



# Renovationskørsel på el – 2023 opdatering

Opdateret rapport vedr. erfaringer, markedsstatus 2023 og en guide til kommuner

Rapport udarbejdet af 4-leaf Consulting A/S for Copenhagen Electric, Region Hovedstaden

# Indholdsfortegnelse

<b>Affaldsindsamling og elektrificering</b> .....	<b>3</b>
<b>Formål og hovedkonklusioner</b> .....	<b>4</b>
<b>Initiale overvejelser vedr. elektrificering af affaldsindsamlingsområdet</b> .....	<b>5</b>
Ruter .....	5
Rækkevidde / kapacitet .....	5
Ladeinfrastruktur .....	6
Økonomi .....	6
Klima, miljø og arbejdsmiljø .....	7
<b>Erfaringer med drift af elektriske skraldebiler</b> .....	<b>7</b>
Danske erfaringer .....	8
Opdaterede 2023 og nye cases .....	8
Frederiksberg Kommune .....	8
Gentofte Kommune .....	12
<b>Vejle Kommune</b> .....	<b>13</b>
Københavns Kommune .....	14
Rødovre Kommune .....	17
Ikke opdaterede .....	19
Lyngby-Taarbæk Kommune .....	19
Sønderborg Kommune .....	19
Herning Kommune .....	20
Udenlandske erfaringer .....	21
Opdateret 2023: .....	21
Gøteborg kommune .....	21
Ikke opdaterede .....	22
Nottingham City Council .....	22
Neuilly-sur-Seine .....	23

<b>Markedsundersøgelse ved overgang til elektriske skraldebiler.....</b>	<b>24</b>
<b>Ladeinfrastruktur.....</b>	<b>27</b>
Økonomisk – taktiske overvejelser .....	27
Kontrakter med renovatører.....	27
Ladeløsning busdepoter i Esbjerg og Vejle.....	27
Ladeinfrastruktur – AC eller DC-ladning .....	28
AC-ladning.....	29
DC-ladning .....	29
AC og DC-ladeinfrastruktur - priseksempler.....	30
Opportunity charging på afleveringssteder.....	31
Ladeinfrastruktur og elnettet.....	31
Ladeinfrastruktur og net-opkoblede batterier .....	35
Muligheder med V2G.....	36
<b>Markedet for elektriske renovationskøretøjer.....</b>	<b>37</b>
Producenter.....	37
Dennis Eagle (Terberg RosRoca).....	37
Volvo / Renault.....	38
Daimler / Mercedes-Benz .....	39
Scania .....	40
Ombygninger og renoveringer .....	42
PVI (Dennis Eagle chassis) .....	42
Emoss (Mercedes chassis).....	43
<b>Guide til elektrificering af affaldsindsamlingen.....</b>	<b>44</b>
Politisk afklaring og kommunikation .....	46
Analyse og planlægning af ruter .....	46
Overvejelser vedr. hjemtagelse vs. udlicitering .....	47
Ladeinfrastruktur.....	47
Kommunens ladestanderstrategi .....	48

Udbud vedr. indsamling, køretøjer og ladeinfrastruktur.....	48
Organisatorisk implementering (ved hjemtagning) .....	49
<b>Afrunding – nutid, fremtid og muligheder .....</b>	<b>49</b>
Markedsmodning .....	50
Teknologiudvikling .....	50
<b>Bilag .....</b>	<b>52</b>
Featureliste - elektriske renovationskøretøjer.....	41

Forfattere er: **Jesper Østergaard, 4-leaf Consulting A/S.**

Forfatterne vil gerne takke:

Thomas Madsen, enhedschef, Frederiksberg Renovation  
Thomas Jørgensen, leder affald og genbrug, Rødovre Kommune  
Iben Carlsen, projektleder, Per Brask, projektleder og Claus Barslund, driftschef, ARC  
Thomas Peter Uldum, specialkonsulent, Gentofte Kommune  
Thomas Wind, driftsleder affald, Sønderborg Forsyning  
Anton Freiesleben, Salgsdirektør, Scania  
Joakim Persson og Michael Sparlund, e-mobility sales manager Volvo Trucks Danmark,  
Claus Rieland, Renault Trucks Danmark, Commercial Manager Renault Trucks  
Mikael Voigt, Manager eMobility, Hessel Trucks A/S  
Andy Graves, Product Marketing Manager Chassis, Dennis Eagle  
Carsten Berg og Brian Olesen, Phoenix Danmark A/S  
Henrik Schjøth, Regional Sales Manager, GeesinkNorba  
Stefan Olin, Administrerende direktør og Erik Bohn Andreasen, Driftsdirektør, Urbaser  
Freddy Fogh Sørensen, Afdelingschef Meldgaard Miljø A/S  
Jørgen Fischer, Økonom, Sydtrafik  
Jan Darville, administrerende direktør, GodEnergi  
Erik Christian Thrane, Tidl. administrerende direktør Sperto  
Søren Pedersen, Lead specialist, Radius  
Mats Pervik og Haxhi Morina, Renova  
Mathias Johnsen, Nordisk Återvinning  
Nana Winkler, Specialkonsulent Brancheforeningen Cirkulær

Version: 2.0  
Udformet af: Jesper Østergaard  
Senest opdateret: August 2023

# Affaldsindsamling og elektrificering

## Opdatering:

Nærværende rapport er en opdatering af rapporten fra september 2021. Siden rapporten udkom første gang i 2021, har markedet udviklet sig hastigt på en række områder; bl.a. var der stort set kun erfaring med ombyggede biler, hvor alle de store producenter i dag, har deres egen model fra fabrikken, mulighederne i forbindelse med batteri og ladeinfrastruktur er også forberedt siden og er omtalt her i rapporten.

Ud fra en vurdering om at det at dele erfaringer så bredt, som muligt, så er erfaringsafsnitene også bevaret, – eksempelvis med case fra Frederiksberg Kommune der jo har været i gang med omstillingen til el siden 2013. Det vil fremgå af teksten, hvis de enkelte cases ikke er opdateret med 2023 erfaringer,

Rapporten er ydermere opdateret med en undersøgelse blandt medlemmerne af Branche-foreningen Cirkulær samt et afsnit der ser på overvejelser vedr. batterier i ladeinfrastrukturen.

## Indledning:

Vi ser i disse år en udvikling mod elektrificering på en lang række områder inden for transportområdet som en væsentlig del af den grønne omstilling. Det gælder på persontransportområdet, både den private og den offentlige, og det sker i stigende grad også indenfor den tunge transport.

Dette er også gældende, når det kommer til renovationskøretøjer eller skraldebiler (på engelsk Refuse Collection Vehicles – eller RCV). RCV bygges som oftest på standard-chassis med de dertil krævede opbygninger og særlige godkendelser.

Netop renovationskøretøjer, udgør en kategori af biler, der er særlig godt egnet til elektrificering, både hvad angår bilernes anvendelse, men også fra bruger-perspektivet er der store fordele. Affaldsindsamlingen foregår ofte i de tidlige timer i villakvartererne, så støjreduktion ved indsamlingen vil opfattes som meget positiv, både for medarbejderne og for borgerne.

Når det gælder køretøjerne, og de opgaver de løser, er det også yderst ideelt; der køres typisk kortere velkendte ruter med mange start-stop, og som oftest køres langt det meste af ruten med lav hastighed – om end der er stor forskel på ruter i byen og på landet.

Samtidig undergår affaldsområdet i disse år meget store omstillinger. Der er stort fokus på sortering og genanvendelse og med lov om sortering, der trådte i kraft 1. juli 2021, er kravene af en karakter, så kommunerne har haft travlt med at omstille sig og leve op til loven. Specielt udfordrer antallet af fraktioner i mange kommuner, men også modtageanlæggene skal omstilles eller evt. lukkes. Det må derfor forventes, at der også vil ske ændringer i relation til afleveringssteder i de kommende år.

