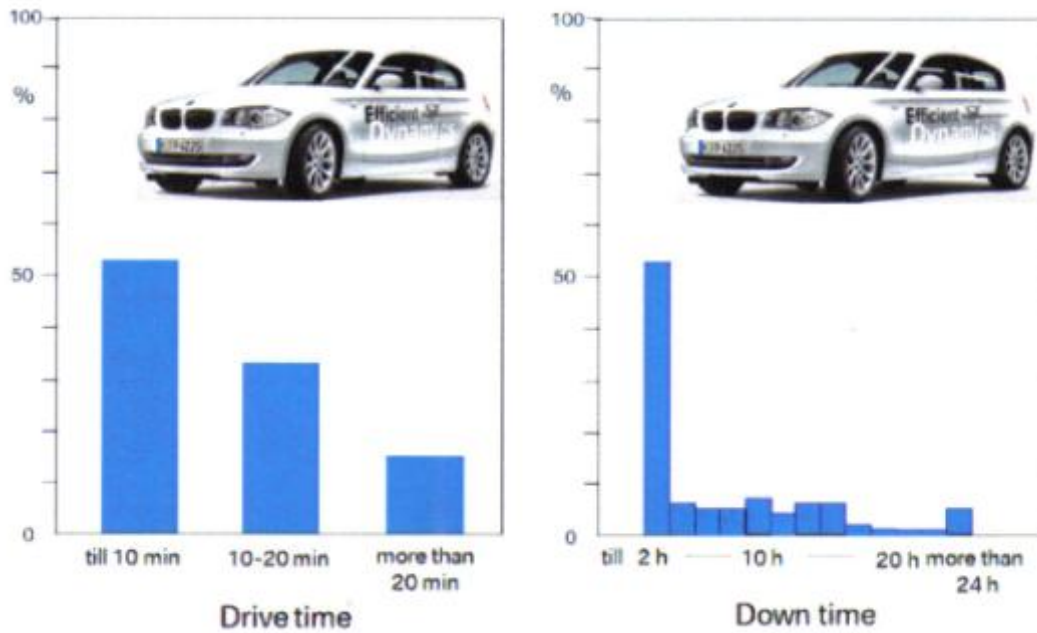
reiser med bil på over 100 km pr måned. 21% av befolkningen har 1-2 reiser. Dette vil igjen si at 67% av befolkningen ikke har noen lange reiser med bil pr måned. Riktignok sier ikke denne undersøkelsen noe om hvor mye over 100km disse reisene er. Figur 3.13 tydeliggjør disse data.



Figur 3.13 viser andelen av befolkningen med lange reiser med bil pr måned. Forutsatt at bilandelen på 64% ved lange reiser fordeler seg likt på gruppene med ingen til 5 reiser eller mer. Ser at 67 prosent har ingen reiser, men 5% har 5 reiser eller mer. Kilde RVU, 2005

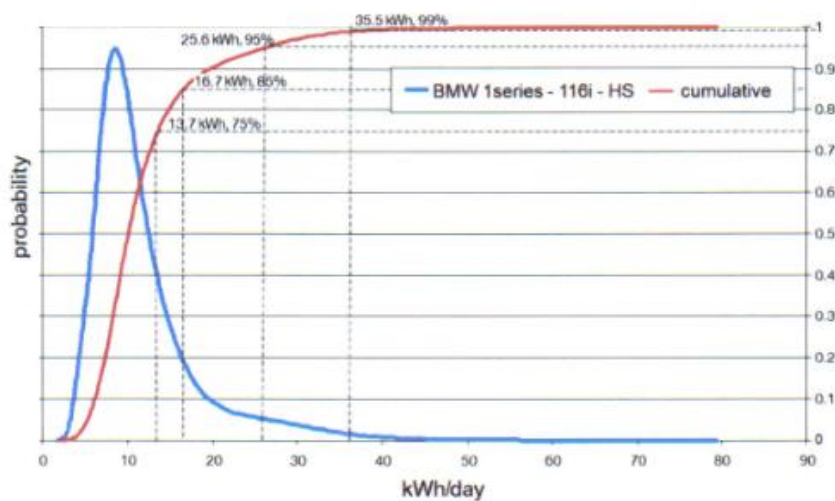
3.2.3 Analyse BMW 116i brukere

BMW Group har analysert BMW 116i brukerne sine for å se hvordan en overgang til elektrisitet ville ha begrenset bruken. Deres analyser av bruksmønster, som er relevant for konvertering til elektrisitet, kan beskrives ved hjelp av to figurer. Til venstre i figur 3.14 kan en se hvordan bruken fordeler seg over korte og lengre turer. Til høyre ser en hvor lenge bilen står stille mellom hver tur.



Figur 3.14 viser hvordan BMW 116i brukerne bruker bilen. Figuren til venstre viser en frekvensfordeling over hvor lang (i tid) hver reise er. Figuren til høyre viser en frekvensfordeling over hvor lenge bilen står stille mellom hver reise. Kilde: Liebl, 2009.

Det er også gjort en analyse på hvor stort batteri som må til for å dekke det daglige behovet for kjørelengde. Figur 3.15 viser denne sammenhengen. I tillegg viser figuren en sannsynlighetsfordeling over bruken av energi pr dag. Ser at en batteripakke på 13,7kWh dekker 75% av bruken og at en batteripakke på 25,6kWh dekker 95% av bruken. En batteripakke på 35,5 kWh dekket 99% av bruken. Imidlertid er det her snakk om et tilfelle hvor en ikke ladet bilen i løpet av dagen, kun energibehovet over en dag.



Figur 3.15 viser energibehovet til BMW 116i brukerne pr dag. Blå kurve viser en sannsynlighetsfordeling (areal = 1), som forholder seg til y-aksen på venstre side. Den røde streken forholder seg til y-aksen til høyre, og viser arealet under den blå kurven fra 0 kWh til det aktuelle punktet. X-aksen viser antall kWh brukt pr dag. Kilde: Liebl, 2009.

3.3 Kostnad hurtigladerstasjon

Her er det et stort skille mellom eksterne ladere og ombord ladere. Ladestasjoner for biler med eksterne ladere vil koste mer enn tilsvarende stasjoner for ombord ladere. Et annet moment er selvsagt hva slags pris en vil få hvis en bestiller flere. Typisk vil også prisen synke etter hvert som hurtigladerne blir mer vanlig. Prisene må derfor kun betraktes som en indikasjon. Det er viktig å være oppmerksom på at prisen ikke inkluderer montering og andre tilpasninger som må gjøres for at ladestasjonen skal være operativ. Prisen er kun selve enheten og det vil påløpe mange andre kostnader. Betrakter imidlertid montering og installasjonskostnadene til å være relativt like for alle modellene. Unntaket vil være USA modellen, hvis den skal gis en kapasitet på 250 kW vil dette kreve en meget kraftig infrastruktur på strømsiden. Det kan også hende at Norsk industri vil være villig til å starte produksjon av en lader basert på en av disse standardene.

Tabell 3.2 viser pris pr ladestasjon. Tallene er meget usikre. Europeisk modell inneholder ingen lader eller likeretter, da dette i en europeisk modell skal integreres i bilen.

| | | | |
|-------------------------|------------|----------------------------------|-----------------------|
| USA modell – 250 kW | \$ 150 000 | Ca 800 000 NOK | Kilde: Anegawa (2010) |
| Japan modell – 50 kW | \$ 35 000 | Ca 210 000 NOK | Kilde: Anegawa(2010) |
| Europeisk modell – 43kW | | Usikkert, men betraktelig lavere | |

Tabell 3.2 viser prisen for de forskjellige typene. Ser at prisforskjellen på 250 kW og 50 kW er stor. Prisen øker ca 4 ganger, mens maksimaleffekten øker 5 ganger. Prisene er som nevnt over meget usikre og vil sannsynligvis synke raskt etter hvert som produksjonen økes. Det har dessverre ikke lyktes å få en pris på den europeiske varianten. Antar allikevel at prisen vil være betraktelig lavere, da et slikt ladepunkt i prinsippet kun kan bestå av en stikkontakt. En slik ladestasjon behøver ikke å være vesentlig mer avansert enn en vanlig 16A stasjon. Imidlertid vil kostnaden i stor grad øke på grunn av økte materialkostnader. Kraftigere dimensjonering fører til økt bruk av kobber og andre høyverdige materialer. Ut over en kraftigere dimensjonering vil ikke et slikt punkt ha noe vesentlig mer fordyrende elektronikk. Imidlertid er det naturlig å anta at prisen for en slik stasjon er vesentlig dyrere enn en tilsvarende 16A stasjon i en startfase.

En ressursgruppe nedsatt av samferdselsdepartementet har undersøkt kostnadene fra Oslo og Trondheim og funnet ut at et ladepunkt (16A) kostet fra kr 7-9000 i parkeringshus og fra kr 14 000 opp mot kr 25 000 i gatemiljø hvor en må grave osv. (Handlingsplan for elektrifisering av veitransport, 2009). Imidlertid er det i disse kostnadene ikke tatt høyde for kostnader knyttet til netteier. Dette er kostnader som netteier kan kreve for å dekke kostnaden for å knytte kunden på nettet. Her er kostnaden meget usikker og er avhengig av hvor omfattende forsterkninger som må

gjøres på nettet. Alt fra kr0 til 6-sifrede beløp. Denne kostnaden er naturlig å anta at vil øke i takt med effekten ladepunktet skal levere.

Mange av dagens ladestasjoner er allerede bygget med tanke på at det i fremtiden skal bygges om til hurtiglading. Transnova oppfordret de som søkte om å få støtte til å bygge ut ladestasjoner for elbil og enten dimensjonere kablene til ladepunktet for hurtiglading, eller i alle fall å dimensjonere trekkerørene slik at kablene enkelt kan byttes ut til en kraftigere type ved en senere anledning (Solvi, 2009). Dette var ikke noe krav, men det er naturlig at en del tok denne oppfordringen. For eksempel har Buskerud Energi dimensjonert alle sine ladepunkter til å takle 22 kW (Gunnerud, 2010).

4.0 Diskusjon

4.1 Standarder

Som nevnt tidligere finnes det to hovedstandarder, en løsning med ombordlader og en løsning med eksternlader. Figur 2.3 viser et bilde av hvordan bilprodusentene i hovedsak har valgt i dag. USA og Japan går begge for en ekstern AC/DC konverter og lader, mens Europas bilprodusenter i hovedsak går for en ombordlader med integrert AC/DC konverter. Effekten på laderene varierer også. USA går for kraftige varianter på opp mot 250kW, mens Japan har maksimal effekt på 50kW. Europa sitter på to modeller som peker seg ut som mest sannsynlige, en med 22 kW(3 fase, 400V, 32A) og et annet alternativ med 44 kW (3 fase, 400V, 64A).

4.1.1 Fordeler og ulemper

Fra et teknisk perspektiv kan begge løsningene være gode. Imidlertid er det på et par punkter smartere med en eksternlader. En AC/DC konverter og ladeenhet vil ikke ha en virkningsgrad på 100%. Tapene vil i hovedsak bli til varme. I avsnitt 2.1.2 står det beskrevet mer om virkningsgrad for ombordlader og eksternlader. Virkningsgraden til AC/DC konvertere med lader ligger rundt 90-92%. I praksis vil dette si at rundt 10% av effekten omsettes til varme. Når laderen er montert i bilen vil dette generere mye varme som må transporteres bort. Spesielt kan dette bli et problem når effekten blir høy. Morten Gunnerud (Kongsberg Automotive) mener at hvis ombordlading skal bli en realitet må virkningsgraden opp i 96%. Dette vil i så fall redusere varmeutviklingen til ca det halve (1,8 kW ved 44kW lading og 0,9kW ved 22 kW lading). Imidlertid vil ikke denne effekten virke over så lang tid. En høyere effekt vil dessuten minke tidsforbruket. Allikevel må mest sannsynlig varmen transporteres bort, eventuelt lagres slik at det kan brukes til oppvarming av for eksempel kupeen. Ved å plassere konverter og lader utenfor bilen vil det være enklere å transportere denne varmen bort.

Et annet moment er at vekten til bilen vil øke ved å integrere konverter og lader i bilen. En trefase 21kW ladeenhet vil veie rundt 10-12 kg og ha en dimensjon på 300mm x 300mm x 80mm(Oestreicher, Preuschoff & Bogenberger, 2009). Vekten vil øke ytterligere hvis det trengs et aktivt system for kjøling av denne enheten. Plass og vekt er i dagens elbiler en stor utfordring og det er derfor på ingen måte ideelt å få en ekstra komponent inn i bilen. Imidlertid er det ikke mer enn 10-12 kg og den vil også mest sannsynlig kunne erstatte enheten for vanlig 1 fase lading.

Ombordlader vil kreve mindre standardisering grunnet at størstedelen av elektronikken og kommunikasjonen er integrert i bilen. Den europeiske kontakten presentert i avsnitt 2.3.1.1 er ventet å bli en standard for europeisk hurtiglading. Det burde derfor ikke være noen store nye standardiseringstiltak som står igjen. Eksternlader vil altså kreve mer standardisering, eventuelt flere

alternative standarder integrert i ladenheten. Imidlertid kan det virke som om CHAdeMO (TEPCO) allerede har blitt en felles standard for dette, da de største initiativtakerne for hurtiglading med eksternlader har blitt enige om denne som en defaktostandard (Toyota, Mitsubishi, Subaru, Nissan og Think(CHAdEMO, 2010 ; Think,2010)).

Problemstillinger rundt infrastruktur ved forskjellige standarder og er beskrevet i avsnitt 4.4.

4.1.2 Fleksibilitet og bruk om hverandre

I og med at teknologien er så ny vil det være en fordel om det var mulig å bruke de forskjellige lademetodene om hverandre. En ombordlader kan i prinsippet ettermonteres i biler hvor det er lagt opp til eksternlader. Dette forutsetter at kommunikasjonsprotokollen og andre parametere som trengs for denne prosessen er tilgjengelig. Tilrettelegging for biler laget for ombordlader med en eksternlade infrastruktur er vanskeligere. Det vil imidlertid være mulig å legge opp til AC på samme ladepunkt. Altså at en har en eksternladestasjon og et uttak for AC tilpasset biler med ombordladere. Det mest ideelle er om det relativt raskt blir dannet en felles standard.

4.1.3 Bilprodusentenes valg og introduksjon i markedet

Ikke alle bilprodusentene fokuserer i like stor grad på elbil og hurtiglading. Har plukket ut de største når det gjelder hurtiglading. Mitsubishi i-miEV er allerede for salg i Japan og lanseres i Norge i 2011 (Mitsubishi, 2010). Nissan sin Leaf skal lanseres i slutten av 2010 i Japan, USA og Europa (Nissan, 2010). Begge benytter CHAdEMO sin standard til hurtiglading, 50 kW eksternlader. Renault skal også komme med en hurtiglademulighet for sine kommende elektriske biler (Twizy, Kangoo, Zoe og Fluence). Disse bilene har også mulighet for å skifte ut hele batteripakken (Better Place).

Hurtigladeren Renault benytter seg av er den Europeiske varianten med ombordlader.

Demonstrasjonsdato for Renault sine biler er satt til begynnelsen av 2012 (Renault,2010). Think City er også en bil som skal lanseres med hurtiglading som alternativ. Offisiell lansering av Think City med hurtiglading er ikke satt. Denne vil benytte TEPCO sin kommunikasjonsprotokoll (CHAdeMO), altså samme som Leaf og i-miEV.

De første bilene som lanseres for det Norske markedet vil bygge på CHAdEMO sin standard med ekstern AC/DC konverter og lader, på kort sikt vil derfor dette være det eneste alternativet.

Imidlertid skjer ting raskt i dette markedet så her gjelder det å være oppdatert.

4.2 TEPCO

4.2.1 Optimal effekt, tidsbruk vs kostnader

Først og fremst er det store usikkerhetsmomenter når det kommer til kostnader. Dette er diskutert under avsnitt 4.6. TEPCO har grafisk fremstilt kostnadene i forhold til hvor mange minutter det vil ta med en fullstendig oppladning av en batteripakke på 10 kWh. Dette er vist i figur 3.5. Grafen viser tydelig, hvor liten kostnaden er for å senke oppladningen til 30 minutter (20 kW batterilader). Virkningen av å øke effekten til 50 kW reduserer oppladningen til rundt 10-15 minutter. En videre økning av effekten reduserer ikke ladetiden i særlig grad (for forklaring, se avsnitt 2.1.1, ladeforløp litium-ion batterier), men øker kostnaden vesentlig. TEPCO benytter seg derfor av en 50 kW lader, noe som kan være fornuftig sett ut ifra figur 3.5.

Imidlertid er det et par momenter som kunne gjort ting annerledes. En batteripakke på 10 kWh regnes for å være liten i moderne elbiler. En større batteripakke ville i større grad kunne ha en fordel av kraftigere lading, spesielt med tanke på at hurtiglading sjelden er en lading hvor en lader til 100%. Med tanke på ladeforløpet på litium-ion batterier som beskrevet i avsnitt 2.1.1, kan en tenke seg at en oppladning til 50% av full kapasitet vil gå betydelig raskere med en kraftigere lader enn det figur 3.5 gir inntrykk av.

En mer interessant figur ville ha vært en oppladning til rundt 50-70%, av maksimal kapasitet, på en batteripakke på 20-30 kWh. I en slik figur ville kostnadene forholdt seg like. Imidlertid ville ladetiden sunket brattere, og mer lineært, et lenger stykke før den flatet ut. Dette henger sammen med at en kan lade med høyere effekt i starten av et oppladningsforløp enn mot slutten.

Det er også viktig å presisere at dette er med dagens batterier. Utviklingen her går svært raskt og det er meget sannsynlig at det vil komme batterier som takler hurtiglading enda bedre enn de som er på markedet i dag. Det kan også tenkes at superkondensatorer vil kunne bli en del av hurtiglading i fremtiden (se innledning avsnitt 1.3). I et langsiktig perspektiv vil derfor ladetiden kunne bli redusert med høyere effekt. Batteripakkene vil også sannsynligvis bli større etter hvert som prisen og vekten pr kWh synker. Det er allikevel viktig å legge til at en ladestasjon på 50 kW kun lader ved denne effekten over en relativ kort periode. Spesielt gjelder dette ved lading opp mot 100%. Hvis fremtidens batterier takler hurtiglading bedre vil de også sannsynligvis kunne tåle høyere effekt i en lengre periode før en er nødt for å begrense effekten. På den måten vil man oppnå en raskere oppladning av batteriet uten å øke effekten på stasjonene.

4.2.2 Brukermønster fra TEPCO- overføringsverdi til Norge

Bruken av elbil endret seg radikalt etter innfasingen av hurtiglader i Tokyo. Antall km kjørt pr måned økte fra 203 km til 1472 km. Tidligere returnerte elbilene med over halv kapasitet igjen på batteriene, men i slutten av perioden var det ingen som returnerte til basen med over halv batteri kapasitet igjen. Vist i figur 3.8.

Dette har skjedd over ca ett år, og det var personer uten elbilerfaring som kjørte disse bilene i utgangspunktet. Det var dessuten svært få vanlige ladepunkter for elbil før dette prosjektet startet (6 ladepunkter i Tokyo sentrum, Anegawa, 2010)

På grunn av dette kan en ikke direkte adoptere resultatene fra dette prosjektet til Norge da en her har andre premisser. I områder med størst andel elbiler (Stor-Oslo) er det en relativ god utbygd ladeinfrastruktur sett i forhold til i Tokyo før hurtigladeprosjektet startet. Dessuten er brukerne av elbil i dag godt vant med å tilpasse seg og å utnytte rekkevidden til bilene sine. Elbilbrukerne består i stor grad av privateide biler (grønnbil). Å tro at dagens elbilbrukere vil øke sin kjørte rekkevidde tilsvarende er svært lite sannsynlig. I samtale med flere elbilbrukere ser ikke de på rekkevidde som en begrensning i det daglige. De som, i det daglige, ser begrensninger i rekkevidde er gjerne de som ikke kjører elbil. Dette støttes også opp av undersøkelser av brukermønster i avsnitt 3.2 og videre under diskusjonsavsnittet 4.3. En elbils rekkevidde dekker det gjennomsnittlige transportbehovet. Det er imidlertid frihetsfølelsen, og frykten for å gå tom for energi, som er begrensningen. Det er dermed rimelig å anta at brukerne i TEPCO, som i starten kun brukte elbilen til korte turer uavhengig av hurtiglader eller ikke, ville ha endret brukermønsteret sitt til lengre turer i løpet av et år. Det er imidlertid vanskelig å si hvor mange km pr måned som skyldes denne endringen, men det er rimelig å anta at den er betydelig. Denne teorien kan også støtte noe av at bruken av hurtigladerne var relativ beskjeden sett i forhold til økningen i kjørte km. En kan allikevel ikke se bort ifra at noe av bakgrunnen for økningen kan tilskrives psykologiske effekter av å ha mulighet for å hurtiglade.

Resultatene fra TEPCO sitt prosjekt kan derfor ikke direkte adopteres til et samfunn med allerede eksisterende brukere av elbil. Imidlertid kan en hurtigladeinfrastruktur være med på å bidra til nye elbilbrukere, slik det også gjorde i forsøket til TEPCO. I første omgang vil sannsynligvis de som allerede disponerer en elbil begynne å bruke elbilen mer aktivt. På et senere tidspunkt, med en etablert hurtigladeinfrastruktur, kan det være at hurtiglademuligheten innvirker på kjøpsprosessen ved anskaffelsen av en ny bil. På samme måte, som antagelig brukerne hos TEPCO oppdaget at elbil fungerte, vil disse nye kundegruppene oppleve at elbilens daglige rekkevidde stort sett er god nok. Hurtiglader vil redusere redselen for å gå tom for energi og øke frihetsfølelsen ved at det er mulig å få økt rekkevidde på relativt kort tid.

Økningen i bruken av elbil, uten at bruken av hurtigladerne i særlig grad ble benyttet er interessant av flere årsaker. Økningen i antall km kjørt pr måned var mye større enn det bruken av hurtigladerne skulle tilsi. Den største økningen i antall kjørte kilometer pr måned må derfor tilskrives psykologi og kunnskap. Psykologi og kunnskap er en stor forklaringsvariabel for økt elbil bruk, men denne psykologien og kunnskapen må bli tilfredstilt før elbil skal nå massene. En kan vise til rapporter om hvor mange kilometer rekkevidde en trenger pr dag og si at en elbil holder i massevis. Imidlertid vil størsteparten være skeptiske og en slik kampanje vil sannsynligvis ikke føre til en stor forandring i folks bevissthet. Hvis en i stedet bygger ut en infrastruktur med hurtigladerne, og dette fører til økt kunnskap og til at psykologiaspektet rundt elbil bedres, kan dette være vel så anvendte midler. Det å se en løsning selv, i stedet for å bli tvunget på en løsning, kan ofte ha en bedre effekt. I tillegg vil vi få en teoretisk økning av elbilens daglige rekkevidde.

