

LADEINFRASTRUKTUR FOR TUNGE ELEKTRISKE KJØRETØY

# Ladeinfrastruktur for tunge elektriske kjøretøy

Enova

Rapportnr.: 2021-0835

Dato: 27.09.2021



Prosjektnavn:	Ladeinfrastruktur for tunge elektriske kjøretøy	DNV Energy Systems
Rapporttittel:	Ladeinfrastruktur for tunge elektriske kjøretøy	Energy Markets & Strategy
Oppdragsgiver:	Enova, Brattørkaia 17A, 7010 Trondheim	Team Nordics
Kontaktperson:	Petter Øyn	Veritasveien 1, 1363 Høvik
Dato:	27.09.2021	Tel: +47 67 57 99 00
Prosjektnr.:	10296431	945 748 931
Rapportnr.:	2021-0835	

Levering av denne rapporten er underlagt bestemmelsene i relevant(e) kontrakt(er):

#### Oppdragsbeskrivelse:

I denne studien har DNV på oppdrag fra Enova utformet et kunnskapsgrunnlag om forventet elektrifisering av tunge kjøretøy og tilhørende behov for dedikert og offentlig ladeinfrastruktur.

#### Utført av:



Ingrid Bye Løken  
Konsulent



Hilde Karevoll Berge  
Konsulent



James Lam  
Konsulent

#### Verifisert av:



Magnus Killingland  
Sjefskonsulent

#### Godkjent av:



Gudmund Bartnes  
Teamleder

Beskyttet etter lov om opphavsrett til åndsverk m.v. (åndsverkloven) © DNV GL 2021. Alle rettigheter forbeholdes DNV. Med mindre annet er skriftlig avtalt, gjelder følgende: (i) Det er ikke tillatt å kopiere, gjengi eller viderefordre hele eller deler av dokumentet på noen måte, hverken digitalt, elektronisk eller på annet vis; (ii) Innholdet av dokumentet er fortrolig og skal holdes konfidensielt av kunden, (iii) Dokumentet er ikke ment som en garanti overfor tredjeparter, og disse kan ikke bygge en rett basert på dokumentets innhold; og (iv) DNV påtar seg ingen aktsomhetsplikt overfor tredjeparter. Det er ikke tillatt å referere fra dokumentet på en slik måte at det kan føre til feiltolkning.

#### DNV GL distribusjon:

- ÅPEN. Fri distribusjon, internt og eksternt.
- INTERN. Fri distribusjon internt i DNV.
- KONFIDENSIELL. Distribusjon som angitt i distribusjonsliste. Distribution within DNV according to applicable contract.\*
- HEMMELIG. Kun autorisert tilgang.

#### Nøkkelord:

#### \*Distribusjonsliste:

Rev.nr.	Dato	Årsak for utgivelser	Utført av	Verifisert av	Godkjent av
0	2021-08-31	Sluttleveranse	Ingrid Bye Løken	Magnus Killingland	Gudmund Bartnes
1	2021-09-27	Oppdatert sluttleveranse	Ingrid Bye Løken	Magnus Killingland	Gudmund Bartnes

## Innholdsfortegnelse

1	SAMMENDRAG .....	1
2	INTRODUKSJON.....	3
2.1	Bakgrunn	3
2.2	Kjøretøykategorier	3
2.3	Metode	4
2.4	Definisjon av begreper	4
3	TEKNOLOGI .....	5
3.1	Elektriske tunge kjøretøy	5
3.2	Batterier	9
3.3	Ladeinfrastruktur	10
4	ANTALL TUNGE ELEKTRISKE KJØRETØY MOT 2025 .....	18
4.1	Dagens kjøretøybestand	18
4.2	Barrierer og muligheter for elektrifisering	21
4.3	Framskrivning av tunge elektriske kjøretøy mot 2025	22
5	MODELLERING AV BEHOV FOR LADEINFRASTRUKTUR.....	28
5.1	Metode for modellering	28
5.2	Forutsetninger for analysen	29
5.3	Beregning av energiforbruk og ladebehov	35
6	RESULTAT: BEHOV FOR LADEINFRASTRUKTUR FOR TUNGE KJØRETØY MOT 2025.....	39
6.1	Antall ladepunkter for tunge kjøretøy mot 2025	39
6.2	Sensitivitetsanalyse	41
6.3	Geografisk plassering av ladestasjoner	43
6.4	Ladebehov etter 2025	44
7	KOSTNADER, LØNNSOMHET OG FORRETNINGSMODELLER .....	47
7.1	Kostnader for etablering av ladeinfrastruktur	47
7.2	Forretningsmodeller for hurtigladestasjoner	49
7.3	Lønnsomhetsberegning	50
8	REFERANSER.....	56

## 1 SAMMENDRAG

I denne studien har DNV på oppdrag fra Enova utformet et kunnskapsgrunnlag om utsiktene for elektrifisering av tunge kjøretøy og tilhørende behov for dedikert og offentlig ladeinfrastruktur frem til 2025. Studien omfatter lastebiler og region- og langdistansebusser, men ikke bybusser.

DNV forventer et økende antall elektriske lastebiler og region-/langdistansebusser i Norge mot 2025. Akkurat hvor mange det blir er avhengig av mange ulike faktorer. Hovedbarrierene for elektrifisering er høye kostnader, rekkevidde og tilgang på ladeinfrastruktur. Mange kjøretøysprodusenter annonserer nå en rekke elektriske modeller, og på bakgrunn av deres planer for elektrisk andel av kjøretøyproduksjonen og deres tanker rundt det norske markedet har vi laget et hovedscenarior som totalt gir i overkant av 2000 elektriske lastebiler og over 500 elektriske region- og langdistansebusser innen 2025.

Det kommer stadig nye tunge elektriske kjøretøymodeller med økende batterikapasitet, rekkevidde og hastighet for hurtiglading. Vi forventer at batterikapasiteten på nye tunge kjøretøy vil fortsette å øke, spesielt for store lastebiler, og at den i 2025 kan være dobbelt så høy som for dagens kjøretøy. Det samme gjelder ladekapasiteten, som for flere av dagens lastebilmodeller er begrenset til rundt 150 kW. Vi forventer at elektriske lastebiler innen 2025 i hovedsak vil benyttes til lokal og regional transport, og at det etter 2025 blir mer fokus på nullutslipps langtransport.

Bransjen uttrykker at kjøretøyene bør fortsette med omtrent samme drift som de har i dag. Det er dermed ikke rimelig å anta at de kan stå parkert altfor lenge på dagen for å lade. Vi legger dermed til grunn at kjøretøyene som kan elektrifiseres innen 2025 er de som enten kjører kortere enn beregnet realistisk rekkevidde i løpet av en dag, og dermed kan klare seg kun med natllading, eller de som kun trenger å hurtiglade i relativt kort tid i løpet av dagen.

Resultatene fra modelleringen av ladebehov viser at over 90% av de elektriske kjøretøyenes samlede ladebehov i 2025 kan dekket av natllading. Det er likevel en betydelig andel av kjøretøyene som kjører lengre enn forventet rekkevidde, og har behov for å hurtiglade i løpet av dagen. De fleste av disse kjøretøyene trenger kun å være innom en hurtigladestasjon i 10-35 minutter i løpet av en dag for å lade opp en del av batteriet.

For å dekke ladebehovet til nesten 2700 elektriske kjøretøy i 2025 er det beregnet et behov for i overkant av 100 hurtigladepunkter på 350 kW, i tillegg til omtrent 2600 natlladere på 22-150 kW, hvor 220 av disse er antatt å være offentlige. Dette er basert på en forenklet metode med en rekke antagelser knyttet til kjøretøyenes spesifikasjoner og bruk av ladestasjoner. Selv om det naturligvis er usikkerhet knyttet til å estimere utviklingen i antall elektriske kjøretøy vil det uansett være behov for noe offentlig hurtiglading for tungtransport. Usikkerhet i framskrivningen av kjøretøy er omtalt i kapittel 4.3.4 og sensitivitet på modellering av behov for ladere er presentert i kapittel 6.2.

Hurtigladerne kan enten være dedikerte eller «delvis offentlige» og plasseres på depot, terminal, logistikkentre og transportknutepunkter, eller offentlige og plasseres på bensinstasjoner, hvileplasser eller andre stoppesteder langs transportkorridorene. Fram mot 2025 forventer vi at behovet for offentlige ladestasjoner vil være lokalisert i nærheten av de store byene, før langtransport begynner å elektrifiseres. Ladeinfrastruktur for tunge kjøretøy er mer utfordrende enn ladeinfrastruktur for persontransport på flere måter; høyt energiforbruk og store batterier gir behov for hurtiglading med høy effekt, noe som kan skape utfordringer i strømmettet og økt arealbehov, som gjør at flere lokasjoner er uegnet.

Lønnsomhet for tilbydere av offentlige ladetjenester avhenger av tid det tar å realisere prosjektet sammen med en rekke kostnader. Disse kostnaden er investerings-, drift og vedlikeholds- og strømkostnader. Inntektssiden er sterkt avhengig av ladestasjonens utnyttelsesgrad og forretningsmodellen med prissetting av ladetjenesten, som igjen er avhengig av betalingsvillighet. Tiltak som kan redusere kostnadene for en hurtigladestasjon er smart effektstyring og en batteribank, ved å redusere toppeffekten og dermed nettleiekostnad. Men batteribanker er kostbare, og det vil lønne seg å heller etablere ladestasjonen på en lokasjon hvor nettilknytningskostnadene er lave.

Hurtigladerne på 350 kW krever høye investeringer. Det er stor sannsynlighet for at man ikke kan forvente en veldig høy utnyttelsesgrad i starten når det er få tunge elektriske kjøretøy på veiene. Slike stasjoner vil sannsynligvis være avhengig av økonomisk støtte for å oppnå lønnsomhet i starten. Det kan være mer lønnsomt å begynne med å etablere



en ladestasjon med rimeligere ladepunkter med lavere effekt, for eksempel 150 kW, som etter hvert kan utvides med ladepunkter med høyere effekt når både antall kjøretøy og ladekapasiteten til lastebilene øker. For kjøretøyene som kan lade på opp mot 350 kW kan det likevel være stor betalingsvillighet for å lade raskest mulig. Betalingsvilligheten kan knyttes til tapte inntekter mellom kort og lang ladetid, og/eller økte utgifter i form av en ventekostnad for sjåfører hvis de ikke likevel er pålagt hviletid.

## 2 INTRODUKSJON

### 2.1 Bakgrunn

Klimamålene for 2030 og 2040 kan bare bli oppnådd om Norge også tar tak i sektorene hvor utslippsreduksjoner er vanskeligere å oppnå. I hele Europa ser vi nå stor aktivitet for å utrede mulighetene for lav eller nullutslippsalternativer for tunge kjøretøy. I desember 2020 forpliktet europeiske lastebilprodusenter seg til karbonnøytral godstransport på vei innen 2050 (ACEA, 2021).

Både for lastebiler og busser er det flere alternativer som kan være relevante for dekarbonisering av sektoren. Batterielektriske drivlinjer vil være et viktig alternativ, mens spesielt for kjøretøyene med lange daglige kjørelengder kan brenselcelle-, biodiesel eller biogasskjøretøy være en løsning. Andre drivstoff det forskes på er elektrofuels (e-fuels) eller direkte bruk av hydrogen i dieselmotorer. Batterielektriske kjøretøy med hydrogen som rekkeviddeforlenger er også konsepter som undersøkes, blant annet for busser. Hvor stor del av kjøretøyparken som blir elektrisk i fremtiden avhenger også av utviklingen av og konkurransen fra de andre teknologiene. Hydrogenelektriske kjøretøy og infrastruktur er i dag mindre modent enn batterielektrisk, og vi antar at hydrogen ikke vil spille en betydelig rolle før etter 2025. Fremtidens kjøretøypark vil mest sannsynlig være en kombinasjon av flere ulike nullutslippsalternativer. Spesielt for langtransport vil andre alternativer slik som hydrogen kunne være en viktig løsning.

I denne studien har fokuset vært på batterielektriske tunge kjøretøy og tilhørende behov for ladeinfrastruktur mot 2025. Batterielektriske lette kjøretøy produseres i dag i store volum fra automatiserte produksjonslinjer. Produsenter av tunge kjøretøy er i gang med å starte eller kommersialisere produksjon av elektriske modeller. Med stadig teknologiutvikling og lansering av nye modeller elektriske lastebiler og busser forventes en økning i batterikapasitet og rekkevidde, noe som vil føre til en økt elektrifisering innenfor disse kjøretøytypene framover. Dette skaper behov for ladeinfrastruktur – både dedikerte ladere og offentlig tilgjengelige ladestasjoner – utformet og lokalisert for å brukes av tunge kjøretøy.

Flere initiativer knyttet til ladeinfrastruktur er satt i gang rundt i Europa. I juli 2021 signerte Volvo Group, Daimler Truck og Traton Group en ikke-bindende avtale som går ut på å installere og drifte minst 1700 ladestasjoner for lastebiler i Europa, «Charging network for trucks» (Volvo Group, 2021). I juli 2021 kom også EU-kommisjonen med et forslag til regulering for innfasing av infrastruktur for alternative drivstoff, med konkrete mål for elektrisk tungtransport.

Enova utformer virkemidler for å oppnå varig markedsendring som på sikt skal bidra til at markedet velger nullutslippskjøretøy. Enova sitt virkeområde er senfase teknologiutvikling og tidligfase markedsintroduksjon. Med bakgrunn i den teknologi- og markedsutviklingen som har skjedd, og som forventes videre for tunge elektriske kjøretøy, ønsker Enova et oppdatert kunnskapsgrunnlag om forventet ladebehov og grunnlaget for kommersielt tilbud av ladetjenester. Kunnskapsgrunnlaget skal bidra til å gi Enova et grunnlag for å vurdere om det er nødvendig med virkemidler for å legge til rette for etablering av ladeinfrastruktur for tunge elektriske kjøretøy.

### 2.2 Kjøretøykategorier

Dette kunnskapsgrunnlaget omfatter følgende kjøretøygrupper fra Statens Vegvesens kodehefte for godkjenning og registrering av kjøretøy (Statens Vegvesen, 2021):

- M 3 Bil for persontransport med over 8 sitteplasser i tillegg til fører-setet og tillatt totalvekt over 5 000 kg (Buss)
- N 2 Bil for godsbeholdning med tillatt totalvekt på over 3 500 kg, men ikke over 12 000 kg (Lastebil)
- N 3 Bil for godsbeholdning med tillatt totalvekt over 12 000 kg (Lastebil)

I Norge er busser delt inn i tre bussklasser, hvor klasse 1 er bybusser med over 40% ståplasser, klasse 2 er forstad-/langrutebuss med opptil 40% ståplasser, mens klasse 3 er ekspress-/turbusser hvor det kun er sitteplasser (Bussmagasinet, 2016). Bybusser som kjører faste ruter er ikke en del av dette oppdraget, og det fokuseres dermed bare på bussklasse 2 og 3.

## 2.3 Metode

Denne studien har i hovedsak bestått av fire ulike deler:

1. Innhenting av relevant kunnskap og informasjon, basert på:
  - a. Møter/intervjuer med relevante aktører, blant annet
    - i. Flere produsenter av lastebiler og busser
    - ii. Flere transportselskaper, blant annet innenfor kollektivtransport, turbuss-segmentet, gods- og varetransport
    - iii. Eiere av offentlig ladeinfrastruktur
    - iv. Interne ressurser i DNV
    - v. Enova
  - b. Gjennomgang av tidligere forskning og relevante rapporter
2. Utarbeiding av et scenario for antall elektriske tunge kjøretøy i Norge mot 2025
3. Utarbeiding av en beregningsmodell for ladebehov og tilhørende behov for dedikert og offentlig ladeinfrastruktur
4. Vurdering av forretningsmodeller, lønnsomhet og grunnlag for kommersiell drift av offentlig ladeinfrastruktur

## 2.4 Definisjon av begreper

Ulike begreper knyttet til ladeinfrastruktur blir ofte benyttet om hverandre. Under defineres begrepene brukt for lading av tunge elektriske kjøretøy i denne rapporten.

**Ladepunkt:** Et enkelt punkt hvor man kan koble til et ladbart kjøretøy for å lade. Det kan være flere ladepunkter knyttet til én lader. Hvor mange ladepunkter som er knyttet til én lader er ikke vurdert i denne analysen. Vi har ikke lagt til grunn noen begrensninger knyttet til om ladepunkter kan benyttes samtidig, og i beregningen av behov for hurtigladerpunkter er det lagt til grunn at ett hurtigladerpunkt på 350 kW alltid kan levere 350 kW.

**Ladestasjon:** Et sted/ en lokasjon hvor det er ett eller flere ladepunkter.

**Lader:** En fysisk ladeinstallasjon som kan bestå av ett eller flere ladepunkter. Begrepet lader benyttes ved generell omtale av behov for lading der hvor det ikke er nødvendig å spesifisere om det er snakk om ett eller flere ladepunkter og ved presentasjon av enhetskostnader og lønnsomhet i kapittel 7. Det samme gjelder for begrepene «hurtiglader» og «nattlader».

**Ladeinfrastruktur:** Generelt begrep som benyttes om infrastruktur knyttet til etablering av ladestasjoner.

**Nattlading:** Lading som skjer utenom kjøretøyets tjeneste. Dette skjer som oftest på depot, men kan også være på offentlige nattladere.

**Daglading/Hurtiglading:** Lading som skjer underveis i kjøretøyets tjeneste, dette skjer enten på offentlige eller dedikerte hurtigladere.

**Hurtigladerpunkt:** Ladepunkt som benyttes til lading i løpet av dagen, enten offentlig (350 kW) eller dedikert (150-350 kW).

**Nattladepunkt:** Ladepunkt som benyttes utenfor kjøretøyets tjeneste, enten på depot eller offentlig, typisk på kapasiteter fra 22-150 kW.

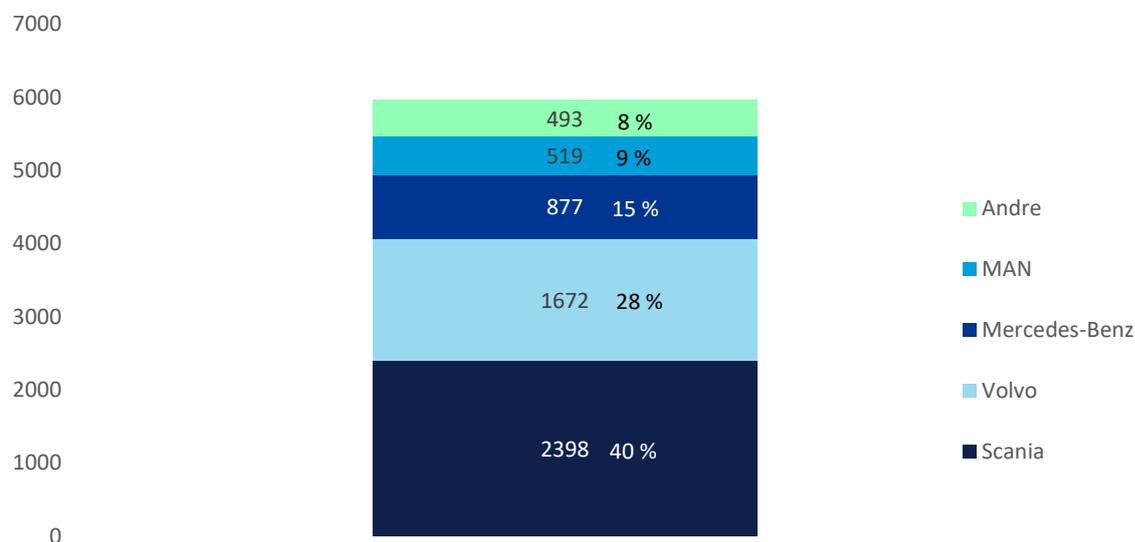
### 3 TEKNOLOGI

#### 3.1 Elektriske tunge kjøretøy

##### 3.1.1 Lastebiler

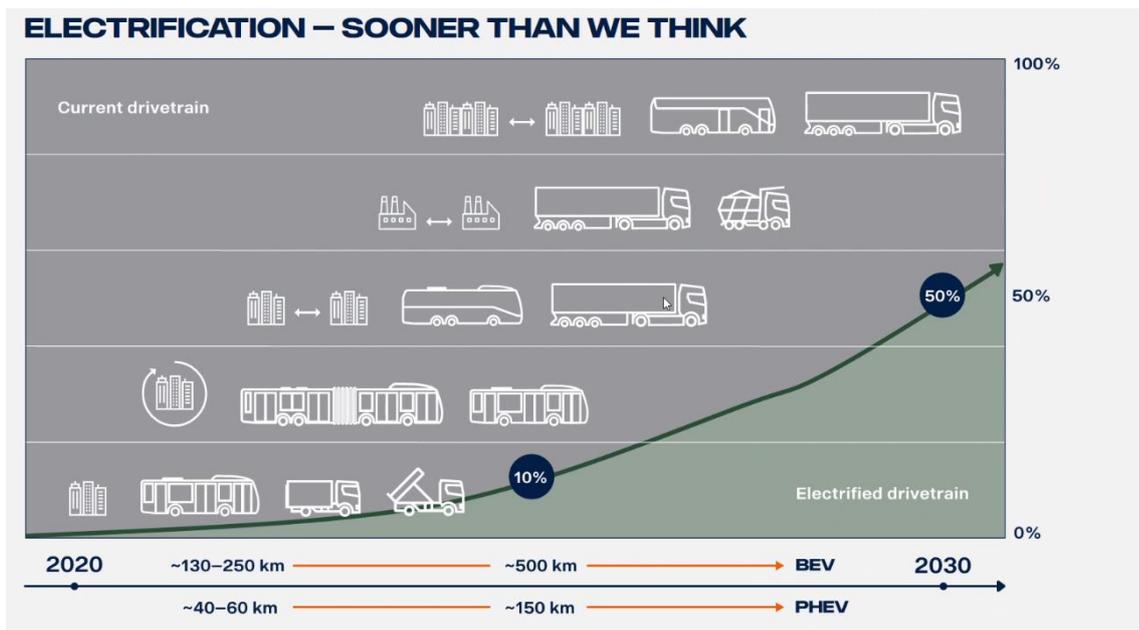
Lastebilsegmentet dekker kjøretøy som benyttes til en rekke ulike former for godstransport, og det finnes et bredt spekter av størrelser og utforming av bilene avhengig av hva de brukes til. I dag finnes det relativt få modeller av batterielektriske lastebiler, og de har hovedsakelig blitt produsert i små serier for pilotprosjekter. Disse blir hovedsakelig benyttet til distribusjonskjøring i byer og har relativt begrenset rekkevidde (<150-200 km). Flere store produsenter har begynt å utvikle, lansere og starte opp serieproduksjon av elektriske modeller. De neste årene er det forventet lansering av en rekke nye elektriske lastebiler.

Lastebilmarkedet i Norge er basert på relativt få aktører, og som vist i figuren dekker Scania og Volvo ca 70 % av markedet.



**Figur 3-1: Nyregistrerte lastebiler i Norge i 2019 delt inn etter produsent (OFV)**

Scania og Volvo leverer lastebiler fra 16 tonn og oppover, og begge har annonsert ambisiøse planer for elektrifisering de neste årene. Scania har foreløpig en ladbar hybrid og to 100% batterielektriske modeller, alle med maksimal tillatt totalvekt på 29 tonn. De to batterielektriske modellene har batterikapasitet på 165 og 300 kWh, rekkevidde på opptil 100 og 250 km og ladekapasitet på 130 kW. Scania har annonsert et mål om at 10% av produksjonen deres globalt skal være elektrisk i 2025, og 50% i 2030. De neste årene fram mot 2025 forventer Scania en raskere utvikling i andel elektriske lastebiler som leveres til Norge enn resten av verden (Norsk Scania, 2021). Scania inkluderer ladbare hybrider i disse tallene, men presiserer ikke hva de forventer er fordelingen mellom hybrid og batterielektriske kjøretøy.



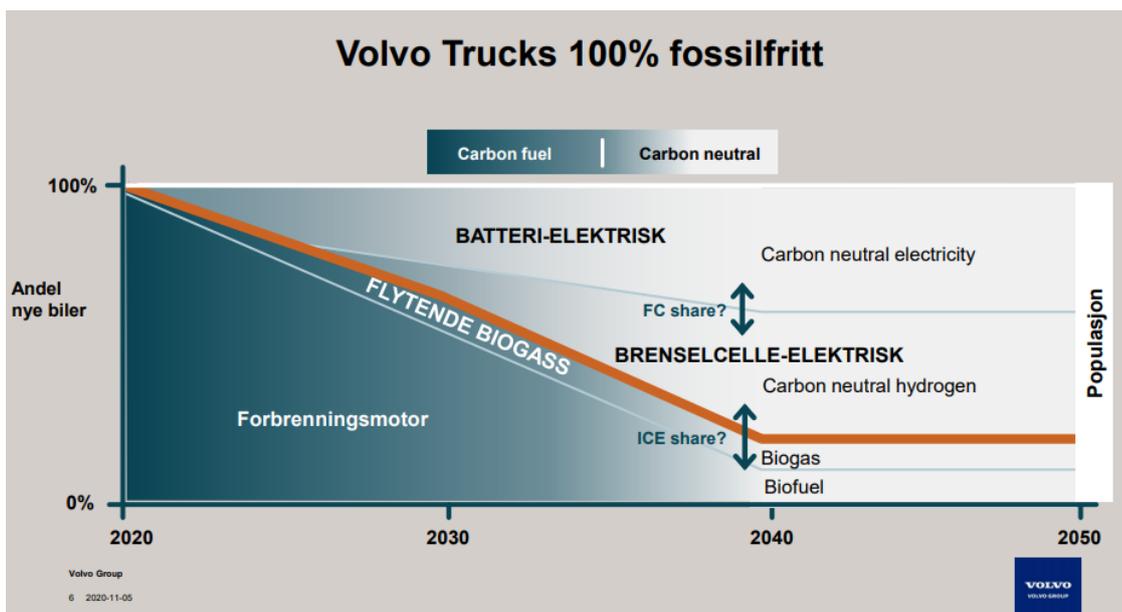
**Figur 3-2: Scanias planer for elektrifisering (Norsk Scania, 2021)**

I 2019 startet Volvo Trucks produksjonen av Volvo FL Electric og Volvo FE Electric, som er beregnet for bydistribusjon og renovasjon. I 2021 starter de salget av Volvo FH, Volvo FM og Volvo FMX. Disse vil ha en totalvekt på 44 tonn, en batterikapasitet på 540 kWh og en rekkevidde på opptil 300 km. De leveres med vekselstrømlading opptil 43 kW og hurtiglading med likestrøm på 150 kW, som skal øke til opptil 250 kW fra 2022. Disse skal brukes til regional transport og anleggsarbeid i Europa (Volvo Trucks, 2020). Volumproduksjonen av disse starter i 2022. Videre har de et mål om å levere en lastebil på 50 tonn og med 500 km rekkevidde i 2025.



**Figur 3-3: Volvos elektriske lastebiler (Volvo Trucks, 2020)**

Volvo Trucks har mål om at 15% av leveransene globalt i 2025 og 35% i 2030 skal være batterielektriske. Volvo regner ikke med ladbare hybrider i disse tallene. De antar at Norge vil lede utviklingen i starten, men at det i 2030 vil selges en noe lavere andel elektriske modeller (30%) i Norge enn i resten av verden, hovedsakelig på grunn av utfordringer knyttet til topologi og at de største trekkvognene i Norge er tyngre og kjører lengre enn i resten av Europa. Videre har de mål om å levere 1000 batterielektriske lastebiler globalt i 2021 og 25 000 i 2025. Som vist i figuren regner Volvo med at brenselcelleelektriske tunge kjøretøy også vil spille en viktig rolle etter 2025 (Volvo Norge, 2021).



Figur 3-4: Volvos planer for fossilfri produksjon (Volvo Norge, 2021)

MAN har også en batterielektrisk 3-akslet lastebil utviklet for distribusjon. De forventer også å levere flere elektriske modeller de neste årene, og langtransportbiler etter hvert.

Japanske Fuso sin eCanter, som er eid av Daimler, har en totalvekt på 7,5 tonn, batterikapasitet på 81 kWh og en rekkevidde på ca 100 km (i henhold til WLTP-målemetoden<sup>1</sup> (NTB, 2018)) og er den første lette elektriske lastebilen som produseres i noe større skala. Den vil være tilgjengelig i Norge som serieprodusert modell fra 2023.

Daimler/Mercedes Benz lanserte nylig de elektriske modellene eActros og eEconic, og skal begynne serieproduksjon av disse i 2022. eActros skal ha en batterikapasitet på opptil 420 kWh (3 eller 4 batteripakker på 105 kWh), rekkevidde på opptil 400 km og totalvekt på opptil 40 tonn. Den kan lades på opptil 160 kW standard DC hurtiglading (400 A ladestrøm på 400 V spenningsnivå) (Mercedes-Benz, 2021). Daimler trucks har mål om å kun selge utslippsfrie kjøretøy innen 2039 i Europa, USA og Japan (Daimler, 2019).

Iveco har også planer om å lansere flere elektriske modeller i løpet av 2022, både lette og tunge lastebiler, og for lastebiler på 3.5-7 tonn er det potensiale for at opptil 60-70% av salget deres kan være elektrisk i 2025.

Tesla sin elektriske trekkvogn Tesla Semi skal ha en rekkevidde på inntil 475 eller 800 km avhengig av batteripakke og skal kunne trekke en semitrailer med vekt på inntil 36 tonn. Da den først ble presentert i 2017 ble det sagt at produksjonen skulle starte i 2019, men dette har blitt utsatt flere ganger på grunn av begrenset tilgang på battericeller. Siste annonsering var at Tesla Semi skulle leveres i 2021, men det forventes at den ikke blir tilgjengelig på det Europeiske markedet før tidligst i 2022-2023 (Miljødirektoratet, 2020).