# Formål og hovedkonklusioner

Udgangspunktet er godt, når det kommer til elektrificering på området i form af egnethed, men markedet er fortsat præget af at være meget nyt, selv om vi i Danmark faktisk er relativt godt med set med internationale briller. Der er enkelte kommuner og byer, der er gået foran, og det er denne rapportes formål, dels at samle op på de erfaringer, der er gjort på nuværende tidspunkt – og dels at tage temperaturen på markedet i bred forstand lige nu og den nærmeste fremtid. Rapporten, og den indarbejdede guide, skal danne grundlag for, at kommuner og andre interessenter kan orientere sig og opnå et godt beslutningsgrundlag ifm. kommende udbud – eller evt. hjemtagning eller udlicitering på området.

Konklusionerne er klare – markedet er modent nu og vi ser i disse år de større aktører introducere hver deres bud på fremtidens skraldebiler. Et segment, hvor også producenterne vurderer elektricitet som det oplagte drivmiddel.

Markedet her i 2023 er præget både af introduktion af de nye køretøjer fra de større leverandører og samtidig en fortsat udvikling omkring ombygninger. Det gælder både nye chassis og ombygning af brugte dieslbiler. Der er ydermere en række overvejelser, der skal gøres, når det kommer til ladeinfrastrukturen.

Uagtet den bedre driftsøkonomi med elektriske drivlinjer og en længere levetid på elektriske renovationsbiler, så er bilerne stadig relativt meget dyrere end tilsvarende dieslbiler. Der vil derfor, i et stykke tid endnu, være behov for at allokere ekstra midler i forbindelse med overgangen til el. Det gælder i forhold til indkøb af biler, men ikke mindst i relation til etablering af den nødvendige ladeinfrastruktur.

Ses der bort fra de øgede omkostninger, som elektrificeringen medfører, står tilbage nogle meget positive erfaringer fra de kommuner og renovatører, der har taget de første skridt. I den første udgave af rapporten fremhævede vi særligt Frederiksberg Kommune, der dengang havde været i gang i 8 år og hvor de elektriske renovationsbiler indgik i driften, uden at det afstedkommer flere vanskeligheder end med de diesel-drevne biler. Frederiksberg er dog også karakteriseret ved et fladt terræn og et relativt lille areal og dermed kortere ruter. Er det mere kuperet terræn og længere landruter kan der være ruter hvor rækkevidden på de elektriske skraldebiler udfordres, eller hvor der må køres med andre drivmidler. Vi har i denne opdaterede version af rapporten fået et afsnit med fra Vejle kommune, som nok er en af de mest kuperede områder i landet, og hvor Urbaser nu har indsat elektriske skraldebiler.

De gode erfaringer gælder i driften af bilerne men ikke mindst på klima og miljøområdet. Når det gælder arbejdsmiljø og hvordan de elektriske skraldebiler bliver modtaget hos borgerne, er tilbagemeldingerne gode. Dels har det en stor signalværdi overfor borgerne og dels bemærkes og værdsættes også den mindre støj og forurening fra skraldebilerne.

# Initiale overvejelser vedr. elektrificering af affaldsindsamlingsområdet

Helt overordnet er markedet stadig på et stadie, hvor det overordnede hensyn oftest har handlet om at prioritere økonomi overfor miljø og klima. Det kræver, at der er politisk opbakning til at forfølge en el-strategi, da der er en stor omkostning forbundet hermed. I mange kommuner synes den politiske opbakning at være til stede og ofte er det netop det, der er driveren for elektrificeringen.

## Ruter

De indledende overvejelser bør i væsentlig grad handle om at vurdere og analysere de aktuelle ruter. Er det teknisk og økonomisk relevant at elektrificere, og er det evt. kun en del af ruterne, der skal fokuseres på i første omgang.

Som en overordnet betragtning kan man sige, at netop affaldsindsamling har den store fordel ift. elektrificeringen, at det er kendte daglige ruter, der typisk ikke er lange – ofte omkring 50 -150 km. Kørslen ved selve indsamlingen foregår som regel ved relativ lav hastighed, i særdeleshed i byerne, og med mange start-stop, der gør det optimalt ift. regenerativ opbremsning, ved korrekt kørsel.

Selve rutens beskaffenhed; hvor lang er ruten? Er det bakket eller fladt terræn? Afstand til tømningsssted og er der behov for flere tømninger dagligt? Disse parametre er afgørende for vurderingerne samt den aktuelle køretid.

Det kan ved en analyse vise sig, at visse ruter er mere oplagte til elektrificering end andre og, at man derfor med fordel kan starte ud med en delmængde af ruterne hvor de er mest velegnede. En sådan tilgang vil have en række andre fordele i relation til tilvænnning af personale, opsætning af ladeinfrastruktur, og sikkerhed ved evt. nedbrud osv. Mere om dette senere i rapporten.

## Rækkevidde / kapacitet

En af de helt afgørende nøgleparametre ift. vurdering af el-skraldebilen er bilens rækkevidde. Nogle ruter er yderst velegnede til betjening med elektriske biler som angivet ovenfor, og andre er, med dagens teknologi, mindre velegnede. Det er batteriets kapacitet, der er afgørende for bilens rækkevidde og dermed egnethed på den aktuelle rute.

Man bør her være særligt opmærksom på, hvis man køber skraldevogn ud fra batteristørrelse, at der kan være meget stor forskel på batteriets opgivne kapacitet (den nominelle kapacitet) og den anvendelige kapacitet. Begge dele opgives som regel af producenterne. Årsagen hertil skal formentlig findes i, at producenterne afkræves garantier for holdbarhed gennem serviceaftalerne, på et helt andet niveau end det er tilfældet på personbiler. Producenterne gør det pt. for at sikre sig bedst muligt i forhold til garantiforpligtelserne, ved at reserverer et område i toppen og i bunden af batteriet som ikke anvendes, hvilket reducerer degradering (slitage) på batteriet. Det betyder dog at rækkevidden på køretøjet, kan være mindre end hvad man normalt ville forvente af én hvis størrelse batteri.

## Ladeinfrastruktur

En anden og yderst essentiel del af elektrificeringen, ikke kun når det gælder skraldebiler men helt generelt, er ladeinfrastrukturen. I modsætning til privatbilsområdet, er der med skraldebilerne tale om en ganske anden udfordring, som handler om at få etableret de nødvendige ladefaciliteter til flåden. Det kan dog være ganske betragtelige energimængder, der kræves for at kunne oplade en flåde af skraldebiler med store batterier, ligesom det er essentielt at kunne styre opladningen.

Eftersom vi har forsyningspligt i Danmark, kan man begrænse udfordringen til at være af tidsmæssig og rent økonomisk karakter – altså hvad koster det at få fremført X Ampere til standpladsen samt opsætning og drift af de nødvendige ladere. Og hvor lang tid tager det før tilslutningen kan være på plads. Men i særdeleshed når man ser på lidt større behov/installationer er der basis for nogle seriøse overvejelser. Overvejelser der kan handle om lade-vinduer, ruteplanlægning, batteristørrelse, lade-effekt på bilerne – og ikke mindst, hvem som er ansvarlig for etableringen i tilfælde af, at indsamlingen er udliciteret. Giver det mest mening, at ladning af skraldebilerne foranstalles af kommunen, skal ladeinfrastrukturen deles med andre virksomheder/brugere eller skal det være en del af det samlede udbud? Svaret herpå vil i stor udstrækning afhænge af den langsigtede strategi for affaldsindsamling i kommunen, samt naturligvis en lang række andre parametre i relation til valg af køretøjer, deres ladebehov osv. Men i udgangspunktet bør man overveje hvorvidt netop investering af denne type, som jo er relativt langsigtet (10 år+ for ladeudstyr og 30+ år for elektrisk infrastruktur), er velegnet til at indgå i udbudsperioder der måske er på 6-8 år.

Vi vil gå i detaljer med netop dette område i et separat afsnit og blot her gøre opmærksom på, at netop punktet omkring ladeinfrastruktur bør have meget høj prioritet i indledende faser ift. udbuddet.