4.3 Brukermønster og transportbehov for bil

4.3.1 Korte reiser

I avsnitt 3.2, ble transportbehovet og brukermønsteret til den norske befolkningen beskrevet og det ble lagt spesielt vekt på bilbruken. En person reiste i snitt 11,1 km pr reise og gjennomførte 3,33 reiser pr dag. Dette gir et transportbehov på 37 km pr dag. En bilreise var i snitt 12,4 km, noe som gir et transportbehov med bil på 41 km pr dag. Dette er en distanse enhver moderne elbil vil kunne klare. Et viktig moment er imidlertid at disse 3,33 reisene ikke skjer direkte etter hverandre. Typisk vil reisene fordele seg med maksimalt to-tre reiser på kort tid, for eksempel at en stikker innom butikken på vei hjem fra jobb for så å hente i barnehagen eller lignende. Sannsynligheten er da stor for at den første reisen er lengst og reisen fra butikken til barnehagen og fra barnehagen og hjem er sannsynligvis kortere. Normalt vil barnehagen og butikken en handler i ligge relativt i nærheten av boligen, eller på et sted på veien til jobb. Således kan en si at det blir feil å multiplisere "gjennomsnitt reise" med tre for å få et godt estimat på lengden av et slikt reiseforløp. Imidlertid er tallmaterialet basert på slike reiser. På en annen side er snittet 3,33 reiser pr dag. En person med et reisemønster gitt over vil sannsynligvis ha flere kortere reiser enn snittet. Tar en høyde for at en må levere ungene i barnehagen før jobb vil antall reiser bli minimum 5 i løpet av en dag. Det er vanskelig å estimere lengden av en reise bestående av flere sammenhengende reiser. Som et snitt vil det være naturlig å anta et sted mellom 2-3 gjennomsnittsreiser det vil si mellom 25-37 km. På jobb og hjemme vil det være naturlig å lade elbilen. Med et slikt kjøremønster vil rekkevidden på elbilen ikke være noen begrensning. Hurtiglader vil heller ikke være nødvendig, da en gjennomsnittlig arbeidsuke på 37,5 timer gir et arbeidsopphold pr dag på 7,5 time. På denne tiden vil batteriene være fulladet før en drar hjem.

BMW 116i brukerne har blitt grundig analysert. BMW 116i er en relativt liten kompaktklasse bil i premium segmentet. Personer med høy inntekt kjører signifikant flere km enn personer med lavere inntekt (RVU, 2005). Selv om BMW er et merke som henvender seg i et premium segment er det ikke dermed sagt at denne bilen kjøpes og eies av de med spesielt høye inntekter. BMW 116i er en av de billigste modellene BMW produserer. Bilen er en relativt liten bil med begrensede bruksmuligheter, noe som taler for en bil som i stor grad blir benyttet til lokale gjøremål. Dette forsterkes også av at motoren er BMW sin minste. Imidlertid er det viktig å tenke på at denne undersøkelsen ikke er gjennomført i Norge. Det er tvilsomt å konkludere med at BMW 116i brukerne er representative for alle bileiere. Imidlertid vil ikke hele bilparken konverteres til elektriske biler med det første, og således kan BMW 116i brukermønster være mer representativ for fremtidige elbil brukere. Dette er for så vidt også mer interessant for denne oppgaven.

Figur 3.14 gir en oversikt over hvordan bruken av bilen er og hvor lenge bilen står stille mellom hver kjøretur. Figuren viser at over halvparten av turene er på 10 minutter eller mindre, kun rundt 15% av turene er av over 20 minutters lengde. I over halvparten av tilfellene står bilen stille under to timer før bilen igjen tas i bruk. Videre er det relativt jevnt fordelt rundt 5-10% hver andre time til 16 timer. At en i over halvparten av tilfellene kjører videre innen to timer kan gjøre en full oppladning vanskelig med vanlig ladeeffekt. På en annen side, når en ser dette opp mot de mange korte turene er det ikke stort å kompensere for i utgangspunktet. Det vil ikke nødvendigvis være aktuelt å lade i det hele tatt.

Om en videre ser på figur 3.15 ser man en sannsynlighetsfordeling over forbruket pr dag i kWh. Ut ifra dette har BMW Group beregnet hvor stor batteripakke en bil må ha for at en kan dekke dagsbehovet. Her er det ikke tatt høyde for at det er mulig å lade i løpet av dagen, det er kun sett på forbruket pr dag. I figuren kan en se at en batterikapasitet på 35,5 kWh dekker opp 99% av brukerne. Typisk forbruk til dagens elbiler ligger på mellom 1,2 – 1,7 kWh pr mil (Grønnbil, 2010). En slik bil som dette vil sannsynligvis ligge i øvre sikt. Ved et forbruk på 1,7 kWh/mil gir 35,5 kWh en estimert rekkevidde på ca 210 km. Hvis en her tar høyde for at en kan lade i løpet av en dag, vil batteripakken drastisk kunne reduseres uten at det nødvendigvis går ut over fleksibiliteten. En kan for eksempel redusere batterikapasiteten med ca 10kWh, til en batteripakke på 25,6 kWh. Denne kapasiteten dekket 95% av BMW 116i brukernes daglige behov. Hvis en ser for seg at de 4% av brukerne som trenger 10 kWh mer kan lade dette i løpet av dagen, vil det medføre en stor fordel for både pris og vekt på bilen. 10kWh vil ved vanlig 16A 230V enfase lading ta ca 3 timer. Ved hurtiglading kan dette, avhengig av effekt, ta fra ca 12- 30 min (50 kW – 20 kW). Dette avhenger selvsagt av hvor stor kapasitet det er igjen på batteriet når ladingen skjer, jamfør avsnitt 2.1.1.

Imidlertid finnes det personer som har mye kjøring i jobbsammenheng. Disse personene er ikke lenge nok på ett sted til at batteriene rekker å lade opp full kapasitet ved vanlig tradisjonell lading.

Sannsynligvis vil mange av disse personene kunne dekke hele sin kjørelengde ved hjelp av en elbil med en moderat til stor batteripakke. Imidlertid vil det alltid være noen som faller utenfor. For disse personene vil det være to alternativer. Alternativ en er en fult utbygget vanlig ladeinfrastruktur, slik at en overalt har muligheten til å koble seg på vanlig lading. Altså slik at en for ethvert kundebesøk har mulighet for å lade. Alternativ to er at det plasseres ut noen hurtigladerer sentralt, slik at en kan kjøre innom for å lade opp ekstra rekkevidde. For brukerne medfører begge alternativene fordeler og ulemper. Hvis det enkelt lar seg gjøre å plugge bilen til lading for hvert stopp, vil bilen lade uten at dette går i konflikt med arbeidstiden. En hurtiglading, avhengig av hvor lang tid en oppladning tar, vil stjele tid fra en ellers potensiell arbeidstid. Imidlertid går det an å tilpasse seg slik at en for eksempel spiser lunsj eller gjør andre arbeidsoppgaver mens en lader, forutsatt at plasseringen av ladepunktet legger opp til dette.

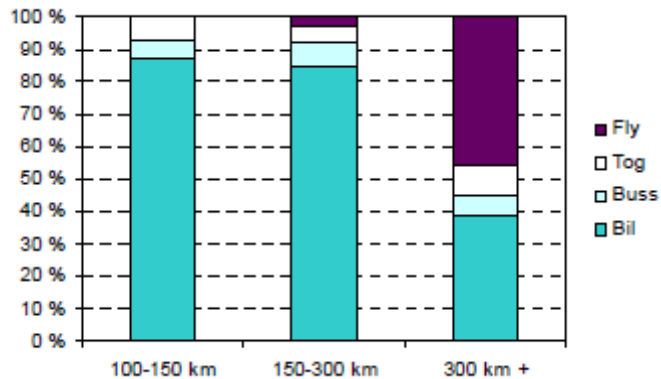
4.3.2 Lange reiser

Lange reiser er definert som reiser over 100km (RVU, 2005). Reisevaneundersøkelsen 2005 sier imidlertid ingenting om hvor lange reisene er ut over at de er over 100km. Av figur 3.12 kan en se at 48% av befolkningen har ingen slike reiser i måneden. Sammenligner dette opp mot figur 3.11, og antar at fordelingen mellom de forskjellige transportmidlene fordeler seg likt over alle med lange reiser. Dette vil gi et estimat på hvordan bilkjøring fordeler seg på lange reiser. Dette er vist i figur 3.13. Ser her at 67% av befolkningen har ingen reiser med bil pr måned på over 100km. 21% har 1-2 slike reiser pr måned, mens 13% har flere reiser enn dette pr måned.

At 67% ikke har noen lange reiser med bil pr måned, tilsier at en elbil vil kunne dekke dagens transportbehov for disse menneskene, i alle fall hva rekkevidde angår. Det er imidlertid viktig å vite hva 0 reiser pr måned betyr. Det betyr alt under 0,5 reiser pr måned, noe som tilsvarer under 6 reiser pr år. Elbil vil allikevel være et godt alternativ for disse gruppene hvis det plasseres ut hurtigladerer slik at en kan benytte seg av disse hvis en trenger ekstra rekkevidde. Dette forutsetter at hurtigladerene er lokalisert på de områdene hvor de etterspørres.

For den delen av befolkningen med flere lange reiser pr måned er det vanskelig å konkludere med noe uten å vite hvor lange slike reiser er. Nå er ikke figur 4.1 ideell, den skulle vært summert motsatt vei. Altså skulle den vist hvordan 100% av bilførerne fordelte seg over de forskjellige distansene. I stedet viser figuren hvordan 100% av de reisende fordeler seg innenfor et angitt reiseintervall. Reisevaneundersøkelsen 2005 inneholder imidlertid ingen bedre data som beskriver denne sammenheng. Transportøkonomisk Institutt hadde heller ikke mulighet til å få ut disse

data(Hjorthol, 2010). Ut ifra denne figuren kan man ikke tydelig trekke noen konklusjoner på hvor lange reisene til bilførerne er, men det kan tyde på at andelen som kjører bil synker betraktelig rundt 300 km lange reiser.



Figur 4.1 viser lange reiser etter transportmiddel. Ser at bilandelen synker markant når reisen blir over 300km. Kilde RVU,2005

Kjøreturer over 300 km vil kreve elbiler med store batteripakker, eventuelt flere korte stopp med hurtiglading. En slik tur vil ikke være gjennomførbar i praksis med de fleste av dagens elbiler kombinert med vanlig lading. I forhold til en bil med forbrenningsmotor vil dette medføre et så stort ekstra tidsledd med venting for at batteriene skal lades opp, at en rasjonell forbruker ville valgt annerledes.

Hurtiglading er imidlertid et alternativ på slike turer. Av tabell 4.1 kan en se at 5% av lange reiser er til og fra arbeid og 13% er tjenestereiser. Resten av reisene er av privat karakter, noe som tilsvarer rundt 80%. 64% av alle reiser skjer med bil (RVU, 2005). Antar videre at dette fordeler seg jevnt over de forskjellige formålene, og dermed ikke bidrar til å endre forholdstallene. Felles for disse reisene er at de skjer utenfor arbeidstid og i hovedsak på dag/ettermiddag og kveldstid. Private reiser har av denne grunn en tendens til å skje samtidig med alle andre. Typisk er dette helger og høytider som påske og jul. En infrastruktur av hurtigladere må derfor ha en meget stor kapasitet for å være i stand til å ta unna for en stor etterspørsel i korte perioder. Både hva angår kapasitet på ladepunktet, antall ladepunkter og hva som er forsvarlig rent økonomisk å bygge ut sett mot gjennomsnittlig bruk av ladepunktene. Lange reiser ut over elbilens rekkevidde med flere hurtigopladinger underveis er derfor vanskelig gjennomførbart hvis mange skal gjøre dette. På slike turer vil det være naturlig å se plug-in hybrid løsninger inntil batteriprisene og energitettheten (vekt og størrelse) blir bedre. Når en ikke trenger lading på distanser opp mot 300-400km, vil elbiler i større grad kunne sammenlignes opp mot forbrenningsmotorens rekkevidde. En infrastruktur tilsvarende bensinstasjonene langs hovedveiene i dag vil da sannsynligvis være tilstrekkelig. Det er imidlertid mulig det vil være noen

naturlige stoppepunkter sett at alle biler får nøyaktig samme rekkevidde på meget lange turer. På en annen side kan en slik begrensning i rekkevidde føre til at flere velger alternative transportmidler på lange reiser. Kundegrunnlaget for meget lange reiser med bil er også begrenset.

Et annet moment som ikke er vektlagt er om det kan være andre begrensninger enn rekkevidde som gjør elbilen lite egnet for lange reiser. Dette kan være plass, antall seter, sikkerhet osv.

Tabell 4.1 viser lange reiser etter formål for årene 1998, 2001 og 2005. Ser at i 2005 utgjør 18 prosent av reisene reise i forbindelse med jobb. Betyr at over 80% av reisene er av privat karakter. RVU,2005

| Reise ¹ | 1998 | 2001 | 2005 | Reiser pr. person 2005 |
|--------------------------------|------|------|------|------------------------------|
| Til/fra arbeid | 5 | 3 | 5 | 0,08 |
| Tjenestereise | 18 | 18 | 13 | 0,22 |
| Private ærend | 13 | 12 | 16 | 0,26 |
| Organiserte fritidsaktiviteter | 4 | 2 | 3 | 0,05 |
| Ferie/fritid | 29 | 38 | 34 | 0,56 |
| Besøk hos slekt/venner | 20 | 22 | 22 | 0,36 |
| Annet | 11 | 5 | 7 | 0,11 |
| Sum | 100 | 100 | 100 | 1,62 |

4.4 Infrastruktur

4.4.1 Infrastruktur i Norge

For at elbil skal kunne slå gjennom i alle segmenter, og være et reelt alternativ for alle brukergrupper, må infrastrukturen være komplett. Det vil si at uansett hvor i landet man befinner seg, må det være en vanlig lader eller hurtiglader tilgjengelig i overkommelig avstand. Imidlertid må en starte et sted. Utbygging av hurtiglader kan i hovedsak startes på to måter. Første alternativ er å bygge opp en infrastruktur i de store byene der elbilene i hovedsak befinner seg. Andre alternativ er å bygge opp hurtiglade "korridorer". Det vil si lage veier med mulighet for hurtiglading. For eksempel med hurtiglader mellom Oslo og Stavanger og Oslo og Trondheim.

I en slik utbygging av infrastruktur bør målet være flest mulig brukere pr krone investert. Dette målet vil sannsynligvis sammenfalle med flest mulig tilfredstilte behov pr krone. Det er naturlig å tenke at dette målet nåes lettest ved å henvende seg til der markedet er størst, i byene. Imidlertid er det få av dagens biler som kan hurtiglades. I enda mindre antall er de som innehar riktig standard for hurtiglading (da felles standard ikke er satt). Markedsgrunnlaget vil således stille likt i hele landet. Det er imidlertid naturlig å tro at veksten av elbiler (også med hurtiglademulighet) vil fortsette å være størst i de største byene, ettersom det i disse områdene finnes flest intensiver som fremmer bruk av elbil. På en annen side kan det være at elbil blir mer attraktivt i andre geografiske områder ved hurtiglademulighet. En naturlig konklusjon kan være at kundegrunnlaget er størst der hvor befolkningstetthet er høyest. Imidlertid vil ikke nødvendigvis befolkningstetthet være det beste estimatet for bruk av en hurtiglade, det kan tenkes at kundegrunnlaget for hurtiglader i større utstrekning avhenger av gjennomgangstrafikk. Imidlertid er lokale/korte reiser overrepresentert når det gjelder antall kjørte km. Se avsnitt 3.2 og 4.3.

Bildet av hvor en bør starte for å bygge opp en infrastruktur er komplekst og vanskelig.

Morgendagens elbiler vil typisk ha en rekkevidde rundt 16-18 mil (Think, Leaf, i-miev, Renault).

Segmentet elbilen henvender seg til er fremdeles i hovedsak bybiler og små kompaktbiler. Så lenge batterikapasiteten ikke er større, vil lange reiser bli vanskelig gjennomførbare selv med hurtiglader tilgjengelig. Se avsnitt 4.3.2 for ytterligere begrunnelse. Også personer med god kjennskap til elbil har stilt seg skeptiske til at elbil i nær fremtid vil bli et alternativ på distanser som Oslo-Trondheim osv (Slørdahl, 2010; Gunnerud, 2010).

Det er viktig i en slik sammenheng å se elbilens begrensninger. Dagens og morgendagens elbiler kan ikke dekke alles behov og det vil være lite effektiv ressursbruk å fokusere på en gruppe som ikke vil være aktuell for konvertering til ren elektrisk drift.

En best tilpasset start for utbygging av en hurtiglade infrastruktur vil sannsynligvis være en mellomting mellom de to hovedtypene; bygge ut noen hurtiglade punkter i sentrumsområdene, pluss ved innfartsårene. Hurtiglade punktene bør være plassert i for eksempel 100 km radius ut fra sentrum, individuelt tilpasset ved naturlige reisemål. Dette for å hjelpe elbilene på mellomlange distanser. Typisk scenario kan være å kjøre til jobb og så på et møte 10 mil unna. I slike tilfeller vil ikke rekkevidden på elbilen rekke tur- retur siden kapasiteten allerede er redusert av kjøreturen til jobb. Elbilen vil heller ikke på noen av stedene rekke å lade seg opp tilstrekkelig ved et vanlig ladepunkt, grunnet at hvert stopp er for kort. En kan også tenke seg et motsatt scenario for bedrifter som er plassert i distriktene og har mange kunder i sentrumsområdene.

En slik infrastruktur støttes også av Asbjørn Slørdahl i Go-green.

4.4.2 Hurtiglading for å øke elbilandelen

TEPCO sitt forsøk viste at bruken av elbil økte stort uten at hurtigladerne i like stor grad ble benyttet (se avsnitt 3.1.4). Det viste seg å være psykologiske effekter av å ha hurtiglademulighet i nærheten av der man ferdes. Et bedre mål kan derfor være å maksimere bruken av elbil. Dette kan på mange måter også være et argument for å plassere flere hurtigladestasjoner sentralt i større byer, der hvor elbil andelen er størst. Selv om ikke nødvendigvis disse stasjonene blir de mest brukte, kan imidlertid stasjonene bidra som markedsføring ovenfor resten av befolkningen og i tillegg føre til at de med elbil får den psykologiske effekten en hurtiglader kan tyde på har, se avsnitt 4.2.2. Det vil i tillegg være mulig å lade opp ekstra rekkevidde raskt. Summen av dette kan gjøre det til en god løsning.

I motsatt retning kan også hurtigladekorridorer mellom større byer bidra som en markedsføring for å vise at elbil også kan være konkurransedyktig på lengre distanser. På denne måten kan muligens noen av fordommene mot elbilens begrensede rekkevidde avkrefte. Effekten av dette er imidlertid vanskelig å bedømme, og sannsynligheten for at en stor andel av befolkningen i nær fremtid vil benytte seg av rene elbiler på slike distanser er relativt liten. Det kan imidlertid tenkes at flere personer som i utgangspunktet ikke så på elbil som et reelt alternativ velger en elbil når de ser at det finnes løsninger på oppladningstid / rekkevidde. Om stimulansen til økt elbil bruk er størst ved å lage hurtigladekorridorer eller fokusere på en mer sentralisert utbygging i starten, er vanskelig å si noe om. Det er mulig at det gjør seg godt med overskrifter som "kun 15-30 min lading fra Oslo til Kristiansand". Slike overskrifter kan sannsynligvis ha en god markedsføringseffekt, mens den psykiske effekten kan være størst ved lokal utbygging. Imidlertid vil sannsynligvis folk skjønne at hurtigladestasjonene er plassert ut i begrensede traseer, og således ikke være et reelt alternativ til fossilbilen med en gang en beveger seg utenfor disse traseene.

4.4.3 Bygge ut hurtiglading kontra vanlige ladepunkter

En problemstilling ved utbygging av hurtigladestasjoner er om en får mer ut av midlene enn ved å fokusere kun på vanlige ladepunkter. Det å øke antall ladepunkter kan i stor grad kompenseres for ved bruk av hurtiglading. Ved en full dekning av vanlig lading vil en i mange tilfeller aldri ha behov for hurtiglading.

En ideell situasjon hadde selvsagt vært en fult utbygget vanlig lading, supplert med hurtigladestasjoner. I en virkelig situasjon vil en antagelig ha et valg mellom å bygge en eller noen få hurtigladepunkter, eller flere vanlige ladepunkter. Dette avhenger av kostnad, som igjen avhenger av standard, se avsnitt 2.3, 3.3, 4.1 og 4.6. På en annen side vil en hurtiglader kunne erstatte flere vanlige ladepunkter i bruk. Dette kan særlig være aktuelt hvor det er dyrt å legge opp en infrastruktur for strøm, eventuelt steder hvor dette mangler. I en slik sammenheng kan det være at kostnaden ved å plassere ut en hurtiglader på sett og vis kan forsvares med alternativkostnaden ved å plassere ut et større antall vanlige ladepunkter.

Det er fordeler og ulemper både ved å ha noen hurtigladere, og ved å ha mange vanlige ladepunkter. De beste alternative vil sannsynligvis variere fra sted til sted og fra bruker til bruker. Imidlertid vil det være hevet over enhver tvil at en hurtiglader vil kunne erstatte en del vanlige ladepunkter. Spørsmålet er om en skal tenke på denne måten for å fase inn hurtigladere, eller om en skal prøve å bygge ut er best mulig infrastruktur med vanlig lading først. Eventuelt at denne utbyggingen skjer parallelt, men uten intern konkurranse mellom ladeformene.