Figur 3-5: Tesla Semi (Tesla, 2021)

Tabell 3-1 viser en oversikt over lastebilmodellene beskrevet ovenfor. Vi understreker at faktisk rekkevidde sannsynligvis vil være betydelig lavere enn den maksimale rekkevidden produsentene annonserer. Energiforbruket per km og resulterende rekkevidde avhenger av blant annet topografi, kjørestil, temperatur, last og kjølebehov. Om rekkevidden som oppgis er med eller uten last er ofte uklart – og den representerer optimale forhold og ved bruk av tilnærmet hele batterikapasiteten. Mercedes-Benz har laget et verktøy hvor en kan variere disse parameterne for å se

<sup>1</sup> WLTP (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure) er en ny og mer nøyaktig måte å teste forbruk og utslipp fra biler på, og regnes som en av de mest pålitelige og realistiske målemetodene for rekkevidde på elbiler. I kalde Norge er det likevel sannsynlig at rekkevidden i praksis vil være lavere enn WLTP-tallet (Elbil24, 2021)

utslag på estimert rekkevidde, som viser at annonsert rekkevidde fort kan halveres under ikke-optimale forhold (Mercedes-Benz, 2021). Erfaringer fra rapporter og samtaler med aktører understreker også dette. Hva typisk energiforbruk og rekkevidde vil være på norske veier vil en få mer erfaring med etter flere tunge elektriske kjøretøy kommer i drift.

**Tabell 3-1: Lanserte og annonserte elektriske lastebilmodeller**

Modell	Lanseringsår	Serieproduksjon	Totalvekt (tonn)	Batterikapasitet (kWh)	Annonsert rekkevidde (km)	Ladekapasitet (kW)
Scania	2020	2021	29	165	100	130
Scania	2020	2021	29	300	250	130
Volvo FL Electric	2019	2019	16	396	300	150
Volvo FE Electric	2019	2019	27	264	200	150
Volvo FH/FM/FMX	2021	2022	44	540	300	250
MAN	2018	N/A	26	185	190	N/A
Fuso eCanter	2017	2023	7,49	81	100	50
Mercedes Benz eActros	2021	2022	40	420	400	160
Mercedes Benz eEconic	2021	2022/2023	27	315	N/A	160
Tesla Semi	2022/2023	N/A	36	N/A	800	N/A

### 3.1.2 Busser

Det finnes en rekke modeller elektriske busser på markedet i dag, men de fleste av disse er bybusser, altså busser klasse 1. For busser i klasse 2 og 3, som er fokuset i denne studien, er produksjonen begrenset i Europa i dag. I Kina produseres elektriske turbusser i større volumer, og det er hovedsakelig kinesiske aktører som leverer slike busser til Europa i dag. Et eksempel er kinesiske Yutong, som leverer elektriske turbusser med batterikapasitet på 374 kWh og rekkevidde på opptil 400 km (Yrkesbil, 2020). Bussene kan hurtiglade på opptil 350 kW. Ifølge samtale med Yutong kan busser leveres innen ett år fra bestilling uavhengig av volum.

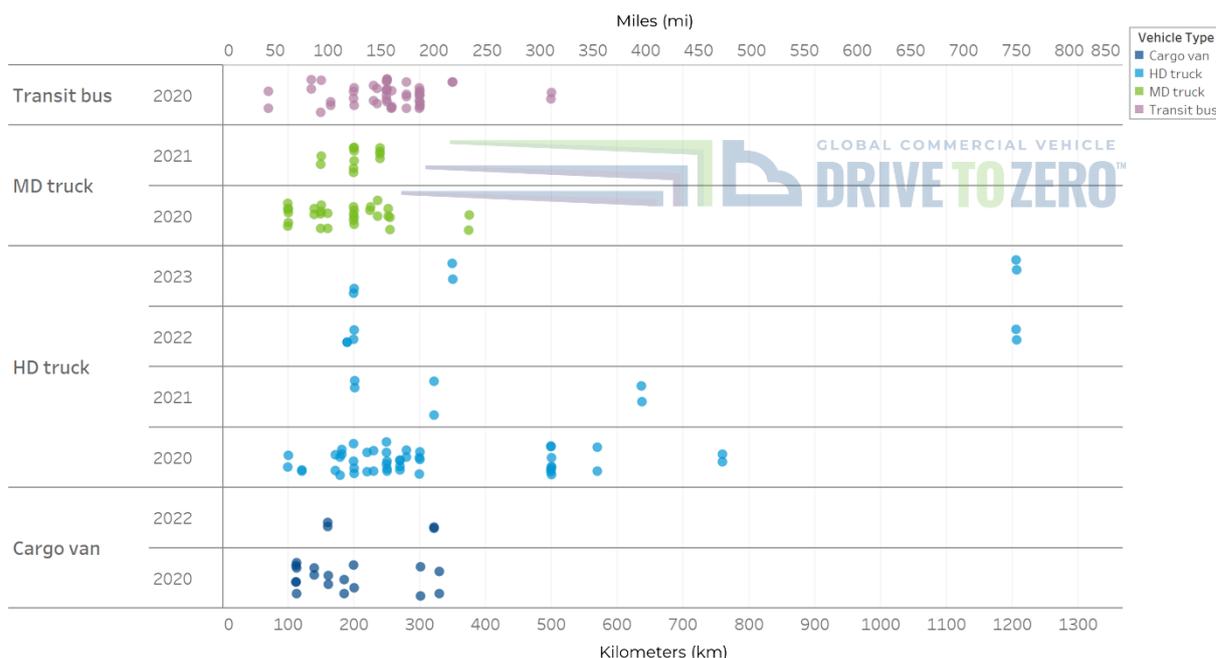
Belgiske Van Hool og amerikanske Proterra lanserte i slutten av 2020 en ny turbuss på det amerikanske markedet med batterikapasitet på 676 kWh, en forventet rekkevidde på 500 km og DC-lading på 125 kW. Van Hool sier de raskt kan levere en slike busser til Europa hvis etterspørselen øker (InsideEVs, 2020).



**Figur 3-6: Oslobuss sin elektriske turbuss fra Yutong (Yrkesbil, 2020)**

Figur 3-7 Viser en oversikt fra ZETI Tool over rekkevidde for eksisterende og annonserte batterielektriske lastebiler og busser.

Current and Announced Battery Electric Vehicle Models by Segment, Year, Driving Range in Europe



**Figur 3-7: Oversikt over eksisterende og annonserte elektriske kjøretøysmodeller etter lanseringsår og rekkevidde (CALSTART, 2020)**

### 3.2 Batterier

Litium-ionbatterier er brukt i moderne batterielektriske busser og lastebiler fordi de kan levere høyere energi- og kraftnivå sammenlignet med eldre batteriteknologier. Litium-ionbatteri er en samlebetegnelse for elektrokjemiske energilagringssystem som bruker litium-ion som ladningsbærer mellom katoden og anoden under lading og utlading. Det finnes mange forskjellige litium-ionbatterier, og disse er vanligvis sortert etter den kjemiske oppbygningen av

katodematerialene. Anoden består vanligvis av grafitt, med noen unntaksalternativ som litiumtitanat (LTO) eller grafitt med tilsatt silisium. Kjemendringer i katoden og anoden kan gi store variasjoner i egenskaper som spesifikk energi, toppeffekt, syklusliv, pris, sikkerhet og termisk stabilitet.

De vanligste kjemiske sammensetningene for litium-ion batteri brukt i elektriske kjøretøy er litium-jern-fosfat (LFP), litiumnikkel mangankoboltoksid (NMC) og litiumtitanat (LTO). De tre ulike kjemiske egenskapene har følgende ulikheter:

1. Batterier med LFP-kjemi har ofte en lavere pris i forhold til andre litium-ionkemier fordi batteriene primært kommer fra kinesiske leverandører og er laget av relativt vanlige råmaterialer. En viktig fordel er at kjemien er stabil og regnes som tryggere enn NMC. LFP har en lavere energitetthet i forhold til NMC.
2. NMC-batterier har høy energitetthet og ytelse. Denne kjemien er vidt utbredt innen elektriske kjøretøy og har dratt nytte av omfattende forskning og økende produksjonsskala de siste 5-10 årene. NMC-batterier er noe dyrere i forhold til LFP-batterier og har kortere levetid. I tillegg inneholder NMC kobolt som er et kostbart og sjeldent råmateriale, men hovedulempen til NMC-batterier er sikkerhetsbetyrninger rundt lavere terskel for kjemisk ubalanse og brannfare.
3. LTO-batterier er ofte forbundet med høy ytelse, høy termisk stabilitet og høye kostnader. LTO er mindre utbredt enn både LFP og NMC.

Batteriets kapasitet kan beskrives i teoretiske og praktiske verdier. Teoretisk sett skal batteriet kunne levere full kapasitet, men i praksis er kapasiteten noe redusert. Batteriets kapasitet og ytelse reduseres over tid og forventet levetid kommer an på hvordan batteriet brukes, men generelt sett vil batteriet være klassifisert som utslitt når batteriet når 70-80% av opprinnelig kapasitet. Dette vil variere noe fra ulike batteriprodusenter.

For å unngå høy og rask nedbrytning av batterikapasiteten, bør batteriet skånes for både veldig lave og høye ladetilstander over lengre tid. Full utlading av batteriet bør unngås helt, og ideelt sett burde batteriprosenten holdes mellom 20-80%. Det er ikke uvanlig å lade opp til 100% for lengre reiser eller bruk, men i disse tilfellene er det anbefalt at fullading skjer så nær bruk som mulig. El-kjøretøyet er utstyrt med et batteristyringsystem («battery management system» / BMS) som kontrollerer batterifunksjonene og rapporterer om batteristatusen. Dette systemet har programmerte avgrensinger for å beskytte batteriet mot farlige ladetilstander – enten for lav eller for høy. Det er derfor noe begrenset hvor mye av batteriet som er tilgjengelig for bruk, og ofte vil kapasiteten produsenten oppgir være noe høyere enn det som vil være tilgjengelig for føreren, som typisk kan være 70-90%.

Gradvise forbedringer innen batteriteknologi skjer regelmessig, og det er forventet at denne trenden vil fortsette mot 2025, men betydelige gjennombrudd er ikke forventet. Det er i hovedsak NMC og LFP som produseres mest av dagens batterikjemier, NMC-produksjonen fåregår ofte i europeiske produksjonssentere, mens LFP er i hovedsak produsert i Øst-Asia. De største batteriprodusentene har produksjonlokalene sine i Kina, Japan og Sør-Korea. Disse produserer i hovedsak battericeller med LFP-kjemi, både på grunnlag av at LFP-celler anses som tryggere men også fordi råmaterialene er lett tilgjengelige. De neste årene er det forventet at utviklingen vil gå i retning av koboltfri- eller lavkoboltteknologi på grunn av økende spørsmålsstilling og usikkerhet i forhold til etikken og bærekraften rundt gruvedriften for koboltutvinning (DNV, 2020).

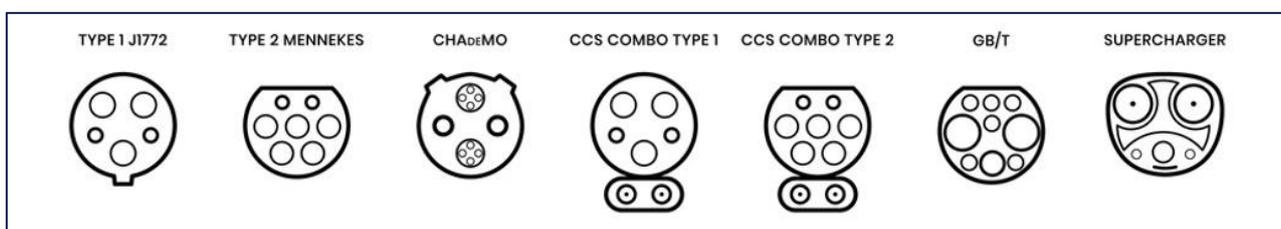
### 3.3 Ladeinfrastruktur

#### 3.3.1 Ladeteknologi

Elektriske kjøretøy lades vanligvis via ladekabel eller pantografkobling. Som beskrives i kapittel 3.3.2 finnes det også eksempler på andre nisje ladeteknologier som kan lade kjøretøyer under kjøring, men disse er fremdeles på pilotstadiet.

## Ladekabel

Det finnes ulike ladekabelstandarder for el-kjøretøy. El-kjøretøy kan lade både på vekselstrøm ved lave effekter, og på likestrøm for effekter over 50 kW. Ved lading med vekselstrøm brukes vanligvis Type 1- og Type 2-ladere. Type 1-ladere er i hovedsak brukt i Nord-Amerika, mens Type 2-ladere er utbredt i Europa. Likestrømprotokollen CCS er en protokoll som kombinerer kontaktene for vekselstrøm og likestrøm i én kontakt. CCS-protokollen er også delt inn i CCS1 og CCS2, der CCS1 er kombinert med Type 1 og CCS2 med Type 2. I likhet med Type 1-ladere er CCS1 utbredt i Nord-Amerika, mens CCS2 er brukt i Europa, Sør-Amerika og i noen land i Asia og Oceania. De ulike standardene vises i Figur 3-8, der det er tydelig at CCS-typene er en kombinasjon av Type 1 og 2. Det er forventet at CCS2-protokollen vil bli den dominerende CCS-protokollen i tiden fremover, ettersom den er mer utbredt og er kompatibel med CCS1. I Japan brukes Type 1-ladere for vekselstrømlading og CHAdeMO-protokoll for lading med likestrøm, og i Kina brukes GB/T-protokollen som har ulike kontakter for veksel- og likestrømlading.



**Figur 3-8 Ladekabelstandarder**

CHAdeMO var tidlig den dominerende ladestandarden, men CCS vokser gradvis, mye takket være laderens allsidighet – den kan lade opp mot 350 kW likestrøm og ned til 7 kW vekselstrøm. Nye Teslamodeller kan også lade med CCS. Ikke alle elektriske kjøretøy støtter både lading på lav og høy effekt på grunn av begrensninger i design og priser. Tilsvarende kan ikke alt ladeutstyr levere alle strømnivåer eller tilby alle kontaktyper, noe som kan resultere i utfordringer for sjåførene knyttet til å finne ladestasjoner med riktig ladeutstyr. Nye ladestasjoner installerer ofte både CHAdeMO- og CCS-kontakter, og det finnes noen adaptertyper som kan gjøre det lettere for sjåfører, men harmonisering er viktig for å drive frem masseadopsjon.

Nye ladekommunikasjonsprotokoller er under utvikling for å støtte opp rundt harmonisering, et eksempel er CHAdeMO 3.0 (CHAdeMO Association, 2020). Denne ladekommunikasjonsprotokollen skal kunne brukes av kjøretøy som er kompatible med eksisterende hurtigladingsstandarder (CHAdeMO og CCS). I tillegg vil den ha toveis-funksjonalitet og kan derfor levere strøm fra kjøretøyet til strømmettet (Vehicle to grid, V2G), depoet, terminalen eller hjemmet (Vehicle to home, V2H). V2G- og V2H-funksjonalitet kan gi ytterlige fordeler som nødstrøm til terminalen eller inntekt ved kraftlevering. I likhet med behov for harmonisering av ladere er toppeffekten av ladere også i utvikling, som beskrevet i Tabell 3-2.

**Tabell 3-2: Tilgjengelig ladeteknologi og forventet utvikling.**

Standard	Effekt	Maks spenning	Forventet dato	Detaljer
CHAdeMO	62,5 kW	500 V	2010	Foreløpig mye brukt.
CHAdeMO 2.0	400 kW	500 V	2018	
CHAdeMO 3.0	~900 kW	1500 V	2021	Spesifikasjoner er ikke publisert enda. Harmonisert med kinesiske GB/T. Medutviklet av China Elect-icity Council - ChaoJi
CCS	50-150 kW	50-500 V	2013	
CCS	350 kW	200-1000 V	2015	
Megawatt Charging System (MCS)	>1 MW	1500 V	2023	Kryss-bransjearbeidsgruppen CharIN utvikler en ny standard for lading av tunge lastebiler basert på CCS.
Tesla Supercharger	150 kW	480 V	2012	
Tesla Supercharger V4	350 kW	>500 V	2021	
Tesla Megacharger	>1 MW			
Merkebeskyttet teknologi	[xxx]	-	-	BYD, andre. Vanligvis AC

Lading på høyere effekter vil redusere ladetiden, og vil bli svært viktig for tungtrafikken. På grunn av større batterier og høyt energiforbruk vil busser og lastebiler trenge høye ladeffekter for å unngå lengre ladestopp. Elektrifisering av langtransport vil kunne trenge hurtigladdere opp mot og over 1 MW. Utfordringen for høyeffektlading er blant annet at ladekablene blir veldig tykke og tunge å betjene. Tykkelsen på kablene avhenger av hvor mye strøm (amper) og spenning (volt) kablene skal levere – effekten (watt) er produktet av strøm og spenning. Kjølevæsken i ladekablene bidrar til at kablene blir enda større. Batteriene i mindre kjøretøy har ofte en spenning på 400 V. Batterier som har teknologien til å lade over 300 kW blir gjerne utformet med en spenning på 800 V eller høyere ettersom strømmen kan halveres for samme effektnivå og på denne måten kan kablene holdes på en størrelse som vil være mulig å betjene. Flere nyutviklede elbiler og tyngre elkjøretøy har batterier på 800 V, men enn så lenge er ikke teknologien klar til bruk i elkjøretøy på lading over 1000 V.

Det er ikke forventet at lading på over 1 MW vil være tilgjengelig før 2023, men disse er i utvikling. Den globale bransjegruppen CharIN med over 200 medlemmer fra ulike deler av bransjen, jobber med utvikling av protokoller med ladekapasitet på over 1 MW (CharIN, 2021). Det kan ikke utelukkes at enda høyere kapasiteter vil brukes i fremtiden, opp mot 4,5 MW, men det er en langsiktig utvikling. Denne utviklingen kommer med nye og store utfordringer når det

gjelder den elektriske infrastrukturen og tilgjengelig strøm. Det diskuteres også rundt nødvendigheten av disse laderne gitt reiselengder og kjøre- og hviletider for langdistansetransport.

### **Pantograflading**

Pantograflading er allerede utbredt blant elektriske bybusser i dag, både for lading på depot og for hurtiglading på endeholdeplasser. Pantografladere kan levere likestrøm på effekter på 50-600 kW, med maksimal spenning på 150-850 V. Det finnes i hovedsak to måter å koble til ladepunktet, enten ved at kjøretøyet har en takmontert pantograf som kobles til ladepunktet eller ved at kjøretøyet har takskinner som er kompatibel med ladepunktets pantograf. En fordel med takmontert pantograf er at dersom noe skulle skje med pantografen vil bare én buss være ute av drift, mens ved takskinner vil potensielt en hel rute være ute av drift. Fordelene med å velge takskinner er blant annet lavere vekt som igjen kan gjøre at bussen kan ha et større batteri og fremdeles møte vektkravet, lavere nødvendig busshøyde og lavere installasjonskost per buss ettersom færre pantografer trengs.

Pantograflading kan være en god løsning for kjøretøy som har faste ruter, egne ladepunkt og kan dra nytte av lading ved endestopp, men vil ikke være en ideell løsning for kjøretøy som kjører varierende ruter og må kunne bruke offentlige ladepunkt. Pantograflading er også betydelig mindre standardisert og utbredt enn ladekabelstandarder. Dette kan føre til mer usikkerhet i forhold til investeringsrisiko ettersom det finnes flere pantografstandarder i et lite marked, og det er ennå ikke en selvfølge at alle pantografkjøretøyprodusenter vil bruke den samme pantografstandarden i tiden fremover. Eksempelvis kan å investere i en kjøretøysflåte med en gitt pantografstandard bli vanskelig i forhold til å vedlikeholde og eventuelt bytte ut pantografløsningen dersom produsenten har sluttet å produsere denne varianten. Dette vil også gjøre det vanskelig å potensielt videregjøre kjøretøyene.

For offentlige ladestasjoner vil det sannsynligvis ikke være forretningsmessig gunstig å bygge ut pantografladere, ettersom det vil føre til at punktene ikke kan levere ladetjenester kjøretøy med ladepluggteknologi, slik som personbiler. Vi forventer ikke at pantograflading vil bli tilgjengelig på offentlige ladestasjoner mot 2025, men at det fremdeles vil bli brukt for depot- og endestopplading spesielt for bussflåter.

### **Programmerte ladebegrensninger**

Både ladere og batterier har forhåndsprogrammerte innstillinger som begrenser effekten og spenningen under lading. Disse innstillingene er en nødvendig del av programvaren som sikrer at ladingen skjer under trygge forhold. Et gitt ladepunkt vil ikke kunne avgi høyere effekter eller spenninger enn det laderen er programmert til, og på samme måte vil ikke et batteri kunne ta imot høyere effekter og spenninger enn spesifisert i batteriets BMS.

Batteriet kommuniserer med laderen for å velge den høyeste fellesladeeffekten både batteriet og laderen kan oppnå. For eksempel vil et batteri som kan lade på 100 kW og som kobles til en lader med makseffekt på 50 kW lade på 50 kW. Hvis det samme batteriet kobles til en lader med makseffekt på 200 kW vil det lade på 100 kW. I tillegg vil ladeeffekten reguleres ved endene av batteriskalaen, så ladeeffekten blir redusert ved lavt og høyt batteri.

Lading kan også bli noe begrenset på grunn av faktorer knyttet til ladestasjonens økonomiske modell. Dette er videre beskrevet i kapittel 7.

## **3.3.2 Ladestrategier**

Skal elektrifisering av busser og annen tungtransport realiseres vil tilgjengelig ladeinfrastruktur være absolutt nødvendig (McKinsey, 2020). Ladeinfrastrukturen kan ta form gjennom flere ladestrategier som depotlading, hurtiglading på hurtigladestasjoner, batteribytting og trådløs induktiv lading under kjøring:

### **Depotlading**

Kjøretøyflåten kan lade over natten på depotet eller annen reservert parkering. En klar fordel ved denne ladestrategien er at ladingen kan foregå i perioder hvor kjøretøyet uansett vil stå parkert. Dette alternativet kan dra nytte av redusert

nettleie ved å optimalisere variable kostnader (totalt antall kilowattimer og lavere topp-effektuttak) og prisgunstig ladeinfrastruktur, ettersom disse ladepunktene leverer laveffekts vekselstrøm eller likestrøm og vil være billigere enn de kraftigste hurtigladerne. Nødvendig effekt på depotladere avhenger av kjøretøyenes batterikapasitet, hvor lenge de står parkert og om depotladere også skal brukes til lading i løpet av dagen. For lastebiler og busser er typisk effektnivå på depotladere 22-150 kW.

For store anlegg er nettleien gjerne effektbasert – jo høyere maksimal effekt som tas ut over én time jo høyere nettleiekostnad. Toppeffekten på et depotanlegg kan holdes lav ved å bruke smart lading som kan fordele ladingen i løpet av natten, for eksempel ved å lade et gitt antall kjøretøy om gangen eller lade mange kjøretøy på lav effekt over langre tid. Ved lading på lav effekt kan nettleien, og dermed samlet strømkostnad, bli betydelig lavere enn ved hurtiglading. For kjøretøy som kjører kortere distanser i løpet av dagen og ikke bruker mer energi enn batterikapasiteten er depotlading en fornuftig og rimelig ladestrategi.

For kjøretøy som kjører lengre daglige distanser derimot vil ikke depotlading på natten være tilstrekkelig, og batteriet vil trenge opplading i løpet av dagen. For å unngå lengre ladestopp må denne ladestrategien kombineres med en rask oppladingsmetode – gjerne også på planlagte stopp, for eksempel under lessing og avlesing eller påkrevde kjørepåuser for lastebiler, eller på endestopp for busser.

### **Hurtiglading på hurtigladestasjoner i løpet av dagen**

Hurtiglading på hurtigladestasjoner ligner mer på dagens fylling av diesel, ved at det går relativt raskt (avhengig av ladehastighet) og kan gjøres i løpet av dagen. I tillegg kan opplading foregå til det nivået som trengs for å kunne fullføre oppgavene som skal gjøres før neste lading, så det vil ikke være nødvendig å vente til batteriet er fulladet. Hurtigladerer leverer likestrøm med høy effekt – for busser og lastebiler vil nødvendig effektnivå gjerne være på 150 kW eller høyere. Dimensjonering av hurtigladestasjoner kommer vi tilbake til i kapittel 5.2.6.

Hurtigladerer kan være enten offentlige, for eksempel på transportknutepunkter, bensinstasjoner eller hvileplasser, eller dedikerte, på depoter, terminaler eller endestasjoner. Hurtigladerer er dyre og krever at strømmettet har tilgjengelig kapasitet på det aktuelle punktet. Å installere flere hurtigladerer for en tungkjøretøyflåte kan være for krevende for depoets eller terminalens strømmettilkobling, som kan påkrevde dyre oppgraderinger og anleggsbidrag eller andre bufferløsninger som stasjonære batterier. Å bruke offentlig hurtigladeinfrastruktur vil redusere flåtens infrastrukturinvestering. For busser og lastebiler vil hovedutfordringen med å benytte eksisterende ladeinfrastruktur etablert for personbiler være plassbehov, men også at spenningsnivået og toppeffekten på ladestasjoner ikke er høy nok. Det er dermed behov for offentlig ladeinfrastruktur tilpasset tunge kjøretøy, som kan benyttes av både busser og lastebiler ved behov.

Lading på offentlige hurtigladestasjoner kan by på tilgjengelighetsproblemer – dersom en flåte er avhengig av offentlige hurtigladestasjoner vil ladestopptiden kunne bli forhøyet hvis ladepunktene er opptatt. En mulig løsning på køproblemet kan være bookingsystemer for tungtransport, slik at sjåfører kan planlegge ruten på forhånd. Hurtiglading med depot/terminal i løpet av dagen kan være billigere enn offentlig hurtiglading, er mer forutsigbart og derfor har et mindre køproblem.

### **Batteribytting**

Batteribytting er et relativt nytt konsept, men allerede noe utbredt i Kina og India for lettransport. Konseptet går ut på å kunne bytte utladede batterier med oppladde batterier på batteribyttestasjoner, og dermed kraftig redusere stoppintervallet ved lading. Byttetiden kan sammenlignes med tiden for tradisjonell dieselfylling og kan være under to minutter (The Guardian, 2021).

Batteribytting er foreløpig i hovedsak reservert for lettransport, både på grunn av størrelsen til batteripakkene og fordi ladestrategien er i utvikling. Det finnes noen eksempler på batteribytting i tungtransport – Janus Electric (Janus Electric ,

2021) fra Australia ombygger diesellastebiler til elektriske lastebiler med mulighet for batteribytting, men foreløpig finnes det ikke batteribytting for tungtransport på kommersiell skala.

### **Elveier (trådløs lading)**

Elveier, eller ladeveier, kan lade elkjøretøyets batteri under kjøring. Det finnes i hovedsak to typer elvei: konduktiv og induktiv. Konduktive veier har eloverføring med direkte kontakt, enten fra en overhengende kraftledning eller fra en skinne i veibanen. Elkjøretøyene vil trenge en tilkoblingsmekanisme for å kunne lade, og en skinne i veibanen vil kunne la både store og små kjøretøy lade, mens en overliggende kjøreledning vil av sikkerhetshensyn installeres høyere enn busser og lastebiler og vil derfor være for høy for tilkobling av personbiler.

Induktive veier trenger ikke fysisk kontakt for overføring av elektrisitet, så lenge mottakeren er 10-15cm fra strømkilden. Dette gir en betydelig fordel for ladehåndtering hvis snø eller is skulle forekomme i veibanen, spesielt sammenlignet med en konduktiv skinne i veibanen. I forhold til konduktive veier har induktive veier lavere effektivitet og den nødvendige infrastrukturen vil være betydelig dyrere.

Fordelene med elveier for batterielektriske busser og lastebiler er at behovet for omfattende stasjonær ladeinfrastruktur på depotet eller terminalen reduseres betydelig, og i tillegg fjernes køproblematikken for ladestasjoner. Elveier er fremdeles på pilotstadiet, med få testprosjekter og begrenset driftsresultater. Sverige har to pilotstrekninger (TØI Samferdsel, 2018) som tester konduktive systemer med spesielt fokus på tunge kjøretøy og en pilotstrekning for et induktivt system (Smart Road Gotland, 2019). Norge har ingen elveier, men det finnes løsninger som ligner. Et eksempel er trolleybusslinjen i Bergen som går på strøm fra kjøreledning og oppladbare batteri (Vestland fylkeskommune, 2020). Denne bussen kjører en rute som ikke har tilgang til kjøreledning under hele strekningen – bussen lader under kjøring, og kobles automatisk til og fra kjøreledningen etter behov.

Hovedulempene med elveier er store infrastrukturinngrep og store kostnader. Elveier er ikke forventet å være løsninger som kan betjene distriktene, hovedsakelig på grunn av lange avstander, men noen distrikter kan ha mulighet til å innføre dette på faste ruter.