## Økonomi

Klima og miljø koster – derom ingen tvivl. Og i særdeleshed på områder som er i sin vorden og hvor der er begrænset konkurrence og stadig relativt få driftserfaringer. Men som ovenfor angivet så handler en stor del også om planlægning og afklaring omkring strategien på længere sigt – og herunder de investeringer der skal lægges i etablering af infrastrukturen og ikke mindst i selve omstillingen.

Hvis kommunen selv ønsker at stå for affaldsindsamlingen, må der påregnes en stor initial omkostning til indkøb af materiel og etablering af ladeinfrastruktur, ligesom der må forventes ekstra ressourcer til indkøring af medarbejderne. Det kan forventes, at en vis del af den ekstra initial-omkostning vil kunne tjenes ind via driften grundet lavere omkostninger til drivmiddel, service og vedligehold.

Omvendt, hvis affaldsindsamlingen er udliciteret, så ligger omkostninger og risiko hos renovatør/vognmand og i et nyt lav-marginalt marked, så må udbyderen indregne en vis buffer af hensyn til risiko-afdækning ved afgivelse af tilbud.

De store initial-omkostninger vil også kunne have indflydelse på aftaleperioder. Hvis skraldebil og infrastruktur kan afskrives over en 10-årig periode i stedet for 6-8 år som er normen i dag, så vil de årlige udgifter naturligt være lavere hvilket i udgangspunktet er i alles interesse. Det som omvendt kan vanskeliggøre længere aftale-perioder, er hele



udviklingen på affaldsområdet, hvor der løbende sker ændringer og fornyede krav til sortering og fraktioner i bilerne. Sådanne ændringer kan være vanskelige effektivt at indarbejde i kontrakterne.

Specifikt omkring ladeinfrastrukturen, som har en noget længere afskrivnings-horisont end bilerne, bør det overvejes om det er hensigtsmæssigt, at begge dele lægges sammen i udbuddet. Ladeinfrastrukturen vil måske kunne afskrives over en 30-årig periode fsv. angår den elektriske del hvorimod biler og ladestandere afskrives over eksempelvis 10 år. Det kan derfor være relevant at overveje, om der skal være separate udbud på hhv. biler og ladeinfrastruktur, så det giver både rimelig økonomi fra kommunens side og en rimelig risikoafdækning fra renovations-selskabets side.

### **Klima, miljø og arbejdsmiljø**

De helt store vindere i relation til elektrificering er klimaet, miljøet og arbejdsmiljøet. Klimagevinsten er meget stor, set i forhold til dieselmotorer – og den bliver større og større år for år som energimixet bliver grønnere og ikke mindst, at systematisk genanvendelse af batterierne etableres og skaleres.

På miljøside elimineres al udledning af partikler og gasser i nærmiljøet, støjledningen reduceres også hvilket har stor betydning for såvel nærmiljøet i byen som for arbejdsmiljøet for renovationsmedarbejderne, der også undgår rystelserne ved en tændt dieselmotor.

Flere og flere virksomheder og offentlige instanser arbejder ud fra en såkaldt tredobbelte bundlinje (triple bottom line), som sætter rammerne for virksomhedens indsatsområder, aktiviteter og prioriteringer;

1. Økonomi,
2. Mennesker
3. og Miljø.<sup>1</sup>

På denne baggrund bliver faktorer som klima og arbejdsmiljø vægtet på samme måde som økonomi, som bidragende til virksomhedens samlede bundlinje. Vi vil i denne rapport dog ikke gå nærmere ind på hvordan vægtningen af de enkelte områder bør/skal være. Det er op til den enkelte kommune eller virksomhed at indregne disse faktorer.

## **Erfaringer med drift af elektriske skraldebiler**

I dag er flere af de store producenter, Scania, Volvo, Mercedes m.fl. begyndt at komme på banen med serieproduceret køretøjer, men selve udviklingen af elektriske lastbiler og skraldebiler går mere end 25 år tilbage.

Historisk baserede de sig de første år på biler, der blev forsynet med strøm fra bly-batterier. Men for ca. 12 år siden skete der noget, og de første skraldebiler med litium batterier


---

<sup>1</sup> Du kan finde mere viden om reelle miljømæssige gevinst ved at skifte til elbiler på [elbilviden.dk](http://elbilviden.dk), hvor der er værktøj for LCA (Livscyklus analyse) af forskellige drivmidler.

begyndte at se dagens lys, hvilket satte skub i udviklingen.

Franske PVI var pioner med ombygget elektriske skraldebiler og en af de første til at introducere skraldebiler med elektrisk drivlinje baseret på litium batterier. Siden er der også kommet andre leverandører, eks. Hollandske Emoss. Vi ser i dette afsnit på erfaringerne til dato fra ind- og udland til dato baseret på de ovennævnte leverandører og også de første-håndserfaringer, der er gjort med de nyeste leverandører og producenter.

## Danske erfaringer Opdaterede 2023 og nye cases

Frederiksberg Kommune		
	<b>Antal borgere:</b>	<b>104.000</b>
	<b>Affaldsindsamling hjemtaget i:</b>	<b>2012</b>
	<b>Driftserfaring med elektrisk skraldebil siden:</b>	<b>2013</b>
	<b>Antal skraldebiler i alt:</b>	<b>25 stk.</b>
	<b>Antal elektriske skraldebiler:</b>	<b>21 stk.</b>
	<b>Planlagte yderligere indkøb:</b>	<b>Ikke yderligere pt.</b>

De danske erfaringer med elektrificeringen daterer sig tilbage til 2013 hvor Frederiksberg Kommune, som den første danske kommune, tog en elektrisk skraldebil i brug. Kommunen havde i 2010 hjemtaget indsamlingen og Frederiksberg Gartner og Vej (FGV) havde på daværende tidspunkt allerede erfaring med eldrevne køretøjer i driften bl.a. lad-biler og redskabsbærere, og man var af den overbevisning at el, af en lang række årsager, skulle være det foretrukne også til affaldsindsamling. Frederiksberg Kommune har nu 21 elektriske skraldebiler i drift. Køretøjerne er hhv. fra PVI og fra 2023 også Volvo.

### *Udbud og markedsdialog*

En normal procedure ville være at gå i markedsdialog og dernæst udarbejde et udbud og derefter udpege den mest egnede leverandør. Men efter at have set sig om efter leverandører at invitere til at byde, viste det sig, at der på det tidspunkt i 2012 kun var en enkelt producent, der kunne leve op til kommunens krav om driftsmæssig erfaring med elektrisk skraldebil på det danske marked – nemlig franske PVI (Power Vehicle Innovation) og via deres danske partner Phoenix Danmark.

### *Overvejelser omkring eldrevne skraldebiler*

Der var en lang række overvejelser i forbindelse med investeringen i køretøjet men overordnet var Frederiksberg Kommune trygge ved, at bilen var bygget på et traditionelt Dennis Eagle chassis som kommunen havde gode erfaringer med. Der var dog en række bekymringer, som handlede om driftssikkerhed, lastevne og hvordan batterierne ville kunne klare sig i det danske klima. Og ikke mindst det faktum, at skraldebilen er en ombygning og ikke konstrueret til formålet fra starten af.

### *Ladeinfrastruktur*

Inden man begynder udskiftning af maskinparken til el, er det vigtigt at se på kapaciteten. Her kræver det et strategisk og fremsynet blik. Bilerne fra PVI lades gennem et CEE stik og trækker op til 63 ampere. Kommunen har investeret 2,5 millioner kroner over to omgange i udvidelse af strømkapaciteten. I første omgang da de gik fra 1 til 5 biler og her senere igen, hvor de er gået fra 5 til 20 biler. Dette har ikke givet anledning til nogen udfordringer – ud over en relativ lang leveringstid, som i øjeblikket ligger på 8-10 måneder i Københavnsområdet.

Kommunen er begrænset arealmæssigt hvor bilerne står, så det er væsentligt at tænke i placering. Elektriske skraldebiler har faste pladser og optager mere plads, samtidig er de ikke nær så mobile som konventionelle køretøjer. Derfor skal man så vidt muligt sikre sig en blivende lokation, da det er bekosteligt at omstrukturere.