4.4.4 Billigere biler, kortere rekkevidde, kompensert ved hurtiglading

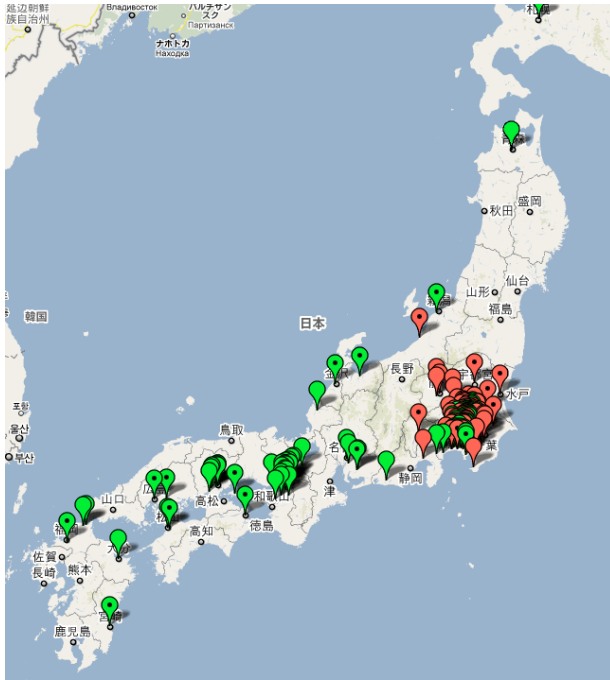
Siden batteri i dag er en av de dyreste komponentene på en elbil, kan det tenkes at det blir et marked for billigere elbiler med mindre batteripakker hvor en benytter hurtiglading for å kompensere for den begrensede kapasiteten. Dette kan da være rene bybiler hvor kravet til rekkevidde er minst pr dag (RVU,2005). Dette støttes også av undersøkelser fra Tokyo vist i figur 3.2. En gruppe MBA studenter fra University of Michigan Ross School of Business har gjort en undersøkelse på om det er marked for elbiler med mindre rekkevidde hvis bilen blir billigere (Think,2010). Undersøkelsen ble gjort i USA, og der viste deg seg at 50% av de spurte var villige til å redusere rekkevidden fra 160-120 km ved en prisreduksjon på 5000\$ (ca 30 000 kr). Videre viste undersøkelsen at 55% av de spurte var villige til å betale 5000\$ mer hvis rekkevidden ble økt fra 160-250 km. 9% av de spurte var interessert i en bil med under 80 km selv ved redusert pris. Dette støtter opp om å bygge en hurtigladeinfrastruktur i byene.

4.4.5 Plassering for størst mulig overføringsverdi fra TEPCO sitt prosjekt

Et sentralt spørsmål er hvor hurtigladerstasjonene bør plasseres for at TEPCO sine gode resultater skal kunne overføres til Norge. TEPCO sitt forsøk startet i hovedsak i bykjernen, med hurtigladerpunkt i sentrale deler av det operasjonelle området til bilene. Prosjektet til TEPCO var som tidligere nevnt et forsøk basert på et firma sin bilpark. Fokuset i Norge er å lage en infrastruktur åpen for alle. Et annet viktig moment er at målet til Zero ikke nødvendigvis er å lage et prosjekt tilsvarende TEPCO sitt, men å lære av deres prosjekt og overføre relevante momenter. I en slik kontekst kan en se på en hel by som et relevant operasjonelt område. Sammenlignet med Tokyo vil alle norske byer bli små. Det er mulig et bedre operasjonelt område vil være å ta med et stykke utenfor byene, ved å inkludere typiske innfartsårer. TEPCO startet sitt prosjekt med sentrale deler av Tokyo. Laderpunktene var spesialtilpasset noen få prototyper Mitsubishi i-MiEV og Subaru R1e. Det har nå blitt nasjonale standarder og hurtigladerene har ekspandert til store deler av Japan. Biler tilpasset denne standarden har også kommet på markedet. En tilsvarende utbygging kan også tenkes være aktuell i Norge.

4.4.6 Zero sine planer om infrastrukturbygging vs TEPCO sin plan

Zero sin opprinnelige plan var å lage to hurtigladertraseer, en fra Oslo til Stavanger, og en fra Oslo til Trondheim (Zero prosjektskisse, 2010). Nå har i midlertidig samarbeidspartnerne til Zero satt en stopper for dette i første omgang. Allikevel kan en si at Zero og TEPCO har tenkt veldig forskjellig på dette punktet. Mens TEPCO innførte hurtiglading på et relativt lite geografisk område, vil Zero bygge to hurtigladertraseer. TEPCO har tenkt mer lokalt og satset i første omgang på deler av Tokyo. Nå har de innført 153 hurtigladere (januar 2010, se figur 4.2) i Japan, og har som mål å få på plass 1000 hurtigladere innen 2012. Dagens bruk av elbiler er i stor grad konsentrert rundt de store byene (Grønnbil). Den største delen av kjøringen gjennom et år foregår i nærdistriktet. Det er på disse småturene at elmotoren har sin største fordel. Sett i forhold til en forbrenningsmotor som krever en del kilometer før den forbrenner optimalt, vil en elmotor yte optimalt fra første meter. I snitt vil vanlig lading om natten være tilstrekkelig for slik kjøring. Imidlertid hender det at en trenger ekstra rekkevidde i forbindelse med diverse ærend. I slike tilfeller kan en hurtiglading være eneste alternativ. Som nevnt i avsnitt 4.2.2 er det viktigste bidraget for økt bruk av elbil kunnskap og psykologi.



Figur 4.2 viser hurtigladerstasjoner i Japan. Ser at tettheten er høy til høyre, dette er Tokyo. Ser at de fleste hurtigladerene står relativt tett, noe som kan tyde på at hurtigladertraseer ikke enda har kommet så langt. Kilde: Google maps, 2010

4.5 Kundegrunnlag

Det kan være interessant å definere hva slags kundegrunnlag hurtigladerne har. Dette er ny teknologi med store usikkerheter. Usikkerhetsmomenter er alt fra verdifall, holdbarhet og om teknologien varer. Selv om elbilen har generelt gode levevilkår i Norge i dag med moms-, avgiftsfritak, høye engangsavgifter på vanlige biler og andre gunstige ordninger, er ikke elbiler billigere enn tilsvarende fossile biler. En rasjonell forbruker vil ha betalt for usikkerhet. I dag innebærer elbil, spesielt elbil med hurtiglading, en stor usikkerhet. Hvis ikke elbilene er billigere enn fossile alternativer må det være andre argumenter som blir vektlagt når slike biler blir anskaffet. Det private markedet vil sannsynligvis være relativt smalt. Uten å si at næringslivet og det offentlige er lite rasjonelle, kan det være en ide å rette et større fokus mot nettopp dette markedet til en større del av usikkerhetsmomentet er borte og prisene for elbil reduseres.

TEPCO benyttet seg av elbiler til noen av sine tjenestebiler og dette viste seg å fungere relativt greit. Det er ingenting som taler for at dette ikke skal kunne fungere i Norge. Imidlertid varierer kjørelengden på forskjellige typer servicebiler stort. Typiske slike biler er for håndverkere, hjemmetjenesten, posten osv. Felles for denne kundegruppen er at det stort sett er jobbing kun på dagtid. Batteriene på en elbil vil på denne måten alltid være fullt oppladet idet bilen tas i bruk. Markedet for hurtiglading vil da være begrenset, sett at elbilene får en rekkevidde på rundt 160-180 km. Svært få vil ha behov for høyere kapasitet enn dette. En gjennomsnittlig postbil kjører for eksempel 63 km i gjennomsnitt pr dag, langtransport inkludert (Slørdahl, 2010). Behovet for hurtiglader for denne kundegruppen vil derfor være relativt liten.

Kunde grunnlaget for hurtiglader må altså være de som kjører langt i løpet av en dag, eventuelt de som aldri har lengre opphold i kjøringen. En naturlig kundemasse vil da være Taximarkedet. Det som gjør Taximarkedet ekstra gunstig er at forflytningene stort sett skjer over et begrenset geografisk område. Utbygging av hurtiglader for slik bruk vil være relativt enkelt. Ecotaxi i Trondheim benytter allerede i dag 2 Think City elbiler i sin næring. I samtale med Arne Asphjell (2010), styreleder og deleier i Ecotaxi, forteller han at de kan kjøre ca 1/3 av tiden, og må lade i 2/3. De får altså kun kjørt i ca 8 timer i døgnet, mot en vanlig taxi som er operativ 24 timer i døgnet. Imidlertid mener han at med hurtiglading, tilsvarende for eksempel nye Think City (Think, 2010), vil en elektrisk Taxi bli like anvendelig som en fossiltaxi er i dag. På lengre sikt mener han også at pålegg om elektrifisering av Taxinæringen kan være aktuelt. Zermatt i Sveits har allerede et slikt påbud (Zermatt). Hurtiglading på holdeplassene kan være et alternativ. Imidlertid varierer lengden på hvor lenge en står på holdeplassene stort igjennom dagen. Rundt kl 8 kan gjennomsnittlig ventetid være 3 minutter, mens en på ettermiddagen i 13-14 tiden kan vente i en time før en får en ny tur (Asphjell, 2010). Det bør derfor være gode muligheter for hurtiglading i perioder med lite trafikk. Problemet som imidlertid kan dukke opp er at det blir stor pågang på ladepunktene når kundegruppen er lite.

4.6 Kostnader og inntekter ladestasjon

Prisen for en ladeenhet er i utgangspunktet fast. Imidlertid er prisen for et ladepunkt komplekst og består av flere faktorer. Spesielt gjelder dette for et ladepunkt med høy effekt. Som nevnt i avsnitt 3.3, er det store usikkerheter i kostnaden til netteier. På grunn av den høye effekten vil en hurtiglader være en stor belastning på nettet og dette forsterkes hvis flere hurtiglader plasseres på samme sted. Det er derfor rimelig at netteier får en kompensasjon for å utvide kapasiteten på nettet. Dette kan imidlertid tilpasses ved å legge opp til ladepunkter hvor det er relativt rimelig å legge opp til punkter med høy effekt. En planleggingsjobb i samarbeid med netteier kan derfor redusere denne kostnaden til et minimum og hindre overbelastninger på enkelte deler av nettet. Kostnaden vil sannsynligvis likevel være betydelig, men redusert til et minimum.

For å etablere et ladepunkt med lik effekt, vil ikke kostnadsdifferansen i prosent bli så stor som vist i tabell 3.2. Dette på grunn av at de andre kostnadene som vil være relativt like. Imidlertid kommer dette an på hvor store de andre kostnadene blir. Som nevnt under 3.3 er mange av dagens ladepunkter allerede dimensjonert til hurtiglading. Disse punktene vil bli relativt billige å oppgradere til en europeisk variant, mens en USAmoell vil bli betydelig dyrere da ladestasjonen vil bli den store delen av kostnaden.

4.6.1 Total/samfunns-økonomi

Ser en på utfordringen med samfunnsøkonomiske øyne vil en stille seg spørsmålet om det ikke er billigere for samfunnet å plassere ut noen få eksterne ladepunkter, i stedet for at alle bilene skal kjøre med en ombordlader. Denne problemstillingen består av flere momenter enn bare kostnader, men vil her holde fokus på kostnadene. Et argument som taler for ombordladere er at ved å få masseproduksjon av integrerte ladere vil prisen gå ned. Ladepunktene vil også bli billigere. Kongsberg Automotive jobber med å utvikle slike integrerte ladere (22-44 kW), og mener at hvis de greier å få ned prisen til rundt 5-6000kr pr enhet til bilprodusentene, vil dette være en god og gjennomførbar løsning (Gunnerud, 2010). Dette forutsetter imidlertid masseproduksjon og avhenger også av at hurtigladeren blir standard på alle biler og ikke blir lagt på som en opsjon/ekstrautstyr. Blir en slik hurtiglader ekstrautstyr vil produksjonsantallet reduseres, noe som fører til økt pris pr enhet. Å anslå en pris ut til forbruker ved en slik situasjon er vrient og meget usikkert. Imidlertid er det naturlig å anta en pris betydelig over prisen Kongsberg automotive antyder, pga lavere produksjonsvolum og fortjeneste hos de neste leddene før produktet når forbruker. En kan da tenke seg at forbrukerne i stedet velger å kjøpe større batteripakker hvis dette tilbys.

Ved ombordlader vil ladepunktene bli billigere og det vil mest sannsynlig føre til flere hurtigladepunkter, spesielt på ladesteder hvor det allerede er lagt opp til hurtiglading. En billig infrastruktur kan være et viktig argument, da en sannsynligvis vil få begrenset med midler til å bygge opp en hurtigladeinfrastruktur. Å bygge opp en god infrastruktur for hurtiglading vil da sannsynligvis gå raskere enn ved dyrere infrastrukturløsninger.

Argumentet for eksterne ladere vil være at prisen pr opplading sannsynligvis blir lavere. En hurtiglader er ment å brukes når en trenger noe lenger rekkevidde. I det daglige vil en svært sjelden trenge dette. Se avsnitt 4.3, brukemønster og transportbehov for bil. Figur 3.13 viser en frekvensfordeling over hyppigheten av reiser over 100 km med bil pr mnd. Tar man middelverdiene for hver gruppe (Benytter følgende tall i beregningen: Ingen reiser=**0,25**; 1-2 reiser=**1,5**; 3-4 reiser=**3,5**; <5 reiser=**6**), multipliserer med antallet pr gruppe og dividerer på totalt antall får en et snitt på ca 1 reise pr mnd. Hvis en antar at en bruker hurtiglader på ca halvparten av disse reisene utgjør dette totalt 0,5 hurtigladinger pr måned. Det kan også tenkes at en bruker hurtiglading ved mange kortere reiser eller hvis en for eksempel har glemt å lade på natten og trenger ekstra rekkevidde. Hvis en antar at dette behovet er ca like stort som ved lange reiser får en et snitt på ca 1 hurtiglading pr måned. En kan videre anta 300 vanlige ladinger pr år. Hurtiglading vil dermed utgjøre om lag 4% av ladingen. Typisk ladetid er fra 15 – 30 minutter, avhengig av hva slags standard som blir innført og hvor mange km en trenger. Antar et snitt på 20 minutter pr lading. Dette utgjør på et år 20 min x 12 ganger = 4 timer. Med andre ord vil en slik ombordladeenhet stå ubrukt i 99,95% av tiden.

Gjennomsnittsalderen ved vraking av bil er 18 år og 8 mnd(SSB,2009). Hvis en forutsetter et likt lademønster hele bilens levetid, vil det totale antall lading for en ladeenhet komme opp i 224 ladesykluser. Det er naturlig å anta at jo eldre en bil blir, jo mindre sannsynlig er det at denne bilen blir brukt til langkjøring. På en annen side vil batteriene få svekket kapasitet og dette kan muligens kompenseres av hurtiglading. Estimater vil derfor være et relativt godt anslag.

Alternativet med eksterne ladere vil kunne ha et potensial til å bli brukt hele tiden. Om en beholder etterspørselen lik som i eksempelet over, vil en ladestasjon med eksterne ladere kunne oppnå det samme antall ladinger på et år ved å betjene 18-19 biler (224 ladinger).

Det finnes ca 2850 elbiler i Norge(31.04.2010) (grønnbil, 2010). Antall ladepunkter er vanskelig å anslå siden det i dag kun kreves en vanlig stikkontakt. Det finnes heller ingen offentlig oversikt over offentlige ladestasjoner. Ladestasjoner.no opererer imidlertid med 150(april 2010) offentlige tilgjengelige ladepunkter i Norge. Regjeringen har foreslått 50 millioner kroner til nye ladestasjoner i Norge. Med en snittpris på 10 000kr vil dette tilsvare 5000 nye ladepunkter (Samferdselsdepartementet, 2009). Imidlertid er det ikke sikkert at alle disse blir offentlig tilgjengelig. Antallet hurtigladedepunkter i fremtiden, pr elbil, er vanskelig å anslå, men hvis en antar 2 elbiler pr offentlig ladepunkt (vanlige ladepunkt), forutsetter som over at 4% av ladingen vil foregå ved hurtiglading. Dette vil gi en hurtigladedestasjonstetthet på ca 50 biler pr ladepunkt. En slik tetthet vil i dag gi oss 57 hurtigladedestasjoner basert på at det i dag er 2850 elbiler i Norge (grønnbil, 2010).

Sannsynligvis vil markedet tilpasse seg slik at de personene som har et stort transportbehov anskaffer seg transportmidler med større kapasitet hva angår strekning. Eventuelt velger de å benytte seg av offentlig kommunikasjon i større grad. Det er naturlig å anta at batteriprisene er fallende, dette vil også gjøre sitt til at gjennomsnittlig kjørelengde pr elbil vil øke. Det er imidlertid vanskelig å argumentere for at dette vil øke eller minke behovet for hurtigladedere. Noen vil oppleve at den ekstra rekkevidden elbilen vil få i fremtiden vil være lang nok. Andre vil på grunn av den økte rekkevidden kun eie en elbil og bruke den til all transport og dermed muligens øke sin etterspørsel etter hurtiglading.

Som sagt er disse anslagene svært usikre og det er ikke slik at en trenger å ta en avgjørelse på hvor mange ladepunkter en trenger totalt samtidig som en starter en utbygging av infrastruktur. Et bedre estimat vil kunne gjøres etter hvert som infrastrukturen bygges ut og en kan analysere etterspørselen på disse punktene.

For å synliggjøre kostnadsprofilen ved de to alternativene kan en lage et enkelt regnestykke med stor usikkerhet. En eksternlader vil medføre en merkostnad på rundt 150 000 for en 50kW eksernlader,

gitt prisene under avsnitt 3.3. Hvis en videre antar at en integrert lader vil koste rundt 10 000 kroner ferdig montert i bil, vil prisen totalt sett møte hverandre ved 15 ladestasjoner pr elbil. En høyere tetthet av hurtigladestasjoner enn dette vil tale for en ombordløsning, mens en tetthet under dette vil tale for eksterne hurtigladere. Dette antallet er mest sannsynlig ikke korrekt, men kun et kvalifisert anslått antall. En kan bruke samme tankesett i et senere tidspunkt med bedre tallmateriale. Det vil imidlertid være et skjæringspunkt mellom disse to alternativene der hvert av alternativene er billigst på hver sin side av skjæringspunktet. En kan redusere problemet til et enkelt problem der det ene alternativet har høyere fastekostnader og lavere variable kostnader, mens det andre alternativet er motsatt.

4.6.2 Finansiering

For å etablere en slik hurtigladeinfrastruktur i dag vil en være helt avhengig av offentlig finansiering. I dag er det for mange usikkerhetsmomenter og for lavt kundegrunnlag til at det skal være økonomisk forsvarlig å etablere et slikt nettverk. Imidlertid vil det med statlig støtte, hvor en også gir miljø en pris, være mulig å etablere en slik infrastruktur. Enkelte bedrifter vil nok være villige til å være med på et slikt spleiselag for å starte et prosjekt, men sannsynligvis ikke til å finansiere en full infrastruktur. Det er naturlig å tro at disse selskapene vil plassere ut hurtigladere for å bygge opp under sine interesser lokalt.

4.6.2.1 Alternative løsninger, infrastruktur

Et viktig moment hvis Norge vil gjøre transportsektoren fornybar, er at det vil medføre en kostnad. Imidlertid er det viktig å velge det rette alternativet ut ifra hva som er teknologisk mulig, og økonomisk riktig. Det vil altså være viktig å se på hva slags alternativer en har. I dag finnes det ut over elektrisitet også hydrogen og biodrivstoff som begge kan lages CO₂ nøytralt. En infrastruktur basert på biodrivstoff vil kunne benytte seg av allerede tilgjengelig distribusjons utstyr som bensinpumper osv. Hydrogen vil kreve et nytt nettverk fra produksjon, transport og distribusjon. Elektrifisering av transportsektoren vil bygge på en allerede eksisterende produksjon og kraftnett til transport. Det eksisterende nettet og produksjonen av elektrisitet vil sannsynligvis måtte øke og fossil kraft må fases ut og erstattes med fornybare energikilder. For å elektrifisere halve Norges bilpark kreves det rundt 3 TWh, se tabell 4.2

Tabell 4.2 viser en utregning av forbruket av elektrisk energi som kreves for å gjøre 50% av dagens biler elektriske. Kilde: Se hvert punkt.

| | | |
|--|--|-----------------------|
| Antall registrerte person og varebiler i utgangen av 2008 | 2 600 000 | Kilde: SSB, 2009 |
| Gjennomsnittlig kjørelengde pr år i utgangen av 2008 | 13 700 km | Kilde: SSB, 2009 |
| Forbruk elbil pr mil. Antar i dette regnestykket forbruk på 0,17 kWh/km. | 1,2-1,7 kWh/mil = 0,12-0,17 kWh/km | Kilde: Grønnbil, 2010 |
| Forbruk av elektrisk energi pr år ved 50% elbilandel. | 1 300 000 x 13 700km x 0,17kWh/km ≈3TWh | |

Det finnes imidlertid et annet alternativ på elektrisitetens siden. "Better place" satser på et system hvor en bytter ut hele batteripakker når en går tom. Dette vil kreve et omfattende og nytt distribusjons system, så vel som infrastruktur med bygg hvor denne prosessen kan gjennomføres.

Et av de dyreste alternativene i dette tilfellet vil være hydrogen. Argumentet for dette er at et helt nytt system må utvikles. I tillegg må en produsere hydrogen(hydrolyse $\eta \approx 40-70\%$, hydrokarbon $\approx 60-86\%$ (Rosen, M.A & Scott, D.S.1998)), komprimere og transportere ($\eta \approx 70\%$ (Olsen,2009)), føre hydrogenet gjennom en brenselcelle for å produsere elektrisitet ($\eta \approx 50$, maksimal teoretisk 83% (Sammes, 2006)). Dette er en meget energikrevende prosess med relativt lave virkningsgrader sett opp mot et rent elektrisk alternativ. Totalvirkningsgraden ($60\% \times 70\% \times 50\% \approx 20\%$) fører til større forbruk av energi pr km. Forutsatt 20 % totalvirkningsgrad, og at en bil trenger 1,7 kWh pr mil (Grønn bil, 2010), vil en hydrogenbil trenge 8,5kWh pr mil. Dette, kombinert med en hydrogeninfrastruktur som vil bli dyrere, taler for biodrivstoff og elektrisitet sett fra et økonomisk perspektiv med fokus på infrastruktur.

4.6.2.2 Alternative eiere

Det kan tenkes at noen vil være villige til å sponse bruken og/eller implementeringen av hurtigladepunkter. Det kan være kroer, kiosker eller bensinstasjoner som ser muligheten for økt omsetning. Det kan også være kjøpesentre eller andre bedrifter som vil skape eller vise sin grønne profil. Kraftselskapene har også vist seg villig til å betale for strømmen. Bilbransjen kan også hjelpe til med å etablere hurtigladere for sine biler. Dette kan en allerede se at Miljøbil Grenland har gjort både på Torp i Sandefjord, Porsgrunn og i Skien (miljøbil Grenland). Alle disse stedene er gratis å bruke. Så lenge forbruket på disse ladepunktene er så lave som de er i dag, vil det sannsynligvis være billigere å gi bort strømmen enn å ta seg betalt. Ved en betalingsløsning er en nødt for å lage et betalingssystem som sannsynligvis er dyrere enn å gi bort gratis strøm. Når forbruket på slike

stasjoner øker, vil det være rimelig å anta at kraftselskapene vil ta seg betalt. Hvem som tar regningen er imidlertid usikkert.

Det at kraftselskapene har vist seg villige er et godt tegn. Som nevnt tidligere vil utplasseringen av hurtigladestasjoner trekke stor kapasitet fra nettet. Kraftselskapene sitter med god informasjon og kunnskap om nettkapasitet og vil således være rett sted å rådføre seg. Hvis hele avgjørelsen gjøres av dem vil en sannsynligvis få den billigste utbyggingen men det er ikke sikkert at plasseringen vil bli den mest hensynsmessige med tanke på trafikkavvikling.