### **Ladestrategier mot 2025**

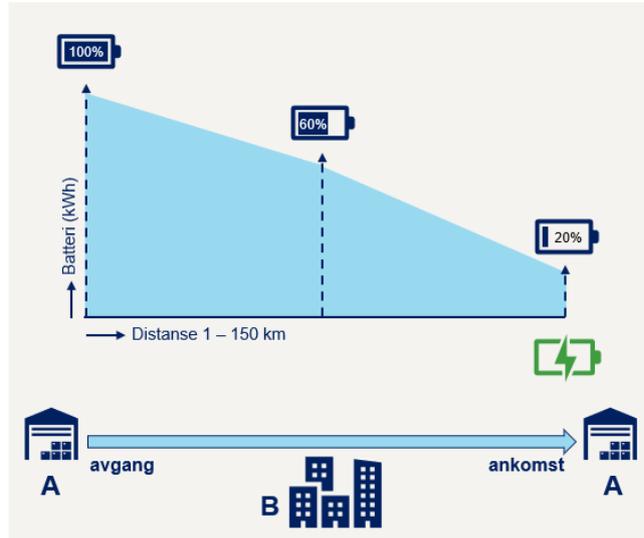
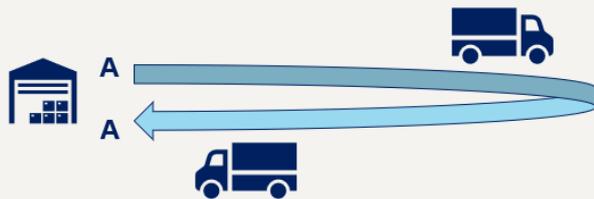
Hurtig- og depotlading er ladestrategier som allerede er tilgjengelige, batteribytting er noe utbredt for mindre kjøretøy, mens elveier ikke er forventet å være utbredt på kommersiell skala i nærmeste fremtid. Hvordan en organisasjon skal bestemme hvilken ladestrategi de skal velge vil variere etter behov og lokale faktorer som tilgjengelig areal og nettilkoblingen til terminalen/depotet, nettleie, strømprisavtaler og tilgjengelige offentlige hurtigladdestasjoner. En kombinasjon av lading på depot og lading på hurtigladdestasjoner vil være forventet i mange tilfeller.

I Figur 3-9 til Figur 3-12 nedenfor vises noen scenarier for lading av tunge kjøretøy, med assosiert daglig ladeprofil og rekkevidde (Buck Consultants International, Royal HaskoningDHV, 2021). I scenario 1 bruker en lastebil bare natllading på depot, scenario 2 har lagt til rette for lading på depot i løpet av dagen i tillegg til natllading, scenario 3 bruker depotlading og hurtiglading underveis, og scenario 4 har i tillegg lademulighet hos ved avlesning på terminal eller hos kunde.

### Scenario 1

Lading på depot utenfor tjeneste, med daglig ladeprofil

- Rute: Rundtur med levering
- Typisk avstand: 1 – 150 km
- Lading: Bare på depot (A – A)
- Lader: 50 kW DC / 22 kW AC



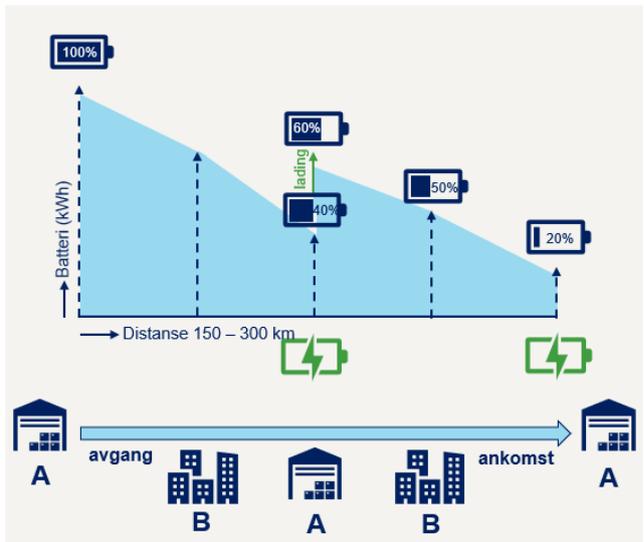
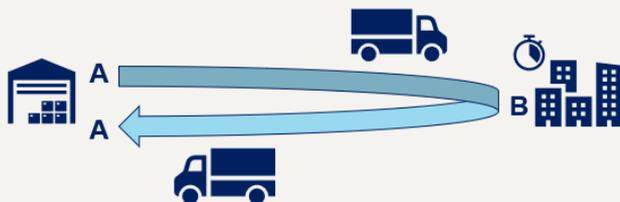
**Figur 3-9 Scenario 1: Lading på depot utenfor tjeneste, med daglig ladeprofil**

Scenario 1 er tilpasset relativt korte turer i urbane områder, og kjøretøyets daglige ladebehov blir dekket av nattlading på depot. Kjøretøyene som passer for dette scenarioet vil være små lastebiler og busser, som gjerne også har deler av kjøreturene sine på tomkjøring – uten last eller passasjerer.

### Scenario 2

Lading på depot før, etter og under tjeneste, med daglig ladeprofil

- Rute: Rundtur med levering (A – B – A)
- Typisk avstand: 150 – 300 km
- Lading: På depot før og etter tjeneste, samt depotlading mellom turer (A – A – A)
- Lader: 50 – 150 kW DC



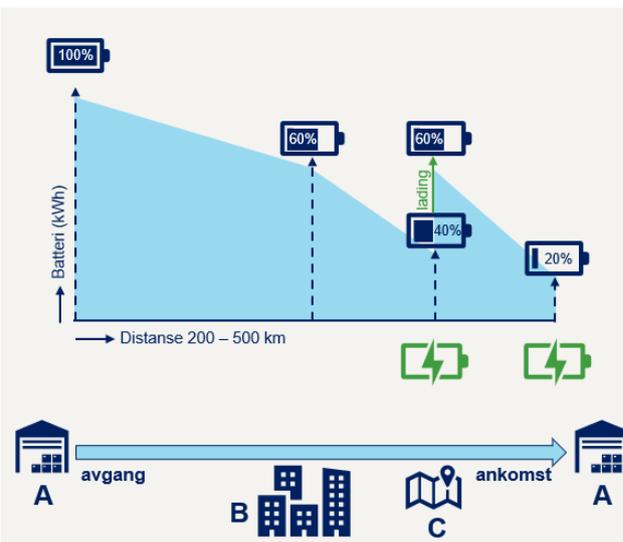
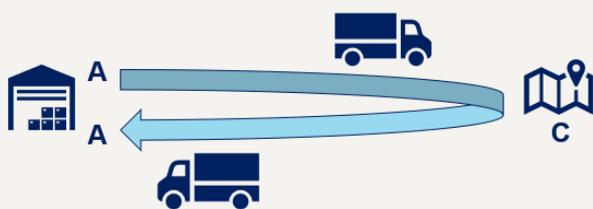
**Figur 3-10 Scenario 2: Lading på depot under tjeneste, med daglig ladeprofil**

Scenario 2 er en utvidelse av kjørelengden for kjøretøyet i scenario 1, og kan brukes i og rundt urbane strøk. I dette tilfellet vil kjøretøyet kunne brukes til flere turer om dagen, med en pause og lading på depot midt i arbeidsdagen. Det vil være nødvendig å lade på noe høyere effekt på dagen enn over natten for å tilpasse ladetiden. Kjøretøyet trenger ikke å fullades for å fullføre ruten, noe som reduserer den nødvendige tiden kjøretøyet må stå på depotet.

### Scenario 3

Lading på depot utenfor tjeneste og hurtiglading underveis, med daglig ladeprofil

- Rute: Rundtur med levering (A – B – C – A)
- Typisk avstand: 200 – 500 km
- Lading: På depot før og etter tjeneste, på hurtiglader underveis (A – C – A)
- Lader: 50 – 350 kW DC



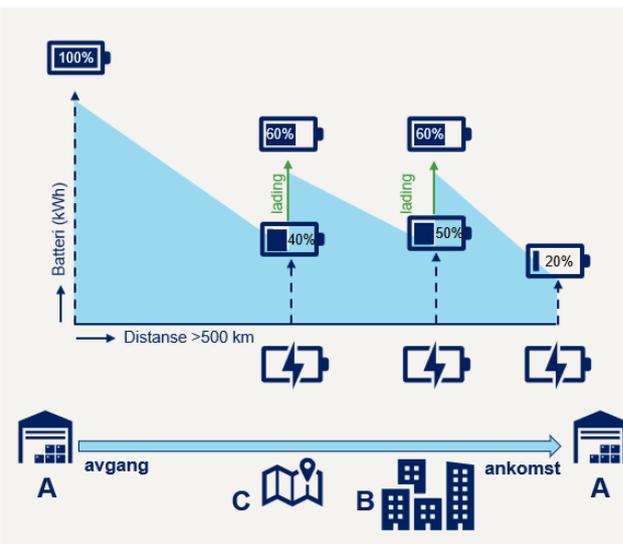
**Figur 3-11 Scenario 3: Lading på depot utenfor tjeneste og hurtiglading underveis, med daglig ladeprofil**

Scenario 3 har en kjørelengde som er lengre enn de foregående scenarioene, og kjøretøyet avhenger av offentlig hurtiglading i løpet av dagen for å kunne fullføre ruten. En slik rute vil passe kjøretøy som må kjøre lengre distanser fra depotet, og derfor ikke har mulighet til å lade på depot i løpet av dagen, eller for depot som bare har laveffektsladere.

### Scenario 4

Lading på depot utenfor tjeneste, hurtiglading underveis og ved lessing/avlesning, med daglig ladeprofil

- Rute: Rundtur med levering (A – C – B – A)
- Typisk avstand: >500 km
- Lading: På depot før og etter tjeneste, på hurtiglader underveis og ved lessing/avlesning (A – C – B – A)
- Lader: 50 – 350 kW DC



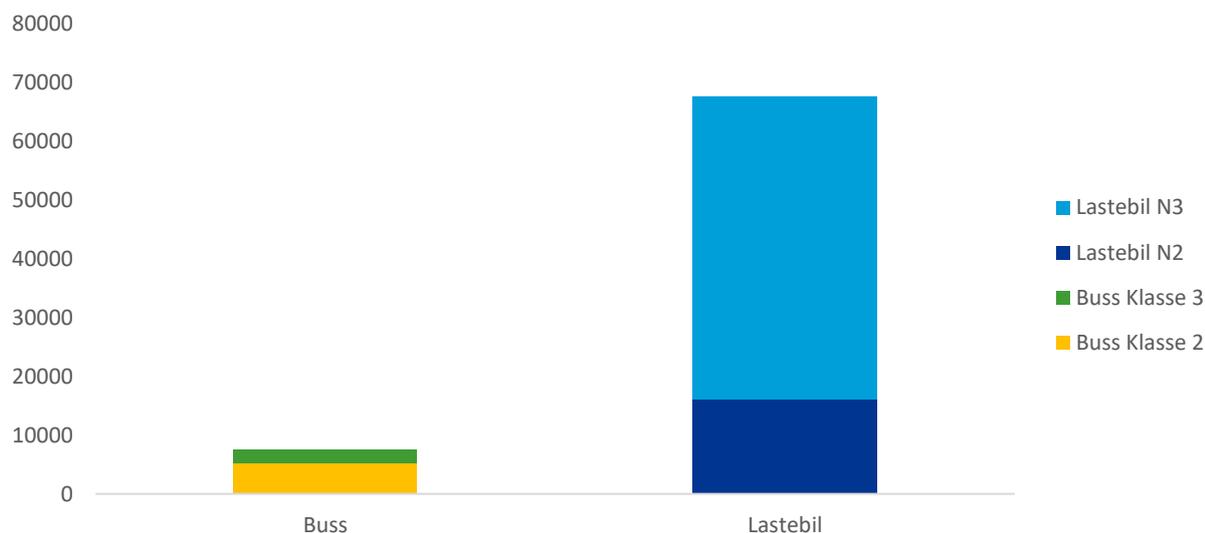
**Figur 3-12 Scenario 4: Lading på depot utenfor tjeneste, hurtiglading underveis og lading ved lessing/avlesning, med daglig ladeprofil**

Scenario 4 har en daglig kjørelengde typisk over 500 km, og kjøretøyet drar nytte av offentlig hurtiglading i løpet av dagen og lading ved lessing/avlesning for å kunne fullføre ruten. Dette scenarioet gir mulighet for lengre kjørelengde, men avhenger av tilgjengelig lading ved lessing/avlesning.

## 4 ANTALL TUNGE ELEKTRISKE KJØRETØY MOT 2025

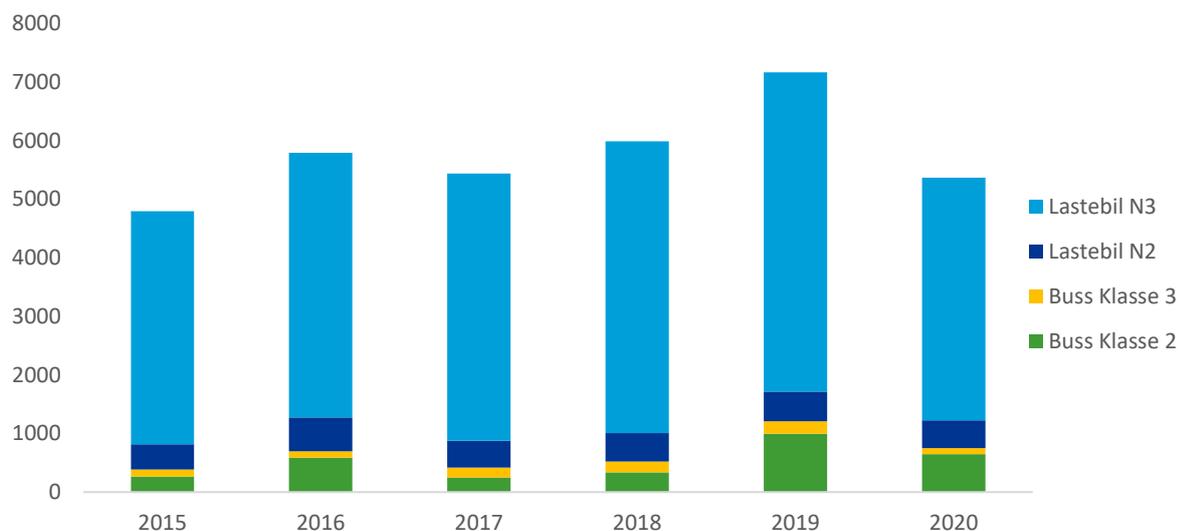
### 4.1 Dagens kjøretøybestand

Ved utgangen av 2019 var det i Norge registrert totalt 67 619 lastebiler og 7571 busser av klasse 2 og 3, vist i Figur 4-1. Rundt 75% av dagens lastebiler er type N3, altså totalvekt over 12 tonn. Omtrent 70% av bussene i denne analysen er klasse 2, altså regionbusser med opptil 40% ståplasser, mens resten er turbusser.



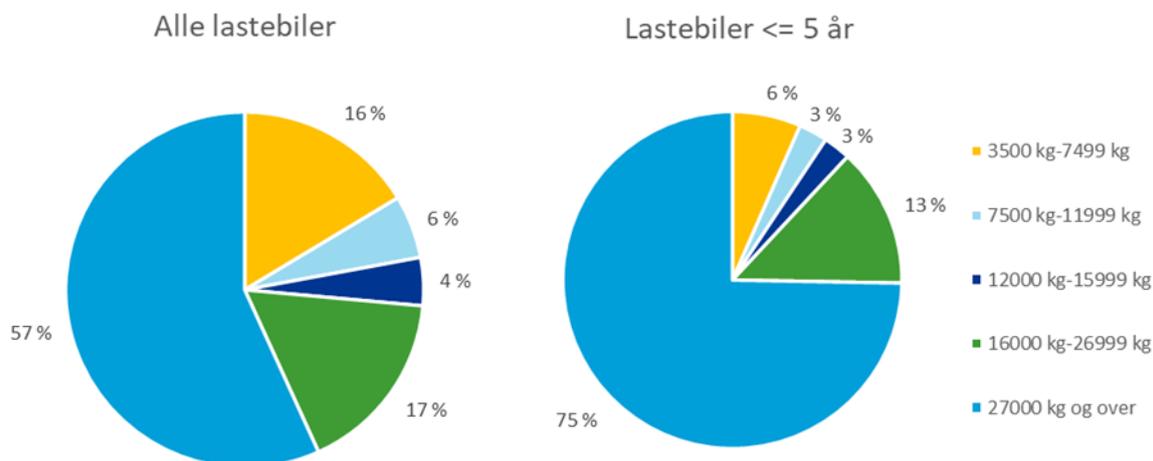
**Figur 4-1 Kjøretøybestand i Norge 31.12.19 (OFV)**

Utskiftningstakten på dagens kjøretøy er viktig for å se på potensialet for elektrifisering. Figur 4-2 viser antall nyregistrerte kjøretøy per type fra 2015 til 2020. For både busser og lastebiler er gjennomsnittlig antall nyregistreringer rundt 8% av total kjøretøybestand, men dette varierer noe med kjøretøytype. Spesielt for klasse 2-busser har antall nyregistreringer variert mye de siste årene, noe som kan henge sammen med at store busskontrakter typisk legges ut på anbud hvert 10 år. En utskiftningstakt på 8% tilsier en gjennomsnittlig levetid på kjøretøyene på 12-13 år, men total kjøretøybestand inneholder mange gamle kjøretøy som ikke brukes lenger, og forventet levetid for nyere kjøretøy er betydelig lavere enn dette. For lastebiler er forventet levetid 6-7 år (SSB, 2015).



**Figur 4-2: Nyregistrerte kjøretøy 2015-2020 (OFV)**

For lastebiler er det en betydelig høyere andel nyregistrerte større enn mindre lastebiler. Omtrent 90% av nyregistrerte lastebiler er type N3, noe som viser at de fleste mindre lastebilene som finnes i dag er eldre, og at bestanden av disse synker. Denne trenden er også beskrevet i TØI sin framskrivning av kjøretøyparken (TØI, 2019). Dette vises også tydelig i Figur 4-3, som viser lastebilbestanden totalt og for lastebiler med alder opptil 5 år, delt inn i flere vektgrupper.

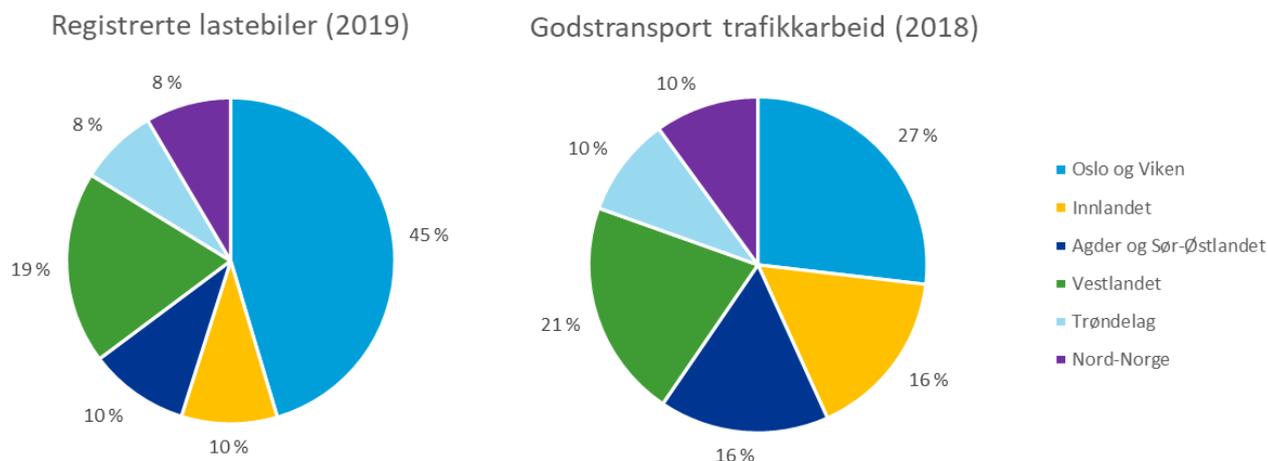


**Figur 4-3: Lastebilbestanden i 2019 delt inn i vektclasser – alle registrerte lastebiler til venstre, og lastebiler opptil 5 år til høyre.**

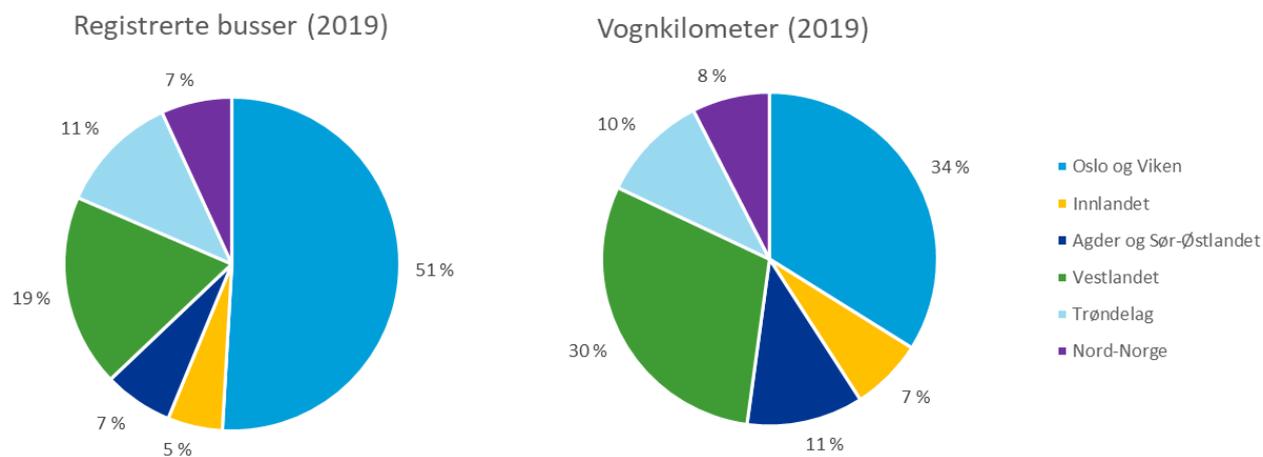
#### 4.1.1 Geografisk fordeling av kjøretøy og trafikkarbeid

Figur 4-4 og Figur 4-5 viser dagens kjøretøy og årlig kjørte kilometer delt inn i landsdeler, henholdsvis for lastebiler og busser. Figurene for busser viser tall for alle busser, inkludert bybusser. For region- og turbusser kan fordelingen se noe annerledes ut.

Det er viktig å understreke at kommunen kjøretøyet er registrert i ikke nødvendigvis er kommunen kjøretøyet brukes i. For eksempel for leasede lastebiler kan registreringssted være knyttet til selskapets hovedkontor. Figurene viser at både for lastebiler og busser er andelen registrerte kjøretøy i Oslo og Viken høyere enn andelen kjørte kilometer. Dette kan både skyldes usikkerheten rundt registreringssted og at kjøretøyene i dette området generelt kjører kortere distanser på grunn av kortere avstander.



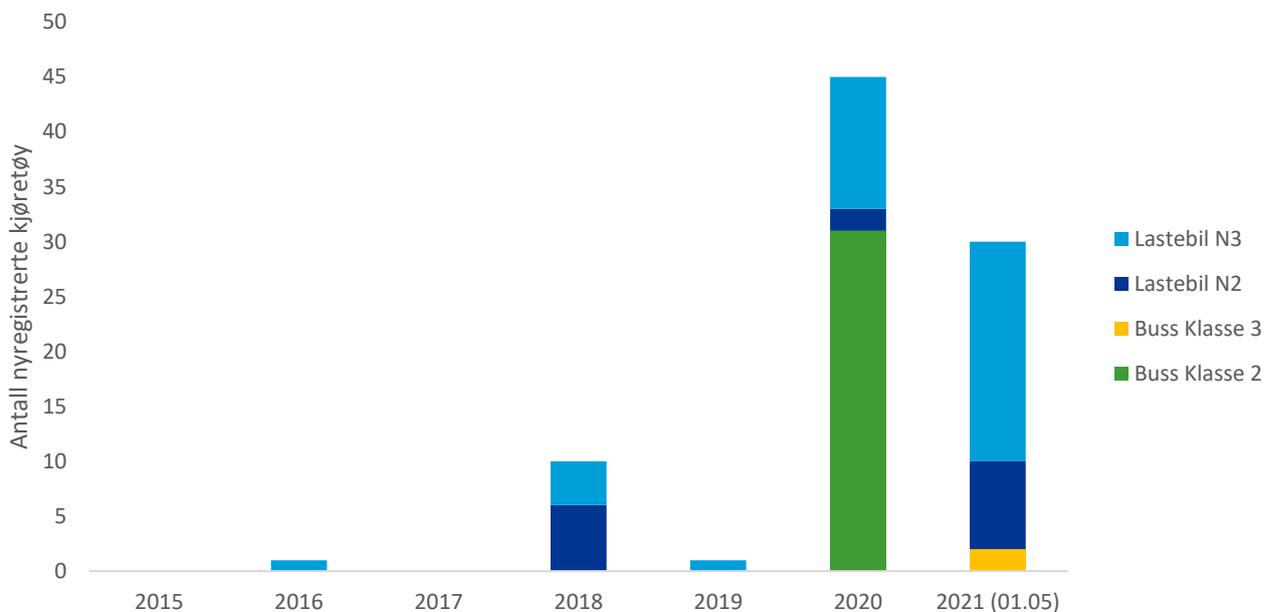
**Figur 4-4: Geografisk fordeling av lastebiler (SSB) og trafikkarbeid fra godstransport på vei (TØI, 2021).**



Figur 4-5: Geografisk fordeling av busser (inkludert bybusser) (SSB) og vognkilometer (SSB)

#### 4.1.2 Dagens elektriske kjøretøy

I utgangen av 2019 var det registrert totalt 8 elektriske lastebiler av type N2 og 13 av type N3 i Norge, mens det var ingen elektriske busser av klasse 2 og klasse 3. I 2020 og så langt i 2021 har det blitt registrert flere elektriske lastebiler og busser. Figur 4-6 viser antall nyregistrerte lastebiler og busser fra 2015 til 01.05.2021 basert på tall fra OFV. De fire første månedene i 2021 kan tyde på at elektrifiseringen av disse kjøretøyene er i ferd med å skyte fart. Per 01.05.2021 er det registrert totalt 18 elektriske lastebiler av type N2 og 45 av type N3. Flere av eierne av disse har annonsert ambisiøse nullutslippsplaner og har bestilt flere elektriske kjøretøy. Per 01.05.2021 er det registrert totalt 31 type 2 og 2 Type 3 elektriske busser i Norge.



Figur 4-6: Nyregistrerte elektriske lastebiler og busser per år. Kilde: OFV

## 4.2 Barrierer og muligheter for elektrifisering

### Barrierer for elektrifisering

Som vist i avsnitt 4.1 har utbredelsen av elektriske lastebiler klasse N2 og N3, samt busser klasse 2 og 3 økt i 2020 og 2021. Antallet er likevel beskjedent sammenliknet med den totale kjøretøyparken i disse kategoriene - for alle kjøretøykategorier utgjør andelen elektriske kjøretøy under 1 prosent. Det er flere grunner til at utbredelsen i dag er liten, og som også vil fungere som barrierer for fremtidig utvikling av markedet for store elektriske kjøretøy:

1. Elektriske lastebiler og busser koster i dag 2-3 ganger mer i innkjøp enn kjøretøy med forbrenningsmotor
2. Tilbudet av elektriske kjøretøy fra lastebil- og til dels bussprodusenter har vært beskjedent
3. Rekkevidden begrenser bruksområdet for manges kjøremønster
4. Ladeinfrastrukturen er lite utbygd og i mange tilfeller fraværende

Mot 2025 vil barrierene som gjelder pris, tilbud og rekkevidde reduseres. Likevel er det ikke bare å sette inn større batteripakker for å øke rekkevidden, på grunn av batterienes vekt, som øker energiforbruket, og volum, som reduserer plass til last og dermed arbeid aktørene kan utføre i antall tonnkilometer. Samtidig er det nødvendig med ladeinfrastruktur i form av hjemme- eller depotlading, i tillegg til offentlig tilgjengelige ladestasjoner, for at fleksibiliteten ved bruk av elektriske kjøretøy skal være tilstrekkelig til at disse vurderes. At antallet offentlige ladeplasser tilpasset personbiler øker har liten betydning for ladetilbudet til store kjøretøy. Som beskrevet i kapittel 3.3 er mange av dagens offentlige ladestasjoner uegnet for lading av store kjøretøy på grunn av for lav spenning og for liten plass.

Eierstrukturen blant lastebileiere påvirker også omstillingsfarten. Veitransportsektoren i Norge er delt inn i egentransport og leietransport. Av leietransportselskapene er det mange som har få ansatte og få lastebiler. Av medlemmene i Norsk Lastebileierforbund eier rundt 80% av medlemmene mindre enn fem biler. Egentransportselskapene, slik som Posten og Asko, har gjerne et høyt antall kjøretøy, flere ansatte og bedre økonomiske forutsetninger for å investere i nullutslippsløsninger. I tillegg kan de store aktørene i større grad tilpasse ruter til kjøretøy med spesielle egenskaper knyttet til for eksempel rekkevidde. De mindre selskapene har mindre fleksibilitet til slik skreddersøm. I tillegg kan de i større grad være avhengig av offentlig ladeinfrastruktur dersom de ikke har tilgang til en fast parkeringsplass med lademuligheter når lastebilen ikke er i bruk.

Om transportselskapene har mulighet til å gå over til elektrisk drift avhenger i stor grad av betalingsviljen til de som kjøper transporttjenestene. Det er små marginer i transportbransjen, og spesielt hos de små bedriftene er evnen til å ta økonomisk risiko i en slik omstilling liten. Elektriske kjøretøy er dyrere, og dersom kjøpere av transporttjenester ikke er villige til å betale ekstra for grønn transport og alltid velger billigste alternativ vil det være vanskelig å elektrifisere.

Samtidig som utbredelsen av store elektriske kjøretøy henger sammen med kostnader, tilgjengelighet og fleksibilitet, henger muligheten for en lønnsom utbygging av offentlig tilgjengelige ladeplasser sammen med antallet mulige kunder på veiene. Med andre ord kan utbygging av ladeplasser gå sakte så lenge det er få elektriske lastebiler og store busser i drift og økningen i antall slike kjøretøy kan gå saktere om det er få tilgjengelige ladere.