### *Driftssikkerhed*

Hvad angår driftssikkerhed har bilerne været en positiv overraskelse. Frederiksberg Kommune valgte helt bevidst en kontrolleret indfasning, startende med blot et enkelt køretøj og har sidenhen løbende udvidet. I indkøringsfasen oplevede de lidt problemer, bl.a. med gearskifte op ad bakke og en lift, der betjeningsmæssigt voldte lidt vanskeligheder. Så selvom skraldebilen indgik i drift efter en måned, gik der 6 måneder med at få den kørt ind. Samarbejdet med leverandøren, Phoenix som leverer alle køretøjerne, var dog virkelig godt, og da der var taget hånd om problemerne i opstartsfasen, har det med tiden vist sig, at de elektriske skraldebiler i Frederiksberg Kommune har lige så mange driftstimer som de konventionelle biler med dieselmotor.

### *Batterier / kapacitet / lastevne*

Der var også en reel bekymring for hvordan batterierne ville klare sig i det skandinaviske klima. Kommunen havde erfaring med blybatterier fra andre køretøjer hvor kapaciteten faldt kraftigt i koldt vejr, men det viste sig ikke at være et problem med Litium-ion batterierne. Opvarmning af kabinen fungerer også fint med et lille oliefyr.

Phoenix Danmark har en bil kørende i Norge hvor de på visse tidspunkter nåede ned på -20 grader hvorfor der blev monteret varmelementer omkring batteripakken hvorimod man i Paris og Lyon har køling på batteriet. Men for nuværende ser det ud til at ingen af disse foranstaltninger er nødvendige i det danske klima.

PVI – C LESS 26, som bilen hedder, har *lastevne* der er 2 ton mindre end de øvrige diesel-drevne biler de anvender i Frederiksberg Kommune, så dette, sammenholdt med en begrænset rækkevidde på 120-150 km gav også anledning til bekymringer. Det har dog

vist sig, at de har klaret sig uden at skulle omlægge ruter. Dog er man siden helt gået over til elektriske skraldebiler med det store batteri på 255 kWh af hensyn til fleksibiliteten ved eventuelle fremtidige distriktsomlægninger ligesom de nyere biler er vejjet op til 27 ton. Mere herom i næste afsnit.

Siden den første rapport udkom i 2021, har Frederiksberg udvidet med yderligere 10 elektriske biler og nu fra Volvo. Der er tale om 3 forskellige modeller;

4 stk Volvo FL kassevogne (storskraldsbiler)

5 atk. Volvo FE Renovationsbiler (Low entry cab til dagrenovation)

1 stk Volvo FM 8x4 med kran og kroghejs.

Frederiksberg Kommune har med sine nu (maj 2023) 21 eldrevne renovationskøretøjer den næststørste vognpark i Norden kun overgået af ARC. Tilgangen har hele tiden været, at "lægge skinnerne mens toget kører" og er der en ting de har lært, så er det, at det ikke er noget problem at planlægge hvis man blot har en enkelt eller to eldrevne biler. Ønsker man derimod at skalere til en drift med eksempelvis 20 eldrevne køretøjer, så er planlægning nøglen til succes. Det handler naturligvis om at få fremskaffet den nødvendige ladeinfrastruktur, men i overvejende grad også at vurdere nuværende og fremtidige kørselsbehov i relation til aktionsradius og aktionstid på bilerne.

#### *Aktionsradius eller Aktionstid*

Én ting de har lært i Frederiksberg Kommune er, at *der skal skelnes mellem to begreber indenfor el-drift; aktionsradius og aktionstid*. Aktionsradius (rækkevidde) er det antal kilometer en el-skraldebil kan køre på en opladning. Her kan der beregnes med eller uden komprimering i kassen. Aktionstid (driftstid) er den tid hvori en skraldebil kan køre og samle affald på en opladning. I denne tid medregnes antal tømninger og kørselsmønstre. På Frederiksberg har man tæt bykørsel med få antal kørte kilometer og mange standsninger.

Frederiksberg Renovations længste kørselsdag er fra 05:45-17:30. Her er det vigtigt at overveje, hvor mange timer bilen skal samle affald, og hvor mange tømninger den skal have. Ved at definere antallet af tømninger i relation til kørselsmønstre kan man dimensionere brugen af bilen langt bedre end ved at tage udgangspunkt i aktionsradius. På Frederiksberg kommer de sjældent over 70 km. om dagen ved to-holds drift, men det lille batteri på 175 kWh kommer alligevel ned på 15%, hvilket gør det u hensigtsmæssigt for driften, så de ser sig nødsaget til at køre med det store batteri på 255 kWh. På Frederiksberg er man af den klare overbevisning, at det er lige så vigtigt at tale om aktionstid som aktionsradius. Der kan alt i alt arbejdes med skraldebilen 8-9 timer dagligt grundet stort egetforbrug fra komprimator og automat-lift. Hertil skal naturligvis indregnes afstand til tømning.

#### *Indkøring af medarbejdere*

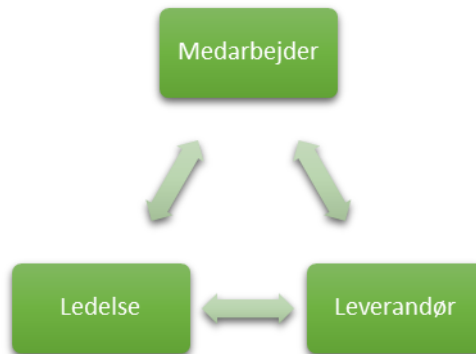
En anden årsag til en kontrolleret indfasning som Frederiksberg Kommune har gjort det, er indkøring af medarbejderne i implementeringsfasen. Man må forberede sig på, at det

kræver tilvænning for medarbejderne med kørsel med det nye køretøj. Tilvænningen er lettere for nogle end for andre, så der skal fuld opmærksomhed på det enkelte team, når en ny bil sættes i drift. Men når først de første tre køretøjer er i drift, bliver det lettere med de næste, så deles viden og erfaringer blandt medarbejderne nemlig på en anden måde.

*"De første tre nye biler af en type er de sværeste. Ved den 4. bil så kender medarbejderne fordele og ulemper og de indgår meget let i driften"*

*(Driftsleder Thomas Madsen)*

Af andre ting kan nævnes, at det kræver tilvænning til en langsommere bil, til gearskiftet osv. På Frederiksberg viser deres erfaringer, at det tager op mod 6 måneder at udvælge og oplære de rigtige medarbejdere til et niveau, hvor de lærer at betjene køretøjet til et niveau hvor de kan blive ambassadører for el-drift. Der skal gives grundig oplæring i et tæt samarbejde med leverandøren og det kan med fordel ske også gennem en feedback mekanisme.



Selv de nøje udvalgte chauffører havde svært ved at se fordelene i starten, da fokus var på, at el-skraldebilen var langsommere i optræk og topfart samt problemer med gearets styring. Ved hjælp af feedbackmekanismen fik de dog løst problemerne på en god måde.

*"Vi havde bl.a. problemer med gearskiftet op ad Valby bakke, hvilket blev klaret med en ny gearfunktion, som nu er standard i de nye biler, der bliver leveret"*

*(Driftsleder Thomas Madsen)*

Feedback mekanismen gør, at chaufførerne føler sig hørt, og kan bistå med forbedringer, ligesom de er mere tålmodige, når de selv inddrages i løsningen af problemerne. Forandring tager tid og kræver indsats – og selvom langt størstedelen af medarbejderne har taget el-skraldebilerne til sig, så er der, efter 7 år med el-skraldebiler, stadig enkelte, der ikke har.