Hvis bilselskapene starter å lage en infrastruktur vil de mest sannsynlig lage stasjoner spesielt tilpasset sine biler. Å tro at et selskap skal lage ladepunkter for alle biler synes meget usannsynlig. Dette er dermed en lite gunstig løsning før alle produsentene har blitt enige om en standard. At bilselskapene skal være med på å ta en del av regningen kan muligens være et alternativ, da de mest sannsynlig vil få solgt flere biler. På en annen side vil dette i størst utstrekning gjelde bilprodusenter som kun selger elektriske biler. Andre selskaper har fossilbrennende alternativer de fremdeles vil tjene mest mulig penger på. Sannsynligheten for at disse selskapene bidrar med store summer er dermed lite sannsynlig. Aktuelle selskaper blir rene elbilselskaper. Felles for disse i dag er at de har mer enn nok å bruke pengene sine på. Det kan tenkes at disse produsentene kan være villige til å bruke en stasjon eller to til å vise hva bilene kan være i stand til og på den måten bruke det som markedsføring. Imidlertid vil en utbygging med dem i en sentral rolle se relativt usannsynlig ut.

4.6.3 Pris pr lading/kWh

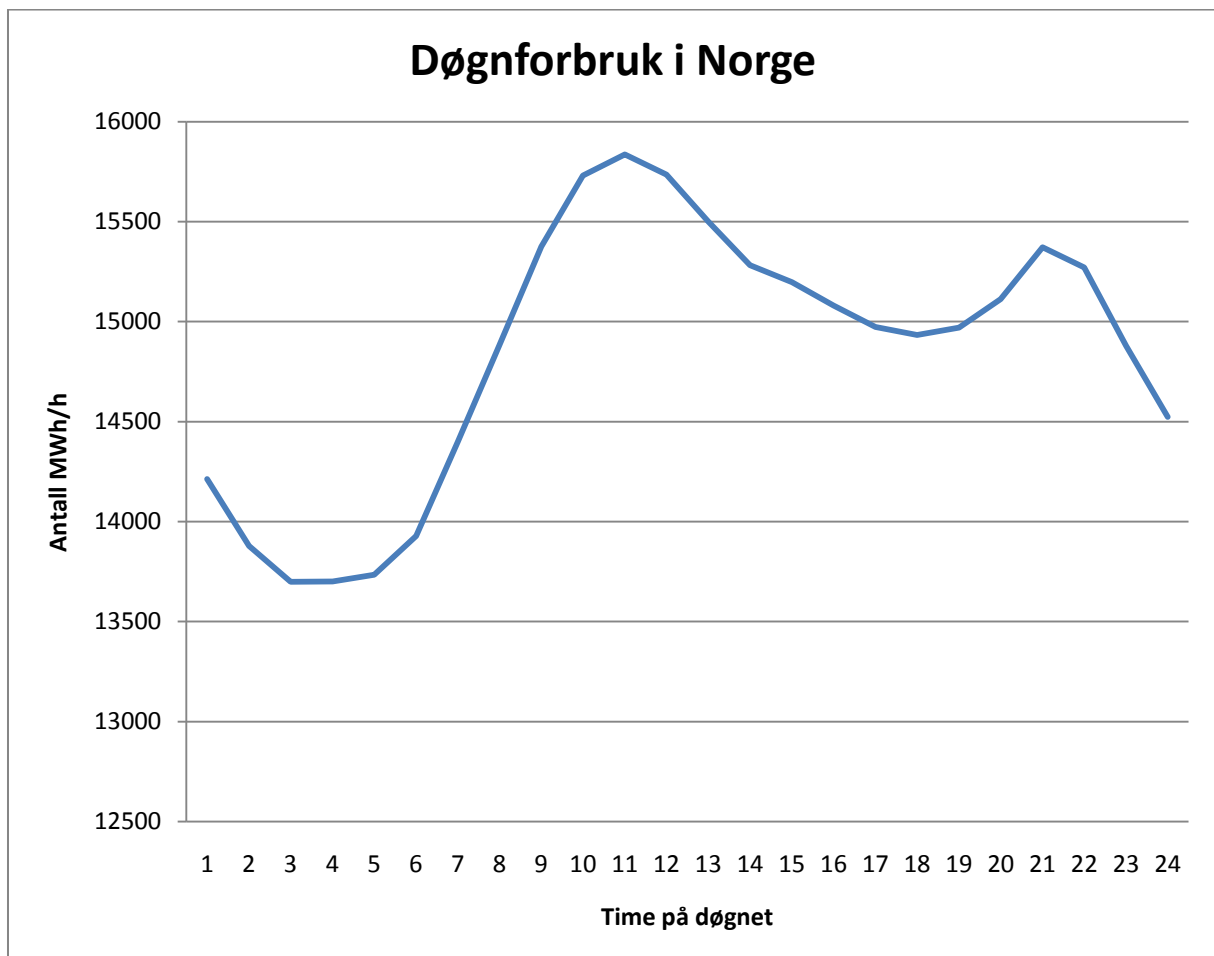
Avhengig av hva slags standard en bruker vil et typisk ladevolum være rundt 9 kWh. Ved normale energipriser vil dette tilsvare rundt 9 kr ut til sluttbruker. Imidlertid vil det være noe tap, la oss si 1 kWh. Det vil gi en pris på ca 10 kroner. Dette vil være de variable kostnadene pr 9 kWh. Ut over disse kostnadene vil det påløpe faste kostnader. Det dreier seg i hovedsak om etablering av ladepunkter, utvidelse av nettkapasitet og vedlikehold. Dette er vanskelige parametere å estimere og avhenger i stor grad av geografiske forskjeller og hvor godt utbygget kraftnettet er i området. Som nevnt i begynnelsen av dette avsnittet vil disse kostnadene i stor grad avhengige av planlegging med netteier.

En kan ta en annen tilnærming til problemstillingen og det er hvor mye brukerne er villige til å betale. I kontakt med elbilbrukere er flertallets betalingsvillighet pr kWh noe høyere enn strømkostnaden. Noe er selvsagt vanskelig å definere, men det bør i alle fall ligge godt under alternativkostnaden bensin/diesel. 9kWh tilsvarer omtrent 6 mil (grønnbil, 2010). En effektiv liten bensin/diesel bil kjører

på rundt 0,5 l pr 10 km. Dette tilsvarer et forbruk på 3 liter på 6 mil. Kostnaden for dette er i dag rundt 36 kr (12kr pr liter x 3 liter). Prisen bør derfor ligge betydelig under dette. Et påslag på et par kroner vil kunne være å betrakte som "noe over strømkostnad". Ender da opp på en pris på rundt 12-15 kroner, noe som er godt under halv pris av fossilbaserte alternativer. Det gir en pris på mellom 1,3 – 1,7 kr pr kWh.

I dette tilfellet vil ladepunktet få dekket sine variable kostnader og noen faste kostnader. Imidlertid er dette helt avhengig av bruken. I en startfase vil det sannsynligvis ikke være en mye brukt tjeneste og inntjeningen vil dermed være deretter.

Et moment som taler for å differensiere prisingen på hurtiglading fra vanlig lading er for å unngå at noen velger bort å lade elbilen om natten og i stedet hurtiglade på dagtid. Forbruksmønsteret vårt i løpet av et døgn er vist i figur 4.3. Her viser det tydelig at forbruket vårt er størst på dagtid. I snitt vil altså kapasitetsproblemene bli størst på dagtid. Noe av elbilens fordel med å utnytte den lave utnyttede kapasiteten på nattestid vil forsvinne hvis hurtiglading erstatter vanlig lading.



Figur 4.3 viser et snitt av gjennomsnittlig forbruk pr time fra 16.4.2010 til og med 22.4.2010. Y-aksen viser antall MWh/h, og x-aksen viser klokkeslett på døgnet. Ser at forbruket av energi er vesentlig høyere på dagtid enn på nattestid. Kilde: Nordpool, 2010

5.0 Konklusjon

5.1 Hurtiglading i Norge

Hurtiglading vil i utgangspunktet mest sannsynlig bli lite brukt. Det har imidlertid vist seg i forsøk med hurtigladere i Japan (TEPCO) at hurtiglading har en positiv effekt på elbilbruk uten at hurtigladingstasjonene ble besøkt. Tryggheten om at det finnes et hurtigladepunkt i nærheten hvor en raskt kan få ekstra rekkevidde bidrar til at en våger å benytte en elektrisk bil på strekninger hvor en ellers valgte fossilbil. Hurtiglading kan også aktivt brukes i markedsføring av elbil og øke elbilandelen i Norge.

5.2 Standardisering av teknologi for hurtiglading

Hva slags standard som en bør velge for dette prosjektet er usikkert. Det er noen sentrale momenter som er avgjørende for hva slags standard som bør velges. Det første er når en vil ha hurtiglading tilgjengelig, et annet moment er hvor høy effekt en vil ha på ladestasjonene og det siste er hvor mye en er villig til å betale for en hurtigladeinfrastruktur. I dag finnes det svært få kommersielle elbiler tilrettelagt for hurtiglading. Imidlertid er det lansering på Nissan Leaf i slutten av 2010 (Nissan,2010) og Mitsubishi i-MiEV i starten av 2011(Mitsubishi,2010). Disse vil bygge på CHAdeMO sin standard (Japansk standard). Hvis målet er å være først vil hurtigladere basert på denne standarden være det beste alternativet. På lang sikt vil sannsynligvis tidsforbruket ved oppladning måtte reduseres (effekten økes). Dette vil eksternladere være bedre egnet for. På mellomlang sikt er det vanskelig å konkludere klart hva som vil være den beste løsningen.

Er målet en billigst mulig hurtigladeinfrastruktur, vil den europeiske varianten være det beste valget siden denne standarden bygger på et system uten ekstern konverter og lader.

Med dagens batteriteknologi er ikke tidsforbruket ved lading direkte korrelert med påtrykt effekt. En dobling av maksimaleffekt tilsvarer ikke en halvering av oppladningstiden. En bør derfor ikke velge utelukkende ut fra maksimaleffekt. Etter hvert som teknologien utvikler seg vil en i større grad kunne nyttegjøre seg av en høyere effekt over en større del av oppladningsforløpet. Siden dagens hurtigladere ikke leverer maksimaleffekt under hele oppladningsforløpet, vil en slik teknologiforbedring redusere ladetiden uten å øke effekten på ladestasjonene.

5.3 Infrastruktur for hurtigladere i Norge

Før elbil blir et naturlig valg på lengre distanser, må mest sannsynlig elbilens rekkevidde økes så mye at en kan kjøre hele distansen uten oppladning underveis. Hovedargumentet for dette er at ca 80% av dagens lange reiser er av privat karakter (RVU,2010). De fleste vil derfor gjennomføre slike reiser samtidig. Typisk eksempler er helgeutfart og ferier. Å se en infrastruktur som skal være dimensjonert

for å ta unna for slike topper sees på som svært usannsynlig. Imidlertid kan det å lage bestemte traseer slik som for eksempel Trondheim - Oslo være god reklame for elbil og hurtiglading. I en startfase synes det mest sannsynlig med en utbygging rundt og i de store byene. I de store byene kan dette bidra positivt som markedsføring og bidra til å gi trygghet rundt rekkevidde og oppladningstid. Dessuten kan hurtigladerne i noe utstrekning kompensere for vanlige ladepunkter (10A og 16A). Dette kan være særlig interessant for personer som bor i byen med gateparkering uten fast tilgang på lading. En annen interessant løsning som kan foregå parallelt, er å lage en ladeinfrastruktur i en radius av ca 100km fra de store byene hvor ladestasjonene plasseres på hensynsmessige steder som flyplasser, tettsteder og nærliggende byer osv. Tanken er å bruke ladepunktene som en "range extender", hvor man både kan reise videre med en mellomlading, men også at man kan dra tur retur Oslo - Sandefjord eller Hamar på en dag. Det burde også komme ladepunkter mellom bysentrum og denne radiusen av 100 km, men dette kan komme gradvis, da en reise ut over batterikapasiteten til en elbil mest sannsynligvis vil innebære en tur via sentrum eller denne 100km radiusen.

5.4 Kostnader for infrastruktur og pris pr kWh for hurtiglading

Prisen pr lader er høyere med eksterne ladere enn ved ombordladere. Bilens pris er imidlertid høyere med ombordlader enn uten. Det er en stor usikker kostnad ved utbygging av både punkter med høy effekt, og hvor store investeringer som må til på strømmettet for å øke kapasiteten. Nettutbygging for å øke kapasiteten på nettet er en kostnad som i stor grad handler om planlegging ved at man plasserer ladepunktene hvor kapasiteten på nettet allerede er høy. En utbygging av hurtigladerne bør derfor planlegges i samråd med netteier som har stor innsikt i hvor slike punkter billigst kan legges til rette.

En kWh i en hurtiglader bør koste mer enn ved vanlig lading, men bør være billigere enn fossile alternativer. Argumentet for å differensiere prisen på strøm fra vanlig lading og hurtiglading er for å utnytte kapasiteten i nettet bedre. Vanlig lading foregår stort sett på nattestid hvor kapasitetutnyttelsen i nettet er lav. En bør unngå en situasjon hvor personer dropper å lade på nattestid fordi det er så enkelt å hurtiglade.

6.0 Kilder

- Informasjon som ikke er offentlig tilgjengelig er lagt ved som vedlegg.

AeroVironment,2010 spesifikasjoner hurtiglader. Vedlegg 1

AkerWade,2010 spesifikasjoner hurtiglader. Vedlegg 2

Anegawa, T. (2010). E-post dialog med Takafumi Anegawa (Group Manager, Mobility Technology Group, R&D Center) ved TEPCO (Tokyo Electric Power Company) (mars 2010)

- Anegawa, T (2010) Vedlegg 3
- Anegawa, T. (2008) <https://www.iea.org/work/2008/transport/TEPCO.pdf>
 - o Dato: 02.02.2010

Asphjell, A.(2010) Samtale med Arne Asphjell (styreleder og deleier i Ecotaxi)
Dato: 12.04.2010

Boyle, G (2004) Renewable Energy Power for a sustainable future, second edition.
Oxford University press
Isbn: 0-19-926178-4

Buchmann, I. (2001). Batteries in a portable world, second edition. Cadex Electronics Inc.
ISBN:0-9682118-2-8

CHAdEMo (2010)
<http://www.chademo.com/nyukai/protocol.pdf>
Dato 19.03.2010

Olsen, E. 2009, Samtale med Espen Olsen ved Universitetet for Miljø og biovitenskap (oktober 2009)

Google maps (2010)
<http://maps.google.co.jp/maps/ms?hl=ja&ie=UTF8&msa=0&msid=112525875866477710528.00046af5cf154a5f70efc&brcurrent=3,0x34674e0fd77f192f:0xf54275d47c665244,0&z=2>
Dato 22.04.2010

Gunnerud,M.B. (2010). Samtale med Morten B. Gunnerud (Manager R&D Concept Development Actuation Systems) ved Kongsberg Automotive (09.03.2010)

Grønnbil, 2010
Forbruk elbil.
<http://gronnbil.no/spoersmaal-svar/om-ladbare-biler-og-infrastruktur-article23-449.html#4>
Dato: 04.04.2010
Antall registrerte elbiler i Norge.
<http://www.gronnbil.no/elbilkartet>
Dato:0 4.05.2010

Handlingsplan for elektrifisering av veitransport (2009)
http://www.regjeringen.no/upload/SD/Vedlegg/rapporter_og_planer/handlingsplan_elektrifisering_veittransport-12052009.pdf
Dato: 24.03.2010

Helsel, K. (2010). Samtale med Kristen Helsel (Vice President of EV Solutions) ved AeroVironment (17.02.2010)

Hjorthol, R. (2010). E-post med Randi Hjorthol ved Transportøkonomisk institutt.
Dato: 22.04.2010

Holden, E. (2009). Transport og miljø, 2009, Tapir.
ISBN 978-82-519-2435-1

HyNor
<http://www.hynor.no/om/ofte-stilte-sporsmal>
Dato: 03.05.2010

ICS – International cordsets inc.
<http://www.intlcardsets.com/60309/>
Dato: 04.04.2010

Liebl, J. (2009). Electric Mobility- The next step for BMW EfficientDynamics.
Vedlegg 4

MDI, 2010. Motor development international
<http://www.mdi.lu/english/moteurs.php>
Dato: 05.05.2010

Miljøbil Grenland
<http://www.miljobil.no/d4WAmgBvKZx.4.idium>
Dato: 5.04.2010

Mitsubishi (2010)
lansering Europa og Norge <http://www.mitsubishi-motors.no/norway/world/environment/tab.aspx#/environmentimiev/4-i-miev-i-europa>
Dato: 15.04.2010
i salg i japan <http://news.sky.com/skynews/Home/Business/Electric-Car-Goes-On-Sale-In-Japan-Mass-Market-Mitsubishi-i-MiEV-Available-To-All/Article/201004115590813>
Dato: 15.04.2010

Nissan (2010)
Lansering Europa: <http://www.nissan-global.com/EN/IR/INSIDE/INSIDE-SP/ZEM/index.html>
Dato: 15.04.2010

Nordpool, 2010
<http://www.nordpool.com/system/flags/power/consumption/norway/>
Dato: 22.4.2010

Oestreicher, R., Preuschoff, W. (Daimler AG) & Bogenberger, R. (BMW AG) (2009)
E-mobility infrastructure Standardization 2009 ZEV Technology Symposium Sacramento, CA.
http://www.arb.ca.gov/msprog/zevprog/2009symposium/presentations/preuschoff_oestreicher.pdf
Dato: 09.03.2010

Regjeringen, 2002
NOU 2002: 7 Gassteknologi, miljø og verdiskaping:
<http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/dok/NOU-er/2002/NOU-2002-7/6.html?id=145361>
Dato: 04.05.2010

Renault (2010)
Demonstrasjon europa: <http://www.renault-ze.com/nw/#/nw/home.html>
Dato 20.04.2010

RVU (2005). Jon Martin Denstadli, Øystein Engebretsen, Tandi Hjorthol, Liva Vågane.
Reisevaneundersøkelsen 2005 Transportøkonomisk institutt
ISBN: 82-480-0657-3

Rosen, M. A. & Scott D.S. (1998). International journal of hydrogen Energy
International association for hydrogen energy, Elsevier Science Ltd.
Comparative efficiency assessments for a range of hydrogen production processes.
http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6V3F-3TDH5NB-4-2&_cdi=5729&_user=597823&_pii=S0360319997000803&_orig=search&_coverDate=08%2F31%2F1998&_sk=999769991&view=c&wchp=dGLbVlb-zSkWb&md5=dc289a53beb1e2a567a8fb01d2b35c1d&ie=/sdarticle.pdf
Dato: 24.04.2010

Samferdselsdepartementet (2009)
<http://www.regjeringen.no/nb/dep/sd/pressemeldinger/pressemeldinger/2009/mer-miljoennlig-transport--og-50-millio.html?id=543748>
Dato: 16.04.2010

Sammes, N. (2006), Fuel Cell Technology, Reaching Towards Commercialization. Springer London.
ISBN: 978-1-84628-207-2

Slørdahl, A. (2010). Samtale med Asbjørn Slørdahl ved Go-green(1.03.2010)

Solvi, E. (2009). Brev i forbindelse med: Tilskudd til etablering av ladepunkt for el-kjøretøy. Transnova 2009, Eva Solvi
https://www.bergen.kommune.no/bk/multimedia/archive/00067/Informasjon_om_ladep_67932a.doc
Dato: 10.03.2010

SSB,2009

Gj.snittlig alder ved vraking.

<http://www.ssb.no/bilreg/>

Dato 9.04.2010 (denne siden har blitt oppdatert)

Antall registrerte person og varebiler i utgangen av 2008

<http://www.ssb.no/emner/10/12/20/bilreg/>

Dato 9.04.2010 (denne siden har blitt oppdatert)

Gjennomsnittlig kjørelengde pr år i utgangen av 2008

<http://www.ssb.no/klreg/>

Dato 9.04.2010

Think, 2010

<http://www.think.no/Presse/Pressemeldinger/Fra-null-til-80-prosent-paa-15-minutter-Ny-standard-for-hurtiglading-av-elbil>

Dato: 12.02.2010

<http://www.think.no/Presse/Pressemeldinger/THINK-undersokelse-viser-at-elbilkunder-er-villige-til-aa-bytte-rekkevidde-mot-pris>

Dato: 12.05.2010

Valøen, L.O. & Shoesmith, M.I. The effect of PHEV and HEV duty cycles on battery and battery pack performance.

http://www.pluginhighway.ca/PHEV2007/proceedings/PluginHwy_PHEV2007_PaperReviewed_Valoen.pdf

Dato: 16.03.2010

Zero prosjektskisse januar 2010. Vedlegg 5

Zermatt

http://www.zermatt.ch/en/page.cfm/zermatt_matterhorn/destination/zermatt

Dato: 4.04.2010

7.0 Vedlegg

Vedlegg 1 - AeroVironment,2010 spesifikasjoner hurtiglader

Vedlegg 2 - AkerWade,2010 spesifikasjoner hurtiglader

Vedlegg 3 - Desirable characteristics of public quick charger, TEPCO

Vedlegg 4 - Electric Mobility- The next step for BMW EfficientDynamics

Vedlegg 5 - Zero prosjektskisse januar 2010

Vedlegg 1 –

AeroVironment,2010 spesifikasjoner hurtiglader

AeroVironment™ EV Solutions EV Fast-Fuel Charging Stations

30kW to 250kW EV Fast Fuel Charging Stations



AeroVironment™ EV Fast-Fuel charging stations are being developed to provide on-the-go, convenient energy “refueling.” By enabling a full recharge in minutes, not hours, AeroVironment EV Fast-Fuel gives EV drivers a reason to embrace the cleanest transportation technology available without fear of being stranded and freeing EV drivers from being tethered to their home-charging base.

AV’s suite of chargers will encompass a broad power range, including “Level 3” DC charging capabilities that eliminates the range anxiety sometimes associated with BEVs. AV’s Fast-Fuel Charging Stations will also provide a cleaner option for PHEV drivers who prefer e-fueling to gasoline.