Antallet elektriske kjøretøy representerer én barriere for ladeutbygging. Kostnad ved nettilknytning og nettleie er en annen. Ved behov for nettforsterkninger for å tilrettelegge for hurtiglading påløper det anleggsbidrag for å finansiere nettforsterkningen for utbygger av ladestasjonen. I tillegg vil periodevis høyt effektuttak gi en høy nettleie som kan utfordre forretningsmodellen for en kommersiell aktør.

## Muligheter for elektrifisering

Barrierene for en rask utrulling av elektriske store kjøretøy indikerer at kostnadene må reduseres, markedet modnes og ladeinfrastrukturen styrkes før en rask omstilling av kjøretøyparken vil finne sted. Dersom disse barrierene svekkes viser erfaringen fra lastebilmarkedet at omstilling kan gå raskt. Et eksempel er kravet om at dieselskjøretøy skal følge Euro 6-standard, som ble innført i 2014. 6 år senere har 82 prosent av alle tunge lastebiler i Norge Euro 6-motorer. Det henger sammen med en høy utskiftingstakt av lastebiler i Norge og at eldre lastebiler erstattes med nyinnkjøpte. Omstilling fra forbrenningsmotorer til elektriske kjøretøy vil sannsynligvis gå saktere siden det er mer komplisert å elektrifisere enn å bytte til en bil med mer effektiv motor. Samtidig kan elektrifisering, dersom forholdene ligger til rette, gå raskt og omstillingen drives frem av at en stor andel av lastebil- og bussparken byttes ut etter få års levetid.

Høy generell utskiftingstakt kombinert med at flere store aktører innenfor tungtransport stiller krav til nullutslipp representerer videre en mulighet for rask omstilling i retning elektriske kjøretøy. I Nasjonal Transportplan 2018-2029 ble det satt mål om at 50% av nye lastebiler og 75% av nye langdistansebusser skal være nullutslippskjøretøy innen 2030. En mulig effekt av store aktører investerer i elektriske kjøretøy er at de bidrar til å tilgjengeliggjøre teknologien og redusere prisnivået for aktører som følger etter.

Kostnaden over levetiden ved å anskaffe og drifte en elektrisk lastebil eller buss er høyere enn for dieseldrevne kjøretøy. Mye trekker imidlertid i retning av at dette kan snu seg i etter hvert som markedene modnes. Vedlikeholds- og drivstoffkostnader kan være lavere for elektriske kjøretøy. Videre kan forventet levetid være lenger siden det færre slitedeler i en elektrisk motor. Med større batteripakker kan behovet for offentlig hurtiglading til høyere pris og dermed pauser i arbeidsdagen gå ned, det vil i så fall bidra til ytterligere kostnadsreduksjon. Hvorvidt og i så fall når det kan bli billigere med elektriske lastebiler og busser er usikkert, men dette er en mulig driver bak en rask omstilling.

## 4.3 Framskrivning av tunge elektriske kjøretøy mot 2025

Hvor mange elektriske lastebiler og region- og langdistansebusser vi kommer til å se i Norge framover avhenger av flere ulike faktorer. På bakgrunn av statistikk, samtaler med aktører og relevante rapporter har vi kommet fram til et scenario for elektrifisering av disse kjøretøyene fram mot 2025. Om dette scenarioet faktisk realiseres avhenger av en rekke ulike parametere – og det forutsetter blant annet at incentiver og betalingsvillighet er til stede.

### 4.3.1 Lastebiler

Forventet antall elektriske lastebiler i Norge mot 2025 er basert på en rekke antagelser:

**Totalt antall nyregistrerte lastebiler**, uavhengig av drivstoff, i årene 2021 til 2025 er basert på gjennomsnittlig antall nyregistreringer fra 2015 til 2019, justert med henholdsvis en økning på 0,5% per år for store lastebiler (N3) og en nedgang på 0,5% per år for små lastebiler (N2). Dette er basert på TØI's framskrivning av kjøretøyparken (TØI, 2019) og statistikk på stadig synkende antall små lastebiler og økende antall store lastebiler.

**For lastebiler med tillatt totalvekt > 12 tonn (N3)** legger vi til grunn at 15% av alle nyregistrerte lastebiler i 2025 vil være elektriske. Dette følger planene til Scania og Volvo for elektrisk andel av lastebilproduksjonen. Fram til 2025 vil det være en gradvis økning fra omtrent 0,3% elektriske nyregistreringer i 2020, hvor 2021-2022 er kalibrert med prosjekter som har søkt støtte av Enova og annonseringer fra aktører. Disse elektriske bilene vil hovedsakelig brukes til lokal og regional distribusjon. Basert på planer og tanker fra produsenter vil det ikke være aktuelt med elektriske versjoner av de aller tyngste kjøretøyene, for eksempel trekkvogner på over 40 tonn som benyttes til langtransport, innen 2025.

**For lastebiler med tillatt totalvekt < 12 tonn (N2)** legger vi til grunn at 50% av alle nyregistrerte lastebiler i 2025 vil være elektriske. Dette er basert på samtaler med produsenter. TØI har laget en rapport om potensial for elektrifisering av små godsbiler, som viser et elektrifiseringspotensial på opp mot 70% av nye lastebiler i 2025. De fleste små lastebiler har gjennomsnittlig daglig kjørelengde på under 100 km om dagen, noe som gjør de godt egnet til elektrifisering uten behov for lading i løpet av dagen. Fram til 2025 vil det være en gradvis økning fra omtrent 0,4% elektriske

nyregistreringer i 2020, hvor 2021-2022 er kalibrert med prosjekter som har søkt støtte av Enova og annonseringer fra aktører. De små elektriske lastebilene vil hovedsakelig benyttes til lokal distribusjon.

**Resultatet av framskrivningen** er vist i Figur 4-7, som viser antall nyregistrerte lastebiler historisk og fram til 2025. Høyre akse viser også prosentandel av nyregistreringer som er elektriske per år. I denne framskrivningen registreres det 963 nye elektriske lastebiler i 2025, og totalt samles det opp til 2114 lastebiler i 2025, hvor 1607 av disse er type N3. Dette innebærer at omtrent 3% av alle lastebiler er elektriske i 2025. Selv om el-andelen av nye små lastebiler (N2) er betydelig større enn de store lastebilene (N3) understreker Figur 4-7 at volumet av disse uansett bare dekker en liten andel.



**Figur 4-7: Antall nyregistrerte lastebiler per år (venstre akse) og andel elektrisk (høyre akse)**

### 4.3.2 Region-/langdistansebusser

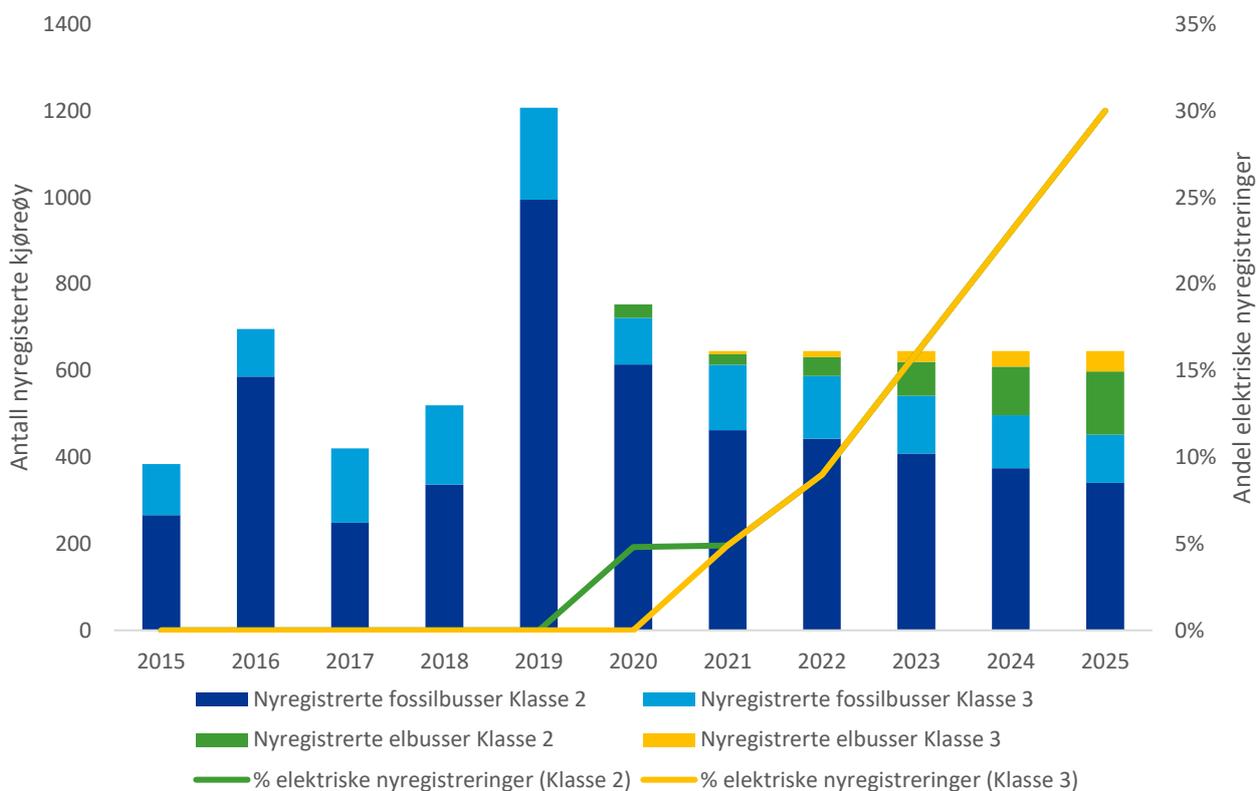
Forventet antall elektriske region- og turbusser i Norge mot 2025 er basert på en rekke antagelser:

**Totalt antall nyregistrerte busser**, uavhengig av drivstoff, i årene 2021 til 2025 er basert på gjennomsnittlig antall nyregistreringer fra 2015 til 2019.

**For busser av klasse 2 og klasse 3** legger vi til grunn av 30% nyregistreringer i 2025 er elektriske. Fra 2021 til 2025 antas en gradvis økning av andel elektriske nyregistreringer, og 2021-2022 er kalibrert med prosjekter som har søkt støtte av Enova og annonseringer fra aktører. Dette er i tråd med scenarioet i Klimakur som er basert på å nå NTP-mål om at 75% av nyregistrerte langdistansebusse skal være nullutslipp i 2030. Nullutslipp innebærer enten elektrisk eller hydrogen, mens Klimakur har antatt kun elektrisk i dette scenarioet (Miljødirektoratet, 2020). DNV vurderer dette som et realistisk scenario basert på samtaler med busselskaper, deres nullutslippambisjoner og tilgjengelige bussmodeller.

Basert på erfaring og samtaler med aktører kan de fleste turbusser og en betydelig andel av regionbusser elektrifiseres kun med depotlading, mens resten trenger lading i løpet av dagen på endestasjoner, transportknutepunkter eller andre relevante lokasjoner.

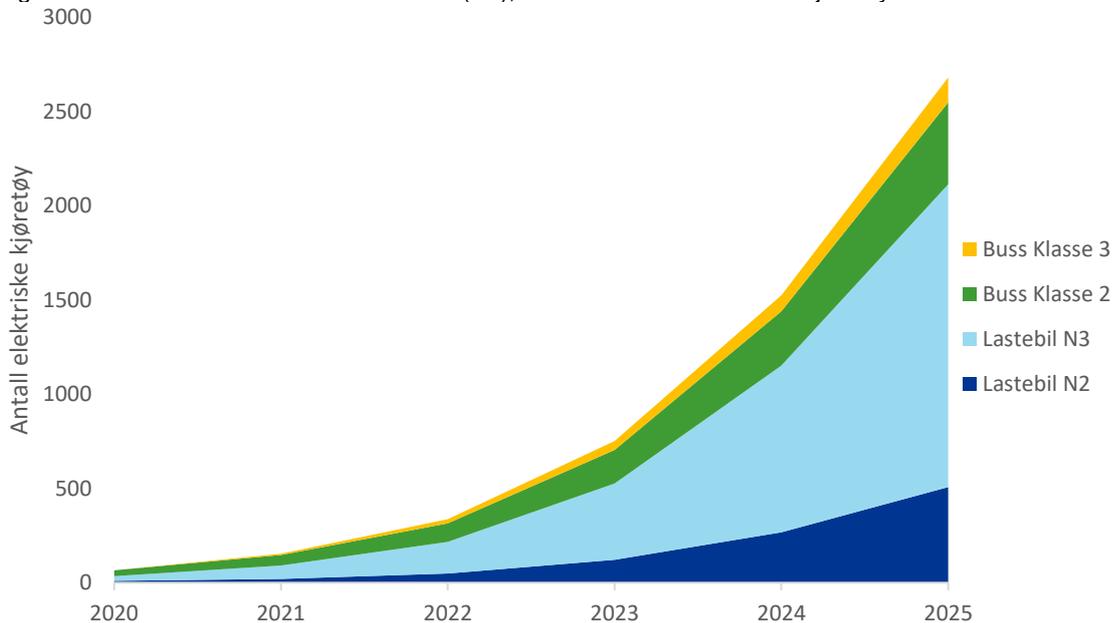
**Resultatet av framskrivningen** er vist i Figur 4-8, som viser antall nyregistrerte busser historisk og fram til 2025. Høyre akse viser også prosentandel av nyregistreringer som er elektriske per år. I denne framskrivningen registreres det 194 nye elektriske region- og turbusser i 2025, og totalt aggregeres det opp til 566 elektriske region- og turbusser i 2025, hvor 434 er klasse 2 og 132 er klasse 3. Dette innebærer at omtrent 7,5 % av alle region-, tur- og langdistansebusser i Norge er elektriske i 2025.



**Figur 4-8: Antall nyregistrerte busser per år (venstre akse) og andel elektrisk (høyre akse)**

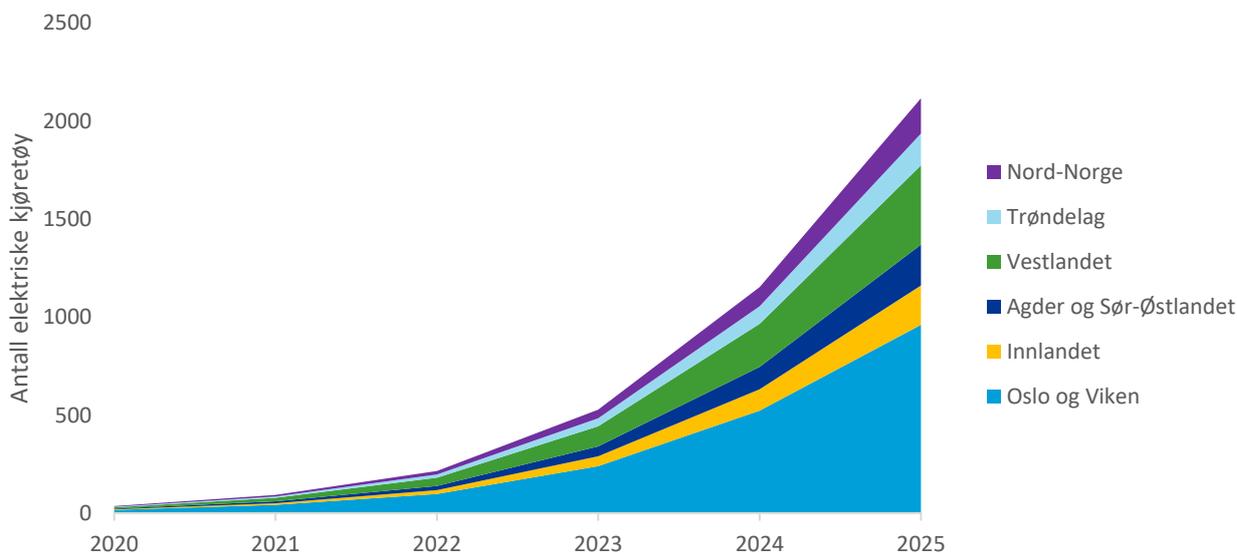
### 4.3.3 Totalt antall tunge elektriske kjøretøy mot 2025

Framskrivningen beskrevet over gir totalt 2680 tunge elektriske kjøretøy av de relevante kjøretøyklassene i 2025, vist i Figur 4-9. Hovedandelen er store lastebiler (N3), med totalt 1607 elektriske kjøretøy i 2025.

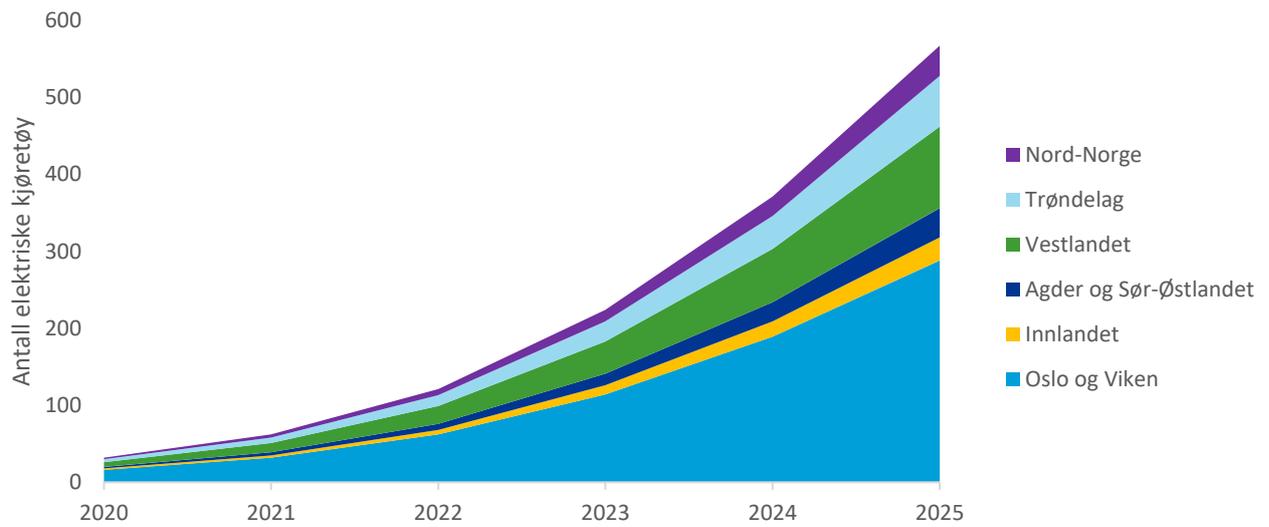


**Figur 4-9: Framskrivning av totalt antall elektriske tunge kjøretøy i Norge fram til 2025**

Figur 4-10 og Figur 4-11 viser framskrivningen av henholdsvis elektriske lastebiler og elektriske busser fordelt geografisk i landsdeler basert på kjøretøysfordelingen i 2019 (se kapittel 4.1.1). Det er flere forhold som gjør at innfasingen av kjøretøy sannsynligvis vil fordele seg noe annerledes geografisk enn dagens kjøretøypark, blant annet utrulling av ladeinfrastruktur og regionale/lokale nullutslippsmål. Som nevnt i 4.1.1 gjelder den geografiske fordelingen av bussene for alle typer busser, inkludert bybusser. For region- og turbusser kan fordelingen se noe annerledes ut.



**Figur 4-10: Framskrivning av totalt antall elektriske lastebiler per landsdel fram til 2025**



Figur 4-11: Framskrivning av totalt antall elektriske busser per landsdel fram til 2025

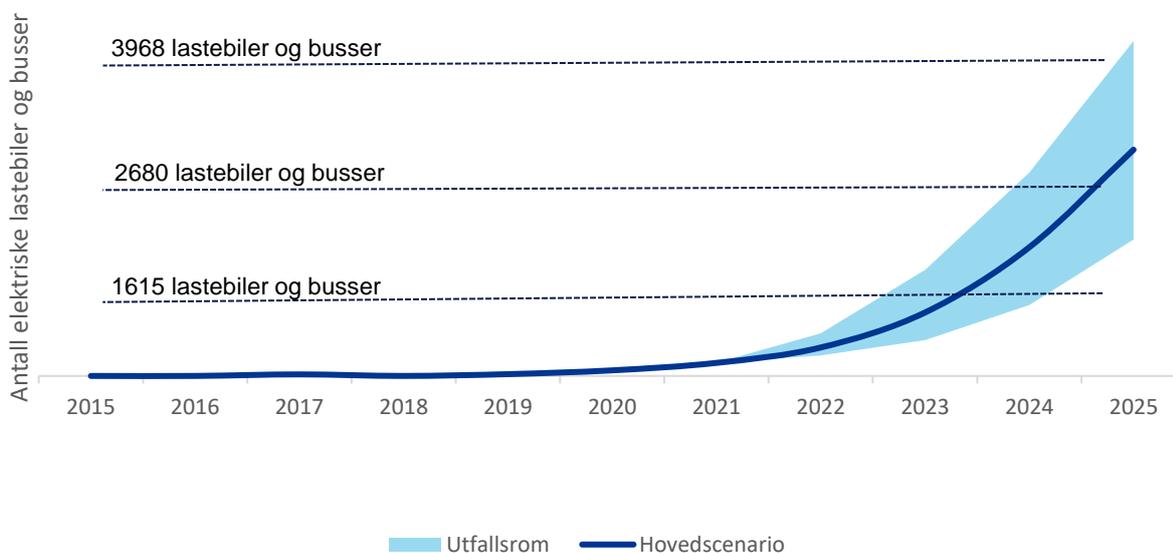
#### 4.3.4 Usikkerhet i framskrivingene

Det er rimelig å anta det vil skje en elektrifisering av også tyngre kjøretøy mot 2025. Samtidig er det usikkert hvilken fart elektrifiseringen skje i, men når forholdene for omstilling ligger til rette for det, kan det gå raskt. I personbilmarkedet har det vært en eksponentiell vekst i både markedsandel og elbilbestand siden 2010. Det var likevel først når markedet begynte å bli modent med hensyn til modellutvalg, pris og infrastruktur at elbil ble et reelt alternativ for mange bilkjøpere. Fra en markedsandel for elektriske biler på under 20 prosent fra 2010 til 2017, økte andelen til 31 i 2018, 42 i 2019, 54 i 2020 og 57 prosent så langt i 2021.

Dersom elektrifisering av tyngre kjøretøy følger et liknende mønster vil veksten også i dette segmentet være eksponentiell. Å treffe på prognoser for markeder eller utviklingstrekk som følger en slik vekstbane er vanskelig. En feil antakelse om når veksten når den bratte delen av utviklingsbanen vil gi store utslag på resultatet.

Denne framskrivingen viser at det er 2680 elektriske lastebiler og busser i kjøretøyklassene som er inkludert, i 2025. En noe tregere elektrifiseringstakt gir små utslag på antall elektriske tunge kjøretøy de første årene, men i 2025 vil det være nesten 1000 færre elektriske tunge kjøretøy enn i hovedscenariet. Den tregere innfasingsstakten kan tolkes som at elektrifiseringen går ett år saktere enn antatt i hovedscenariet.

Tilsvarende vil en raskere elektrifiseringstakt gi betydelige utslag i antall elektriske tunge kjøretøy i 2025. Om utviklingen går ett år raskere enn antatt og ellers følger samme bane som i hovedscenariet, kan det være nesten 1500 flere elektriske lastebiler og busser i registrert 2025.



**Figur 4-12: Utfallsrom for antall lastebiler og busser basert elektrifiseringstakt.**

Faktorer som kan bidra til å akselerere eller forsinke elektrifisering er nærmere beskrevet i kapittel 4.2.

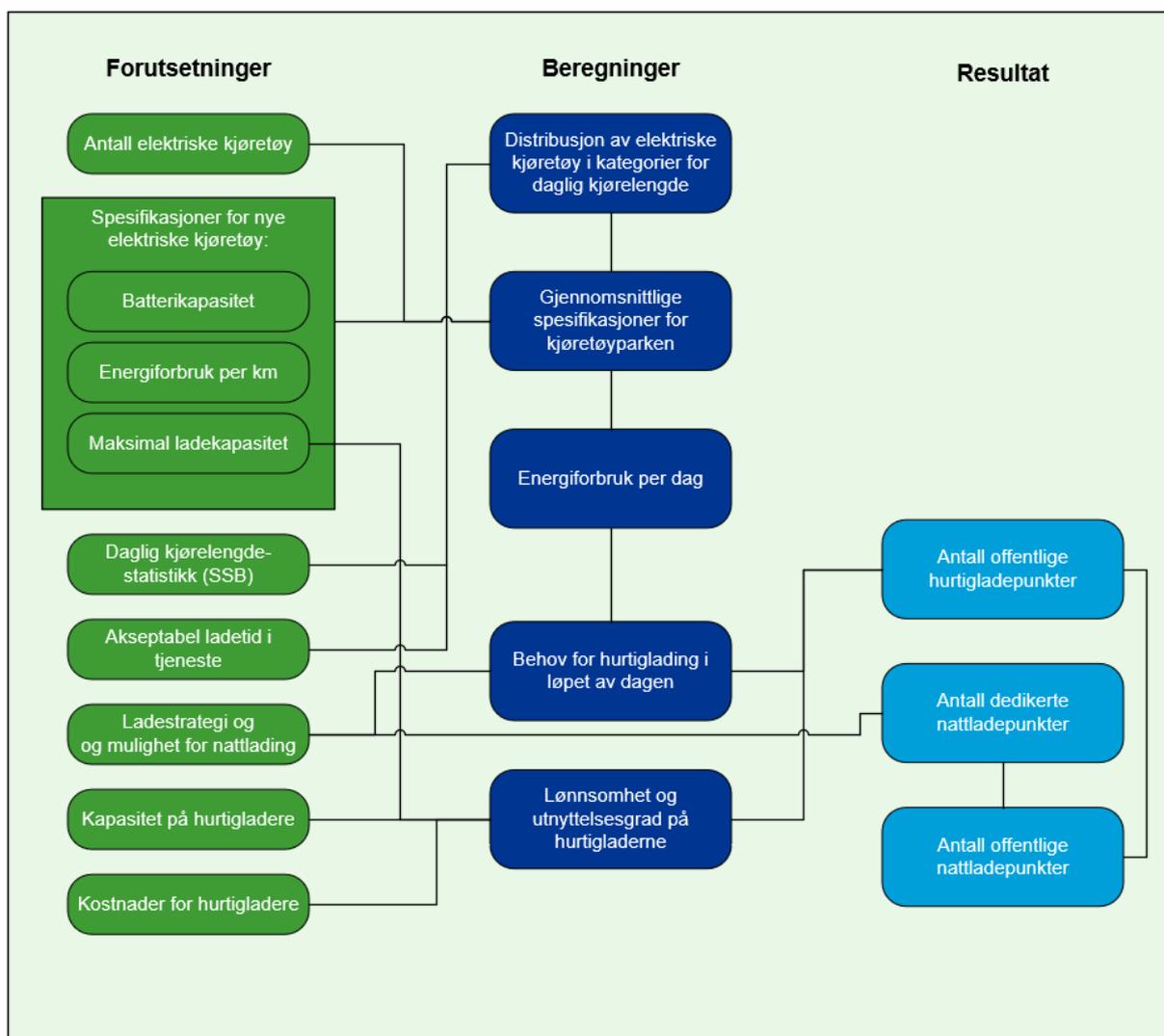
## 5 MODELLERING AV BEHOV FOR LADEINFRASTRUKTUR

I forrige kapittel ble et scenario for antall elektriske lastebiler og region- og langdistansebusser i Norge mot 2025 presentert. I dette kapitlet analyseres behovet for ladeinfrastruktur for å dekke ladebehovet til disse elektriske kjøretøyene.

### 5.1 Metode for modellering

Under presenteres metoden vi har benyttet for beregning av ladebehov for de elektriske kjøretøyene fra scenarioet i kapittel 4, samt antall dedikerte og offentlige ladestasjoner som må etableres for å dekke dette ladebehovet.

Figur 5-1 viser metoden som er brukt for å komme fram til ladebehov gitt antall kjøretøy fra scenarioet i kapittel 4. Metoden går i korte trekk ut på å plassere kjøretøyene fra scenarioene i kapittel 4 i kategorier for daglig kjørelengde basert på kjørelengdestatistikk og akseptabel ladetid, for deretter å estimere nødvendig ladeinfrastruktur basert på en rekke antagelser om blant annet kjøretøyenes batterikapasitet, energiforbruk og ladehastighet.



Figur 5-1: Visualisering av metode for å beregne behov for ladeinfrastruktur

## 5.2 Forutsetninger for analysen

I de neste delkapitlene beskrives de forskjellige antagelsene og inputen til modellen.

### 5.2.1 Antall elektriske kjøretøy

Som beskrevet i kapittel 4.3 har vi antatt en økning i antall elektriske lastebiler og busser fra 66 i 2020 til 2680 i 2025. Tunge lastebiler utgjør omtrent 1600 av disse, mens busser i klasse 2 og 3 og lastebiler i kategori N2 utgjør til sammen omtrent 1000 kjøretøy.

### 5.2.2 Spesifikasjoner for nye elektriske kjøretøy

Tabell 5-1 viser antagelsene for hvordan batterikapasitet og ladekapasitet for de ulike kjøretøytypene vil utvikles mot 2025. Det er antatt at energiforbruket er 1,3, 0,8 og 1,5 kWh/km, henholdsvis for busser, små lastebiler (N2) og store lastebiler (N3). Dette er basert på DNVs erfaringer fra tidligere prosjekter, samtaler med kjøretøyprodusenter og diverse rapporter (Miljødirektoratet, 2020), (TØI, 2019), (Earl et al., 2018). Vi antar at 80% av kjøretøyenes batterikapasitet er tilgjengelig for bruk (Tabell 5-1 viser nominell batterikapasitet). Forventet rekkevidde er beregnet basert på tilgjengelig batterikapasitet og energiforbruk per km. På grunn av variasjon i hvor mye effekt batteriet faktisk tar imot gjennom en ladesesjon antar vi at reell ladekapasitet i gjennomsnitt vil være 80% av maksimal ladekapasitet.