## Gentofte Kommune



<b>Antal borgere:</b>	<b>75.000</b>
<b>Affaldsindsamling outsourcet til:</b>	<b>City Container</b>
<b>Driftserfaring med elektrisk skraldebil siden:</b>	<b>Maj 2022</b>
<b>Antal skraldebiler i alt:</b>	<b>20 stk.</b>
<b>Antal elektriske skraldebiler:</b>	<b>2 stk.</b>
<b>Planlagte yderligere køb (udbud netop afsluttet):</b>	<b>18 stk.</b>

I Gentofte Kommune var man i 2019 klar til at gå i udbud og havde lagt sig fast på at gå efter elektriske skraldebiler. Derfor indledtes en markedsdialog og det blev hurtigt klart, at der kun var en enkelt model tilgængelig på markedet, nemlig PVI. Den eneste anden leverandør, der på det tidspunkt havde et produkt at byde ind med, hollandske Emoss, trak sig senere fra at byde.

Kommunen fandt dog også ud af gennem denne markedsdialog, at en række af de større lastbilproducenter var lige på trapperne med køretøjer til renovation således, at der indenfor nærmeste fremtid ville kunne skabes reel konkurrence på markedet.

Eftersom kommunen var meget interesseret i at komme i gang med elektrificeringen med det samme, valgte de at lave en midlertidig kontrakt med den eksisterende renovatør for en toårig periode og samtidig selv indkøbe to elektriske skraldebiler. På den måde kunne de få nogle erfaringer med elektriske skraldebiler. Valget faldt på PVI-biler (som altså på det tidspunkt var de eneste tilgængelige). Leveringen af bilerne blev dog væsentligt forsinket bl.a. grundet COVID-19, så levering først fandt sted i forsommeren 2022.

I Gentofte Kommune ønsker man at stille med fuldt program på el på komprimatorbiler og i forbindelse med det nyligt afsluttede udbud, hvor der var krav om fuld el-drift af bilerne, bliver der via renovatøren tilføjet yderligere 18 biler så man når op på en flåde af i alt 20 komprimatorbiler. Det er op til renovatøren at beslutte hvilken type bil de vil stille med til opgaven. Bilerne sættes i drift fra februar 2024.

## Vejle Kommune



<b>Antal borgere:</b>	<b>118.000</b>
<b>Affaldsindsamling outsourcet til:</b>	<b>Urbaser</b>
<b>Driftserfaring med elektrisk skraldebil siden:</b>	<b>April 2023</b>
<b>Antal skraldebiler i alt:</b>	<b>23 stk.</b>
<b>Antal elektriske skraldebiler:</b>	<b>5 stk.</b>
<b>Planlagte yderligere indkøb:</b>	<b>Ingen i indev. ud- budsperiode</b>

Vejle kommune har et areal på 1066 km<sup>2</sup> knap 58.000 husstande og ca. 300 kommunale institutioner.

Der bor ca. 118.000 indbyggere i Vejle Kommune som nu er landets 5-største Kommune, og det forventes indbyggertallet vil stige yderligere med ca. 1% om året.

Vejle kommune er meget ambitiøse på klimaområdet, og har derfor stillet krav til el og gas-køretøjer i affaldsindsamlingen.

Urbaser A/S har vundet kontrakten og har i tilbuddet gået med 5 rene eEconic som El renovationskøretøjer og 18 gas renovationskøretøjer til indsamlingen af alle fraktioner i Vejle, som var det der var krævet i udbuddet i Vejle kommune.

Der valgte eEconic El lastbiler i Vejle anvendes således:

- 3 el lastbiler til indsamling af rest/bio affaldet.
- 2 el lastbiler til indsamling af det genanvendelige affald.

I Vejle er man udfordret med nogle meget specielle kørevilkår med virkelig mange bakker. Eksempelvis køres der indsamling i Bredballe, som er velsignet med mange og stejle bakker, man skal køre på, hvilket betyder et større kWh forbrug når bakkerne skal forceres. Men samtidig er det også en god mulighed for at regenererer strøm på batteriet med motor og bremseeffekt når bilen kører ned ad bakkerne således at energien ikke går til spilde som den ville ved dieseldrevne biler.

Når eEconic's kommer tilbage efter endt arbejdsdag, er det med mellem 28 og 43% strøm tilbage på batteriet, og chaufførerne er meget glade for at køre i dem.

Forbruget af kWh / km på eEconicerne ligger på et fornuftigt gennemsnit, som dog svinger lidt for de enkelte køretøjer, hvilket Urbaser A/S forventer kan ensartes, med køreuddannelse og køreteknisk træning for de enkelte chauffører.

## Københavns Kommune



<i>Antal borgere:</i>	<b>640.000</b>
<i>Affaldsindsamling hjemtages:</i>	<b>2021 – 2024</b>
<i>Driftserfaring med elektrisk skraldebil siden:</i>	<b>Januar 2022</b>
<i>Antal skraldebiler i alt:</i>	<b>130 stk.</b>
<i>Antal elektriske skraldebiler:</i>	<b>109 stk.</b>
<i>Planlagte Indkøb:</i>	<b>Ikke yderligere</b>

### ARC – erfaringer med indførelse af elektriske skraldebiler

Som en del af planen om at gøre København til den første CO2 neutrale hovedstad i verden i 2025, besluttede politikerne på Københavns Rådhus i 2018 at elektrificere affaldsindsamlingen i København. En ganske modig beslutning på daværende tidspunkt, som på mange niveauer var udfordrende. Man gik all-in!

Skraldebilerne i København havde indtil da kørt på certificeret biogas og løftet og komprimeret affaldet på el, så det var det sidste skridt i den grønne omstilling, der blev besluttet.

Indsamlingen af husholdningsaffald i Københavns 10 bydele var på daværende tidspunkt udliciteret til en række private renovatører, som havde kontrakt på indsamlingen i de enkelte bydele. Den politiske beslutning om elektrificering af affaldsindsamlingen indeholdt også en beslutning om at hjemtage indsamlingen af husholdningsaffald. Det var ARC, der skulle forestå den fremtidige indsamling og det var planen, at hjemtagningen skulle foregå i takt med, at kontrakterne med renovatørerne udløb.

Elektrificeringen af affaldsindsamlingen i København blev således koblet sammen med hjemtagning af opgaven, hvilket på visse planer gav god mening, men på andre planer var udfordrende for ARC. ARC forventer nogle flere muligheder for optimeringer og fleksibilitet i driften af indsamlingen af husholdningsaffald, når man kan drifte hele byen på en gang og ikke bydel for bydel. Der var dog en stor udfordring, da der af gode grunde ikke forelå en samlet kørselshistorik på ruterne, som man kunne simulere det fremtidige scenario først med planlægningen og senere selve ruteplanlægningen ud fra.

I skrivende stund (april 2023), drifter ARC 2 bydele og pr. 1. maj 2023 bliver de sidste 8 bydele hjemtaget. I praksis har det betydet, at man har måttet gennemføre EU-udbud på indkøbet af samtlige elektriske skraldebiler, inden den første bil overhovedet var blevet leveret. En anelse udfordrende.

*Vi gennemførte alle EU-udbud af køretøjerne inden vi fik det første køretøj leveret – en anelse udfordrende!*

*Claus Barslund, Driftschef ARC*



## Køretøjerne

Ambitionerne på køretøjs-siden var klart højere i starten da man udformede udbudskravene, men da markedet viste sig at være relativt umodent er kravene i en vis udstrækning blevet justeret i henhold til det, der rent faktisk var tilgængeligt på markedet og på en måde, så der var konkurrence i udbuddene. Det skulle gerne være muligt at opnå at minimum 2 leverandører kunne forventes at give bud på kontrakterne for at sikre en vis konkurrence.

Arbejdsmiljørepræsentanterne blev også taget med på råd i udformningen af krav og ønsker til køretøjerne, så alt fra køl i handskerummet og handsketørrer er derfor kommet med i udbuddet. Det kan lyde som en lille ting med et krav som handsketørrer, men det har faktisk vist sig at have stor værdi for medarbejderne i en dagligdag, at man har kunnet få tørret handskerne når det regner. Tidligere blev handskerne, ganske u hensigtsmæssigt, lagt ovenpå varmeapparatet, men det undgår man nu med handsketørreren, der kommer i bilerne og som mest af alt minder om en lille brødrister!