Based on the smart-charging technology that made AeroVironment the leading provider of energy to industrial electric vehicles, AeroVironment EV Fast-Fuel Charging Stations are being developed to meet industry standards and regulatory codes for safe public and fleet charging – enabling large scale adoption of the cleanest vehicles on the road.

| | |
|-----------------------|---|
| Maximum Output Power | 30kW to 250kW |
| Input Voltage | 3 phase 480VAC to 600VAC |
| Input Frequency | 50Hz or 60Hz |
| Output Voltage | 50VDC to 600VDC |
| Output Current | 50ADC to 550ADC |
| Power Factor | .95 |
| Efficiency | >90% |
| Operating Temperature | -20°C to 50°C |
| Communication | CAN Wi-Fi ZigBee Vehicle dash communication Internet communication Smart meter interface |
| User Interface | Guided display Payment mechanism Usage meter |
| Safety | UL pending/CE (In committee) |

AeroVironment™ EV Solutions

Charge Smarter. Drive Farther.™

Vedlegg 2 –

AkerWade,2010 spesifikasjoner hurtiglader



Charging Station Specifications

Electrical Input Requirements

3 Phase Utility Interface 50 or 60Hz - Utility voltage to be specified by customer

| Chargers Qty - Power level each | Service Required w/ Energy Storage | Service Required w/ No Energy Storage |
|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| 4 - 100kW* | 100kW** | 400kW |
| 8 - 100kW* | 200kW** | 800kW |

* Chargers are available with output power from 25kW to 250kW. For this example a 100kW model is shown.

** Energy storage requirements based on 2 three hour peak usage periods daily. Computer models will be created to confirm customer requirements.

| | |
|--------------------------------|--|
| Power Factor | .95 |
| Efficiency | >92% |
| Operating Temperature | -40C to 50C |
| Charger Output Power | 25kW to 250kW per Charger |
| Charger Output Voltage | 50VDC to 550VDC |
| Maximum Output Current | 600A DC (at 420VDC) |
| Battery Types Supported | Support of all major vendors' Lithium Ion batteries & their communications modules |
| Connector Types | SAE J1772 conforming and/or user specified |
| Safety | Certification pending to all required UL, CE & IEC standards |
| User Interface | Configurable user interface & payment system compatible with most POS systems |



4035 HUNTERSTAND COURT
 CHARLOTTESVILLE, VA 22911, USA
 434.975.6001 434.975.0984 fax
WWW.AKERWADE.COM

Vedlegg 3 –

Desirable characteristics of public quick charger, TEPCO

Desirable characteristics of public quick charger

Takafumi Anegawa

Tokyo Electric Power Company

Past EV experience

Strategy of current EV project

**Desirable characteristics of
public quick charger**

In the early 1990s too heavy, too short, too slow



| | |
|----------------|-------------|
| Price | \$30,000 |
| Range | 50km → 20km |
| Weight | 1,300kg |
| Battery type | Lead Acid |
| Battery weight | 400kg |

Driving range became half in 2 years.

Battery power decreased extremely at low SOC.

Battery monitor was not accurate.

In the late 1990s: Battery cost was too high



Cost \$100,000

Range 120km → 90km

Weight 1,550kg

Battery type NMH

Battery weight 450kg

Automakers lost much money because the cost was higher than the price.

**Good news: 100km range satisfied the users!
(at least TEPCO employees)**

In the early 2000s too short battery lifetime



| | |
|----------------|-------------|
| Price | \$40,000 |
| Range | 70km → 20km |
| Weight | 840kg |
| Battery type | Lithium-ion |
| Battery weight | 100kg |

Driving range became half in 2 or 3 years

Battery electrode degradation was faster than expectation

Lack of public charging stations

km 50



Only 6 stations were available

km

Charging time was too long



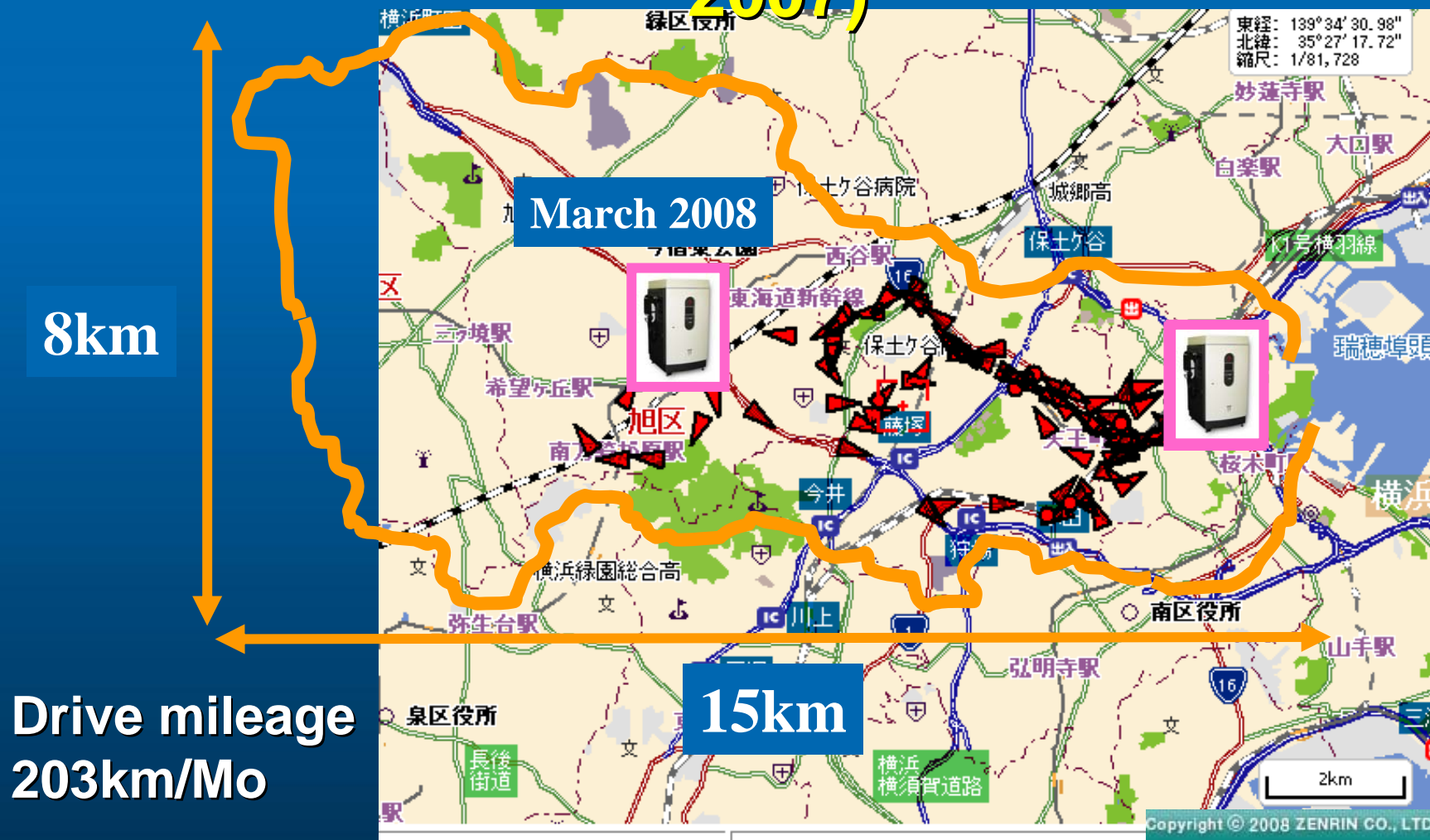
4 hours to recharge 50km driving electricity

Past EV experience

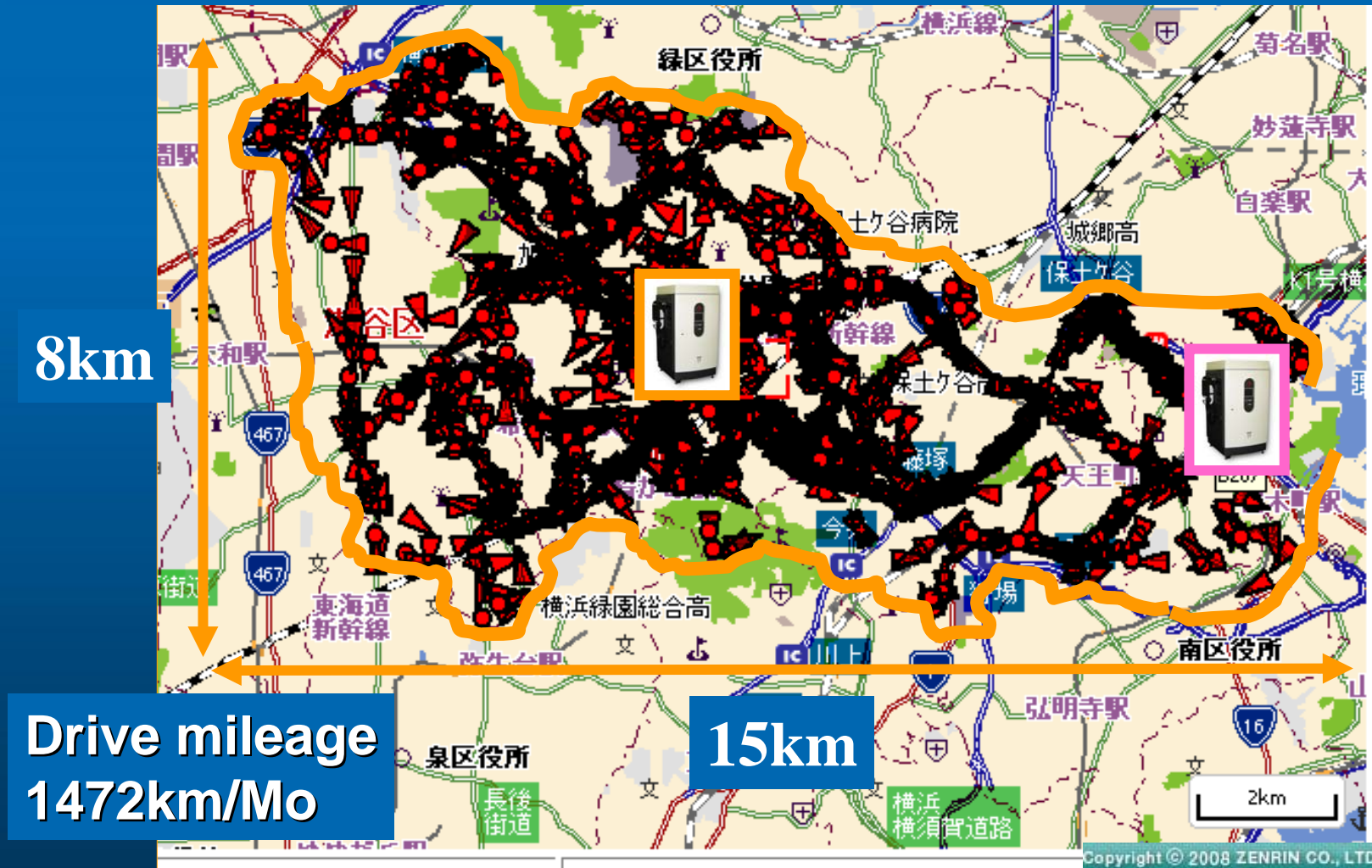
Strategy of current EV project

**Desirable characteristics of
public quick charger**

Before quick charger addition (October 2007)



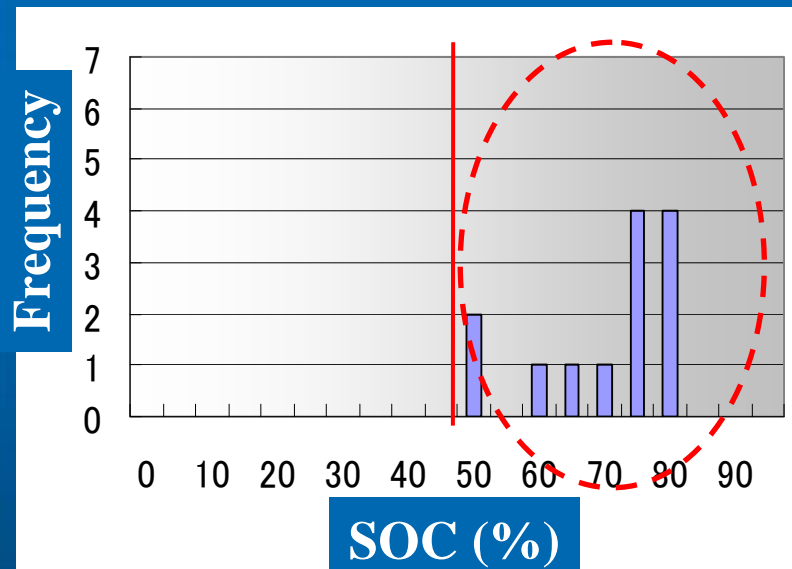
After quick charger addition (July 2008)



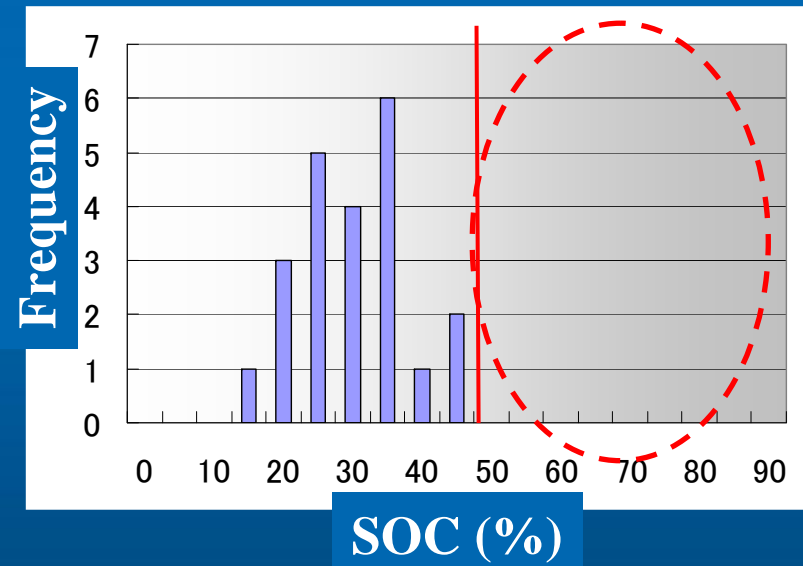
Quick charger effect on drives behavior

October 2007

July 2008



After
Quick
Charger
located



Battery SOC were higher than 50%

Battery SOC were less than 50%

Drivers feel easy because they can recharge whenever they like.

Drivers can extract battery potential supported by quick charger.

Strategy based on past experience

1. **Use advanced lithium-ion battery** for comfortable acceleration, enough max speed and accurate fuel meter.
2. **Target on commuter vehicles** for daily short trip to reduce necessary battery amount and cost in the early stage of market penetration.

Unnecessary long driving range wastes users money.
3. **Locate adequate public quick chargers** to compensate limited driving range.

Specifications of new electric vehicles

| | | | |
|--------------------|---|--|---|
| |  |  |  |
| Name | Plug in Stella | iMiEV | Leaf |
| Maker | Subaru | Mitsubishi Motors | Nissan |
| Passengers | 4 | 4 | 5 |
| Weight [kg] | 870 | 1,080 | - |
| Driving range [km] | 80 | 120 | (160 in test mode) |
| Battery [kWh] | 9.2 | 16 | 20 (estimation) |
| Charging Method | AC 1 ϕ : 100~230V DC: 400V 125A 10min for 60km driving range | AC 1 ϕ : 100~230V DC: 370V 125A 15min for 60km driving range | AC 1 ϕ : 100~230V DC: 400V 125A |

Past EV experience

Strategy of current EV project

**Desirable characteristics of
public quick charger**

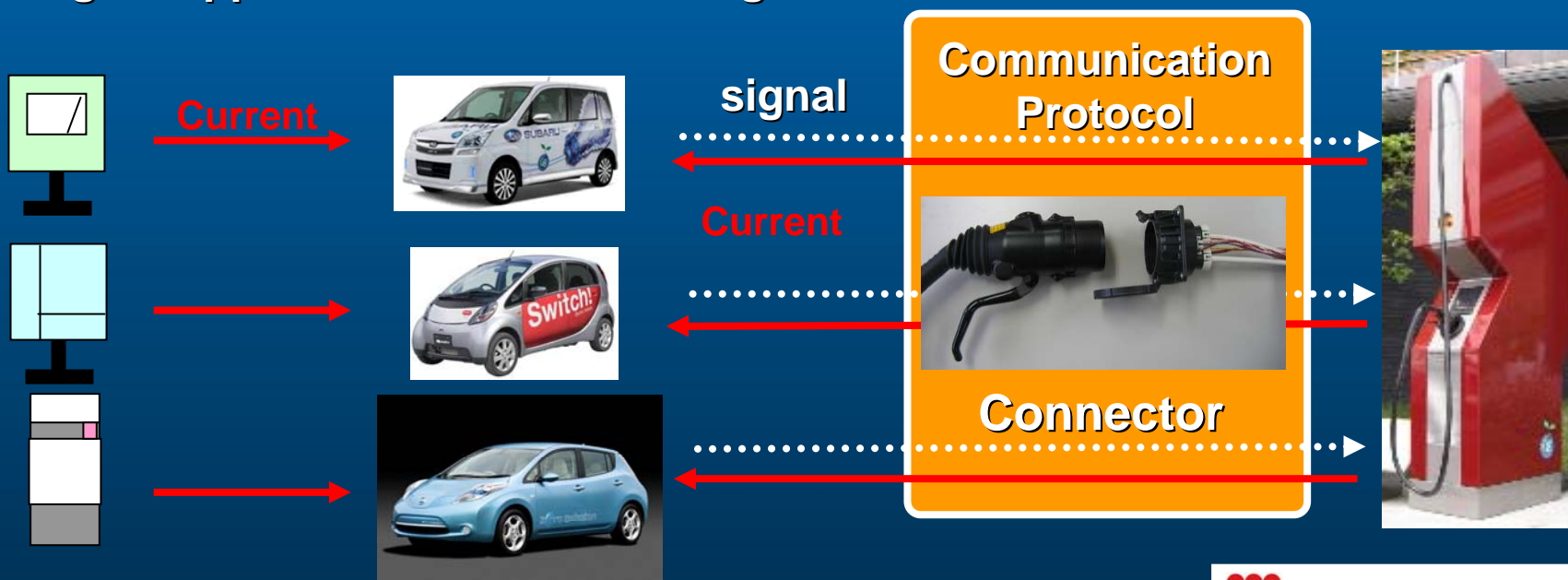
What kind of characteristics we have to standardized?

<Problem>

- Optimal charging pattern depends on **battery characteristics and condition.**
- Standardization may disturb battery improvement.

<Solution>

- **EV ECU decides** optimal charging current base on its battery condition.
- Charger supplies dc current following order from EV ECU.

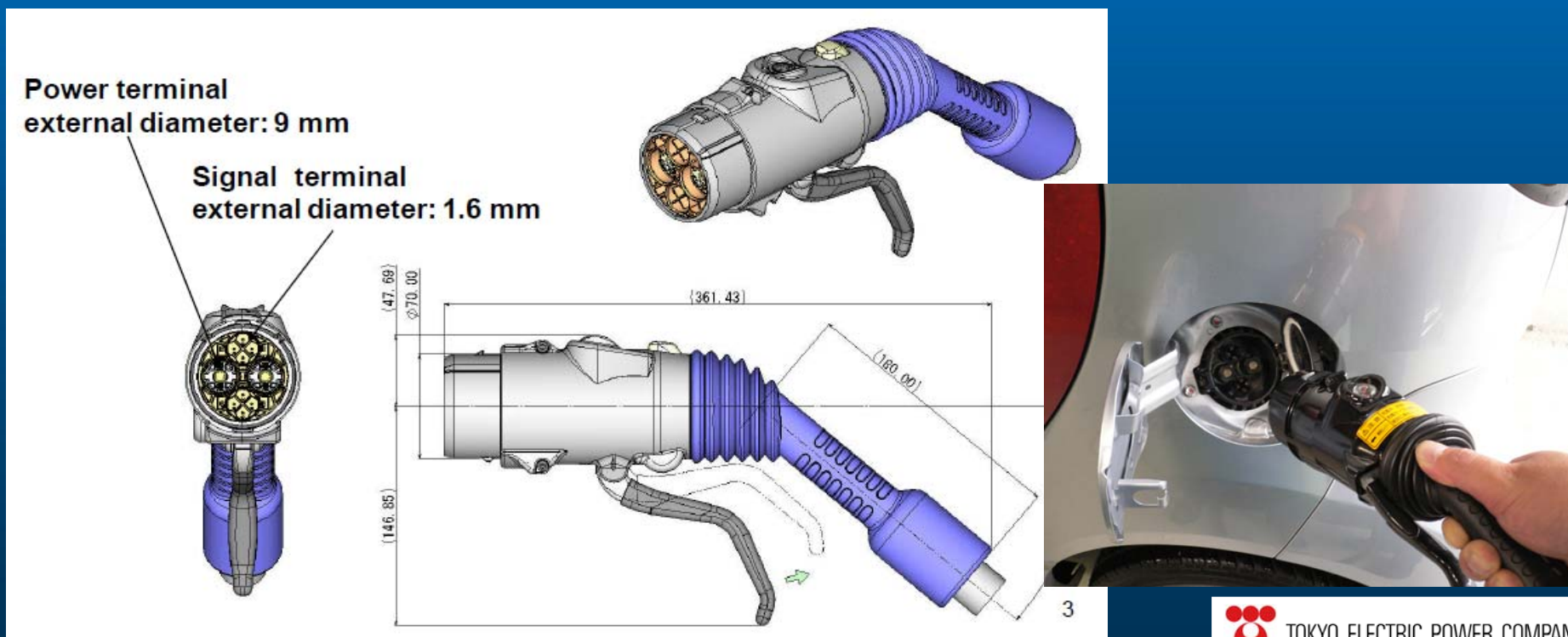


JARI Level 3 DC Connector

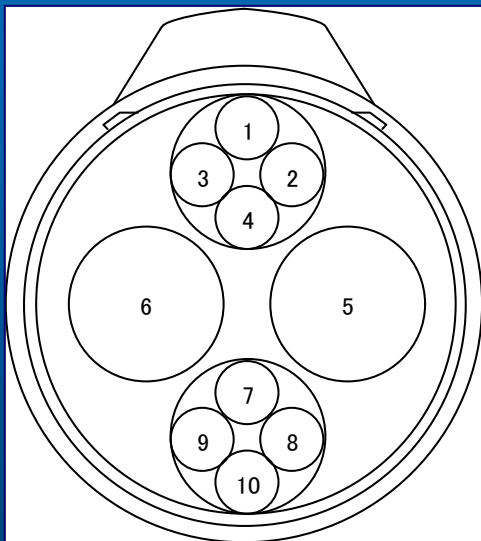
Maximum current: 200A

Getting feedback from field use, Yazaki is improving the design.

Detail dimension of interface geometry is open to public, then any maker can fabricate compatible connector.