Tallene i tabellen gjelder for nye kjøretøy, og gjennomsnittlig batteri- og ladekapasitet og forventet rekkevidde for hele kjøretøyparken beregnes og vektet ut ifra antall nye kjøretøy per år. Tall for 2020 representerer alle eksisterende kjøretøy som har blitt registrert før 2021.

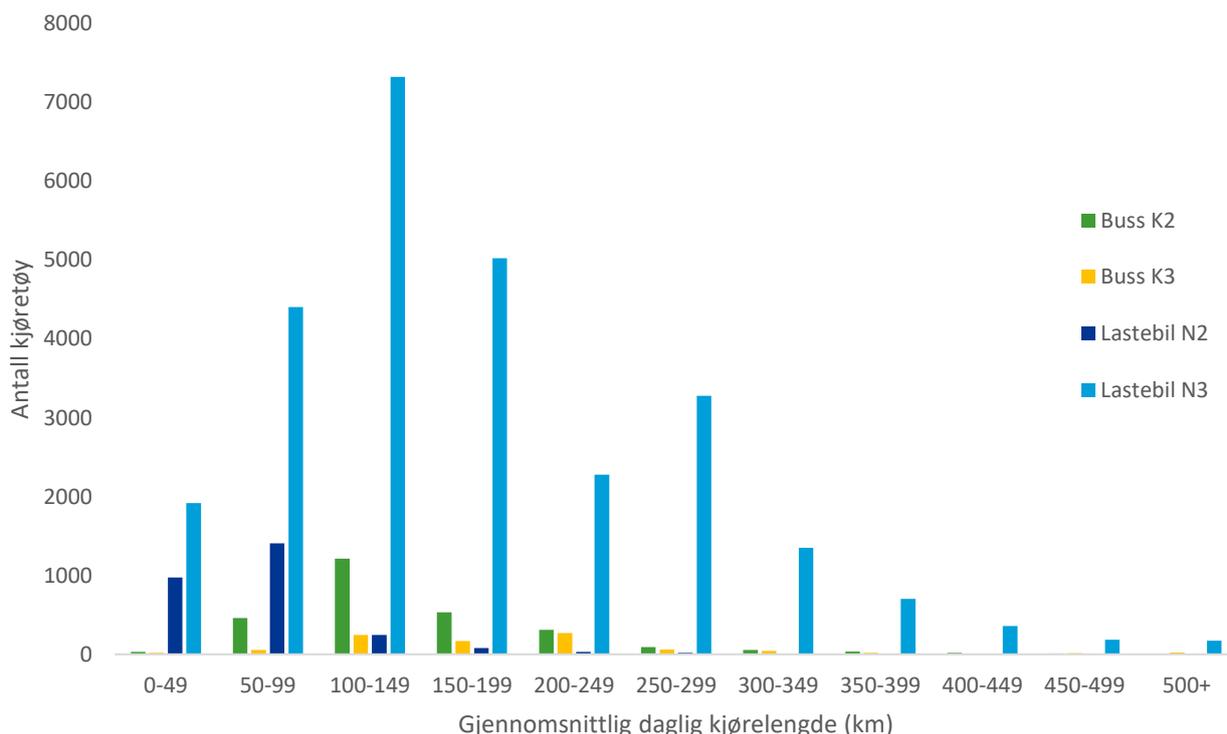
Tabell 5-1: Forventet batterikapasitet, ladekapasitet, energiforbruk og beregnet rekkevidde for nye kjøretøy fram mot 2025

		2020	2021	2022	2023	2024	2025
<b>Buss K2</b>	Batterikapasitet (kWh)	300	360	420	480	540	600
	Ladekapasitet (kW)	350	350	350	350	350	350
	Energiforbruk (kWh/km)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
	Rekkevidde (km)	185	222	258	295	332	369
<b>Buss K3</b>	Batterikapasitet (kWh)	300	360	420	480	540	600
	Ladekapasitet (kW)	350	350	350	350	350	350
	Energiforbruk (kWh/km)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
	Rekkevidde (km)	185	222	258	295	332	369
<b>Lastebil N2</b>	Batterikapasitet (kWh)	100	120	140	160	180	200
	Ladekapasitet (kW)	150	150	250	350	350	350
	Energiforbruk (kWh/km)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	Rekkevidde (km)	100	120	140	160	180	200
<b>Lastebil N3</b>	Batterikapasitet (kWh)	200	300	380	460	540	600
	Ladekapasitet (kW)	150	150	250	350	350	350
	Energiforbruk (kWh/km)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	Rekkevidde (km)	107	160	203	245	288	320

### 5.2.3 Daglig kjørelengdestatistikk

Metoden baserer seg på data fra SSB på gjennomsnittlig daglig kjørelengde per kjøretøy i de aktuelle kjøretøykategoriene. I dette datauttrekket har SSB benyttet sin kjøretøystatistikk for alle registrerte kjøretøy i Norge, beregnet gjennomsnittlig daglig kjørelengde og gruppert kjøretøyene i gitte kilometerspenn. Kjøretøyene er delt inn i de relevante kjøretøyklassene for denne studien.

SSB har delt inn kjøretøyene i to aldersklasser; 0-5 år og 6 år og eldre. Dette fordi nyere kjøretøy opp til 5 år hovedsakelig er segmentet av kjøretøyflåten hvor brukerkrav for nye kjøretøy er satt (TØI, 2019). Flesteparten av de eldre kjøretøyene kjører korte distanser og mange blir veldig lite brukt. Det fokuseres dermed på kjøretøy som er 0-5 år, og fordelingen av de ulike kjøretøytypene i gjennomsnittlig daglig kjørelengder er vist i Figur 5-2.



**Figur 5-2: Distribusjon av nyere (<=5 år) kjøretøy per type over gjennomsnittlig daglig kjørelengde (SSB)**

Figur 5-2 viser at flesteparten av kjøretøyene har gjennomsnittlig daglig kjørelengde på under 200 km. Det er hovedsakelig de tyngste lastebilene som kjører lengre enn dette. Dersom utenlandske lastebiler som kjører på norske veier hadde vært med her ville det sannsynligvis vært betydelig flere kjøretøy i de høyere kilometerkategoriene.

### 5.2.4 Akseptabel ladetid i tjeneste

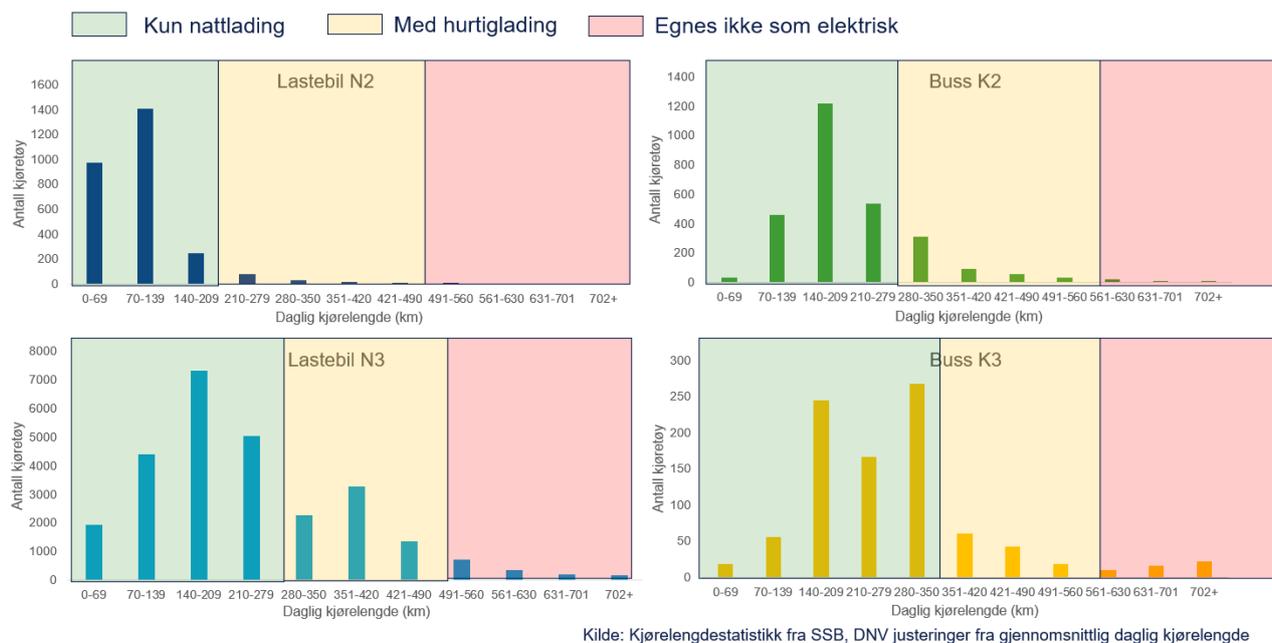
De elektriske kjøretøyene fra framskrivningen i kapittel 4.3 distribueres i kategoriene for daglig kjørte kilometre (Figur 5-2) basert på følgende antagelser:

**Akseptabel tidsbruk for lading** i løpet av dagen er antatt å være 60 minutter. Det vil si at dagens fossile kjøretøy med daglige kjørelengder som ville behøvd lengre tid til lading enn dette i løpet av dagen ikke er av de som elektrifiseres. Dette gjør at fordelingen av elektriske kjøretøy forskyves mot de kortere kilometerkategoriene i forhold til kjøretøyparken som helhet. Denne metoden gjør at de tyngste kjøretøyene som kjører lengst ikke vil være av de som elektrifiseres innen 2025, som er rimelig å forvente. Det er viktig å understreke at en forutsetning om akseptabel tidsbruk for lading i løpet av dagen på 60 minutter ikke betyr at alle kjøretøyene skal lade i 60 minutter i løpet av en dag. Dette er en øvre grense som er satt for å ekskludere kjøretøy som ville hatt behov for mer lading enn dette. For de fleste kjøretøyene vil

daglig ladetid være mindre, som beskrevet i kapittel 6.1. Grunnen til valget av 60 minutter som en øvre grense er at det gir en distribusjon av de elektriske kjøretøyene som vi anser som realistisk gitt dagens kjøremønstre, samt at samtaler med aktører tilsier at det er rimelig å anta at en andel av kjøretøyene i løpet av en dag i tjeneste kan stå stille og lade gjennom et slikt tidsrom. Dette er maksimalt 60 minutter i løpet av en hel dag i tjeneste, og for kjøretøyene som benyttes til flere skift i løpet av en dag fordeles dermed nødvendig ladetid over eller mellom skiftene. Sensitivitetsanalyse på akseptabel tidsbruk for hurtiglading og effekten det har på antall ladepunkter er beskrevet i kapittel 6.2.

**Kjøretøyenes daglige kjørelengde** blir satt til kategoriens gjennomsnitt, og justeres opp med 40% basert på en antagelse om 260 kjøre-/arbeidsdager per år. Dette er fordi SSBs gjennomsnittlige daglige kjørelengde er basert på kjøretøyenes kilometerbestand mellom to målinger delt på antall dager, uten at det er tatt hensyn til dager hvor kjøretøyet eventuelt står stille eller blir mindre brukt. En oppjustering av daglig kjørelengde i forhold til gjennomsnittet vil dermed kunne representere en dag med kjørelengder over gjennomsnittet gjennom et år, noe som er viktig å ta hensyn til ved dimensjonering av ladeinfrastruktur.

Basert på forutsetningene rundt daglig kjørelengde og akseptabel ladetid i tjeneste kan dagens tunge fossile kjøretøy deles inn i tre kategorier for elektrifiseringspotensiale (vist i Figur 5-3); de som kan elektrifiseres kun med nattlading, de som kan elektrifiseres ved hurtiglading i tillegg til nattlading og de som ikke egnes som elektrisk.



**Figur 5-3: Teoretisk potensiale for elektrifisering av dagens tunge kjøretøy**

Kapittel 5.3 viser hvordan de elektriske kjøretøyene i denne studien fordeler seg i kategorier for daglig kjørelengde.

### 5.2.5 Ladestrategi og mulighet for nattlading

Vi legger til grunn en ladestrategi hvor mest mulig av ladebehovet blir dekket av nattlading (eller «lading utenfor tjeneste»), fortrinnsvis på depot, terminal eller lignende. Dette er knyttet til både kostnader og tilgjengelighet. For kjøretøyene som kjører lengre enn rekkevidden i løpet av en dag vil det være behov for lading i løpet av dagen. For kjøremønstre som er innom depot i løpet av dagen vil det være hensiktsmessig å lade her også på dagtid. For kjøretøy hvor dette ikke er tilfelle er det behov for å etablere offentlige hurtigladestasjoner. Det kan også være behov for å etablere offentlige ladere til nattlading for kjøretøy som ikke har tilgang på en egen lader.

## Region- og langdistansebusser

Dagens bussmodeller kan vanligvis lade på opp mot 300-500 kW. Elektriske bybusser i Norge i dag benytter gjerne depotladere på 50-150 kW, kombinert med noen hurtigladere på rundt 300 kW på endeholdeplasser eller andre knutepunkter. Laderne er enten ladeplugger eller pantografer.

**Nattlading/utenfor tjeneste:** Vi antar at dette skjer på dedikerte depotladere med ladeeffekt på 50-150 kW, og at hver buss har et eget ladepunkt. Det bør vurderes om disse kan gjøres tilgjengelige for andre kjøretøy i løpet av dagen.

**Daglading/i tjeneste:** For bussrutene som har behov for lading i løpet av dagen antar vi at dette skjer på hurtigladestasjoner. Det er viktig at bussen får ladet på riktig tidspunkt ifølge rutetabellen. Dette betyr imidlertid ikke nødvendigvis at hver bussrute må ha et dedikert hurtigladepunkt – men her må den enkelte rutens behov vurderes. Dette kan løses enten ved at laderen eies av bussoperatøren og leies ut til andre brukere når den er ledig, eller at laderen er offentlig og at bussoperatøren har booket ladetid på forhånd. Den antas i denne analysen at alt ladebehov i løpet av dagen dekkes av offentlige hurtigladestasjoner. Dersom det passer med bussruten er det også mulig at ladebehov i løpet av dagen også skjer på bussens depotlader, spesielt hvis denne har ladekapasitet på opp mot 150 kW. Dette kan redusere behovet for antall hurtigladere i våre beregninger.

## Lastebiler

De få elektriske lastebilene som er på norske veier i dag har dedikerte ladere på sine depot eller terminaler. Dette er distribusjonsbiler med kjøremønstre som er godt egnet for elektrifisering, da bilene gjerne kjører innom samme sted i løpet av dagen og kan lade ved lasting. Flere lastebiler kan her dele på samme ladestasjon. Noen benytter i tillegg offentlige hurtigladere hovedsakelig etablert for personbiler. Flere av produsentene som har begynt å lansere elektriske lastebiler annonserer at de vil kunne tilby en komplett løsning som inkluderer ladeinfrastruktur tilpasset kjøperens behov.

Selv om lastebilene som finnes i dag har maksimal ladekapasitet på rundt 150 kW er det flere produsenter som har annonsert planer om å øke denne for modeller produsert de neste årene. Mange kjøretøy vil kunne klare seg med lavere ladekapasitet, mens andre vil trenge å kunne lade med høyere ladehastigheter for å kunne gjennomføre dagen uten for lange pauser. Det kan være hensiktsmessig at offentlige hurtigladere bygges ut med høy effekt, for at de skal kunne brukes av flest mulig kjøretøy.

**Nattlading/utenfor tjeneste:** For lastebilene kan lading over natten være litt mer komplisert enn for bussene. Ikke alle lastebiler kommer tilbake til samme depot over natten. I tillegg har ikke nødvendigvis eiere av én eller noen få lastebiler mulighet til å etablere egen ladeinfrastruktur. Det vil dermed her være et større behov for offentlig ladeinfrastruktur, ikke bare for hurtiglading i løpet av dagen, men sannsynligvis også for lading over natten.

Vi antar at 85% av de elektriske lastebilene kan ha tilgang til dedikert lading over natten (enten laveffekts AC eller DC), mens 15% trenger tilgang på offentlig lading over natten. Dette er basert på estimert behov for offentlige nattladepunkter i forhold til scenario for antall lastebiler i EU mot 2030 (ACEA, Transport & Environment, 2021). Vi antar at offentlig nattlading enten skjer på de samme hurtigladere som benyttes i løpet av dagen eller med egne offentlige ladere etablert for nattlading, gjerne med lavere effekt, f.eks. 100-150 kW.

**Daglading/i tjeneste:** For lastebilene som kjører lengre i løpet av en dag enn rekkevidden vil det være behov for lading i løpet av dagen, på dedikerte eller offentlige hurtigladestasjoner.

## 5.2.6 Dimensjonering av ladeinfrastruktur

Basert på vurderingene ovenfor har vi lagt til grunn følgende dimensjonering av **offentlig ladeinfrastruktur**:

- 350 kW DC CCS ladepunkt som kan benyttes av både busser og lastebiler. Kjøretøy med tekniske begrensninger på ladeeffekt som er lavere enn dette vil lade med maksimal tillatt effekt. Det er flere grunner til at 350 kW er valgt som rimelig dimensjonering og ikke høyere:
  - o Dagens CCS-standard går opp til 350 kW og teknologien finnes på markedet
  - o Lastebilmodellene som selges i dag og de neste årene har tekniske begrensninger som gjør at de maksimalt kan lade på 150-250 kW. Disse begrensningene er blant annet satt for å bevare batteriet og fordi produsentene har vurdert at dette er tilstrekkelig for typisk bruk av disse kjøretøyene.
  - o Høyere ladeeffekter, som blant annet forskes på av Megawatt Charging System (MCS) er foreløpig i en tidlig fase, og har utfordringer knyttet blant annet nettkapasitet, sikkerhet og betjening.
- 50-150 kW CCS ladepunkt, hovedsakelig for nattlading av lastebiler som ikke har tilgang til depotlader. For de større lastebilene med stadig større batterikapasitet vil nok offentlig nattlading på 150 kW være mest relevant.

Kapasiteten på nattladere påvirker ikke resultatene i modelleringen, da det uansett er regnet med at nattlading gir fullt batteri på morgenen, men basert på ladebehov og teknologi kan en hensiktsmessig dimensjonering for **dedikerte ladere på depot/terminal** være:

- Region- og langdistansebusser:
  - o På depot: 50-150 kW DC CCS ladepunkt
  - o Dersom det er hensiktsmessig for enkelte faste bussruter, for eksempel ekspressbusser, kan pantograflading på endeholdeplasser og depot vurderes
- Lastebiler:
  - o Hjemme/på depot/terminal: 50-150 kW DC CCS ladepunkt eller 22 kW AC ladepunkt, som er betydelig billigere, dersom tiden kjøretøyet står parkert er tilstrekkelig lang nok til å lade opp batteriet og kjøretøyet tillater AC-lading. 22 kW AC vil nok være mest relevant for mindre lastebiler av typen N2 på grunn av mindre batterier. Ved lokal/regional distribusjon hvor bilene er tilbake på depot i løpet av dagen vil det være hensiktsmessig å etablere ladere med høy effekt, typisk 150 kW for dagens kjøretøymodeller, som kan benyttes i løpet av dagen. Dette kan også redusere behovet for antall depotladere ved at flere kjøretøy kan dele på én lader.

Tabell 5-2 oppsummerer dimensjonering av offentlig og dedikert ladeinfrastruktur.

Tabell 5-2: Dimensjonering av ladeinfrastruktur

Kjøretøytype	Forventet batterikapasitet	Dimensjonering av ladeinfrastruktur			
		På depot/terminal		Offentlig	
		Natt/Normal	Hurtig	Natt/Normal	Hurtig
Buss K2	300-500 kWh	50-150 kW CCS	150/350 kW CCS		350 kW CCS
Buss K3	300-500 kWh	50-150 kW CCS	150/350 kW CCS		350 kW CCS
Lastebil N2	100-200 kWh	22 kW AC/50 kW CCS	150 kW CCS	50-150 kW CCS	350 kW CCS
Lastebil N3	200-600 kWh	50-150 kW CCS	150 kW CCS	50-150 kW CCS	350 kW CCS

### 5.2.7 Kostnader og utnyttelsesgrad for hurtigladere

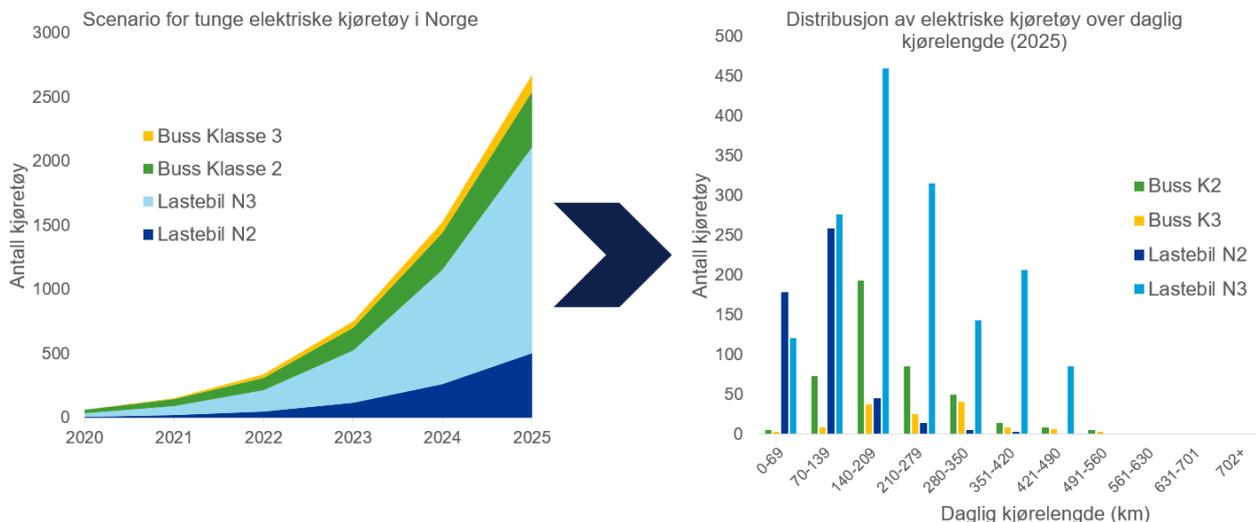
Valg av dimensjonering av hurtigladere og kostnader for disse har blitt benyttet til lønnsomhetsberegninger som presenteres i kapittel 7. Sammenhengen mellom utnyttelsesgrad og lønnsomhet har vært med på å bestemme hvilken utnyttelsesgrad det er rimelig å anta at ladestasjonene har i beregningene.

Hurtigladernes utnyttelsesgrad antas å øke fra 5% i 2021 til 10% i 2025 av tid på døgnet. Dette er basert på vurderinger knyttet til lønnsomhet, antall kjøretøy med behov for hurtiglading og nødvendig ladetid, samt vurderinger rundt utvikling i bruk av ladestasjoner.

- Ved en gjennomsnittlig ladetid på 25 minutter innebærer 5% utnyttelsesgrad at omtrent 3 kjøretøy er innom hvert ladepunkt i løpet av dagen, og 10% utnyttelsesgrad at omtrent 6 kjøretøy er innom hvert ladepunkt i løpet av dagen. Hvor mye energi som blir levert i løpet av denne tiden og hvor høy utnyttelsesgraden er av teoretisk maksimal kapasitet ladestasjonen kan levere avhenger av kjøretøyets ladekapasitet.
- Realistisk utnyttelsesgrad vil variere mye med geografisk plassering – det er ikke realistisk at en ladestasjon i Finnmark vil ha like høy utnyttelsesgrad som en ladestasjon i nærheten av Oslo.

### 5.3 Beregning av energiforbruk og ladebehov

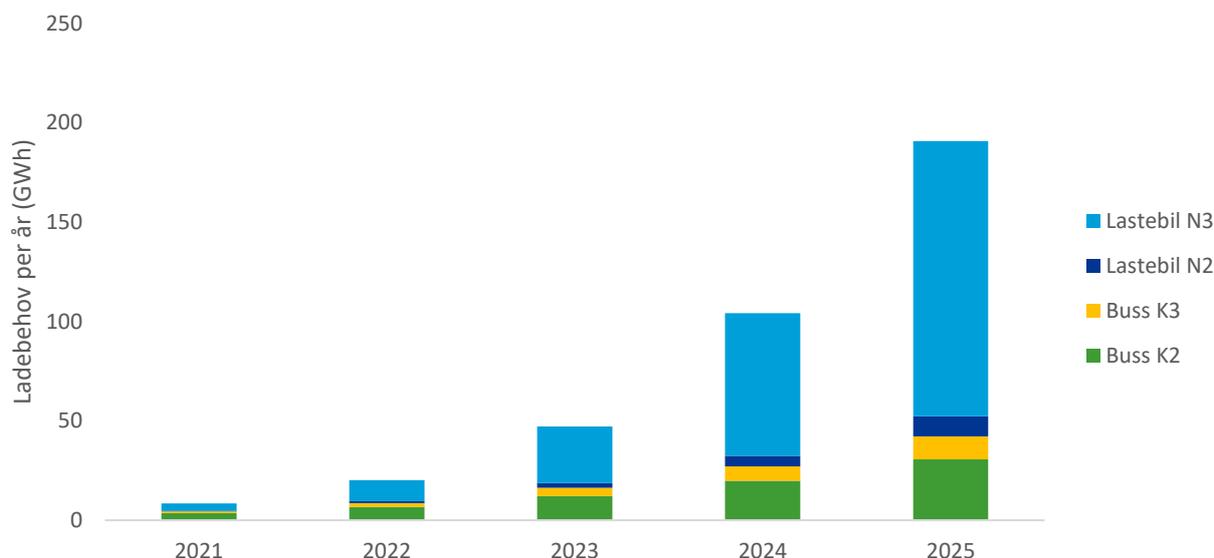
Figur 5-4 viser scenarioet for tunge elektriske kjøretøy i Norge og fordeling av de elektriske kjøretøyene i 2025 i grupperinger for daglig kjørte kilometer. Dette er basert på SSBs kjørelengdestatistikk og antagelsen om akseptabel ladetid i løpet av dagen. Som beskrevet i 5.2.4 er gjennomsnittlig daglig distanse justert opp med 40% for å være representativt for en dag med kjørelengde over gjennomsnittet. Antagelsen om 60 minutter maksimal akseptabel ladetid i løpet av en dag gjør at fordelingen er noe forskjøvet mot de kortere km-kategoriene i forhold til dagens fordeling fra SSB (Figur 5-2). Ettersom maksimal ladekapasitet for lastebiler er forventet å øke med årene innebærer denne metoden at lastebilene som elektrifiseres først har kortere daglig kjørelengder enn de som elektrifiseres i 2025.



**Figur 5-4: Distribusjon av elektriske kjøretøy i 2025 over estimert daglig kjørelengde.**

En kunne i prinsippet sagt at kun kjøretøy med daglig kjørelengde kortere enn kjøretøyenes rekkevidde blir elektrifisert og at dermed alt energibehovet kan dekkes ved lading over natten. Vi vurderer det som mer realistisk å distribuere de elektriske kjøretøyene slik som her, basert på hele kjøretøyparken opp til en viss tillatt grense for hurtigladetid. En grunn til dette er at kjøretøyene som blir erstattet av elektriske varianter bør brukes og at en ikke vil investere i elektriske kjøretøy som står stille store deler av dagen.

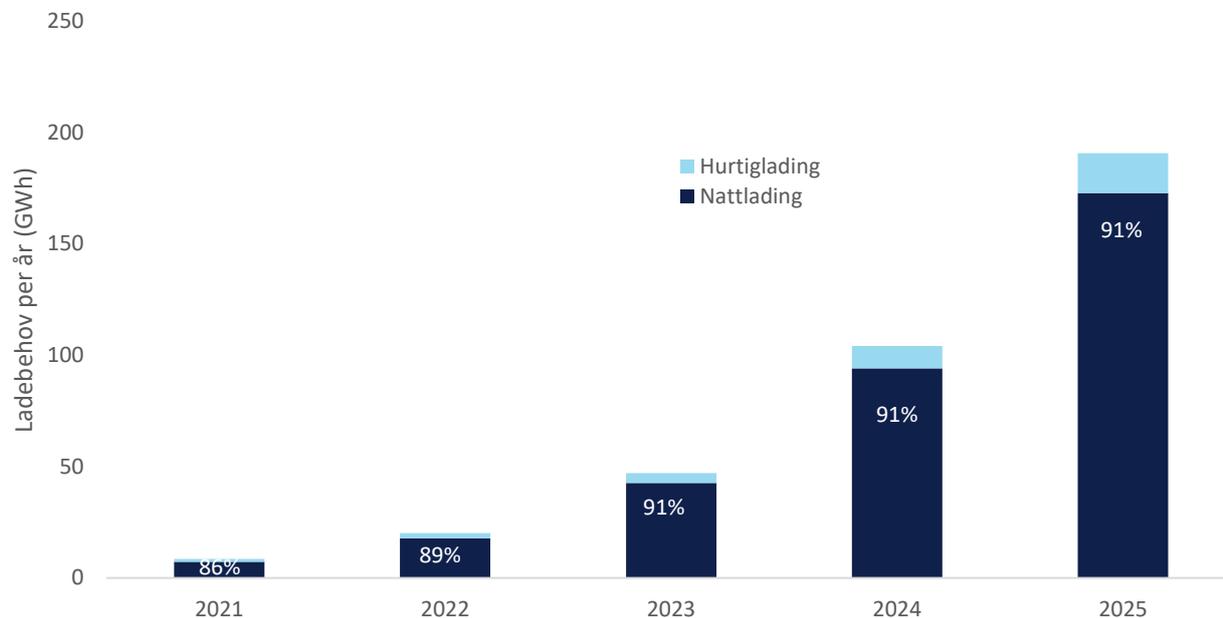
Basert på daglig kjørelengde og antagelsene i kapittel 5.2 har vi beregnet energiforbruk, og dermed ladebehov, for kjøretøyene per år. Figur 5-5 viser resultatet for samlet ladebehov per år per kjøretøytype fra 2021 til 2025.