Så både det at man er blevet hørt og der rent faktisk er kommet nogle forbedrede forhold i bilerne betyder, at bilerne er blevet virkelig godt modtaget hos skraldemændene. Vi har glade og positive medarbejdere og vi har faktisk set et eksempel på, at nogle der har kørt i gasbiler og i forbindelse med service lånt en el-bil et par dage specifikt har bedt om at komme over på el-bilen permanent. Ikke mindst det væsentligt reducerede støjniveau i el-skraldebilerne har virkelig været en gevinst – både for medarbejderne men også for borgerne i København.

*”Vi har eksempler på medarbejdere der var vant til at køre på gas og som i forbindelse med service lånte en el-bil efterfølgende bad om at komme over på el-bilen permanent”*

*Driftschef ARC*

Den første elektriske bil blev sat i drift i januar 2022 og bilerne har langt hen ad vejen overrasket positivt. Det var forventet, at der ville være opgaver med første generation af de elektriske køretøjer, der indebærer helt nyudviklet teknik og ARC oplever da også ”børnesygdomme” ved de nye elektriske køretøjer. ARC lægger derfor et stort arbejde i sammen med producenterne at få løst udfordringerne med den første generation af elektriske skraldebiler.

ARC har pt. totalt 109 elektriske køretøjer, hvoraf størstedelen er fra SCANIA, til indsamling, hvoraf de 68 er 3-akslede komprimator biler. Der er også indkøbt en række 2-akslede biler, hvilket er en stor fordel af hensyn til fremkommelighed og af pladshensyn, specielt i den indre by i København, hvor der virkelig er udfordringer med fremkommeligheden. Det har vist sig, at det ikke er afstandene, der er et issue og man har kunnet planlægge ruterne uden væsentlige udfordringer med de givne batterier der er leveret med bilerne. Driftsmæssigt indretter man driften i fht. de biler der er tilgængelige med de givne batteristørrelser. Det er antal beholdere, der skal tømmes på de enkelte ruter. Og sæsonbetinget forhold som lave temperaturer, der kan give lidt lavere rækkevidde for de elektriske skraldebiler.

De 2-akslede biler, der er noget lettere at komme rundt med i indre by, kan fint køre nogle af de lettere fraktioner som f.eks. pap og plast.

Leverandørerne har, som en del af kontrakterne, gennemført uddannelse for chaufførerne – dels i fht. betjening af de nye køretøjer, men i særdeleshed omkring hvordan man kører i en elektrisk skraldebil i forhold til en skraldebil med forbrændingsmotor. Indtil videre (april 2023) har 120 mand været igennem træning og senere skal yderligere 250 mand igennem.

Træningen tilrettelægges som et 2-3 timer introkursus og så sker der en løbende opfølgning. Men det er givet, at de første til at betjene de nye biler har haft det største behov for at lære at betjene og køre de nye biler. Over tid, når flere og flere biler kommer i drift, vil man se mere og mere sidemandsoplæring. Men her i overgangen og opstartsfasen har det været en stor fordel, at ARC har ressourcerne til at levere ind på uddannelsesbehov og support af driftsorganisationen.

I de kommende træningsforløb vil det endvidere ske med biler, der ikke er sat i drift. Bilerne leveres i god tid inden de sættes i drift fremover hvilket må anses som en stor fordel!

### **First mover i et umodent marked**

Det faktum, at ARC har været firstmover fsv. angår biler fra de store producenter (ikke ombyggede) og at ARC bliver så stor en renovatør i kombination med at leverandørerne af bilerne også har leveret med flere nye underleverandører i de første leverancer, har helt klart givet nogle udfordringer hele vejen rundt. Udfordringerne har ikke nødvendigvis været på enkeltkomponenter, men oftere er det integrationerne der har været årsag til udfordringerne – specielt i starten. Generelt må man dog sige, at leverandørerne har mandet op og i samarbejde med ARC får løst de udfordringer, der er opstået.

ARC har villet det – og leverandørerne har villet det og dermed har det kunnet lade sig gøre. Drift er 24-7 og affaldet skal indsamles!

### **Opladning / ladeinfrastruktur**

ARC havde i sin tid stillet krav om anvendelse af CCS combo 2 stik med en ladeeffekt på 25 kW. En sådan ladeeffekt krævede, ved fuld indfasning af de forventet 130 biler, fik en strømtilførsel på 3.500 - 4.000 Ampere pr. lokalitet. Det var og er en betydelig strømmængde, hvilket ARC også har erkendt i dialogen med net-selskabet Radius.

Hvor man i andre sammenhænge ved opstilling af ladestandere beder om tilslutning af måske nogle få hundrede Ampere, så krævede en tilslutning i denne størrelsesorden planlægning fra flere hold, og processen har givet anledning til fornyet overvejelse. Og understreger ARC's rolle som firstmover på storskala infrastruktur.


Det har ikke været muligt at få leveret forsyning i det ønskede omfang fra netselskabets side, så i praksis er det blevet løst ved at etablere en ekstra lokation til bilerne og dels har man måttet nedjustere ladeeffekten på laderne til bilerne, så man er endt op med at købe ladere med en mindre fleksibilitet i forhold til ladevinduet, fra 21-06 og mellem første og andet skift. Ønsket var 50 kW DC ladere men eftersom der ikke var effekt nok til rådighed, er der i stedet installeret primært 24 kW DC ladere suppleret 100 kW ladere til dækning af behovet for opladning af skraldebilerne mellem første og andet skifte.

Ud over udfordringer omkring levering af forsyning har man også oplevet indkøringsproblemer i driften af laderne. I skrivende stund (april 2023) er der fortsat udfordringer på driftssiden omkring stabilitet i ladesessionerne. Det kan f.eks. give det udslag at laderne stopper med at lade midt i en ladesession og at personel hos ARC, fysisk må starte ladningen igen. Man mistænker fra leverandørernes side at der er tale om fortolkningsproblemer i kommunikationen mellem køretøj og lader, men der arbejdes med at stille en endelig diagnose og dermed løsning indenfor en overskuelig fremtid.

DC-ladning af skraldebilerne var et krav eftersom meldingen fra markedet var, at det er den vej det ville gå. Med DC-ladning opnås samtidig den mulighed at man kan lade med større effekt som eksempelvis 100 kW. For ARC har det haft betydning for muligheden for at lade biler mellem første og andet skift

### Brand og beredskab

I programledelsen hos ARC var der også stort fokus på brand- og beredskabsplanlægningen og mere specifikt i relation til større el og batteriinstallationer. ARC, i starten var det svært at få konkret og præcis information om dette. Men siden arbejdet med ARC og den generelle udvikling på området, så har beredskabet fået etableret viden og standarder på tværs af kommunerne.<sup>2</sup>

<b>Rødovre Kommune</b>		
 <b>RØDOVRE KOMMUNE</b>	<b>Antal borgere:</b>	<b>41.000</b>
	<b>Affaldsindsamling hjemtaget i:</b>	<b>2019</b>
	<b>Driftserfaring med elektrisk skraldebil siden:</b>	<b>2020</b>
	<b>Antal skraldebiler i alt:</b>	<b>16 stk.</b>
	<b>Antal elektriske skraldebiler:</b>	<b>7 stk. (10 ult. 2024)</b>
	<b>Planlagte yderligere indkøb:</b>	<b>4-5 stk.</b>

En anden hovedstadskommune, der har valgt at skifte en større flåde af biler over på el, er Rødovre Kommune. Kommunen har ladet sig inspirere af de gode erfaringer fra Frederiksberg Kommune og valgte i forbindelse med hjemtagning af indsamlingen at investere i en større flåde af elektriske skraldebiler.