Connector pin-layout and assignment



Connector surface

| Pin No. | function / assignment | Pin diameter (mm) | Wire size (mm ²) |
|---------|--------------------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| 1 | Reference GND for insulation monitor | 1.6 | 0.75 |
| 2 | Control EV relay (1 of 2) | 1.6 | 0.75 |
| 3 | (not assigned) | 1.6 | — |
| 4 | Ready to charge control | 1.6 | 0.75 |
| 5 | Power (supply) line-negative | 9.0 | 150A:42.4 200A:53.5 |
| 6 | Power (supply) line-positive | 9.0 | 150A:42.4 200A:53.5 |
| 7 | Proximity detection | 1.6 | 0.75 |
| 8 | Communication + | 1.6 | 0.75 |
| 9 | Communication - | 1.6 | 0.75 |
| 10 | Control EV relay (2 of 2) | 1.6 | 0.75 |

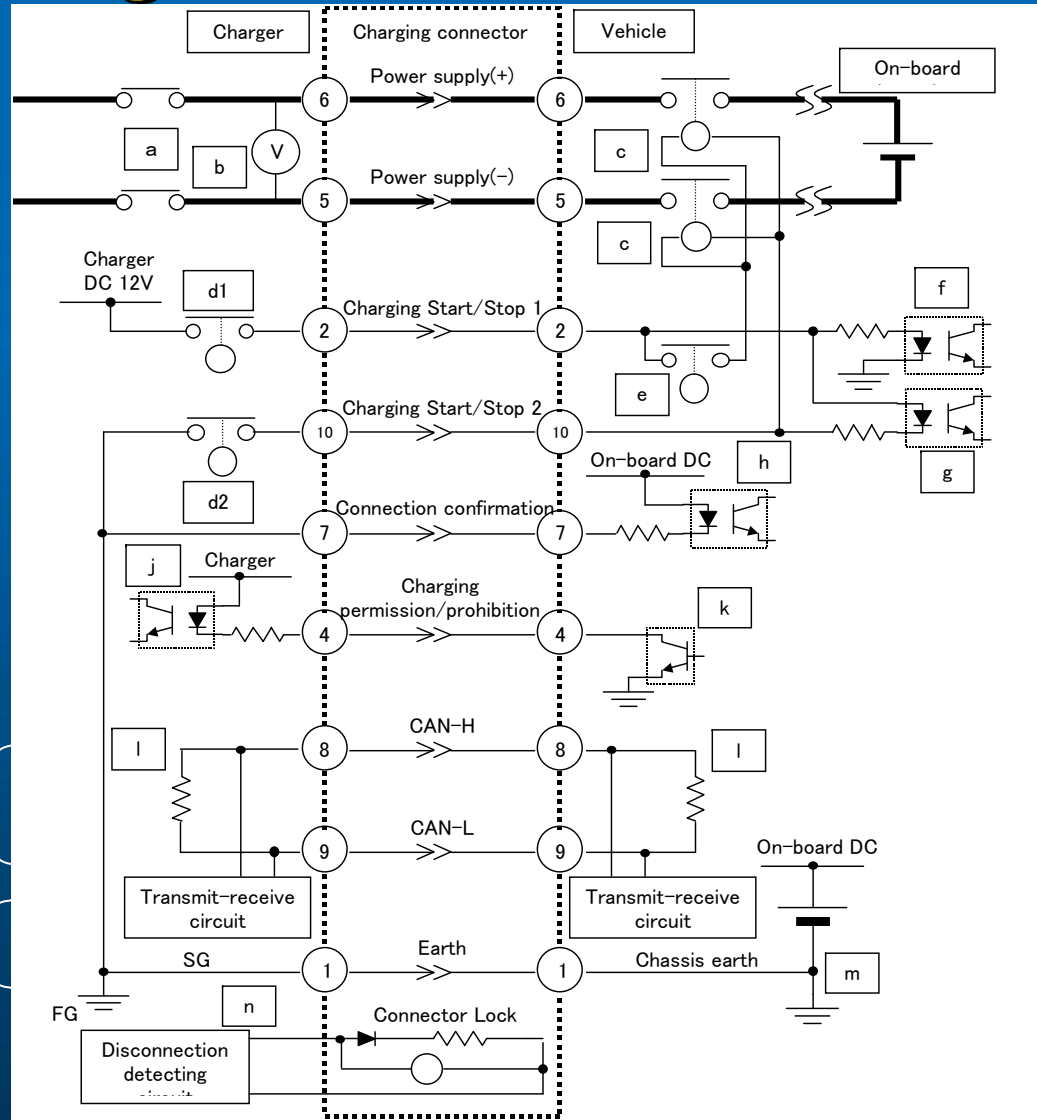
Vehicle and charger interface circuits

Main DC circuit

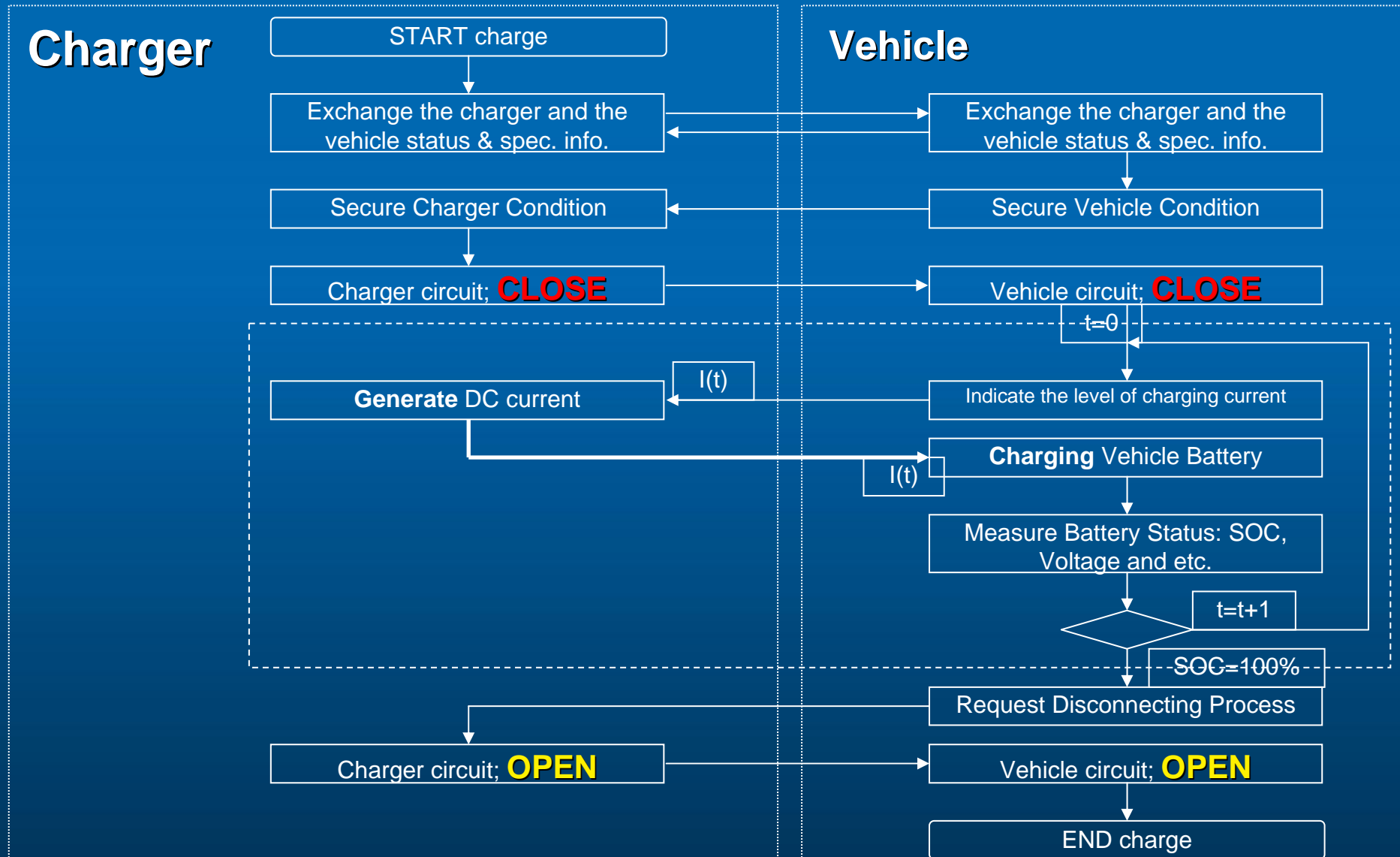
Sequence control circuit of the Main DC circuit switch relays

CAN communication bus

Reference GND and Isolation monitoring line

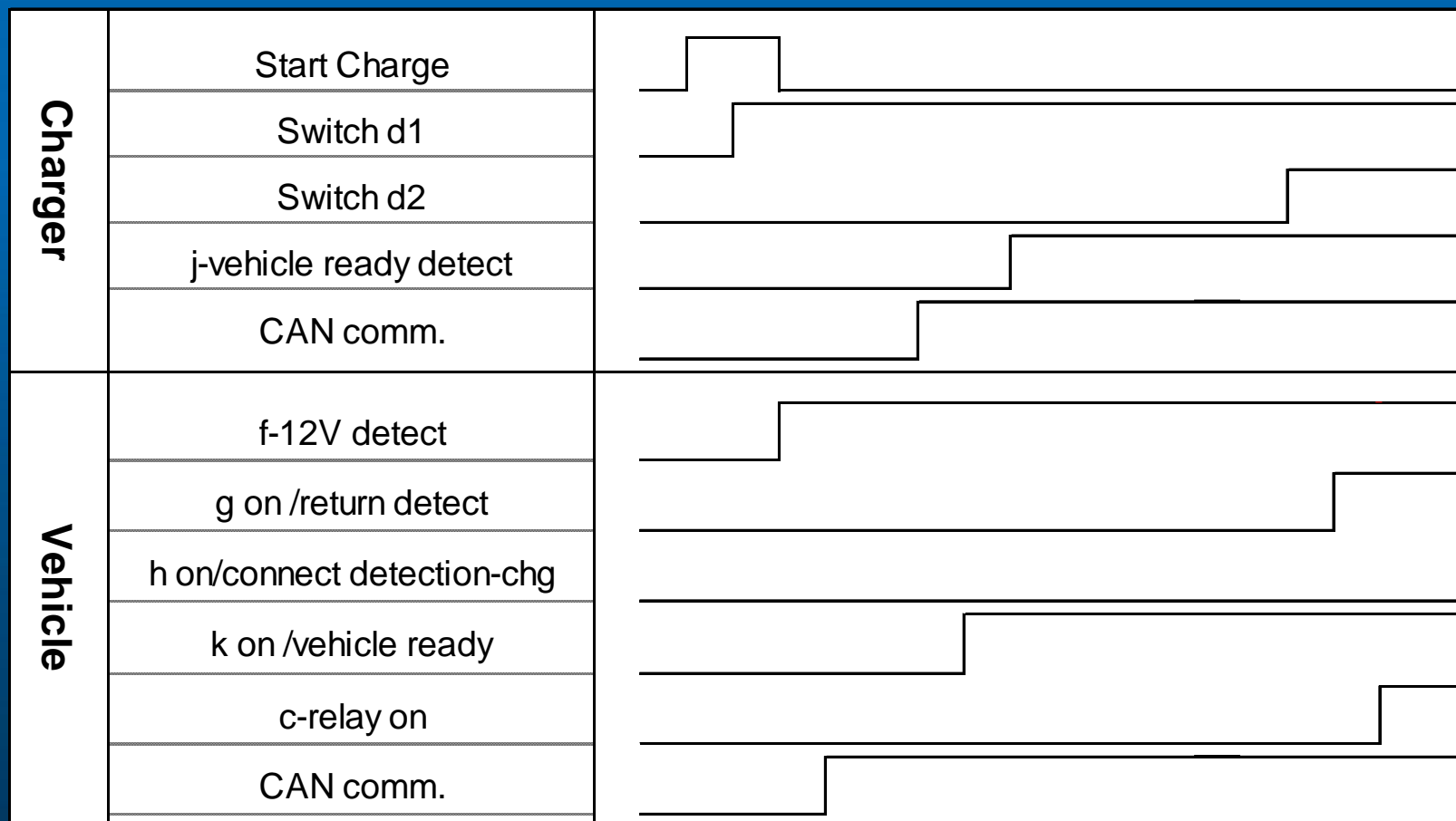


Charging general flow



Definition of Control / Comm. Sequence & Timing

Ex.) Charging preparation process



Various design chargers are available



Hasetec



Takaoka



Takasago

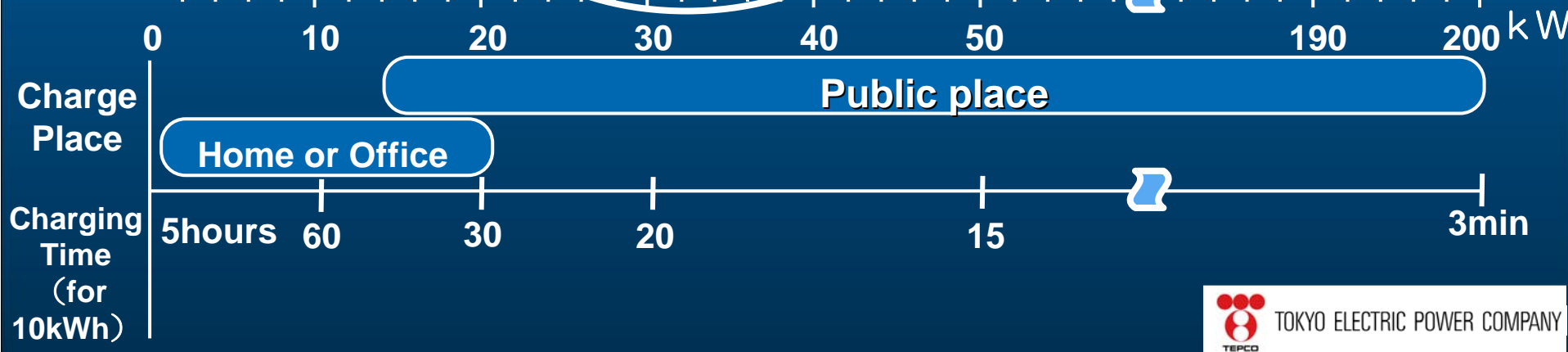
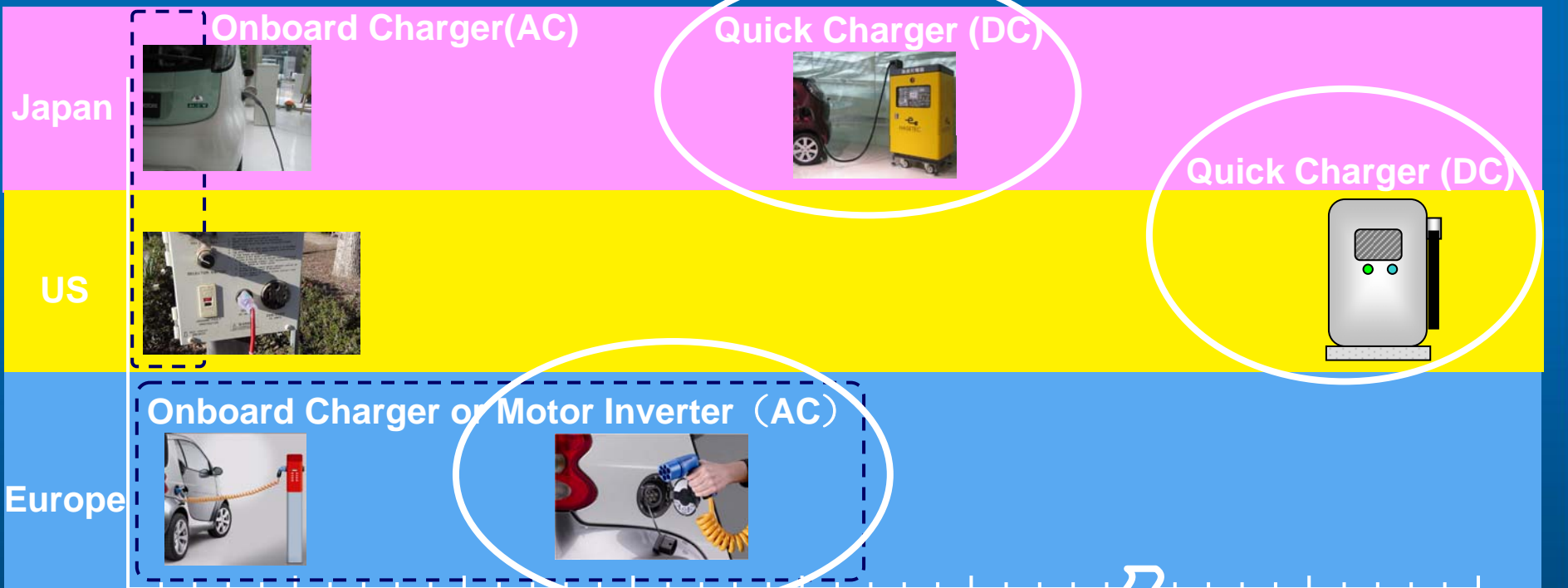


Nittetsu Elex

Only communication protocol and connector are standardized.

Main circuits and components designs are depend on each charger makers.

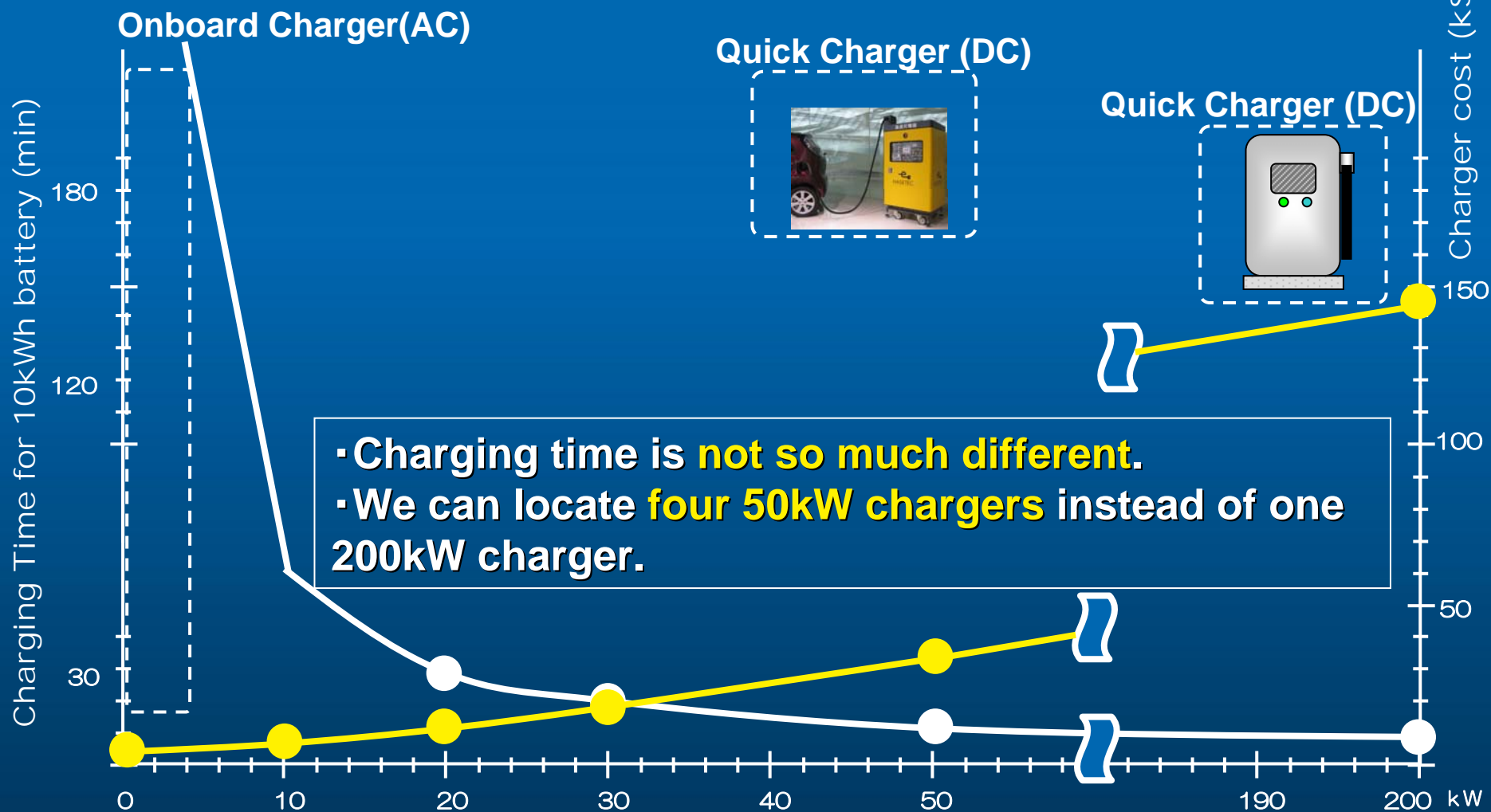
What is discussed in the world now?



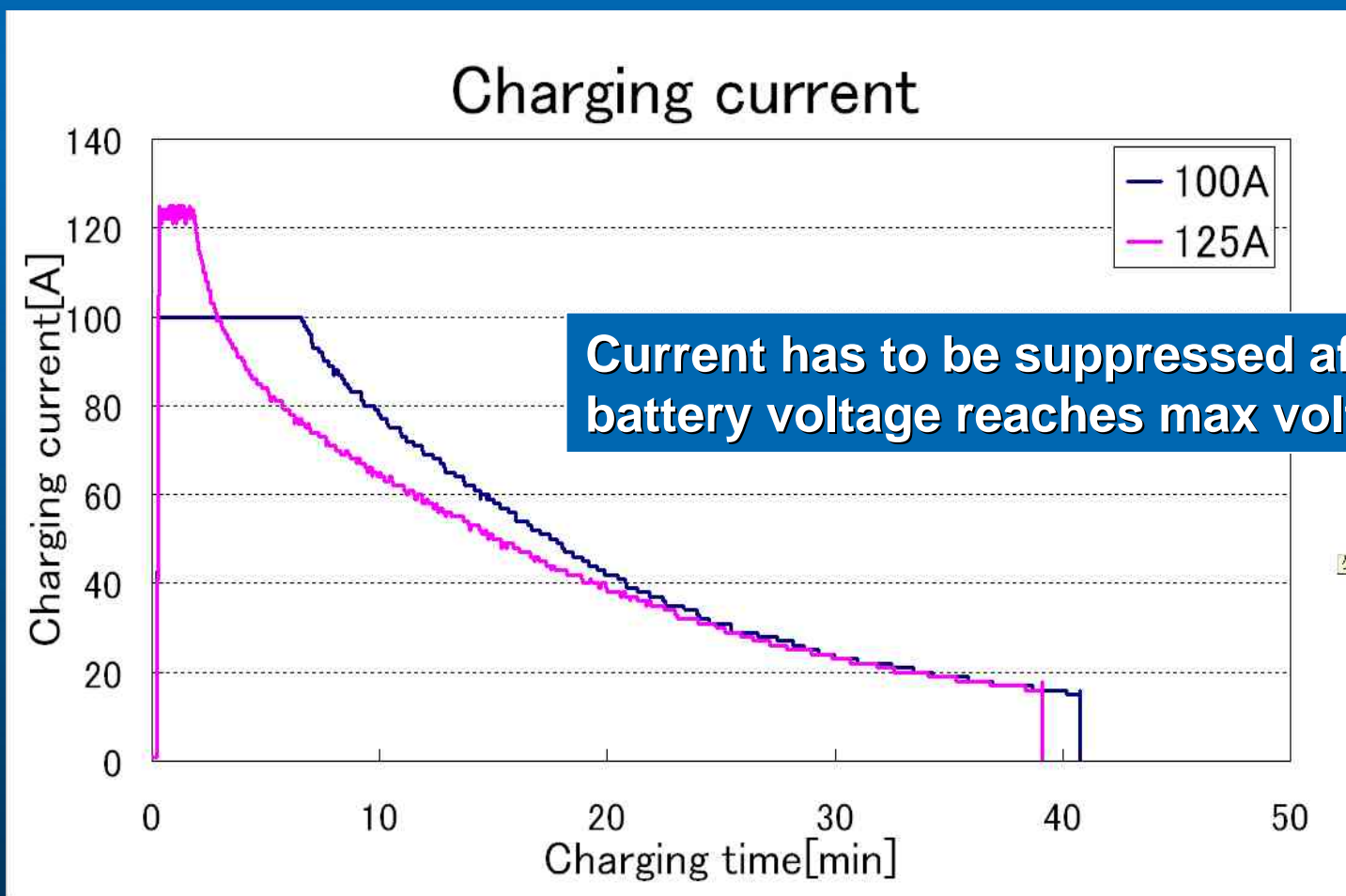
How much kW is suitable for public quick charger?