**Figur 5-5: Utvikling i ladebehov per år per kjøretøytype**

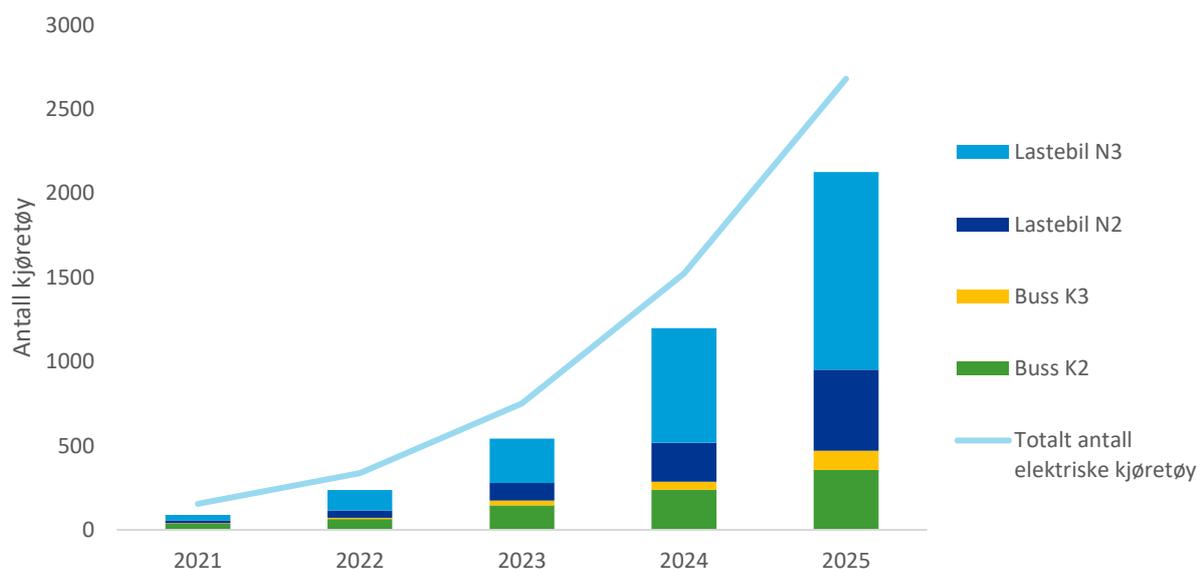
Figur 5-6 viser hvordan kjøretøyenes samlede ladebehov fordeles mellom nattlading og hurtiglading, gitt forutsetningene om at alle kjøretøyene kan lade til fullt batteri i løpet av natten. Omtrent 90% av ladebehovet kan dekkes av nattlading på depot. Økende batteristørrelser bidrar både til å øke andelen av ladebehovet som kan dekkes av depotlading, men også, sammen med økende ladekapasiteter, til at kjøretøy med lengre kjørelengder elektrifiseres, noe som øker

andelen hurtiglading. Selv om det kun er en liten andel av total energimengde som må komme fra hurtiglading i løpet av dagen gjelder det en større andel av kjøretøyene. De fleste må kun innom en hurtigladestasjon i noen minutter i løpet av dagen for å «toppe opp» batteriet.

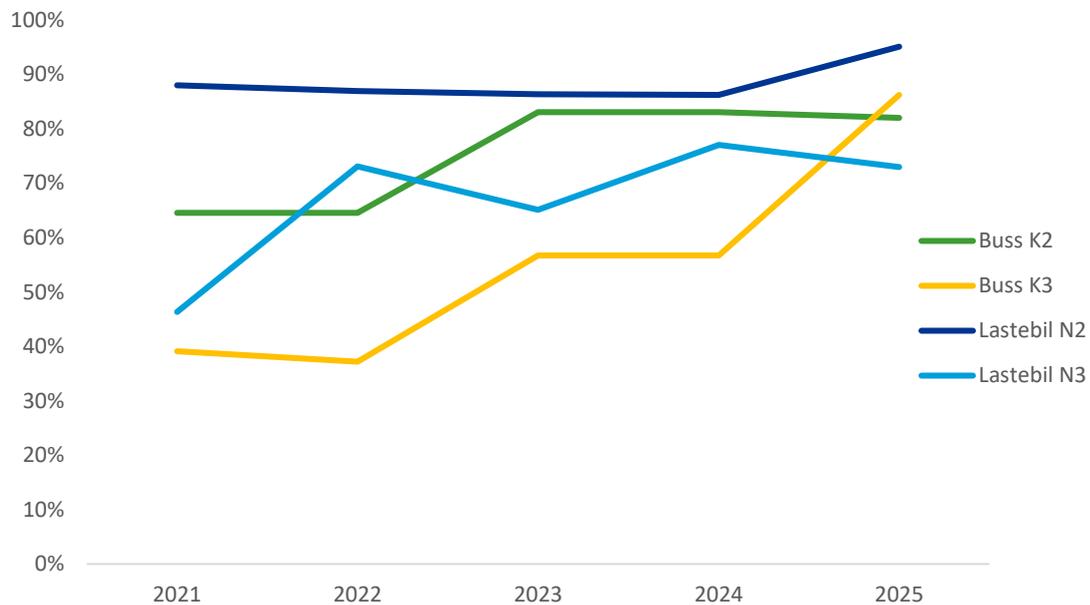


**Figur 5-6: Ladebehov per døgn i 2025 per kjøretøytype fordelt mellom nattlading og hurtiglading**

Figur 5-7 og Figur 5-8 viser henholdsvis antall kjøretøy og prosentandel av de elektriske kjøretøyene innenfor hver klasse som kan klare seg kun med nattlading og ikke har behov for hurtiglading i løpet av dagen. Økende batterikapasitet bidrar til å øke andelen kjøretøy som klarer seg kun med nattlading, mens økende ladehastighet for lastebiler bidrar til å redusere andelen, ved at flere kjøretøy med lengre kjørelengde kan elektrifiseres innenfor akseptabel tid til hurtiglading. Totalt sett øker prosentandelen av de elektriske kjøretøyene som klarer seg kun med nattlading. Figur 5-7 viser at det i 2025 er 2125 av de 2680 elektriske kjøretøyene som kun har behov for nattlading og ikke trenger tilgang på hurtigladere.



**Figur 5-7: Antall kjøretøy som kun trenger nattlading, sammenlignet med totalt antall elektriske kjøretøy**



**Figur 5-8: Prosentandel av elektriske kjøretøy som kun trenger nattlading**

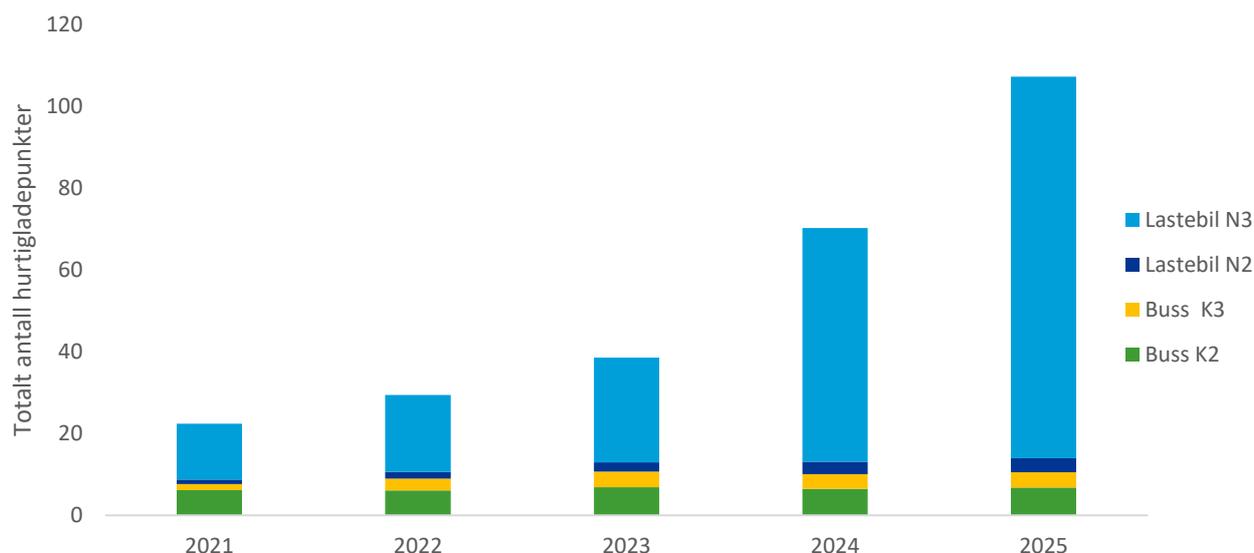
## 6 RESULTAT: BEHOV FOR LADEINFRASTRUKTUR FOR TUNGE KJØRETØY MOT 2025

I dette kapitlet presenteres resultatene for behov for ladeinfrastruktur for elektriske tunge kjøretøy mot 2025. Basert på ladebehovet, dimensjonering av ladeinfrastruktur, forutsetninger for ladernes utnyttelsesgrad og kjøretøyenes maksimale ladekapasitet er det beregnet et behov for antall offentlige hurtigladerpunkter, dedikerte og offentlige nattladerpunkter.

Kjøretøyenes daglige behov for hurtiglading, det vil si daglig energiforbruk (kWh) som ikke kan dekkes av nattlading, deles på kjøretøytypenes gjennomsnittlige ladekapasitet (kW) for å komme fram til hvor lenge kjøretøyene innenfor hver kjørelengdekategori må lade i løpet av en dag. Antagelser rundt hurtigladerstasjonenes utnyttelsesgrad, presentert i kapittel 5.2.7, bestemmer hvor mange hurtigladerpunkter det er behov for for å dekke ladebehovet. Dette er en enkel analyse som ser på aggregert antall kjøretøy og ladebehov for Norge som helhet for å beregne et antall hurtigladerpunkter. I tillegg til at det er knyttet usikkerhet til forventet antall elektriske kjøretøy vil kjøretøyene komme ujevnt geografisk, og realistisk utnyttelsesgrad av ladestasjoner vil også variere med lokasjon. Ladepunktene vil dermed også fordeles ujevnt geografisk etter behov. Offentlige hurtigladerstasjoner vil typisk bestå av flere ladepunkter – hvor mange ladepunkter som er hensiktsmessig å samle på ett sted avhenger av lokasjon, og vil også øke med utviklingen av antall kjøretøy.

### 6.1 Antall ladepunkter for tunge kjøretøy mot 2025

Figur 6-1 viser resultater fra modelleringen av behov for antall hurtigladerpunkter mot 2025 per kjøretøytype. Gitt forutsetningene beskrevet over er det et behov for 107 hurtigladerpunkter i 2025. De aller fleste ladepunktene er knyttet til N3-lastebiler, både fordi antallet av disse er høyest, de kjører lengre distanser og fordi de i forhold til busser har lavere maksimal ladekapasitet de første årene. Totalt antall ladepunkter er uavhengig av om de ulike kjøretøytypene benytter samme hurtiglader eller ikke. Effekten av variasjoner i forutsetninger på antall hurtigladerpunkter illustreres i sensitivitetsanalysen i kapittel 6.2.



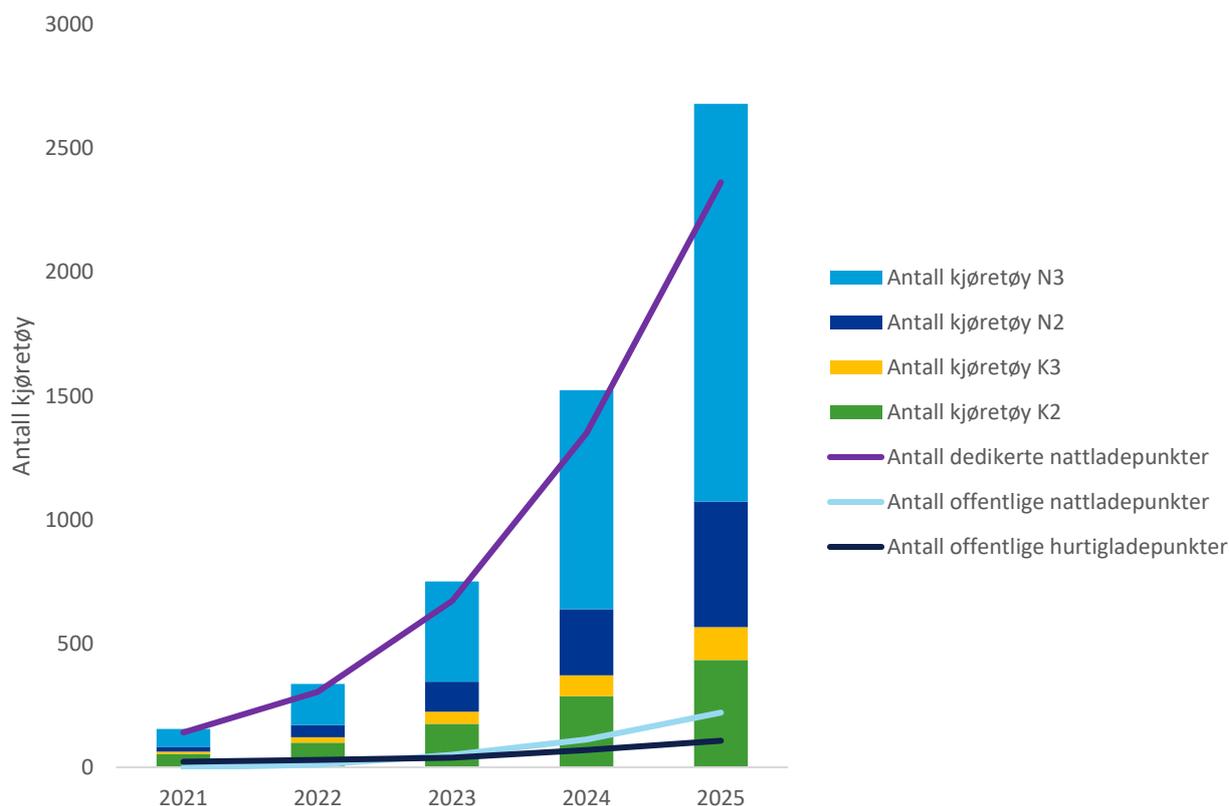
**Figur 6-1: Beregnet antall hurtigladerpunkter som er nødvendig per kjøretøytype**

Vi forventer at det vil være behov for av flesteparten av disse hurtigladerpunktene er offentlige. Akkurat hvor mange som vil være offentlige avhenger av kjøremønstre og transportselskapenes valg av ladestrategi. Behovet for offentlige hurtigladerstasjoner kan reduseres noe dersom kjøretøyene har kjøremønstre som gjør at nødvendig lading i løpet av

dagen kan gjøres på depot eller terminal, slik som for eksempel ASKO, Posten eller enkelte bussruter gjør i dag. Ifølge analyser av TØI er det derimot en relativt liten andel av dagens lastebiler som er innom startstedet i løpet av dagen (TØI, 2019). Ladere på terminaler eller logistikkentre kan også være «delvis offentlige», ved at de for eksempel deler av tiden er reservert. Både offentlige og eventuelle «delvis offentlige» og dedikerte hurtigladere er inkludert i beregnet behov for hurtigladepunkter.

Figur 6-2 viser resultatet for behov for offentlige hurtigladepunkter, dedikerte nattladepunkter og offentlige nattladepunkter sammenlignet med antall kjøretøy. Her er det antatt at alle hurtigladepunktene det er beregnet behov for vil være offentlige. Figuren viser at det i 2025 er behov for rundt 2360 dedikerte nattladepunkter og 220 offentlige nattladepunkter i tillegg til de 107 offentlige hurtigladepunktene for at alle kjøretøy skal ha tilgang til et ladepunkt over natten.

Som beskrevet i kapittel 5.2.5 er det lagt til grunn at alle kjøretøyene har mulighet til å lade over natten, og at 15% av lastebilene må benytte offentlig nattlading, enten fordi de ikke etablerer egne ladere på depot eller fordi noen av kjøretøyene ikke parkerer på samme sted hver natt. Fordelingen mellom dedikerte og offentlige nattladere kan bli annerledes dersom flere eller færre lastebileiere etablerer egne nattladere. Dette vil blant annet avhenge av kjøremønstre og kostnadsforskjellen mellom de to alternativene. Dersom offentlige hurtigladere ikke benyttes til nattlading, for eksempel hvis ladekostnaden vurderes som for høy, vil også behovet for offentlige nattladere med eventuell lavere ladekostnad kunne øke.



**Figur 6-2: Antall kjøretøy og tilhørende behov for ladepunkter**

Forventet økt batterikapasitet og dermed lengre rekkevidde, høyere hurtigladehastighet og høyere utnyttelsesgrad av hurtigladestasjonene gjør at behovet for hurtigladere øker med lavere tempo i forhold til antall kjøretøy og antall nattladere.

Antall nattladepunkter er som beskrevet basert på at alle kjøretøyene har mulighet til å koble seg til en lader på natten, for at alle skal kunne starte dagen med fullt batteri. Det er ikke nødvendigvis behov for ett nattladepunkt per kjøretøy for å oppnå dette, det kan også oppnås ved at flere kjøretøy deler på ett ladepunkt og bytter på å lade, men dette krever at noen kobler inn og ut kjøretøy i løpet av natten. En nattlader med flere ladepunkter og smart effektstyring kan fordele effekt mellom kjøretøyene i forhold til når de skal kjøre, hvilken rekkevidde eller batteristatus kjøretøyet ønsker.

Det er i analysen antatt at alle kjøretøy maksimalt kan hurtiglade 60 minutter per dag. Beregningene viser at et vektet snitt av tid hvert kjøretøy som trenger hurtiglading lader i 25 minutter per dag. For tunge lastebiler (N3) lader de aller fleste opptil 10-35 minutter, mens en mindre prosentandel har behov for å hurtiglade opp mot 60 minutter per dag. Gjennomsnittlig antall kjøretøy per hurtigladerpunkt øker med antall elektriske kjøretøy, fra 3 i 2021 til 6 i 2025.

## 6.2 Sensitivitetsanalyse

Resultatene for behov for hurtiglading og antall ladepunkter i 2025 henger med sammen med forutsetningene som ligger til grunn for beregningsmodellen. Tabell 6-1 og Figur 6-3 viser at utfallsrommet for hurtigladerbehovet i sensitivitetsanalysen er fra 19 til 162 ladepunkter, med tilhørende hurtigladebehov som varierer fra 3 til 27 GWh. En reduksjon i hvor lenge hvert kjøretøy kan stoppe for å lade i løpet av en dag gir den største reduksjonen i behovet for hurtiglading. Den endringen i sensitivitetsanalysen som øker behovet for offentlige hurtigladerpunkter mest er om bestanden av elektriske kjøretøy øker i tråd med det høye utfallsrommet beskrevet i kapittel 4.3.4.

**Tabell 6-1: Oversikt over sensitiviteter og resultater.**

	Lavt Scenario			Hovedscenario			Høyt Scenario		
	Input	Antall hurtigladerpunkter	Hurtig-ladebehov (GWh)	Input	Antall hurtigladerpunkter	Hurtig-ladebehov (GWh)	Input	Antall hurtigladerpunkter	Hurtig-ladebehov (GWh)
Gjennomsnittlig tilgjengelig batteristørrelse	420 kWh	52	9	350 kWh	107	18	280 kWh	155	26
Antall elektriske lastebiler og busser	1615 kjøretøy	64	11	2680 kjøretøy	107	18	3968 kjøretøy	162	27
Maksimalt tillatt daglig ladetid i tjeneste	30 minutter	19	3	60 minutter	107	18	90 minutter	131	22
Antall kjøretøy per ladepunkt for lading utenfor tjeneste	1 kjøretøy	107	18	1 kjøretøy	107	18	1,5 kjøretøy	145	24
Energibruk per kilometer	1,1 kWh/km	65	11	1,2 kWh/km	107	18	1,3 kWh/km	114	19

**Gjennomsnittlig batteristørrelse.** Dersom kjøretøyenes batterikapasitet økes eller reduseres med +/- 20 prosent, varierer behovet for offentlige hurtigladerpunkter med nesten +/- 50 prosent. Så lenge kjøretøyene opererer innenfor

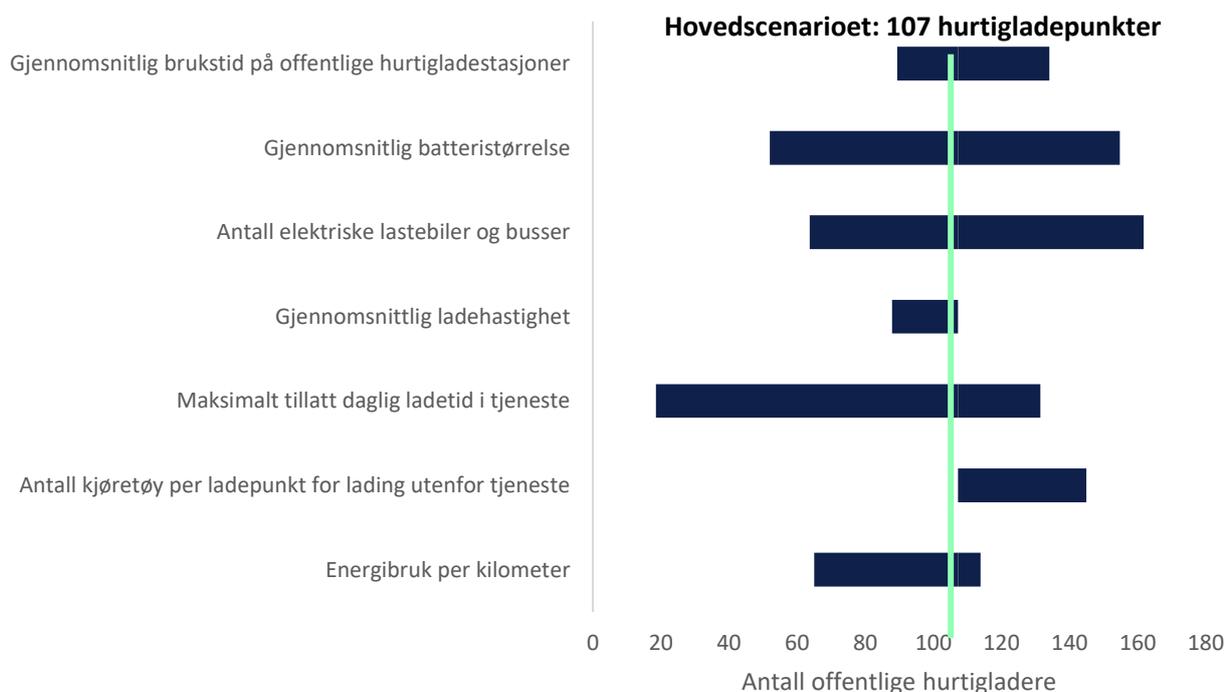
maksimalt tillatt daglig ladetid, er batterikapasiteten dermed en viktig driver for resultatene. Dersom batteriene er mindre enn antatt ekskluderes kjøretøy med lang daglig kjørelengde, men til gjengjeld må kjøretøy med få kjørte kilometer per dag lade oftere. Siden mange kjøretøy kjører kort øker behovet for hurtigladepunkter mer på grunn av disse, enn det synker på grunn av de som kjører langt.

**Antall elektriske lastebiler og busser.** Alt annet likt øker behovet for ladestasjoner proporsjonalt med antall elektriske kjøretøy på veien i 2025. I realiteten kan det være ledig kapasitet på installerte hurtigladepunkter som gjør at antallet ikke behøver å øke i samme takt som antall kjøretøy, men dette er det ikke tatt hensyn til i figuren under. I sensitivitetsanalysen er det lagt til grunn at 1615 elektriske kjøretøy gir et hurtigladepunktbehov på 64, mens i det høye scenarioet gir 3968 kjøretøy et behov for 162 hurtigladepunkter.

**Maksimalt tillatt ladetid i tjeneste (hurtiglading i løpet av dagen).** I hovedscenarioet er et vektet gjennomsnitt av daglig ladetid på offentlige hurtigladestasjoner 25 minutter per kjøretøy. Dersom maksimalt tillatt ladetid i tjeneste reduseres fra 60 til 30 minutter vil elektrifisering kun være et alternativ for kjøretøy med kortere daglig kjørelengde. Resultatet er at behovet for offentlige hurtigladerer reduseres. Sensitivitetsanalysen viser at en grense på 30 minutter offentlig hurtiglading per dag reduserer behovet for antall offentlige hurtigladepunkter til 19, mens en økning i tillatt ladetid til 90 minutter øker behovet for hurtigladepunkter til 131.

**Antall kjøretøy per ladepunkt for lading utenfor tjeneste (nattlading).** I hovedscenarioet er det lagt til grunn at alle elektriske lastebiler og busser kan fullades på hjemme-, depotladere eller offentlig nattlader eller hurtiglader når kjøretøyet er utenfor tjeneste. Dersom antakelsen heller er 1,5 kjøretøy per ladepunkt øker behovet for offentlige hurtigladerer fra 107 ladepunkter til 145. Dette er fordi denne antagelsen innebærer at en del av kjøretøyene ikke får ladet hver natt.

**Energibruk per kilometer.** Lavere energibruk per kilometer reduserer ladebehovet i tjeneste og dermed behovet for antall hurtigladepunkter. Dersom energibruken er høyere enn antatt i hovedscenarioet øker ikke behovet for antall hurtigladepunkter tilsvarende. Det henger sammen med at flere kjøretøy blir ekskludert fordi høyt energiforbruk gir økt ladebehov og da brytes betingelsen om hvor lenge kjøretøyene kan lade i løpet av en dag.



**Figur 6-3: Utslag på antatt behov for offentlige hurtigladerpunkter ved endring i viktige forutsetninger.**

### 6.3 Geografisk plassering av ladestasjoner

Hvor det er hensiktsmessig å plassere hurtigladestasjoner er svært avhengig av kjøremønstrene til kjøretøyene som skal bruke de. Selv om det i resultatene presentert over fokuseres på offentlige hurtigladestasjoner kan det som nevnt være relevant for enkelte typer kjøremønstre at noen av disse erstattes av dedikerte eller «delvis offentlige» hurtigladere på depoter, terminaler og logistikkentre. For region- og langdistansebusser som kjører faste ruter kan det være hensiktsmessig å etablere hurtigladestasjoner på bussterminaler, flyplasser og andre transportknutepunkter. Disse kan gjøres tilgjengelig for andre typer kjøretøy når de ikke er i bruk dersom en får til en god logistikkjørløsning på dette. Det samme gjelder lastebiler med noen typer kjøremønstre innenfor lokal og regional distribusjon. For alle andre busser og lastebiler som ikke kjører innom slike terminaler vil det være behov for offentlig hurtiglading på bensinstasjoner eller andre relevante stoppesteder.

Plassbehov er en utfordring, da både selve laderen og spesielt kjøretøyet vil oppta store arealer, og en må utforme området på andre måter enn for personbiler. Bensinstasjoner som allerede tilbyr dieselfylling til lastebiler kan heller ikke erstatte denne plassen med ladestasjoner. Hvor det er relevant å bygge ladestasjoner for tungtransport på er helt avhengig av arealet som er tilgjengelig. Lokasjoner hvor kjøretøyene uansett står parkert når sjåførene har pause og dermed har tilstrekkelig med plass vil være hensiktsmessige lokasjoner for ladestasjoner til tungtransport. Dette kan være truckstasjoner, hvileplasser og andre steder hvor sjåførene stopper for å kjøpe mat.



**Figur 6-4: Døgnhvileplasser i Norge (Statens Vegvesen, 2021)**

Etter hvert som batterikapasiteten og rekkevidden på nye elektriske kjøretøy øker kan lading i økende grad knyttes opp mot krav til kjøre- og hviletid for veitransport i EØS-området. For førere av kjøretøy med registrert totalvekt på over 3500 kg eller mer enn 9 sitteplasser er regelen at føreren må ha 45 minutters pause etter maksimalt 4,5 time, samt døgnhvile på 11 sammenhengende timer eller minst 3+9 timer hvert døgn (Statens Vegvesen, 2021).