Der var fra starten budgetteret med og planlagt indkøb af 9 elektriske skraldebiler, men prisen på bilerne gjorde, at man i første omgang i stedet valgte at indkøbe 7 elektriske

<sup>2</sup> Se mere på Elbilviden.dk (<https://elbilviden.dk/privat/teknisk-viden-om/brand-i-elbiler/>)

skraldebiler, som var hvad der lå inden for budgettet. Det er dog planen at anskaffe yderligere 4-5 biler så de i Rødovre Kommune når op på i alt 12 elektriske skraldebiler ud af den samlede flåde på 16.

**2023 Opdatering:** Ved et nyligt udbud har kommunen bestilt yderligere 3 elektriske skraldebiler, denne gang Mercedes eEconic.

Kommunen anskaffede bilerne efter et politisk forlig om hjemtagning af affaldsindsamlingen og valgte, baseret på en tæt kontakt med Frederiksberg Kommune, biler fra PVI leveret af Phoenix Danmark. Rødovre Kommune fandt det vanskeligt at indarbejde den fleksibilitet i kontrakterne med underleverandørerne, der er behov for, og tog derfor konsekvensen og hjemtog indsamlingen. Bl.a. som en konsekvens af de øgede krav til affaldssortering, og de ændringer der løbende sker på området.

Bilerne er primært 2-kammer med automatlift. Automatliften, der letter betjeningen ved skraldebilen er blevet særdeles godt modtaget hos skraldemændene. De ser netop automatliften som den største fordel ved de nye elektriske skraldebiler – læs mere under **afsnit om arbejdsmiljø**. Efter at have haft bilerne i drift i et års tid er det erfaringen hos Rødovre Kommune, at der ikke er flere fejl på de elektriske biler sammenlignet med de tilsvarende diesel-drevne biler. Bilernes batteri på 255 kWh klarer fint ruten og som oftest er der over 50% tilbage på batteriet, når bilerne kommer retur efter indsamlingen.

De har dog erfaret, at bilerne fuldt lastet kun kan komme op på ca. 35 km/t, hvis der er en lille stigning. Det har givet lidt udfordringer på vej tilbage til Vestforbrændingen, hvor de skal ud i overhalingsbanen for at komme ind på anlægget. Netop dette ser de gerne forbedret fremadrettet, men det ændrer ikke på den samlede oplevelse for skraldemændene, der bestemt ikke savner de gamle "diesel-hakkere";

*Vi måtte på et tidspunkt tilbage i vores gamle vogn for en kort periode, da vores el-skraldebil var på værksted. Der fik vi nærmest et chok over, hvor stor forskellen var med hensyn til støj og det manuelle arbejde.*

*(Mathias Pettersson, Skraldemand)*

## Ikke opdaterede

### Lyngby-Taarbæk Kommune



<b>Antal borgere:</b>	<b>56.000</b>
<b>Affaldsindsamling outsourcet til:</b>	<b>Urbaser</b>
<b>Driftserfaring med elektrisk skraldebil siden:</b>	<b>Apr. 2021</b>
<b>Antal skraldebiler i alt:</b>	<b>12 stk.</b>
<b>Antal elektriske skraldebiler:</b>	<b>3 stk.</b>
<b>Planlagte yderligere indkøb:</b>	<b>Foreløbig ingen</b>

En række andre forstadskommuner, bl.a. Lyngby-Taarbæk har også indgået aftaler om ombyggede elektriske skraldebiler men ikke som PVI baseret på Dennis Eagle chassis men på Mercedes Econic chassis.

Det er Hollandske Emoss (Emoss Mobile Systems B.V.), der står bag ombygningerne og den elektriske drivlinje. Bilerne er specificeret, ejes og opereres af Urbaser, som står for affaldsindsamlingen i kommunen. Urbaser har i alt 9 Emoss renovationskøretøjer kørende hvoraf de 3 altså har været i drift i Lyngby-Taarbæk Kommune siden april 2021.

Urbaser udtrykker generelt tilfredshed med bilerne fra Emoss, omend der også her har været lidt "børnesygdomme". Det viste sig f.eks., at den elektriske opvarmning i kabinen trak for meget strøm på batteriet, hvilket gik ud over rækkevidden. Man måtte derfor sænke temperaturen i kabinen med det resultat, at skraldemændene måtte finde det varme undertøj frem da kulden indfandt sig. Urbaser har dog løst dette i de følgende biler, som er blevet monteret med et fyr på CO2 neutral bio-diesel.

### Sønderborg Kommune



<b>Antal borgere:</b>	<b>74.000</b>
<b>Affaldsindsamling outsourcet til:</b>	<b>Urbaser</b>
<b>Driftserfaring med elektrisk skraldebil siden:</b>	<b>2020</b>
<b>Antal skraldebiler i alt:</b>	<b>14 stk.</b>
<b>Antal elektriske skraldebiler:</b>	<b>4 stk.</b>
<b>Planlagte yderligere indkøb:</b>	<b>Foreløbig ingen</b>

Kommunen, der er en af landets mest ambitiøse på klimaområdet, har gennem "Project Zero" projektet sat stort fokus på reduktion af CO2 udledningen. I forbindelse med udbud af affaldsindsamlingen var der i første runde ikke krav om el-drevne køretøjer, hvilket tydeligt blev afspejlet i tilbuddene, hvor der kun blev tilbudt de langt billigere gas-biler. Da udbuddet skulle gå om, valgte byrådet at stille krav om 4 elektriske renovationskøretøjer i selve udbuddet.

Urbaser, der vandt udbuddet, anskaffede sig ved sidste udbudsrunde i alt 14 skraldebiler hvoraf de 4, som kører inde i byen, er elektriske. De resterende kører på gas. Prisen på el-bilerne kan godt afskrække tilbudsgiverne så de vælger de langt billigere gas-biler, når kravene om nul-emissionsbiler skal opfyldes.

De elektriske skraldebiler egner sig endnu ikke til affaldsindsamling på de lange ruter i Sønderborg Kommune da afstandene er store. Med den begrænsede rækkevidde har kommunen derfor valgt en kombination af rene elbiler og biler, der enten kører på gas eller bio-diesel. De elektriske biler kører de kortere ruter inde i byerne, mens de øvrige kører de lidt længere landruter. Udover dette er der kun positive tilbagemeldinger fra både borgerne og brugerne af køretøjerne.

*Hvis man ønsker sig el-biler er det en god ide at skrive det ind i ydelsesbeskrivelsen i udbuddet fra starten. Prisen på el-bilerne kan godt afskrække tilbudsgiverne så de vælger de langt billigere gas-biler.*

*(Thomas Wind, Driftsleder affald, Sønderborg Forsyning)*

## Herning Kommune



<b>Antal borgere:</b>	<b>74.000</b>
<b>Affaldsindsamling outsourcet til:</b>	<b>Meldgaard</b>
<b>Driftserfaring med elektrisk skraldebil siden:</b>	<b>Maj 2021</b>
<b>Antal skraldebiler i alt:</b>	<b>14 stk.</b>
<b>Antal elektriske skraldebiler:</b>	<b>4 stk.</b>
<b>Planlagte yderligere indkøb:</b>	<b>Foreløbig ingen</b>

I Herning Kommune har man i samarbejde med renovatøren Meldgaard valgt en anden tilgang, nemlig at ombygge brugte diesel skraldebiler til el. En tilgang, der rent klimamæssigt og ressourcemæssigt synes ganske attraktiv. I alt er 4 biler blevet ombygget og leveret til kørsel på de kortere ruter i byen i januar 2021 (normal drift fra uge 18) og indtil dato kører

bilerne gnidningsfrit. Den eneste udfordring de ser med denne metode er, at de ombyggede brugte biler kun har en totalvægt på 26 ton mod de tidligere 27 ton.

Det er Mercedes, der står for renoveringen af de 4 Mercedes Econic skraldebiler. De ombygges med elektrisk drivlinje fra Emoss ud fra Meldgaards specifikationer (se afsnit om ombygning af brugte skraldebiler). Selve ombygningen af en brugt Econic er en smule billigere end en opbygning baseret på et nyt Econic chassis – nogle få hundrede tusinde. Det er dog stadig forventningen hos Meldgaard, at man vil komme til at bruge denne besparelse på øgede omkostninger til løbende vedligehold i driftsperioden, som forventes at være 6-7 år for de ombyggede biler.