- Public chargers are for commuter passenger vehicles.
Not for super EV which can drive 400km in one charge, not for big truck, not for heavy bus.
- Battery pack becomes more than **50kWh** for 400km driving EV, truck and bus.
- Charger output becomes **200kW** and current becomes **400A** to recharge 50kWh battery pack within 15min.

Cost/Benefit of charging infrastructure



Higher current than 100A cannot shorten recharging time effectively



Specification of developed quick charger



Specifications

- Type: Switching type
constant current power supply
- Input: 3-phase 200V (200~430V)
- Output power: 50kW (10~100kW)
- **Maximum DC output Voltage: 500V**
- Output current: 125A (20~200A)

Target charging time

- 5 minutes for 40km driving range
- 10 minutes for 60km driving range

Price \$35,000

Quick charger location

153 chargers are in service in Japan

1,000 chargers will be installed by 2012

Exact locations are on Google Map

Search using keyword “CHAdeMO”

Kanagawa prefectural office

Operation started on
June 2008

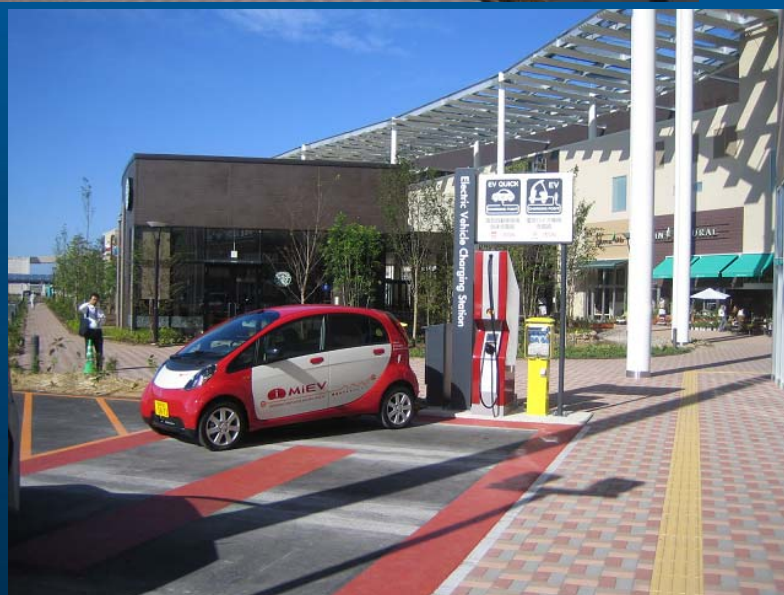


Shin-Marunouchi Building

Operation started on
September 2009



AEON shopping mall



Operation started on
September 2009

Public parking lot



Operation started on
October 2009

Metropolitan highway parking area



Operation started on
October 2009

Tokyo University of Marine Science and Technology



Operation started on
March 2009



Gymnasium in Hakone



Operation started on
March 2009

Shell oil gas station



Operation started on
March 2009

COSMO gas station



Operation started on
July 2009

Headquarters of Mitsubishi Motors



Operation started on
June 2009

CHAdeMO Association will contribute for standardization of quick chargers



Name stands for charge and move

Logo stands for battery and smile eco



Nissan, Mitsubishi, Subaru and TEPCO reached an agreement to establish the association on August 5.

The association provides the information of quick charger.

Conclusion

- In order to establish EV market, charging infrastructures consist of cheap Level 1 charger for residential use and Level 3 quick charger for public use are necessary.
- Quick charger is crucial to expand EV market but we'd better not to make its output so high for easy installation.
- It may not be necessary to install so many quick chargers because daily driving range is limited and chargers are not used so often.
- Public charger should be able to supply electricity to various kind of EVs safely and efficiently.
- TEPCO proposes non-exclusive quick charger concept cooperate with Nissan, Mitsubishi, Subaru and some other automakers.

Vedlegg 4 –

Electric Mobility- The next step for BMW EfficientDynamics

Electric Mobility – The next step for BMW EfficientDynamics?

1. Introduction

In our highly specialised economy, personal mobility is key to employment, growth, prosperity and quality of life. The continual increase in demand for energy, the finite nature of fossil fuel sources and political crises in oil producing countries endangers this mobility. A global approach to CO₂ emissions is necessary. Although any given industry can only provide a partial solution, the automobile industry must be at the heart of any given solution.

2. CO₂ Legislation and Market Conditions

Statutory Regulation of CO₂ Emissions is increasing worldwide both in number and severity, Fig 1. More than 90% of the world market for automobiles is subject to fuel consumption and CO₂ regulations. The primary markets are: Europe, USA, Japan and China. In addition to regulations, which mainly apply to the manufacturers, motor vehicle tax is in various jurisdictions slowly being changed to take account of CO₂ emissions. The objective of these tax changes is to influence the choice of the customer through the cost of ownership, so as to achieve the climate protection targets of the individual member states.

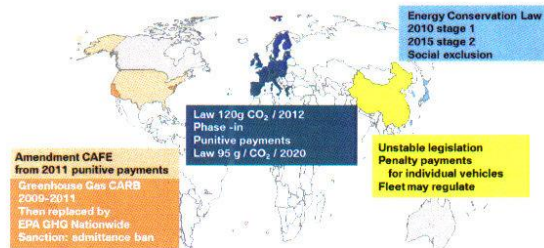


Figure 1: Worldwide CO₂ Emissions

Automobile manufacturers must simultaneously satisfy both the various regulations and meet individual customer requirements.

3
7

Customers demand affordable mobility, a selection of types of vehicle and further development of features such as handling, comfort and safety. Regulations specify the level and corresponding time frame for fuel consumption and CO₂ emissions, and therefore the cost of the necessary measures to meet such requirements. To conserve fossil fuel resources and for effective climate protection, low emission vehicles must be mass produced and rapidly brought to market. Such vehicles must therefore be attractive to customers, Figure 2. Although tax incentives do influence consumer choices and are a good beginning, they are in and of themselves insufficient. For many, the car is much more than just a means of transport. For them, driving is an experience, an experience of comfort and safety and individual quality of life – above all in a car from a premium manufacturer.



Figure 2: Customer satisfaction is crucial for success

3. Physical Influences

At the end of the 90s, BMW Group recognised that further optimisation of the internal combustion engine would not be sufficient to meet challenging CO₂ emissions targets. All physical influences on CO₂ emissions were systematically considered and evaluated. Figure 3.

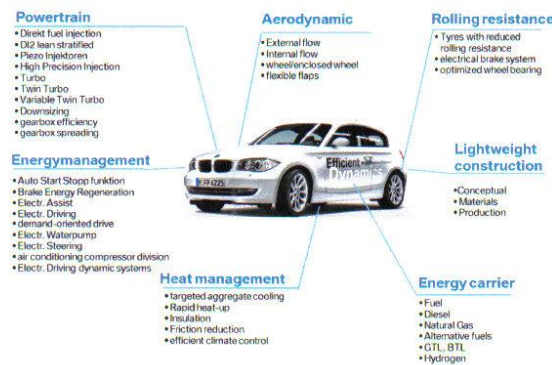


Figure 3: Physical CO₂ influences

It was vital to consider the vehicle as an integrated functioning system, including the interconnection of all mechanical, electrical, thermal, hydraulic and pneumatic energy flows.

4. BMW EfficientDynamics – the first step

With this systematic approach, the BMW Group Energy-efficiency-Package was configured to allow the customer the possibility on the one hand to continue to experience the usual BMW driving pleasure and on the other hand considerably to reduce fuel consumption and therefore CO₂ emissions, Figures 4 and 5.

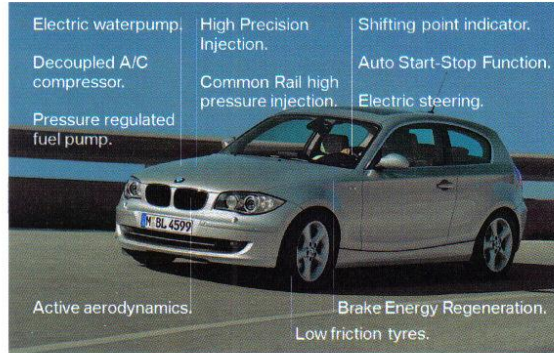


Figure 4: BMW 1 series with Efficient Dynamics

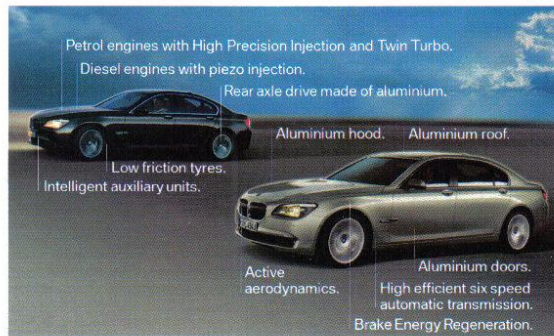


Figure 5: BMW 7 series with Efficient Dynamics

The first BMW and MINI cars with suitable Efficient Dynamics packages were sold in March 2007. Now our customers receive Efficient Dynamics technology in all new BMW 1, 3, 5, 6 and 7 series, in the Z4, in the X1, X3, X5 and X6 and in all MINI Models appropriate to the character of the model and at no extra charge.

To date, well over one million of these highly efficient vehicles have been sold. The BMW Group has with the breadth of its Efficient Dynamics Technology achieved its voluntary undertaking to reduce CO₂ emissions by 25% from 1995 to 2008, Figure 6.

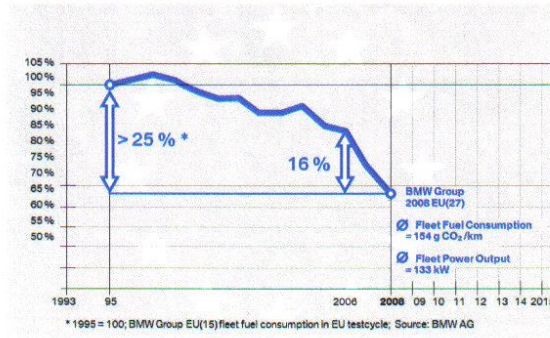


Figure 6: CO₂ emissions reduction for the BMW Group in Europe, 1995 - 2008

Therefore all BMW cars sold in Germany in 2008 produce less CO₂ emissions than the average of all vehicles sold. Furthermore, BMW is the premium manufacturer with the lowest fleet emissions, Figure 7.

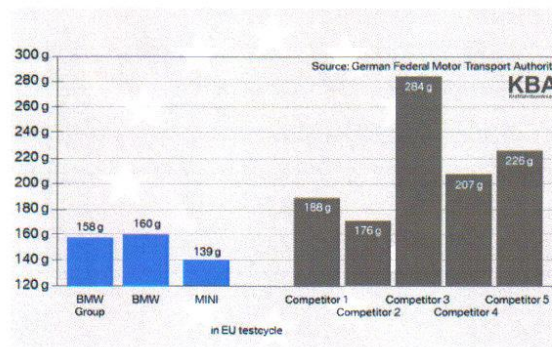


Figure 7: Fleet emissions in Germany, 2008

The BMW EfficientDynamics strategy is characterised by its breadth. For the series production of this technology, the cost/benefit ratio is critical. The first CO₂ emission reduction measures to be implemented were those with the greatest impact and the lowest costs, Figure 8.

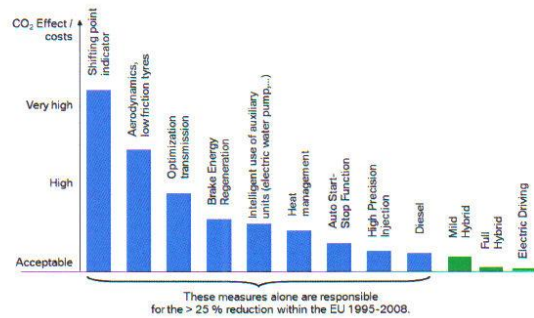


Figure 8: Cost / Benefit Ratio

5. BMW EfficientDynamics – the next steps

Further optimisation is still possible. Consideration of the entire vehicle leads to solutions involving the further development of the internal combustion engine. The greatest possibilities result from the reduction of rolling resistance, for example through improvements of the aerodynamics, engine and transmission, for example by reducing the engine capacity and number of cylinders and a higher transmission ratio spread, capturing lost heat, for example by using thermoelectric generators and efficient energy management, for example by using additional information about the car's surroundings. However, the boundaries of the information used by the vehicle must be expanded further. It is necessary to integrate the system of the driver, vehicle and surrounding traffic conditions.

5.1 ActiveHybrid

In certain vehicles BMW hybrid technology is also applied as the next step of the efficient dynamics strategy. This concerns above all large and high performance vehicles. This year, the existing model portfolio will be expanded by two hybrid vehicles – a mild hybrid and a full hybrid.

The mild hybrid will be an additional BMW 7 series, and the full hybrid an additional BMW X6, Figure 9.



Figure 9: BMW ActiveHybrid Models

Both vehicles expand the BMW model portfolio, and offer a manageable customer group high technology and therefore confirm potential further efficiency improvements, which would not be commercially possible over a broader range of vehicles.

5.2 Electric Mobility

In order to develop future mobility possibilities, BMW Group has at present various experimental vehicles with an alternative electric drive train. Electric mobility may be in the future particularly relevant for urban transportation. An analysis of BMW 116i customers shows that this vehicle is predominantly used for short journeys, Figure 10.

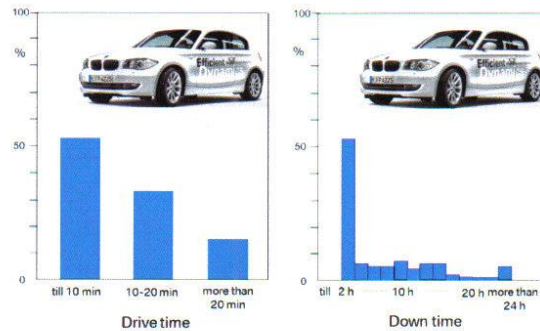


Figure 10: BMW 116i Customer Usage

The performance requirements of an electric vehicle can be derived from the usage profile of the BMW 116i, Figure 11.

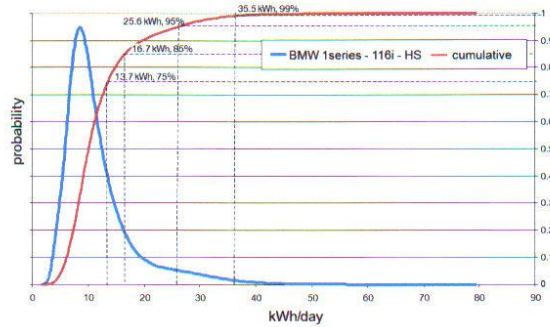


Figure 11: Derived Performance Requirements of an electric vehicle based on BMW 116i usage

75% of all customers could already be served by an electrical storage capacity of approximately 14 kWh. Almost all customers could be satisfied with a storage capacity of approximately 36 kWh.

In this way it was possible to use a production vehicle to derive the necessary size of the electrical storage capacity. At this stage there is no clear understanding to what extent this technology is suitable for everyday use. To answer this and other key questions, several hundred MINIs were equipped with a high capacity electric powertrain, Figure 12.

| Vehicle | Electric motor | Energy store |
|----------|--|---|
| 2 Seater | Asynchronous machine 150 kW / 204 PS / 220 Nm 152 km/h | Lithium-Ionen-accumulator 35 kWh / 28 kWh usable 380 Volt 5088 cells temperature-, load- and speed guided cooling system Recharge times 2 ½ hours with 50A 12 hours with 16A 260 kg Cruising range about 250 km |



Figure 12: MINI E

These cars are experimental vehicles and not production vehicles and have been deployed on the east and west coasts in the USA, in the United Kingdom in London and in Berlin and Munich in Germany, Figure 13. The customers can lease the MINI E, but cannot purchase it. Over a period of approximately 1 year, the customers contribute towards the scientific evaluation of the project, in cooperation with the experts at BMW Group.

The contact with the drivers of the MINI E is of great importance to the developers, so they can analyse the customer usage of the vehicle as well as its engineering characteristics, in order to get the most accurate and realistic picture of how an electric vehicle is used everyday. After the termination of the lease, all vehicles will be returned to the development car pool, where a variety of tests will be carried out.



Figure 13: In the field MINI E

After customer acceptance, mainstream usage of electric vehicles is highly dependent upon battery technology. The battery storage capacity and the necessary extra weight is not yet acceptable. There is also no reliable data on battery longevity. If these technical problems can be solved, ultimately the affordability of the vehicle will be critical to its success.

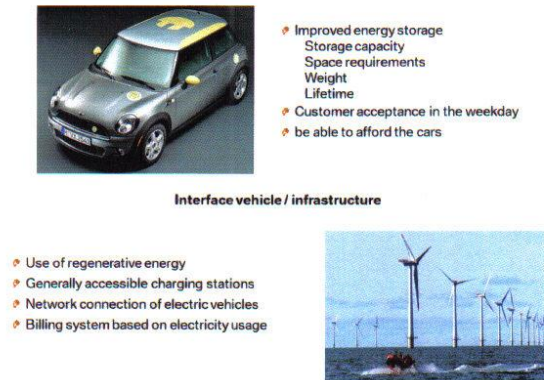


Figure 14: Mainstream acceptance of electric vehicles depends on the solution of key problems

Car manufacturers must work on these key questions. The interface between car and the necessary infrastructure also requires solutions, in order that electric transportation becomes successful. It is not helpful if the car itself produces no CO₂ emissions when the necessary electricity is itself not generated from renewable sources.

Furthermore, the customer must be provided with accessible charging stations with a payment system which takes into account how much electricity is drawn. The problem of the connection to the electric grid must also be solved.

The introduction of this new energy source for personal transportation requires commitment from the entire society. Politicians and the energy market will be challenged to create the necessary conditions. Achieving CO₂ emission free transportation will require a marathon runner, not a sprinter.

As an automobile manufacturer, BMW Group is attempting to accelerate the progress of the development of electric motors, power electronics and electrical energy storage, Figure 15.

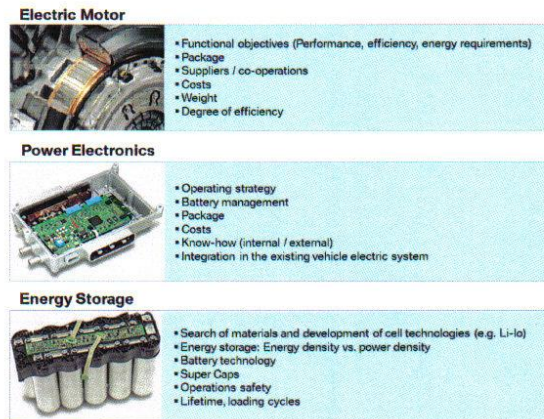


Figure 15: The development of three technologies will be accelerated

To charge the MINI E experimental vehicle, a variety of solutions have been offered. The lithium-ion battery can be plugged into a normal electric socket. The charging time is dependent on the available voltage and current, Figure 16.

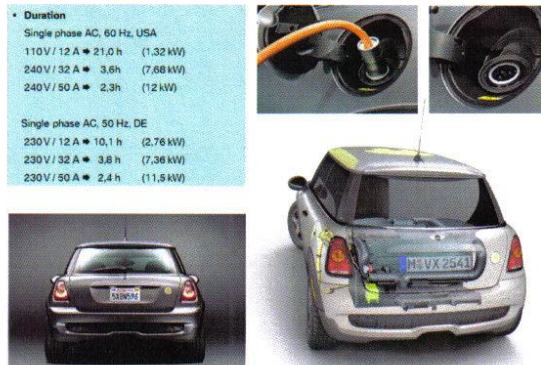


Figure 16: MINI E charging

As a premium automobile manufacturer, BMW Group is also involved with the development battery charging using electromagnetic induction. The use of this contact free and therefore wireless charging possibility is initially aimed at providing maximum ease of usage through the possibility of fully automatic charging in suitably equipped garages at home, work and also using publically available infrastructure. The electric vehicle therefore opens up the possibility of automatic energy supply, removing the necessity to refuel.

In public surroundings the inductive charging concept demonstrates its further advantages in optimising security and vandalism protection as well as being inconspicuous almost to the point of being invisible. This could be a breakthrough factor for the expansion of a public charging infrastructure.

The technical principles of inductive charging are already known through industrial application such as forklift trucks. The transfer of this technology to mass production cars, as well as its possible integration into parking assistance technology is however at a very early stage. This is also the case for the necessary standardisation between OEM manufacturers and suppliers.

6. Conclusion and Outlook

The internal combustion engine will remain for the next 10 or 20 years the dominant type of powertrain, Figure 17. BMW Group will therefore continue to develop further Efficient Dynamics technology.

Efficient, small and forced induction internal combustion engines with efficiency improving transmission will provide highly efficient energy conversion. Reduced rolling resistance through lower weight, road resistance and outstanding aerodynamics are prerequisites. Present day kinetic and thermal energy losses will be converted into useful energy types and used within the vehicle. Through the expansion of the system's boundaries, the car will be able to use information about its surroundings actively and in anticipation of traffic events to further reduce energy consumption.