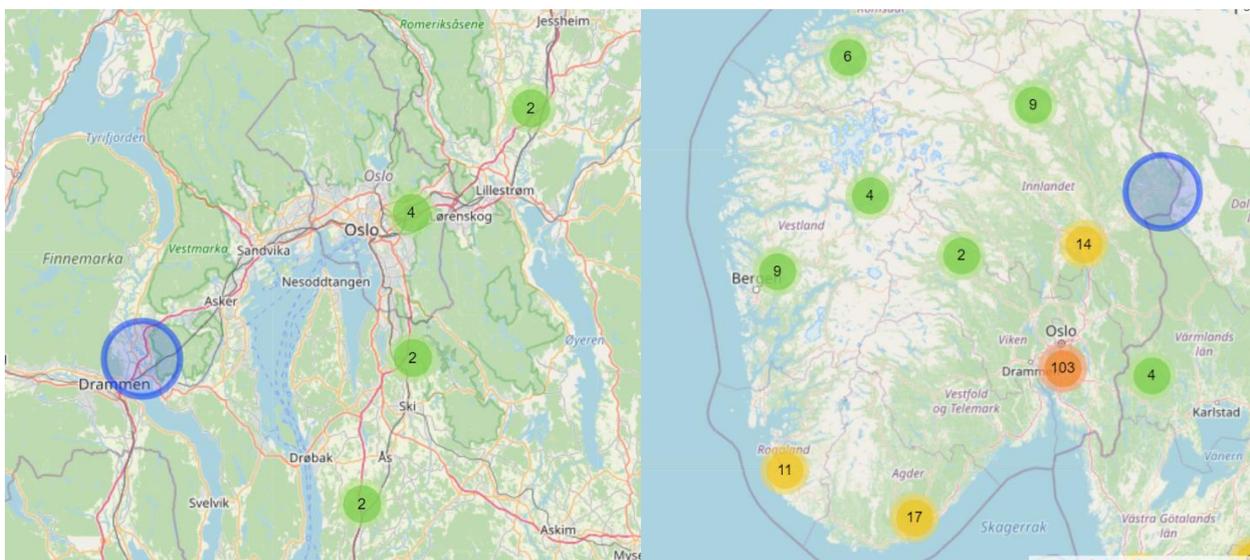
I dag er det omtrent 50 døgnhvileplasser for tungtransport langs de viktigste transportkorridorene i Norge, vist i Figur 6-4. Disse er forbeholdt sjåfører som skal gjennomføre pause eller døgnhvile. Målet i nasjonal transportplan er 80 døgnhvileplasser innen 2024, som skal være lokalisert med ikke mer enn om lag 2,5 timers kjøring mellom. I NTP beskrives det også at behov for størrelse på hvileplasser med sees i sammenheng med etablering av ladestasjoner/hydrogenstasjoner. Disse døgnhvileplassene vil være gode lokasjoner for etablering av offentlig ladeinfrastruktur, spesielt etter hvert som langtransport skal elektrifiseres. Dette beskrives videre i kapittel 6.4. Før 2025 kan døgnhvileplassene rett utenfor de store byene være gode lokasjoner for offentlig hurtiglading og nattlading for regional transport, samt

andre stoppesteder langs transportkorridorene. På grunn av høye effektbehov vil det være viktig å opprette tidlig dialog med nettselskapet i området slik at valgt lokasjon for hurtiglading ikke er et sted hvor en må vente i årevis på store og dyre nettutbygginger for å få nettilknytning. Et alternativ til dette er å benytte batteribank, men dette innebærer også høye kostnader, som beskrevet i kapittel 7.

European Automobile Manufacturers Association (ACEA) har laget en rapport om nødvendig antall ladepunkter for elektrisk tungtransport i EU mot 2025 og 2030 (ACEA, 2021), (ACEA, Transport & Environment, 2021). I den forbindelse har de i samarbeid med Fraunhofer ISI også analysert GPS-koordinatene til 400 000 lastebiler i Europa for å se på egnede ladelokasjoner delt inn i regional transport og langtransport. Resultatene er publisert både som en rapport

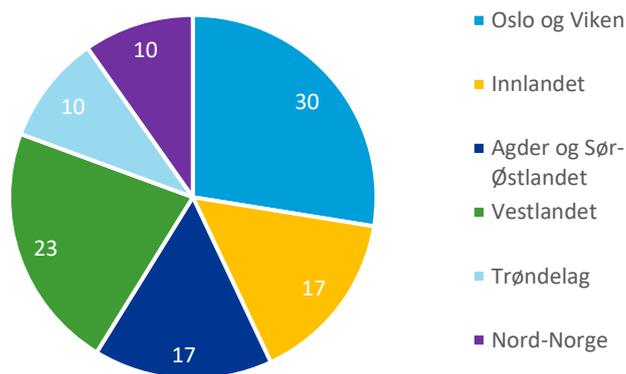
(Fraunhofer ISI, 2021) og som interaktive kart hvor en kan zoome helt inn på spesifikke lokasjoner – også i Norge (ACEA, 2021), (ACEA, 2021). Figur 6-5 vFigur 6-5iser utsnitt av de interaktive kartene.

ACEA skiller mellom ladelokasjoner for regional transport og langtransport fordi elektrifisering av godstransport på vei vil begynne med kortere distanser, og det er dermed nødvendig å sikre nødvendig ladeinfrastruktur til regional transport på kort sikt. Langtransport bruker mange av de samme stopplokasjonene som regional transport, men det er noen viktige forskjeller. Regional transport er definert som kjøretøy som bruker mer enn 90% av tiden innenfor en radius på 200 km fra «hjemme»/depot, mens langtransport kjører lengre enn dette. For de to kategoriene av kjøretøy ble stopp innenfor en radius på 200 meter samlet i klynger. Klyngene som hadde mer enn 100 stopp i året og ble brukt av kjøretøy fra minst tre ulike produsenter ble definert som egnet for framtidig utvikling av ladeinfrastruktur.



**Figur 6-5: Utsnitt fra ACEA/Fraunhofer ISI sitt interaktive kart over egnede ladelokasjoner for regional transport (venstre) og langtransport (høyre) i Norge (ACEA, 2021)**

De 107 hurtigladepunktene for tungtransport som modellresultatene i kapittel 6.1 viser at det er behov for i Norge i 2025 vil fordeles rundt i landet etter hvor behovet er. Basert på statistikken over geografisk fordeling av transportkilometer for godstransport og busser, presentert i kapittel 4.1.1, kan fordelingen av hurtigladepunkter i landsdeler se ut som i Figur 6-6. Det er viktig å påpeke at hvor transportkilometerne er og hvor det er kjøretøy som passer seg for elektrifisering kan avvike. Kjøretøy i byene kjører gjerne kortere daglige distanser enn kjøretøy i distriktene.



**Figur 6-6: Potensiell fordeling av ladestasjoner i landsdeler basert på transportkilometer**

## 6.4 Ladebehov etter 2025

Et slags vendepunkt for elektrifisering av langtransport vil være når det kommer modeller som kan kjøre 4,5 timer uten å lade, på grunn av krav til hviletid. Ved en gjennomsnittshastighet på 80 km/t kommer kjøretøyet 360 km på 4,5 timer. Selv om det fra flere produsenter annonseres nye modeller med rekkevidder på opp mot 400 km vil realistisk rekkevidde

betydelig lavere og det må videre teknologiutvikling til for å komme hit. Det forventes at det rundt 2025 skal komme modeller på markedet som kan ha lang nok rekkevidde. Tesla Semi skal ha (teoretisk) rekkevidde på opp mot 800 km. Volvo har for eksempel annonsert at det vil komme tyngre elektriske modeller på markedet i 2025 som typisk vil brukes til langtransport, med totalvekt på 50 tonn og rekkevidde på 500 km. Da bør det ha blitt bygd ut et ladeinfrastrukturnettverk på døgnhvileplasser langs de mest trafikkerte transportkorridorene.

Den obligatoriske pausen fra kjøre- hviletidsbestemmelsene på 45 minutter stiller også krav til ladekapasiteter som er høye nok til å lade batteriet tilstrekkelig opp på denne tiden. En tung lastebil med 600 kWh batterikapasitet, med tilhørende realistisk rekkevidde på 300-350 km trenger en ladekapasitet på 800 kW for å lade opp 80% av batteriet på 80% av maks ladekapasitet. For å legge til rette for elektrisk langtransport er det dermed avgjørende å utvikle både kjøretøy, ladeteknologi og ladestandarder, slik det jobbes med i Megawatt Charging System (MCS), samt å forberede seg på å håndtere utfordringene så høye ladeeffekter medfører.

ACEA estimerer at det vil være 40 000 elektriske lastebiler i EU (inkludert UK) i 2025, og at det er behov for 11 000 høyeffekts offentlige og dedikerte, også kalt semi-offentlige, ladepunkter (minst 350 kW, men fokusere på MCS) i urbane områder og langs motorveier. I tillegg har hver lastebil behov for et lavere effekts ladepunkt til nattlading på depot eller offentlig. For å legge til rette for elektrisk langtransport presenterer ACEA et behov for minst én hurtigladestasjon med minimum 4 ladepunkter per 100 km innen 2025 og minst én per 50 km innen 2030 på de transeuropeiske transportnettverk (TEN-T) core network, samt at minst ett ladepunkt per stasjon må være tilgjengelig for langdistansebusser (ACEA, 2021) (ACEA, Transport & Environment, 2021). TEN-T Core Network består av de ni viktigste transportkorridorene i Europa.

I juli 2021 fulgte EU-kommisjonen opp med et forslag til regulering for innfasing av infrastruktur for alternative drivstoff. For elektrisk tungtransport foreslås det følgende ambisiøse mål for medlemslandene (European Commission, 2021):

- Langs TEN-T core network skal det være offentlig tilgjengelige ladestasjoner dedikert til tungtransport med en maksimal avstand på 60 km som oppfyller følgende kriterier:
  - o Innen 31. desember 2025 skal hver «ladepool» tilby en effekt på minst 1400 kW og inkludere minst ett ladepunkt med effekt på minst 350 kW.
  - o Innen 31. desember 2030 skal hver «ladepool» tilby en effekt på minst 3500 kW og inkludere minst to ladepunkter med effekt på minst 350 kW.
- Langs TEN-T comprehensive network, altså veier som skal dekke alle regioner i EU, skal det være offentlig tilgjengelige ladestasjoner dedikert til tungtransport med en maksimal avstand 100 km som oppfyller følgende kriterier
  - o Innen 31. desember 2030 skal hver «ladepool» tilby en effekt på minst 1400 kW og inkludere minst ett ladepunkt med effekt på minst 350 kW.
  - o Innen 31. desember 2035 skal hver «ladepool» tilby en effekt på minst 3500 kW og inkludere minst to ladepunkter med effekt på minst 350 kW.
- Innen 31. desember 2030, på hvert trygt og sikkert parkeringsområde, skal det være minst én ladestasjon for tungtransport med en effekt på minst 100 kW
- Innen 31. desember 2025, i hver «urban node», skal det være offentlige tilgjengelig ladestasjoner dedikert til tungtransport med samlet effekt på minst 600 kW, levert av ladepunkter med effekt på minst 150 kW.
- Innen 31. desember 2030, i hver «urban node», skal det være offentlige tilgjengelig ladestasjoner dedikert til tungtransport med samlet effekt på minst 1200 kW, levert av ladepunkter med effekt på minst 150 kW.



Behovet for ladestasjoner langs transportkorridorene i Norge kan ligne på det foreslåtte målet for TEN-T comprehensive network i Europa, hvor et ladenettverk for langtransport vil være på plass innen 2030. Innen 2025 vil fokuset være på ladeinfrastruktur for regional transport, før teknologiutvikling gir mulighet for lang nok rekkevidde og høy nok ladehastighet for langtransport på norske veier. For langtransport vil det også være viktig å etablere nattladere langs hovedveiene.

I juli 2021 signerte Volvo Group, Daimler Truck og TRATON GROUP en ikke-bindende avtale som grunnlag for et fremtidig fellesforetak som etter planen skal starte driften i 2022. Avtalen går ut på å investere totalt 500 millioner Euro for å installere og drifte minst 1700 ladestasjoner nærme motorveier og på logistikk- og destinasjonspunkter innen fem år etter etableringen av fellesforetaket (Volvo Group, 2021).

## 7 KOSTNADER, LØNNSOMHET OG FORRETNINGSMODELLER

### 7.1 Kostnader for etablering av ladeinfrastruktur

Kostnader for ladere varierer med konfigurasjon og mellom ulike produsenter. Tabell 7-1 viser typiske enhetskostnader for 50 kW, 150 kW og 350 kW CCS-ladere.

**Tabell 7-1: Typiske enhetskostnader for ulike ladere**

Type lader	Kostnad (NOK)
50 kW CCS	200 000
150 kW CCS	500 000
350 kW CCS	1 000 000

Enhetskostnader for ladere er ikke ventet å falle betydelig ettersom utstyret er sammensatt av lett tilgjengelige komponenter, men prisene kan falle noe ved at flere konkurrenter kommer på markedet.

Som beskrevet i 2.4 kan én hurtiglader kan ha ett eller flere ladepunkter, hvor kapasiteten kan fordeles på flere kjøretøy dersom flere lader samtidig. I denne analysen regner vi med at ett hurtigladepunkt kan levere 350 kW, slik at én 350 kW-lader representerer ett hurtigladepunkt. Ladere med mulighet til å fordele effekten over flere ladepunkt vil likevel være hensiktsmessig å etablere, spesielt i starten hvor flere av kjøretøyene uansett ikke har mulighet til å lade på så høye effekter.

Alpitronic sin hypercharger, enten HYC150, eller HYC300, er kjent for å være en av de rimeligere hurtigladermodellene på markedet, og brukes av flere ladeselskaper i Norge. Den kan konfigureres på ulike måter, og 300 kW-laderen kan enten levere 300 kW til et kjøretøy 150 kW til to kjøretøy eller 75 kW til fire kjøretøy samtidig (Alpitronic, 2020). Kostnaden for en 300 kW hypercharger er omtrent 800 000 kr, og en 150 kW lader koster omtrent halvparten av dette. Tritium og ABB leverer også ladere som kan levere 1 x 350 kW eller 2 x 175 kW. Ladeselskapet IONITY benytter i dag 350 kW ladere fra ABB (ABB, 2020). Figur 7-1 viser hurtigladestasjoner fra ABB, Tritium og Alpitronic.



**Figur 7-1: Terra HP fra ABB, PK350 fra Tritium og Hypercharger fra Alpitronic (ABB, 2021), (Tritium, 2021), (Alpitronic, 2020)**

Kostnader for å etablere ladeinfrastruktur består av mer enn bare selve laderne. Andre kostnader inkluderer blant annet anleggsbidrag, prosjektering og grunnarbeid, og er svært avhengig av lokasjon. Spesielt tilgjengelig nettkapasitet, tilhørende behov for nettoppgraderinger og resulterende anleggsbidrag er svært lokasjonsavhengig. DNVs erfaringer fra tidligere arbeid og samtaler med aktører viser at total kostnad for å etablere et ladeinfrastrukturanlegg kan være opp mot tre ganger så høy som kostnaden for selve laderen.

### 7.1.1 Effektstyring og batteribank

Effektstyring og batteribank er virkemidler som kan bidra til å forbedre lønnsomheten til en ladestasjon, både ved å kunne redusere anleggsbidraget og å redusere effektleddet i nettleien.

#### Effektstyring

Effektstyring er et virkemiddel som kan benyttes for å redusere effekttopper. Effektstyring kan for eksempel innebære at nettilknytningen har en lavere maksimal effekt enn ladestasjonens samlede maksimale effekt, slik at det ikke er mulig å benytte alle ladepunktene på maksimal effekt samtidig. Slik effektdeling skjer ofte i selve ladestasjonen, for eksempel ved at en 350 kW hurtiglader kan levere 350 kW dersom ett kjøretøy er tilkoblet, eller 175 kW dersom begge ladekablene er i bruk. Noen steder kan ladeselskapet få en rimeligere nettilknytningsavtale som innebærer at ønsket maksimalt effektuttak ikke alltid er tilgjengelig. Smart effektstyring kan bidra til å justere maksimalt effektuttak i perioder etter begrensninger i nettet. På et depot kan effektstyring brukes ved å fordele ladingen mellom kjøretøyene, spesielt under nattlading. Dette kan enten gjøres ved å gi lavt uttak til alle kjøretøyene samtidig, eller at en grupperer ladingen og lar noen kjøretøy lade ferdig før de neste kobles på. Effektstyring kan være mer relevant for depoter enn for hurtigladestasjoner, ettersom effektleddet kan reduseres betydelig for lading over mange timer.

#### Batteribank

På steder hvor det kreves omfattende ombygging og høye anleggsbidrag knyttet til nettoppgradering for å dekke ønsket effektbehov ved lading, kan det være kostnadmessig besparende å enten flytte ladestasjonen til et sted med mindre begrenset nettkapasitet eller å installere en batteribank. Spesielt der hvor det er ledig kapasitet i eksisterende nett opp til et visst nivå men behov for store nettinvesteringer dersom effektbehovet kommer over dette, kan batteribank være en løsning å vurdere.

Batteribanken kan lades opp over tid på lavere effekt slik at man ikke overgår eksisterende kapasitet i nettet, og laderne kan ta ut ønsket effekt fra batteriet spesielt under tider nettet er begrenset. Lavere effektuttak fra strømmettet bidrar også til å redusere effektleddet i nettleien og vil dermed gi besparelser i strømkostnad.

Hvorvidt en slik løsning er mulig avhenger både av forskjellen mellom tilgjengelig kapasitet i nettet og ønsket effekt, og antall ganger batteriet må brukes per dag. Dersom forskjellen i tilgjengelig kapasitet og ønsket effekt er høy og det kreves mange ladinger i løpet av en dag, vil det kanskje ikke være mulig for et batteri å lades opp nok til å dekke ønsket effektbehov. Dermed må nettet uansett bygges ut for å øke kapasiteten. Batterier kan også i noen tilfeller benyttes som en midlertidig løsning hvis nettoppgraderingen vil ta lang tid.

Behovet for å installere en batteribank må vurderes i detalj for hver individuelle ladestasjon ettersom anleggsbidraget varierer betydelig. Basert på DNVs erfaring med batteriinstallasjoner koster en 1C batteribank omtrent 4-6 MNOK/MWh. For at det skal lønne seg å investere i en batteribank må den alternative kostnaden for anleggsbidrag og høyere nettleie være høyere enn dette. En ser dermed at batteribank kun er aktuelt der hvor alternativet er anleggsbidrag av en betydelig størrelse.

Ettersom kostnaden for en batteribank er høy og øker lineært med kapasiteten, vil det generelt være viktig å optimalisere størrelsen på batteribanken. Ved en detaljert studie av ladestasjonsbruk kan man for eksempel se hvor ofte flere kjøretøy må lades samtidig, hvor ofte de må lades på korteste ladetid, hvilke ladeeffekter som vil være nødvendig og eventuelt hvordan batteriet kan brukes til å redusere effektleddet. På denne måten kan man dimensjonere

batteribanken etter å klare normal (eller gjennomsnittlig) drift, i stedet for å være dimensjonert etter det 'verste' scenarioet med høyest effektuttak.

I tillegg til høye kostnader må også levetiden til batteriet tas i betraktning. En batteribank har vanligvis en levetid på rundt 10-15 år før store og dyre komponenter må skiftes ut, som er flere ganger kortere en strømmnettets levetid på over 50 år, så den samfunnsøkonomiske konklusjonen vil i de fleste tilfeller falle på å flytte ladestasjonen eller å investere i nettoppgraderinger.

## 7.2 Forretningsmodeller for hurtigladestasjoner

I tillegg til investeringskostnader har tilbydere av offentlige ladetjenester løpende kostnader knyttet til drift og vedlikehold av ladestasjonen og strømkostnader. Inntektene til ladeselskapene avhenger av prissettingen av ladetjenesten. Ulike selskaper har ulike strategier for prissetting, og denne avhenger av valgt forretningsmodell, kundenes betalingsvillighet og konkurranse med andre aktører. I tillegg til prissetting av ladetjenesten er ladestasjonens utnyttelsesgrad avgjørende for lønnsomheten. Jo høyere utnyttelsesgrad, jo høyere lønnsomhet og jo lavere kan ladeselskapet prissette tjenesten.

### 7.2.1 Prismodeller for lading av personbiler

Markedet for ladetjenester rettet mot personbiler i Norge har så langt vært dominert av tre prismodeller:

**Eksklusiv tilgang til ladenettverk:** Eiere av elektriske biler fra Tesla har eksklusiv tilgang til ladeinfrastrukturen selskapet har bygget opp. I en tidlig fase var hurtiglading i Teslas nettverk gratis, men Tesla krever nå en kostnad basert på kr/kWh for hurtiglading på sine stasjoner. Tjenesten er fremdeles eksklusiv for teslaeiere, men selskapet har annonsert at ladestasjonene skal åpnes for andre bilmerker. Når dette skjer og hvordan prissettingen for andre bilmerker skal implementeres er per september 2021 ikke annonsert.

**Rabatterte priser for registrerte kunder:** Enkelte ladeoperatører har forskjellige priser avhengig av hvilken betalingsmåte brukeren velger, typisk gir betaling via app eller RFID-brikke lavere pris enn betaling via SMS. I tillegg finnes det rabattavtaler som gir for eksempel enkelte bilmerker lavere priser hos spesifikke ladeoperatører, mulighet til å tegne abonnement eller at prisen for hurtiglading blir lavere jo mer tjenesten brukes.

**Høyere pris for ikke-registrerte kunder:** Å lade på en hurtigladestasjon uten å være registrert bruker som betaler via en app eller RFID-brikke gir den høyeste prisen for lading.

Hvor man som bileier kan lade og til hvilken pris avhenger dermed av hvilket bilmerke en har, hvordan en betaler for strømmen og hvilke ladeabonnementer som er tegnet. I tillegg varierer det mellom ladeoperatørene hvordan ladetjenestene prissettes (NAF, 2021).

**Hurtig- og lynlading:** Mange operatører skiller mellom hurtig- og lynlading, bestemt av ladehastigheten. Lading på høyere effekt enn 50 kW defineres som lynlading, mens under 50 kW beskrives som hurtiglading. Prisene for hurtiglading er lavere enn for lynlading.

**Pris per minutt og/eller kWh:** Det varierer om ladeoperatørene krever betaling per kWh, per minutt ladetid eller en kombinasjon. Det er vanligere med betaling per kWh for lading på høy effekt enn når ladeeffekten er 50 kW og lavere.

Med de ulike prismodellene for ladetjenester kan prisen for lading variere med bilmerke, avtaler, abonnement, betalingsmåte eller ladehastighet.

### 7.2.2 Prismodeller for lading av større kjøretøy

Prinsippene som vil ligge til grunn for en prismodell for hurtigladestasjoner tilpasset busser og lastebiler vil være de samme som for personbiler: Enten må investering og drift av hurtigladestasjonene subsidieres av en aktør som har

interesse av å etablere et marked for elektriske lastebiler og busser, ellers må kostnaden for å lade være tilstrekkelig høy til at investeringen gir avkastning.

Om ladetjenestene prissettes på liknende måte som for personbiler med variasjon i pris avhengig av faktorene nevnt over må bli opp til markedsaktørene å bestemme. Initiativet fra Volvo Group, Daimler Truck og Traton Group om å installere og drifte minst 1700 ladestasjoner for lastebiler i Europa, har ikke skissert hvilken forretningsmodell som kan tenkes å ligge til grunn for utrulling av ladestasjoner. Det viktigste momentet for ladeoperatørene blir til syvende og sist at utnyttelsesgraden for hurtigladdestasjoner er så høy som mulig. For å oppnå dette er det sannsynlig at beliggenhet vil spille en viktig rolle for de første stasjonene som etableres. Å tilby lading på naturlige stoppesteder der flest mulig kjøretøy passerer vil trolig være blant de første stegene i etableringsfasen. Det kan imidlertid bli aktuelt å kombinere flere tjenester med hurtigladingen som kan realisere alternative inntektsstrømmer.

**Mersalg.** For ladeoperatørene kan førere av lastebiler og busser representere en attraktiv kundegruppe som kan gi økt salg av andre varer og tjenester enn strøm. Sammenliknet med investerings- og driftskostnader knyttet til en hurtigladdestasjon kan imidlertid denne inntektsstrømmen være begrenset.

**Salg av nettjenester.** Hurtigladdestasjoner kan selge fleksibilitetstjenester til strømmettet, enten i form av laststyring av hurtigladdestasjonene eller dersom det er installert en batteribank i forbindelse med stasjonen. DNV har ikke regnet eksplisitt på hvor stor en slik inntektsstrøm kan være, men trolig er det lite sannsynlig at inntektene fra fleksibilitetstjenester vil gi et vesentlig bidrag til å støtte en investering i en hurtigladdestasjon.

For det første vil en kunde som hurtiglader som regel ha så høy effekt som mulig for å gjøre ladepausen så kort som mulig – lastreduksjon er derfor sjeldent et attraktivt alternativ for ladekundene. Videre vil det, som beskrevet i kapittel 7.1.1, ofte være billigere å betale anleggsbidrag for nettforsterkninger eller å flytte hurtigladdestasjonen til et punkt i nettet hvor det er plass til den, enn å supplere stasjonen med et batteri som kan reduseres effektuttaket.

**Booking av ladetid.** Sjåførere av elektriske kjøretøy vil minimere tiden de bruker på å lade, å vente i kø for å begynne hurtiglading vil derfor være uheldig. For å unngå dette kan ladeoperatørene tilby bookingløsninger for hurtigladepunktene. Med en slik løsning kan de øke utnyttelsesgraden ved at den som reserverer tid kanskje må reservere et ladepunkt i for eksempel 30 eller 60 minutter, og betale en minuttpris for hele reservasjonstiden uavhengig av hvor lenge den lader. En annen variant av denne modellen kan være at ladeoperatører tilbyr transportselskapene en abonnementsløsning med fastpris per måned mot lavere pris for lading eller at flåteoperatører tilbys eksklusiv tilgang til enkelte hurtigladepunkter på en ladestasjon mot en fast kostnad.

### 7.3 Lønnsomhetsberegning

Det er mange faktorer som påvirker lønnsomheten til en aktør som tilbyr offentlige ladetjenester - både knyttet til investeringskostnader, operasjonelle kostnader og inntekter. Operasjonelle kostnader består av vedlikeholdskostnader og strømkostnader, i tillegg kommer andre kostnader som administrasjon, betalingsløsning og programvare. Strømkostnaden kan variere stort – både med variasjoner i kraftpris og nettleie. Nettleien som eieren av ladeinfrastrukturen må betale avhenger av maksimalt effektuttak fra strømmettet. På grunn av høye ladeeffekter, spesielt der hvor flere ladere benyttes samtidig, er gjennomsnittlig nettleie og dermed strømkostnad per kWh gjerne høyere for hurtigladdestasjoner enn for eksempel for depotlading på lavere effekt. Lønnsomheten til ladestasjonen er også avhengig av tiden det tar å realisere prosjektet og å få driften opp på et visst nivå.

Vi ser for oss at en offentlig hurtigladdestasjon for lastebiler og busser for eksempel kan bestå av to 350 kW ladere, som også kan deles i to ladepunkter à 175 kW. En ladestasjon som skal brukes til offentlig nattlading for lastebiler kan for eksempel bestå av 2 x 150 kW ladepunkter. Dagens lastebiler lader på kapasiteter rundt 150 kW, men det vil være nødvendig å etablere 350 kW ladepunkter for å forberede for kjøretøymodeller med høyere ladekapasiteter som snart forventes på markedet, i tillegg til at flere busser kan lade på 350 kW i dag. I mellomtiden kan to lastebiler lade samtidig

på én 350 kW lader. De 107 hurtigladepunktene resultatene i kapittel 6 viser at det vil være behov for i 2025 er antatt å være 350 kW ladepunkter.

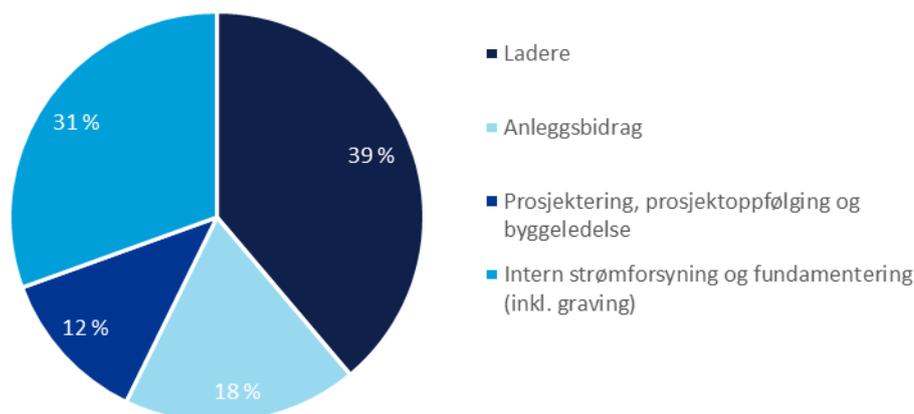
Det kan lønne seg å først bygge en mindre ladestasjon som kan utvides etter hvert som det blir flere elektriske kjøretøy på veien, hvis areal og nettkapasitet tillater det. For kjøretøyene som kan lade på opp mot 350 kW kan det likevel være stor betalingsvillighet for å lade raskest mulig.

I dette kapittelet presenteres lønnsomhetsberegninger for to ulike caser av offentlige ladestasjoner; ladestasjon 1 med 2 x 350 kW CCS-ladere og ladestasjon 2 med 2 x 150 kW CCS-ladere. Lønnsomhetsberegningene viser hvilke kombinasjoner av utnyttelsesgrad og prissetting som må til for å oppnå lønnsomhet. Dette er eksempler som heller er ment til å illustrere potensialet for lønnsom drift enn beskrivelser av hvordan vi anser at lønnsomheten vil være.

### 7.3.1 Ladestasjon 1: 2 x 350 kW CCS-ladere

Figur 7-2 viser hvordan fordelingen av investeringskostnader kan se ut for en hurtigladestasjon med 2 x 350 kW CCS-ladere, som også kan benyttes som 4 x 175 kW. Begrepet «lader» benyttes altså her om en 350 kW-installasjon, uavhengig av om den blir benyttet som ett eller to ladepunkt.

Som nevnt er anleggsbidraget svært avhengig av lokasjon og effektbehov, og kan ende opp på alt fra noen tusen til flere millioner kroner.



**Figur 7-2: Mulig fordeling av investeringskostnader for 2 x 350 kW ladestasjon**

Tabell 7-2 viser forutsetninger bak lønnsomhetsberegningen knyttet til en ladestasjon med 2 x 350 kW hurtigludere. Investeringskostnadene er basert på enhetskostnadene fra Tabell 7-1 og andre kostnader fra kostnadsfordelingen i Figur 7-2. Operasjonelle kostnader består av vedlikeholdskostnad, andre driftskostnader og strømkostnad, som igjen består av nettleie og kraftkostnad. Årlige drift- og vedlikeholdskostnader er basert på DNVs erfaringer fra tidligere prosjekter, og er samlet satt til 17% av kostnadene for selve laderen, altså ikke inkludert andre etableringskostnader..

Strømkostnaden er basert på kraftkostnad i 2025 fra Klimakur 2030 (Miljødirektoratet, 2020), og nettleie basert på Elvias nettleietariffer<sup>2</sup>. Nettleien består av et fastledd, et energiledd og et effektledd, hvor effektleddet bestemmes av maksimalt timesforbruk i løpet av en måned. Nettleietariffer kan variere betydelig fra nettselskap til nettselskap, men slike ladeanlegg vil hos de aller fleste nettselskap ha effektledd. Gjennomsnittlig nettleie per kWh varierer med utnyttelsesgrad – jo høyere utnyttelsesgrad, altså jo mer energi (kWh) en tar ut i forhold til maksimalt effekttuttak (kWh/h), jo lavere kostnad per kWh.

<sup>2</sup> Effekttarif – bedriftskunder, høyspenning (Elvia, 2021)

**Tabell 7-2: Forutsetninger for lønnsomhetsberegning for en 2 x 350 kW ladestasjon**

<b>Total investeringskostnad for ladestasjonen (2 x 350 kW)</b>	5 143 000 NOK
<b>Ladere</b>	2 000 000 NOK
<b>Andre kostnader</b>	3 143 000 NOK
<b>Levetid ladestasjoner</b>	10 år <sup>3</sup>
<b>Diskonteringsrente</b>	6 %
<b>Vedlikeholdskostnad</b>	140 000 NOK/år (7% av kostnad for lader) <sup>4</sup>
<b>Andre driftskostnader</b>	200 000 NOK/år (10 % av kostnad for lader) <sup>5</sup>
<b>Kraftpris</b>	43 øre/kWh
<b>Nettleie</b>	ca 60-200 øre/kWh – avhengig av utnyttelsesgrad
<b>Maksimalt timesforbruk i løpet av en måned</b>	560 kWh/h (80% av 2 x 350 kWh/h)

Figur 7-3 og Figur 7-4 viser netto nåverdi av investeringen i ladestasjonen for ulike utnyttelsesgrader og ulike prissetting av ladetjenesten. Utnyttelsesgraden presenteres i timer hver 350 kW-lader er i bruk i løpet av en dag. Hva et gitt antall timer tilsvarer i forhold til hva laderen maksimalt kan levere, og dermed hva det vil si for lønnsomheten, varierer med kjøretøyenes tillatte ladeeffekt. Resultatene er dermed presentert både for kjøretøy med maksimal ladekapasitet på 150 kW, som gjelder for mange av dagens lastebiler (Figur 7-3) og for kjøretøy som kan lade på 350 kW, som er mulig for de fleste busser i dag og som vi antar vil være mulig for lastebiler mot 2025 (Figur 7-4). Videre er det, som i kapittel 5, antatt at kjøretøyene i gjennomsnitt lader på 80% av sin maksimale ladekapasitet.

Kundenes betalingsvillighet for strøm fra en hurtigladestasjon kan sees i sammenheng med tilsvarende dieselkostnad, altså hva kunden ville betalt for diesel for å få samme antall kjørte kilometer. Klimakur sin kostnad for diesel i 2025 (eks. mva.) tilsvarer en ladekostnad på 3,36 NOK/kWh (i kostnad «på hjulet»), gitt en virkningsgrad på dieselmotor på 35%, en samlet virkningsgrad for elektrisk motor og batteri på 90% og en gevinst fra regenerativ bremsing på 10%<sup>67</sup>. Til sammenligning tilbyr Circle K i dag lading for bedriftskunder inntil 150 kW for 3,74 NOK/kWh (eks.mva) (Circle K, 2021), og IONITY tar 8,40 NOK/kWh inkl. mva, som tilsvarer 6,30 NOK/kWh eks. mva, for lading på 350 kW (NAF, 2021).

Figurene viser følgende resultater for en ladepris lik dieselkostnaden:

- Hver 350 kW lader må daglig brukes i omtrent 5 timer av 150 kW-kjøretøy eller omtrent 2,25 timer av 350 kW-kjøretøy for å oppnå lønnsomhet
- I antall kjøretøy tilsvarer dette at hver 350 kW lader må ha besøk av omtrent 10 150 kW-kjøretøy eller 4-5 350 kW-kjøretøy i 30 minutter per dag for å oppnå lønnsomhet. For hele ladestasjonen på 2 x 350 kW ladere innebærer det 20 150 kW-kjøretøy eller 9 350 kW-kjøretøy per dag.

Vi antar at hurtigladestasjonene også vil kunne benyttes til nattlading av de lastebilene som har behov for det. Dette vil bidra til høyere utnyttelsesgrad og lønnsomhet. Spesielt med lite bruk til nattlading, på kort sikt og i områder med få tunge kjøretøy anser vi utnyttelsesgradene beskrevet ovenfor som urealistiske. Det vil dermed være behov høyere

<sup>3</sup> Basert på DNVs prosjekterfaringer

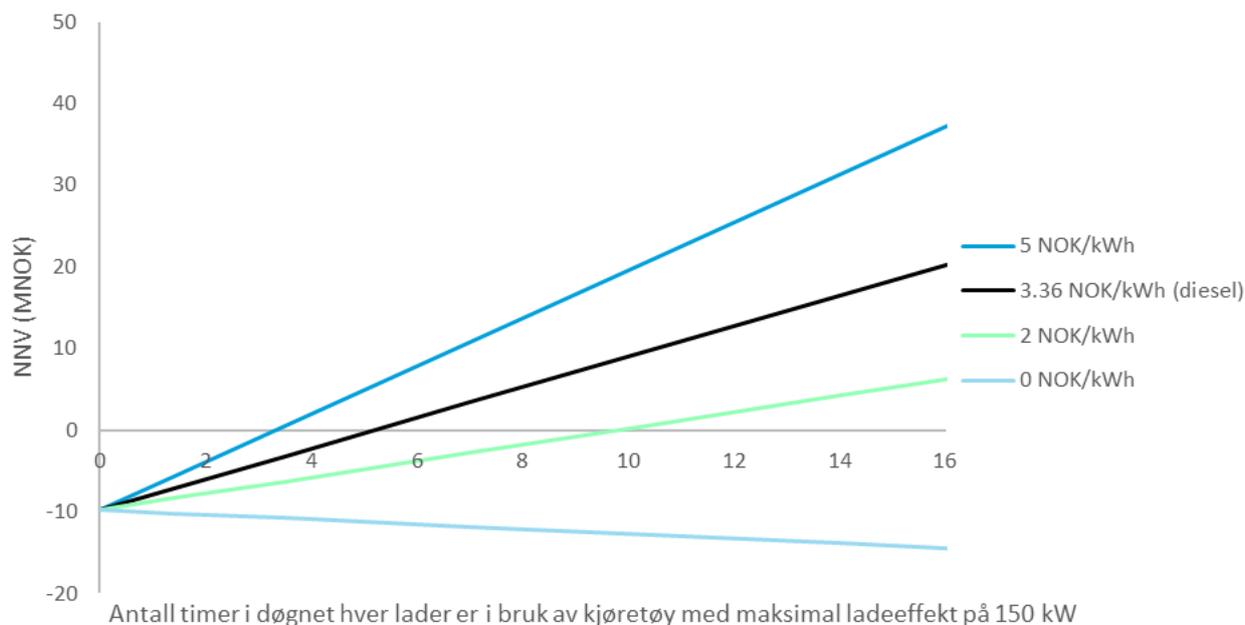
<sup>4</sup> Basert på DNVs prosjekterfaringer og relevante rapporter (Serradilla, 2017).

<sup>5</sup> Basert på DNVs prosjekterfaringer

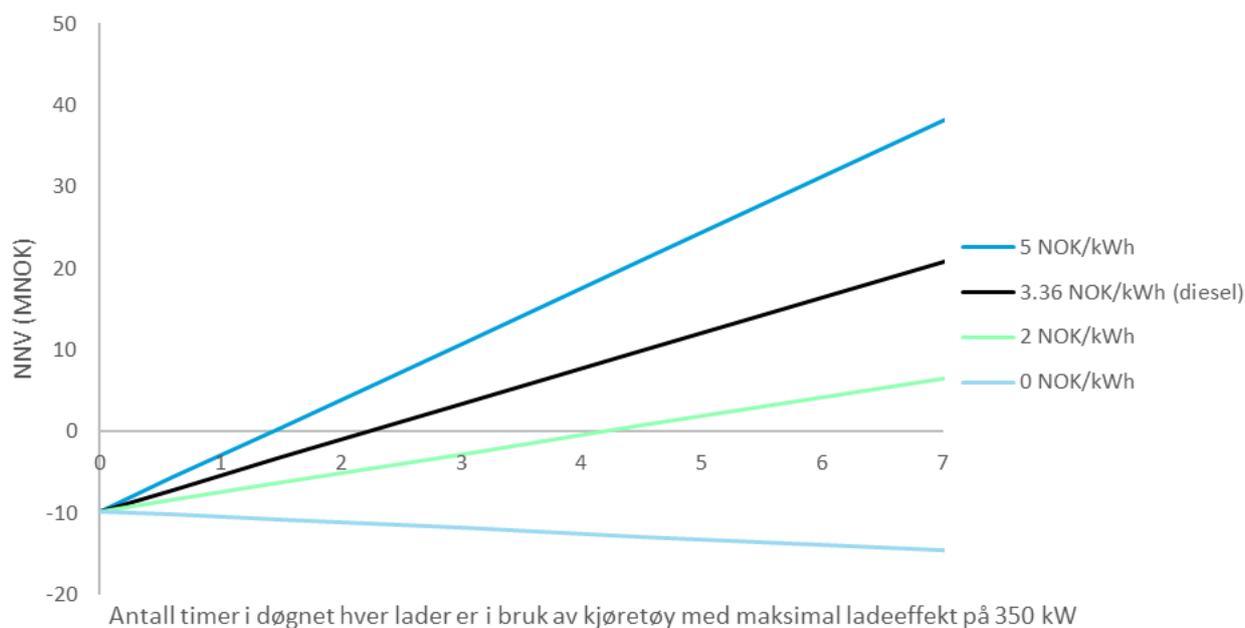
<sup>6</sup> Dieselkostnad eks.mva i 2025 på 11.84 NOK/liter og energiinnhold i diesel på 10.06 kWh/liter (Miljødirektoratet, 2020)

<sup>7</sup> (T&E, 2018)

prissetting av ladetjenesten eller støtteordninger for å oppnå lønnsomhet for en slik ladestasjon fram til utnyttelsesgraden blir høy nok. Basert på dagens priser for hurtiglading rettet mot personbiler kan en høyere prissetting være fullt mulig – og dersom disse ladestasjonene også kan benyttes av personbiler vil det være gunstig både for betalingsvillighet og utnyttelsesgrad.



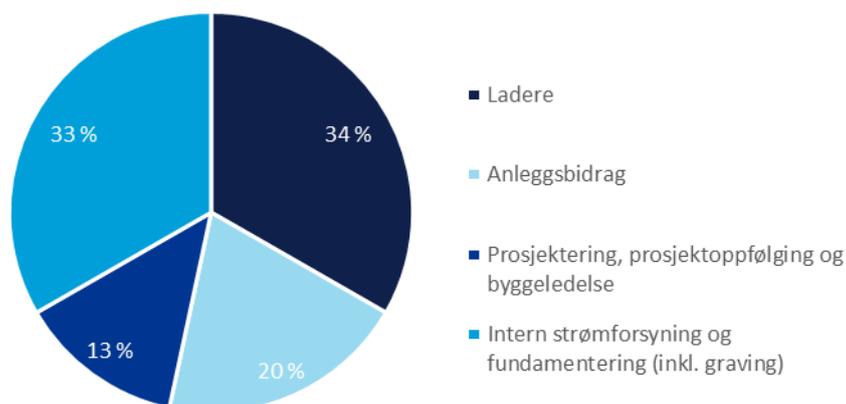
Figur 7-3: Ladestasjon 1: Netto nåverdi mot laderens utnyttelsesgrad (timer i døgnet for kjøretøy med maksimal ladeeffekt på 150 kW) for ulike prissettinger av ladetjenesten



Figur 7-4: Ladestasjon 1: Netto nåverdi mot laderens utnyttelsesgrad (timer i døgnet for kjøretøy med maksimal ladeeffekt på 350 kW) for ulike prissettinger av ladetjenesten

### 7.3.2 Ladestasjon 2: 2 x 150 kW CCS-ladere

For en 2 x 150 kW ladestasjon kan fordelingen av kostnader se ut som i Figur 7-5. Begrepet «lader» benyttes her om en 150 kW-installasjon. Anleggsbidrag og andre kostnader er ikke proporsjonale med effektbehovet og kostnadene for selve laderne, og de vil dermed stå for en større andel av totalkostnadene for en stasjon med mindre og rimeligere ladere enn hurtigladerne presentert over.



Figur 7-5: Mulig fordeling av investeringskostnader for 2 x 150 kW ladestasjon

Tabell 7-3 viser forutsetninger bak lønnsomhetsberegningen knyttet til en ladestasjon med 2 x 150 kW-ladere.

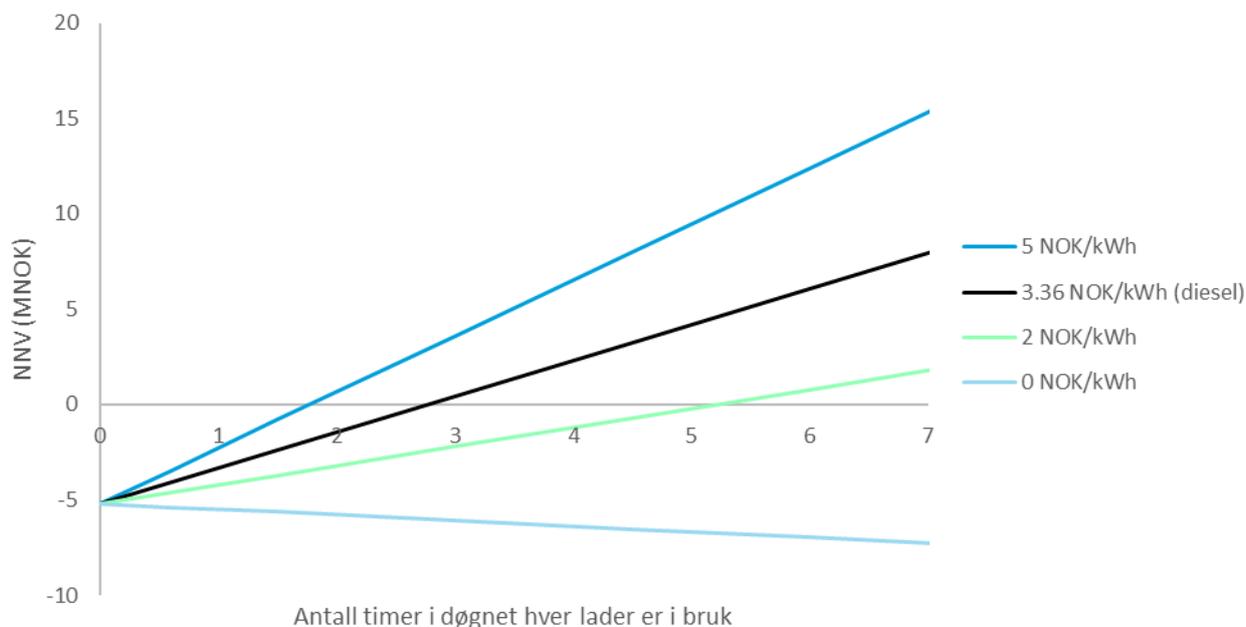
Tabell 7-3: Forutsetninger for lønnsomhetsberegning for en 2 x 150 kW ladestasjon

<b>Total investeringskostnad for ladestasjonen (2 x 150 kW)</b>	3 000 000 NOK
<i>Ladere</i>	1 000 000 NOK
<i>Andre kostnader</i>	2 000 000 NOK
<b>Levetid ladestasjoner</b>	10 år
<b>Diskonteringsrente</b>	6 %
<b>Vedlikeholdskostnad</b>	70 000 NOK/år (7% av kostnad for lader)
<b>Andre driftskostnader</b>	100 000 (10 % av kostnad for lader)
<b>Kraftpris</b>	43 øre/kWh
<b>Nettleie</b>	ca 60-200 øre/kWh – avhengig av utnyttelsesgrad
<b>Maksimalt timesforbruk i løpet av en måned</b>	240 kWh/h (80% av 2 x 150 kWh/h)

Figur 7-6 viser netto nåverdi av investeringen i ladestasjonen for ulike utnyttelsesgrader og ulike prissetting av ladetjenesten. Figuren viser følgende resultater for en ladepris lik dieselkostnaden:

- Hver 150 kW-lader må daglig brukes i omtrent 3 timer per dag på i gjennomsnitt 80% av 150 kW for å oppnå lønnsomhet. Dette tilsvarer 360 kWh levert energi per lader, som kan tilsvare ladebehovet fra et kjøretøy som benytter denne laderen over natten og har behov for å lade opp et nesten tomt batteri. For kjøretøy som har

mulighet til å lade på opp mot 350 kW kan en forvente at betalingsvilligheten per kWh er lavere for lading på 150 kW.



**Figur 7-6: Ladestasjon 3: Netto nåverdi mot laderens utnyttelsesgrad (timer i døgnet for kjøretøy med maksimal ladeeffekt på minst 150 kW) for ulike prissetting av ladetjenesten**

### 7.3.3 Oppsummering av lønnsomhetsberegning for ladestasjoner

Det er knyttet høye kostnader til å etablere hurtigladdere på 350 kW – spesielt investeringskostnader, men også strømkostnadene kan bli høye med høye effektbehov. Inntektssiden er sterkt avhengig av ladestasjonens utnyttelsesgrad og forretningsmodell med prissetting av ladetjenesten, som igjen er avhengig av betalingsvillighet. De nærmeste årene når det relativt få tunge elektriske kjøretøy på veien er det lite sannsynlig å forvente en veldig høy utnyttelsesgrad av hurtigladdestasjoner, spesielt i områdene med færrest kjøretøy. Slike stasjoner vil være sannsynligvis være avhengig av økonomisk støtte for å oppnå lønnsomhet i starten, med mindre betalingsvilligheten for lading er høy nok.

For å øke lønnsomheten vil det være viktig å etablere en offentlig hurtigladdestasjon på en lokasjon både med lave nettilknytningskostnader og potensiale for høyest mulig utnyttelsesgrad av kjøretøyene. Det kan være mer lønnsomt å begynne med å etablere en ladestasjon med rimeligere ladepunkter med lavere effekt, for eksempel 150 kW, som etter hvert kan utvides med ladepunkter med høyere effekt når både antall kjøretøy og ladekapasiteten til lastebilene øker. For kjøretøyene som kan lade på opp mot 350 kW kan det likevel være stor betalingsvillighet for å lade raskest mulig. Betalingsvilligheten kan knyttes til tapte inntekter mellom kort og lang ladetid, og/eller økte utgifter i form av en ventekostnad for sjåførere hvis de ikke likevel er pålagt hviletid.

## 8 REFERANSER

- ABB. (2020). *ABB selected by IONITY for second phase of European charging network expansion*. Hentet fra <https://new.abb.com/news/detail/55280/abb-selected-by-ionity-for-second-phase-of-european-charging-network-expansion>
- ABB. (2021). *ABB enhances high power charging experience for EV drivers*. Hentet fra <https://new.abb.com/news/detail/80353/abb-enhances-high-power-charging-experience-for-ev-drivers>
- ACEA. (2021). *Heavy-duty vehicles: Charging and refuelling infrastructure requirements*.
- ACEA. (2021). *Interactive map – Electric trucks: long-haul stop locations fit for charging point deployment in Europe*. Hentet fra <https://www.acea.auto/figure/interactive-map-electric-trucks-long-haul-stop-locations-fit-for-charging-point-deployment-in-europe/>
- ACEA. (2021). *Interactive map – Electric trucks: regional stop locations fit for charging point deployment in Europe*. Hentet fra <https://www.acea.auto/figure/interactive-map-electric-trucks-regional-stop-locations-fit-for-charging-point-deployment-in-europe/>
- ACEA, Transport & Environment. (2021). *Making AFID fit for zero-emission heavy-duty vehicles*. Hentet fra [https://www.acea.auto/files/ACEA\\_TE\\_letter-Making\\_AFID\\_fit\\_for\\_zero-emission\\_heavy-duty\\_vehicles.pdf](https://www.acea.auto/files/ACEA_TE_letter-Making_AFID_fit_for_zero-emission_heavy-duty_vehicles.pdf)
- Alpitronic. (2020). *HYC\_300 Product brief*. Hentet fra [https://www.hypercharger.it/wp-content/uploads/2020/09/HYC\\_300\\_product-brief\\_v20200316-EN.pdf](https://www.hypercharger.it/wp-content/uploads/2020/09/HYC_300_product-brief_v20200316-EN.pdf)
- Buck Consultants International, Royal HaskoningDHV. (2021, Mars 29). Hentet fra <https://www.topsectorlogistiek.nl/wptop/wp-content/uploads/2021/03/Verkenning-naar-minimale-eisen-laadinfrastructuur-voor-elektrische-logistiek.pdf>
- Bussmagasinet. (2016). *Redaktøren: Forskjell på klasse I og klasse III buss*. Hentet fra <https://bussmagasinet.no/redaktoren-forskjell-pa-klasse-klasse-iii-buss/>
- CALSTART. (2020). *Drive to Zero's Zero-emission Technology Inventory (ZETI) Tool Version 5.9*. Hentet fra <https://globaldrivetozero.org/tools/zero-emission-technology-inventory/>
- CHAdEMO Association. (2020, 04 24). *CHAdEMO 3.0 released: the first publication of ChaoJi, the new plug harmonised with China's GB/T*. Hentet fra <https://www.chademo.com/chademo-3-0-released/>
- CharIN. (2021). *Megawatt Charging System (MCS)*. Hentet fra <https://www.charin.global/technology/mcs/>
- Circle K. (2021). *Ladepriser*. Hentet fra <https://www.circlek.no/elbillading/ladestasjoner/ladepriser>
- Daimler. (2019). Hentet fra Daimler Trucks & Buses targets completely CO<sub>2</sub>-neutral fleet of new vehicles by 2039 in key regions: [https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Daimler-Trucks--Buses-targets-completely-CO<sub>2</sub>-neutral-fleet-of-new-vehicles-by-2039-in-key-regions.xhtml?oid=44764260](https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Daimler-Trucks--Buses-targets-completely-CO2-neutral-fleet-of-new-vehicles-by-2039-in-key-regions.xhtml?oid=44764260)
- DNV. (2020). *Energy Transition Outlook 2020*. Oslo: DNV.
- Earl et al. (2018). *Analysis of long haul battery electric trucks in the EU. Marketplace and technology, economic, environmental and policy perspectives*.
- Elbil24. (2021). Hentet fra Forkortelsen alle med elbil bør forstå: <https://www.elbil24.no/nyttig/forkortelsen-alle-med-elbil-bor-forsta/73623894>
- Elvia. (2021). *Nettleiepriser og effekttariff for bedrifter i Oslo og Viken*. Hentet fra <https://www.elvia.no/nettleie/alt-om-nettleie/nettleiepriser-og-effektariff-for-bedrifter-i-oslo-og-viken>
- European Commission. (2021). *Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing Directive 2014/94/EU of the European Parliament and of the Council*. Hentet fra [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/revision\\_of\\_the\\_directive\\_on\\_deployment\\_of\\_the\\_alternative\\_fuels\\_infrastructure\\_with\\_annex\\_0.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/revision_of_the_directive_on_deployment_of_the_alternative_fuels_infrastructure_with_annex_0.pdf)
- Fraunhofer ISI. (2021). *Truck Stop Locations in Europe*.
- InsideEVs. (2020). *Van Hool Ships First Proterra-Powered Electric Coach to The U.S*. Hentet fra <https://insideevs.com/news/461586/van-hool-ships-first-electric-coach-us/>
- Janus Electric. (2021). *Electrifying Australia's road transport fleet with tomorrows technology, today*. Hentet fra <https://www.januselectric.com.au/>
- McKinsey. (2020, 10 27). *Why most eTrucks will choose overnight charging*. Hentet fra <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/why-most-etrucks-will-choose-overnight-charging>
- Mercedes-Benz. (2021). *eActros World Premiere*. Hentet fra [https://www.mercedes-benz-trucks.com/en\\_GB/brand/newtrucknewera.html](https://www.mercedes-benz-trucks.com/en_GB/brand/newtrucknewera.html)
- Mercedes-Benz. (2021). *eMobility. Advantages for you*. Hentet fra [https://www.mercedes-benz-trucks.com/en\\_GB/emobility/world/your-benefits/usability.html#root/content/headline\\_1618419598](https://www.mercedes-benz-trucks.com/en_GB/emobility/world/your-benefits/usability.html#root/content/headline_1618419598)
- Miljødirektoratet. (2020). *Klimakur 2030*.
- NAF. (2021). *Dette koster hurtiglading og lynlading*. Hentet fra <https://nye.naf.no/elbil/lading/dette-koster-hurtiglading-og-lynlading>
- NAF. (2021, August 31). *naf.no*. Hentet fra Dette koster hurtiglading og lynlading: <https://nye.naf.no/elbil/lading/dette-koster-hurtiglading-og-lynlading>
- Norsk Scania. (2021). Hentet fra Sustainability: <https://innovativeanskaffelser.no/wp-content/uploads/2021/03/john-lauvstad-scaniaptx-1.pdf>
- (2021). Norsk Scania.

- NTB. (2018). *Bertel O. Steen viser elektrisk lastebil på Zerokonferansen*. Hentet fra <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemedling/bertel-o-steen-viser-elektrisk-lastebil-pa-zero-konferansen?publisherId=16588228&releaseld=17855999>
- Pod Point. (2021). *Business Models for Commercial Electric Vehicle Charging*. Hentet fra <https://pod-point.com/guides/business/ev-charging-business-models>
- Serradilla, J. e. (2017). An evidence-based approach for investment in rapid-charging infrastructure. *Energy Policy*. Hentet fra <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142151730232X>
- Smart Road Gotland. (2019, 11 13). *Installation of the world's first wireless electric road for trucks and buses begins today*. Hentet fra <https://news.cision.com/electreon-ab/r/installation-of-the-world-s-first-wireless-electric-road-for-trucks-and-buses-begins-today,c2959916>
- SSB. (2015). *Levetid og verdifall på varige driftsmidler*.
- Statens Vegvesen. (2021). Hentet fra Døgnhvileplasser: <https://www.vegvesen.no/kjoretoy/yrkestransport/kjore-og-hviletid/hvileplasser>
- Statens Vegvesen. (2021). Hentet fra Regelverk for kjøre- og hviletid.
- Statens Vegvesen. (2021). *Kodehefte Autosys kjøretøy*. Hentet fra <https://www.vegvesen.no/siteassets/content/www.vegvesen.no/vedlegg-file/kodehefte-autosys-kjoretoy-mars-2021.pdf.pdf>
- T&E. (2018). *Analysis of long haul battery electric trucks in EU*.
- Tesla. (2021). Hentet fra Tesla Semi: [https://www.tesla.com/no\\_NO/semi](https://www.tesla.com/no_NO/semi)
- The Guardian. (2021, 04 28). *Swap and go: electric trucks to run between Sydney and Brisbane using exchangeable batteries*. Hentet fra <https://www.theguardian.com/australia-news/2021/apr/29/swap-and-go-electric-trucks-to-run-between-sydney-and-brisbane-using-exchangeable-batteries>
- Tritium. (2021). *350kW high-powered charger*. Hentet fra <https://tritiumcharging.com/product/pk-350/>
- TØI. (2019). *Framskrivning av kjøretøyparken*.
- TØI. (2019). *User experiences from the early adopters of heavy-duty zero-emission vehicles in Norway. Barriers and opportunities*.
- TØI. (2021). *Framskrivninger for godstransport 2018-2050. Oppdateringer av beregninger fra 2019*.
- TØI Samferdsel. (2018, 04 27). *Svenske el-veier – kanskje en europeisk business*. Hentet fra <https://samferdsel.toi.no/nyheter-old/svenske-el-veier-kanskje-en-europeisk-business-article33954-2207.html>
- Vestland fylkeskommune. (2020, September 21). *Flunkande nye trolleybussar til Bergen*. Hentet fra Vestland fylkeskommune nyheitsarkiv: <https://www.vestlandfylke.no/nyheitsarkiv/2020/flunkande-nye-trolleybussar-til-bergen/>
- Volvo Group. (2021). *Volvo Group, Daimler Truck and the TRATON GROUP plan to pioneer a European high-performance charging network for heavy-duty trucks*. Hentet fra <https://www.volvogroup.com/en/news-and-media/news/2021/jul/news-4017125.html>
- (2021). Volvo Norge.
- Volvo Trucks. (2020). Hentet fra Volvo Trucks lanserer et komplett utvalg av elektriske lastebiler i Europa fra 2021: <https://www.volvotrucks.no/no-no/news/press-releases/2020/nov/volvo-trucks-launches-a-complete-range-of-electric-trucks-starting-in-europe-in-2021.html>
- Yrkesbil. (2020). Hentet fra Tidlig ute med elektrisk turbuss: <https://www.yrkesbil.no/yrkesbil/tidlig-ute-med-elektrisk-turbuss/144298>



## Om DNV

Vi er et globalt selskap innen kvalitetssikring og risikohåndtering med tilstedeværelse i over 100 land. Vårt formål er å sikre liv, verdier og miljøet. Med vår unike tekniske ekspertise og uavhengighet bistår vi våre kunder med å forbedre sikkerhet, effektivitet og bærekraft.

Enten vi godkjenner et nytt skipsdesign, optimerer energiproduksjonen fra en vindmøllepark, analyserer sensordata fra en gassrørledning eller sertifiserer verdikjeden til en matprodusent, hjelper vi våre kunder med å ta gode og riktige beslutninger og øke tilliten til virksomheten, produktene og tjenestene deres. Verden er i endring. Vi kan påvirke utviklingen. Sammen skal vi takle de globale utfordringene og omstillingene vi vil møte.