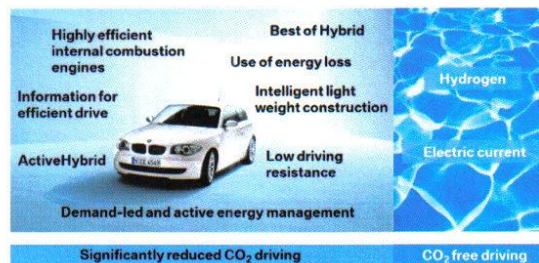


Figure 17: The sustainable BMW path

CO₂ emission free driving is only possible with alternative energy sources. BMW Group is applying hydrogen technology in particular to long journeys. For urban usage, there are possibilities for electric transportation. This will only be expedient when the above key questions can be answered. BMW Group has therefore deployed several hundred experimental MINI E cars, is pushing the development of critical electronic components and is working for comprehensive solutions for market acceptance with electricity suppliers

At this year's IAA exhibition, the BMW Group demonstrated how such technologies may be used in an entire vehicle, with its concept vehicle "Vision EfficientDynamics". There will be no single solution to preserve mobility. Therefore BMW Group is working on multiple solutions and hopes to offer the results of following these various paths.



Figure 18: BMW Vision EfficientDynamics

Vedlegg 5 –

Zero prosjektskisse januar 2010

Utbygging og testing av hurtiglading for elbiler i Norge

1. Søkere og partnere

Mitsubishi Norge, Think, Eidsiva Energi, Sintef, ZERO

2. Prosjektets mål, strategier og potensial

Oppsummering av prosjektet

Vi ser på utviklingen av hurtiglading som meget interessant og viktig for en storstilt kommersiell introduksjon av elbiler i Norge. Vi ønsker derfor å gjennomføre et prosjekt for å teste ut hurtiglading i Norge basert på foreliggende forslag til standarder for hurtiglading. Prosjektet inkluderer 20-30 ladepunkter fordelt på to korridorer Oslo – Trondheim og Oslo-Stavanger samt innfasing av biler med hurtigladefunksjon.

Mål

Hensikten med prosjektet er å teste ut hurtiglading og skaffe erfaring om brukermønster og preferanser hos bilbrukerne. Målet er at hurtiglading kan bli en del av en fremtidig infrastruktur for elbiler.

Bakgrunn for prosjektet

Elbiler med avanserte li-ionbatterier vil fra neste år bli levert av minst to store bilprodusenter. Både Nissan og Mitsubishi satser seriøst på elbiler, og i tillegg kommer flere norske og utenlandske elbilprodusenter til å selge biler i Norge. Internasjonalt lanserer Nissan, Mitsubishi og Subaru elbiler på markedet, mens GM og Toyota lanserer såkalte ladbare hybrider. Disse bilprodusentene har planer om masseproduksjon i løpet av 2010/2011. Nissan ønsker å produsere 50.000 biler i 2010 og 200.000 biler i år 2012. Dette er biler med mer avanserte batterier enn tidligere.

Det er nå nesten 3000 elbiler i Norge. Etterspørselen etter slike biler er større enn tilbudet, og man kan si at disse bybilene har funnet en nisje og sine brukere. For at elbilen skal kunne nå et større marked, og utbredelse er det viktig med bedre rekkevidde og kortere ladetid.

Elbiler har som oftest hatt bly- eller kadmiumbaserte batterier og en begrenset kjørelengde som har gjort bilene mer egnet til kortere turer. Nyere batterier som lithium-ion og nikkel-metallhydridbatterier kan gi bilene større rekkevidde og øke deres anvendelsesområde. Dermed kan også bilene nå ut til et større markedssegment.

Bilene kan også få kortere ladetid gjennom en form for hurtiglading. Hurtiglading vil i de fleste tilfeller være en tilleggsfunksjon til vanlig saktelading ved hjelp av husholdningsstrøm. I dette prosjektet kaller vi all lading med mer enn 230 volt spenning og 16 ampere strømstyrke for hurtiglading.

Strategi

Tepco (Tokyo Electric Power Company) er Japans største strømleverandør. De er også en foregangsbedrift innen hurtiglading og har gjort en interessant undersøkelse om dette. Bedriften hadde over flere måneder en flåte med elbiler av typen Mitsubishi i-miev tilgjengelig for servicepersonell, men bilene ble kun brukt i nærområdene. På lengre reiser ble vanlige forbrenningsmotorbiler foretrukket. Etter at Tepco installerte en hurtiglader til elbilene, økte bruken av dem vesentlig. Arbeiderne ba om å få ytterligere en hurtiglader for å kunne nå ut i hele serviceområdet til Tepco.

Installasjon av den ekstra hurtigladeren gjorde at bilene ble brukt over hele serviceområdet på 8x15 km, selv om den siste laderen ble lite brukt. Studien indikerer at ved å ha hurtigladere tilgjengelig vil bruken av elbiler øke vesentlig, selv om hovedmengden av lading fremdeles foregår ved hjelp av saktelading. Tilgjengelighet til hurtiglading kan også ha en psykologisk effekt mot rekkeviddeangst, altså frykt for å gå tom for strøm på bilen og måtte stoppe i flere timer for å få nok strøm til å komme seg fram (Botsford Slow charging VS Fast charging - EVS-24 proceedings 2009)

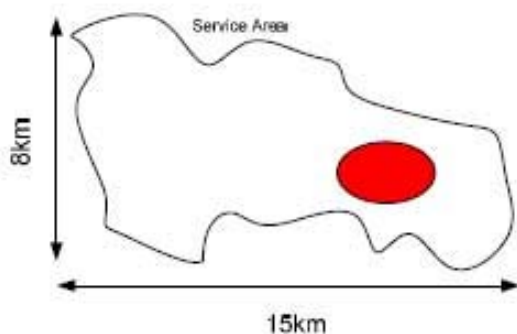


Figure 7: Service Area accessed by EV w/Slow Charger

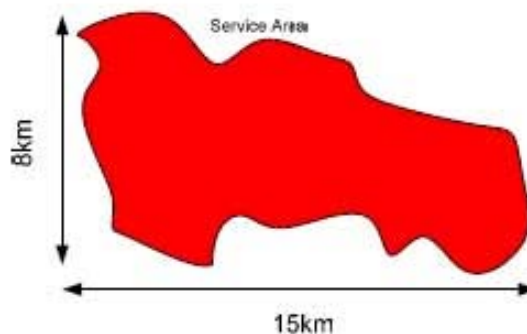


Figure 8: Service Area accessed after Fast Charger added

Hurtiglading kan redusere ladetiden for en elbil med opptil 90 prosent. Men for at en hurtiglading skal bli anvendelig, må infrastrukturen for lading baseres på standardiserte løsninger. Ved saktelading kan man bruke vanlig stikkontakt og husholdningsstrøm. Derimot stilles det helt andre krav ved hurtiglading av li-ionbatterier med høye spenninger og store strømstyrker: Både for å kunne gjøre ladingen på en forsvarlig måte og for å kunne lade et større antall biler uten å overbelaste strømmettet. En protokoll for kommunikasjon mellom stasjon og bil er nødvendig, og selve kontakten og ladeteknologien må også standardiseres.

Det er i dag flere store selskapsgrupper som satser på standardisering av hurtiglading. De to som utmerker seg på grunn av tungt engasjement fra store selskaper, er et japansk basert konsortium og et europeisk initiativ; i sistnevnte er det tyske energiselskapet RWE og flere tyske bilfabrikanter med. Begge gruppene har utviklet løsninger basert på lading ved 400 volt spenning, men de bygger på ulik filosofi. Den japanske varianten forutsetter en lader utenfor bilen, mens den europeiske har en lader ombord i bilen. Dette siste medfører at ladepunktet blir rimeligere å installere da det er mindre behov for elektronikk, men kunden må her ha en 400 volts lader i bilen, enten i form av en kombilader eller i tillegg til en 230 volts lader. Både den japanske og europeiske løsningen har avanserte ladeprotokoller og andre mekanismer som skal sørge for at ladingen foregår på en sikker måte. Dette er helt nødvendig ved 400 volts lading av li-ionbatterier.

Det er altså rimeligere å sette opp infrastruktur for det europeiske initiativets ladestandardisering, men denne krever en ombordlader. Det japanske forslaget krever en større og mer kostbar installasjon på ladepunktet, men vil kunne bety rimeligere elbiler, i alle fall i startfasen før laderne blir masseprodusert.

Begge løsningene er i en tidlig fase, og det er kanskje riktigere å kalle dem protokoller enn standarder, siden de ikke framstår som endelige standarder per i dag. Allikevel kan det

allerede nå leveres ladestasjoner av begge 400V ladeløsninger som er beskrevet ovenfor. Selv om det trolig vil gjøres mindre endringer i ettertid, vil disse kunne tilpasses i hurtigladeren.

To hurtigladingsprosjekter er planlagt i Berlin og et stort prosjekt er under rask utbygging i Japan. I Sveits er en tredje type hurtigladingsinfrastruktur basert på 32 ampere strømstyrke og 230 volt spenning vært i drift i lengre tid (Se tabell).

Av de store bilselskapene er det de japanske bilselskapene som satser mest på elbiler som kan hurtiglades og som om kort tid vil ha biler i masseproduksjon klargjort for hurtiglading. Det europeiske initiativet er ikke kommet like langt med hensyn til tilgang på biler. Ladestasjoner for begge typer teknologi kan leveres i dag, men det blir bare solgt biler med standard japansk innretning. Imidlertid kan man trolig gjennom prosjektpartnere få produsert spesialbygde elbiler utstyrt med ladere som håndterer den europeiske 400V løsningen.

Mitsubishi og Subaru har begynt å selge elbiler i Japan klargjort for hurtiglading. På kort sikt vil det derfor trolig bli flere biler på markedet med denne typen ladeløsning enn med RWEs infrastruktur. De tyske bilprodusentene er mer tilbakeholdne med opplysninger om hvilken type hurtiglading de vil bruke på sine modeller og når de vil bli introdusert på markedet.

En annen løsning som har fått mye mediaomtale det siste året og som kan være et alternativ til hurtiglading, er infrastruktur for batteribytte. Her er selskapet Better Place best kjent. Batteribytteinfrastruktur mellom biler med felles standard anses som svært vanskelig å få til. Bilindustrien har ikke gitt noen signaler som tyder på at de er interessert i å utvikle løsninger for batteribytte. Unntaket er Renault/Nissan-alliansen, men Nissan arbeider også med å utvikle hurtiglading.

Flere sentrale aktører innen elbilutvikling og bilindustrien er skeptisk til batteribytte. Det er flere grunner til slik skepsis, det er også store logistikkproblemer knyttet til batteribytte, standardisering innen bilindustrien er veldig vanskelig og ZERO mener også at en monopolisering av infrastruktur er veldig uheldig. Så lenge det ikke er utviklet en felles standard for batteribytte mener ZERO at det å satse på batteribytte går på tvers av intensjonene med dette prosjektet som er å jobbe for en introduksjon av en felles infrastruktur for elbiler.

ZERO vil understreke at hurtiglading trolig vil være et supplement til vanlig lading med 16 ampere og 230 volt for å utvide bruksområdet for elbiler. Å tilpasse en eksisterende elbil til å kunne lade med 32 A er relativt enkelt. Erfaringen fra Viking Rally, som er et rally ZERO arrangerte for nullutslippsbiler mellom Oslo og Stavanger i mai 2009, er at dette er en foretrukket løsning blant elbilbrukere i dag nettopp fordi den er enkel å bruke. Under rallyet ønsket nesten alle teamene å bruke lading med 32 ampere framfor 16 ampere.

Lading med 400 volt kan bli standard i fremtiden. 400 volt har ikke vært tilgjengelig nok i Norge i motsetning til i mange andre land, men er nå i ferd med å bli tilgjengelig flere steder i forbindelse med utbygging av nye ladestasjoner. Tilgang til opplading med 400 volt spenning er oftest tilgjengelig på bensinstasjoner og kjøpesenter og kan gjøres tilgjengelig i mange trafoer. Vår erfaring fra planleggingen og avviklingen av Viking Rally er at 400 V er lettere tilgjengelig enn man skulle tro, selv om lading med 400 V ikke ble benyttet under rallyet.

Det finnes mange former for hurtiglading og flere standarder er under etablering.

Prosjektet bør satse på standardiserte løsninger i den grad dette finnes og i størst mulig grad være åpen for alle bilprodusenter, strømleverandører og ladeutstørsleverandører.

Nærmere om de ulike hurtigladelingsløsninger:

Europa

20 store selskaper, blant dem RWE Eon, Vattenfall, EDF, Npower, Endesa/Enel, BMW, Ford, General Motors, Fiat, Toyota og Mitsubishi, har blitt enige om standardisering av en europeisk ladeprotokoll for hurtiglading. Mest sannsynlig vil første generasjon hurtigladerer baseres på lading ved strømstyrke 32 ampere. Både såkalt 1-fasstrøm 230 V og 3-fasstrøm 400 V vil trolig kunne brukes med samme kontakt eller med en overgang. Kontakten har egne pinner for kommunikasjon mellom stasjon og bil.

USA

I USA har selskapene GM, Chrysler, Ford, Toyota, Honda, Nissan og Tesla blitt enige om å tilpasse sine framtidige elbiler til SAE standard J1772. En plugg etter denne standarden er demonstrert av elektronikkprodusenten Yazaki og tillater toveis kommunikasjon for dialog mellom bil og stasjon, J 1772 vil bli installert i GMs kommende bilmodell Chevrolet Volt. Pluggen tillater lading med 240 volt spenning og opptil 70 ampere strømstyrke med fem pinner og kommunikasjon for kommunikasjon mellom lader og bil.

Japan

Som nevnt samarbeider sentrale japanske bilselskaper med Japans største strømleverandør om å utvikle infrastruktur for hurtiglading. 200 hurtigladestasjoner skal være på plass innen mars 2010, og det er planer om å bygge ytterligere 1000 stasjoner. Hurtigladeren kan for eksempel lade en elbil av typen i-miev med rekkevidde på 160 km til 80 prosent kapasitet i løpet av 15-30 minutter – eller til 60 km rekkevidde på 10 minutters lading. Alle i-mievbiler i Japan er utstyrt med hurtigladerkontakt.

Nissan, Mitsubishi, Tepco og Subaru har i august 2009 nedsatt en komité for standardisering av hurtiglading.

Arbeidet med å utvikle hurtiglading i ulike land er oppsummert i tabellen nedenfor.

| Initiativtakere | Spesifikasjon stasjon | Spesifikasjon bil | Kommentar/status |
|--|---------------------------------|-------------------|--|
| Volvo/Vattenfall Sveits, BMW | 32 A tofas 230V | 6 Kw ombordlader | Enkel løsning, ble brukt under Vikingrally 2009 av flere elbiler Enkel å ettermontere i eksisterende elbiler |
| Nissan Mitsubishi, Subaru, Toyota, Tepco mfl | 400 V DC | Ekstern lader | Japansk standardiseringsarbeid er igangsatt |
| RWE, Volkswagen mfl | 400 V AC 3-fas 32 A opptil 63 A | Ombordlader | Europeisk standardiseringsarbeid er igangsatt |
| GM | Opptil 70 A 240 V AC | | SAE standard J1772 |

Det kan altså se ut som om tre eller fire standarder er under utvikling og at bilprodusentene vil levere biler tilpasset standarden i markedet. I Europa ser to standarder mest aktuelle ut: 230 V 32 A 1-fas og 400V 32 A trefase (RWE)

Prosjektet

Vi ønsker å gjennomføre et prosjekt for å teste ut hurtiglading i Norge basert på foreliggende forslag til standarder for hurtiglading. Siden dette er et prøveprosjekt og standardene er under utvikling, ser vi for oss en begrenset utbygging av ladepunkter til å begynne med, i størrelsesorden 20-30 ladepunkter. Noen av disse tenkes plassert langs en fartsåre, for eksempel Oslo-Trondheim eller Oslo-Stavanger. I tillegg bør noen andre ladepunkter plasseres i bysentra.

Noen ladepunkter plasseres på eksisterende bensinstasjoner, mens andre plasseres på alternative og utradisjonelle steder som kjøpesentre og restauranter. Selv om det vil være nyttig å ha noen ladepunkter i storbyene, er det trolig spesielt viktig å ha tilgang til hurtiglading på hovedfartsårer med mye motorveikjøring. Målet med denne spredningen av ladepunkter er å finne ut hva bilbrukerne faktisk foretrekker. Bruken av toveiskommunikasjon mellom bil og ladestasjon og tilknytning og lagring av denne informasjonen gir mulighet for god datafangst. Materialet kan bearbeides med tanke på å finne ut av brukermønster.

Ladestasjonene tenkes eid av lokale selskaper, fortrinnsvis energi- og nettselskaper, men vi vil også forsøke å få eiere av for eksempel kjøpesentre til å stå som eiere. Likeledes er tanken at selskaper og private vil eie bilene som inngår i prosjektet. Midlene vi søker om offentlig støtte for vil være støtte til eierne for å dekke en del av kostnadene ved innkjøp og installasjon av nødvendig utstyr samt deltakelse i prosjektet samt drift og planlegging av selve prosjektet. Drifting og service av stasjonene må gjøres av egnet servicepersonell og det er her nærliggende at nettselskaper bygger opp kompetanse på dette feltet og kan yte service på ladestasjonene.

Målet er å finne en modell som etter hvert kan fungere som en kommersiell modell og det vil trolig være interessant for energi og nettselskaper å delta i dette prosjektet med egeninnsats for å kunne bygge opp kompetanse på dette samt for profilering av bedriften. Vi tror prosjektet vil ha en høy profil både internasjonalt og nasjonalt. Hurtigladestasjonene langs Oslo – Stavanger korridoren vil ha forutsatt finansiering også kunne bli brukt i neste års nullutslippsrally. Årets Viking Rally var kanskje det bilsportsarrangementet i Norge med best pressedekning i inneværende år. Neste års arrangement vil trolig få enda større oppmerksomhet og fokus og vil kunne danne en fin ramme for en offisiell åpning av hurtigladekorridoren Oslo – Stavanger.

En viktig del av prosjektet er å finne løsninger som peker fram mot robuste nasjonale ladeinfrastrukturløsninger. IT-delen av prosjektet er en svært viktig bestanddel av prosjektet som det må jobbes grundig med gjennom begge faser og der potensialet for norsk næringsutvikling kan synes stort. Det vil derfor være viktig å knytte til seg ressurser innen dette området som prosjektpartnere.

Vi ønsker også å knytte til oss kompetanse fra de norske forskningsmiljøene og tror prosjektet også vil appellere til studenter ved tekniske høyskoler og universitet. Målet er å skape et norsk kompetansemiljø på dette feltet.

Forslag til plassering av ladepunkter

Oslo – Stavanger

Kjellstad

Re (kjøpesenter/kommunesenter)

Herøya (Porsgrunn hydrogenstasjon)

Kristiansand

Arendal (Harebakken kjøpesenter)

Lyngdal

Sira

Flekkefjord

Sola Klepp

Lysebotn

Stavanger

Oslo-Trondheim

Oslo

Espa/Tangen (nytt kjøpesenter)

Hamar

Lillehammer

Ringebu

Folldal

Oppdal/Tynset

Melhus

Trondheim

Potensial/nytteverdi

Prosjektet vil styrke Norges ledende rolle som pådriver for nullutslippsbiler, og det vil posisjonere norsk industri. Sannsynligvis vil det medføre økt tilgang til elbiler på det norske markedet ved tidlig introduksjon av nye modeller.

Prosjektet kan synliggjøre behov og vise utviklingspotensial for norske bedrifter. Disse kan være med på å utvikle elektrokomponenter til nullutslippsbiler, men også software for smartlading og styringssystemer. Prosjektet kan dermed legge grunnlaget for etablering av arbeidsplasser i Norge.

Innfasing av hurtigladdere vil kunne gi utstrakt bruk av elbiler og dermed reduksjon i klimagassutslipp og lokale forurensningskomponenter. Det kan også bidra til å framskynde innfasingen av nullutslippsbiler i Norge. Avansert lading gir også mulighet for å spore strøm, slik at det kan kontrolleres at strømmen som lader elbilene i prosjektet, er 100 prosent fornybar.

Prosjektet kan også gi et verdifullt erfaringsgrunnlag for senere storskala introduksjon av nullutslippsbiler i Norge og andre deler av verden. Dette omfatter informasjon om effekt, energidistributionsnett og produksjon, men også om sosioøkonomiske faktorer. Sist, men ikke minst, tror vi at ved å legge til rette for tidlig etablering av infrastruktur kan norske elbilprodusenter få testet ut hurtiglading i nærheten av fabrikkene sine.

Målet er at ladestasjonene skal kunne danne grunnlaget for en permanent infrastruktur for hurtiglading i Norge. Prosjektet vil også kunne være med på å samle inn viktige feltdata og erfaringer i form av levetid på batterier som hurtiglades.

3. Økonomi og Finansiering

Se eget dokument.

4. Fremdriftsplan

Aktivitetsplan

Fase 1:

Aktiviteter

På et tidlig tidspunkt avklares

- tilgang på kjøretøy med ulike hurtigladeteknologier,
- hvorvidt japanske elbiler som selges i Europa, også er klargjort for hurtiglading med Tepco-ladere eller basert på det europeiske initiativet og
- tilgang på elbiler med hurtigladefuksjon fra Think, Reva m.fl.

Videre aktiviteter:

- Utvikle kravspesifikasjon for ladestasjoner
- Valg av teknologi og leverandør
- Velge kontakttype og IT-løsning for datafangst og styring.
- Fastsette kriterier for plassering
- Avklare nødvendig infrastruktur for nettilknytning av ladepunkt
- Vurdere en betalingstjeneste
- Definere omfang av smartladingsfunksjonalitet som skal implementeres i prosjektet.
- Definere forskningsprosjekt, brukerundersøkelser, datafangst og bearbeiding
- Avklare eventuelle utviklingsbehov for hovedprosjektet
- Finne egnede plasser og inngå avtaler for plassering av ladepunkter (dette gjøres i samarbeid med grunneier og e-verk).
- Bestille ladeutstyr og nettilknytning.
- Gjøre avtaler med montør og nettselskap.
- Inngå serviceavtaler for drift av ladepunkter.
- Koordinere og sikre tilgang på kjøretøy med rett hurtiglademulighet.

Fase 2:

Viktige arbeidsoppgaver i hovedprosjektet er:

- Oppsetting av ladepunkter
- Opprette database for datafangst og styring av ladeprotokoll og strøm
- Innfasing av kjøretøy i samarbeid med bilprodusenter og importører.
- Støtteprogram for bilene
- Overvåking og kvalitetsikring av bil/ladestasjon
- Igangsetting av brukerundersøkelser
- Drift og service av ladepunkter må sikres, det samme gjelder opplæring av driftspersonell

Fremdriftsplan

Se eget dokument