Uagtet dette, står tilbage, at man her har genanvendt et køretøj, som ellers potentielt skulle udskiftes og eller skrotes. Så de reelle gevinster ved denne model er formentlig nærmere på klima og ressourcesiden end på økonomisiden.

## Udenlandske erfaringer

Vi har i forrige afsnit dækket de eksisterende danske erfaringer. I dette afsnit vil vi fokusere på de udenlandske erfaringer, der er gjort med andre biler vel vidende, at bilerne generelt er første generation fra de enkelte producenter, hvorved der kan forventes en række "børnesygdomme".

Det betyder også, at man fortsat skal tage driftserfaringerne med "et gran salt" således forstået, at det har været forventeligt, at der ville være udfordringer i starten. Det er dog vores opfattelse, at kunderne måske ikke har følt sig komfortable med at "udstille" disse og vælger at fokusere på de positive erfaringer de har gjort sig.

## Opdateret 2023:

<b>Gøteborg kommune</b>	
	
<b>Antal borgere:</b>	<b>579.000</b>
<b>Affaldsindsamling udliciteret til:</b>	<b>Renova og Nordisk Återvinning</b>
<b>Driftserfaring med elektrisk skraldebil siden:</b>	<b>2018</b>
<b>Antal skraldebiler i alt:</b>	<b>Ca. 70 stk.</b>
<b>Antal elektriske skraldebiler:</b>	<b>7 stk.</b>
<b>Planlagte yderligere indkøb:</b>	<b>Vurderer fra udbud til udbud</b>

I Gøteborg er affaldsindsamlingen udliciteret til to selskaber – Renova og Nordisk Återvinning. Nordisk Återvinnings erfaring med elektriske skraldebiler rækker tilbage til 2018 hvor de indkøbte den første bil fra PVI. Siden er der kommet 5 stk. Volvo FEE biler til og senest også en bil fra Scania. De købte to 1. generations Volvo FL i 2020 og yderligere 3 stk. 2. generation i 2021, så det er dem de har mest erfaring med i dag.

Bilerne er bestykket med 2 batterier så de er oppe på en total tilgængelig kapacitet på 200 kWh for 1. generations bilerne og 2. generationsbilerne har en tilgængelig kapacitet på 230 kWh. Denne øgede kapacitet har været en ganske væsentlig forøgelse i fht. de aktuelle ruter de kører i Gøteborg. Tidligere skulle der indlægges et ladeophold kl. 10 om formiddagen, men med de nyere 2. generationsbiler klarer de ruten uden ladeophold.

Det er ikke fordi ruterne i Gøteborg centrum er specielt lange, typisk 50-60 km., men til gengæld en kommune med et stærkt kuperet terræn, så specielt om vinteren hvor der også skal bruges energi på kabineopvarmning mv. er man noget udfordret på batterikapaciteten. Nordisk Återvinning samler løbende data op på de væsentligste kørselsparametre med henblik på at kunne optimere på ruter og evt. indstillinger i bilerne.

Men bortset fra dette har der været stor tilfredshed med bilerne som har kørt uden problemer, ikke mindst blandt personalet der sætter stor pris på et arbejdsmiljø med mindre støj og uden os fra dieselmotoren.

Det samme gør sig gældende i Renova hvor de efter en testperiode på 1½ år har returneret bilen til Volvo, men hvor medarbejderne har tilkendegivet at de faktisk savner bilen!

Bilerne AC lades alle via AC, undtagen den netop i drift tagne Scania der lades via CCS.

## Ikke opdaterede

Nottingham City Council		
	<b>Antal borgere:</b>	<b>333.000</b>
	<b>Affaldsindsamling hjemtaget:</b>	<b>ukendt</b>
	<b>Driftserfaring med elektrisk skraldebil siden:</b>	<b>2020</b>
	<b>Antal skraldebiler i alt:</b>	<b>58 stk.</b>
	<b>Antal elektriske skraldebiler:</b>	<b>2 stk.</b>
	<b>Planlagte yderligere indkøb:</b>	<b>Foreløbig ingen</b>

Nottingham City Council modtog i oktober 2020 den første eCollect fra Dennis Eagle. Nottingham har allerede mere end 140 elektriske køretøjer i flåden – alt fra varevogne til fejmaskiner, men deres eCollect skraldebil har indtaget hovedscenen. Andrew Smith,



assisterende flådemanager udtaler, at kommunen har ønsket sig en elektrisk skraldebil i årevis, så det har været yderst tilfredsstillende endelig at få en i drift.

Kommunen har anvendt Dennis Eagle skraldebiler på diesel i en årrække, så de er ret komfortable med Dennis Eagle bilerne og dermed også eCollect bilen. At der så spares 60-70 liter diesel pr. bil pr. dag, <sup>3</sup>er meget tilfredsstillende for dem. På de første kørte ruter, opsamlede de op til 18 tons affald svarende til et fuldt læs og et mindre. Det der overraskede dem virkelig meget på den positive side var, at man rent faktisk var i stand til at reducere indsamlingstiden med en time med eCollect. Den store tidsbesparelse er realiseret ved bilens højere moment, at bilen accelererer meget hurtigt og samtidig er den noget lettere at manøvrere end dens forgængere med dieselmotor.

*"De kommer tilbage med 40% tilbage på batteriet og har barberet en time af indsamlingstiden. Chaufførerne elsker dem – de vil på ingen måde gå tilbage til de gamle dieslbiler. De siger eCollect bilerne er lettere at køre og i særdeleshed det ekstra moment og manøvreredygtighed værdsættes. Dele af Nottingham er ret bakket og dieslbilerne kæmpede noget når der var fuldt læs. Men de elektriske biler klarer det helt problemfrit".*

*Andrew Smith, Assistant Fleet Manager Nottingham City Council*

Alt i alt er der meget stor tilfredshed med eCollect bilerne hos kommunen og brugerne.

Bilerne DC lades via CCS stik, og kommunen er netop nu i gang med at udvide ladeinfrastrukturen, så de senere på året kan øge antallet af eCollect elektriske skraldebiler.

## Neuilly-sur-Seine



<b>Antal borgere:</b>	<b>60.000</b>
<b>Affaldsindsamling udliciteret til:</b>	<b>Suez</b>
<b>Driftserfaring med elektrisk skraldebil siden:</b>	<b>2020</b>
<b>Antal skraldebiler i alt:</b>	<b>Indgår i flåde med andre kommuner</b>
<b>Antal elektriske skraldebiler:</b>	<b>1 stk.</b>
<b>Planlagte yderligere indkøb:</b>	<b>10 stk.</b>

Paris-forstaden Neuilly-sur-Seine er den første kommune til at få indsamlet affald med Renault Trucks nye D Wide Z.E. elektriske skraldebil. Skraldebilen blev sat i semi-drift i juli 2020 og opereres af den franske renovatør Suez. Det betyder, at bilen indgår i driften, men

<sup>3</sup> Hjælp til en lignende udregning af CO2 besparelse for omstillingen af køretøjer, kan findes på Elbilviden.dk

med den forudsætning og forventning, at det er den første bil fra Renault Trucks, hvilket betyder, at der må forventes tekniske justeringer og tilpasninger undervejs. Det er med andre ord en field-test hvor der løbende justeres, tilpasses og gives feed-back til Renault Trucks undervejs. Suez har i øvrigt en lang tradition for denne type samarbejde med lastvognsproducenterne.

Forløbet har været yderst positivt vurderer Benjamin Milky, som er *Group Category Manager Trucks* hos Suez. Tilbagemeldingerne har været meget positive – dels i forhold til reduceret støj fra bilen sammenlignet med tilsvarende dieslbiler, men også bilens performance og batterikapacitet har været tilfredsstillende.

Bilen er leveret med et batteri på 200 kWh, hvilket er tilstrækkeligt til at klare ruten bilen har været udset til at køre på, så det har ikke givet udfordringer. Renault/Volvo har siden annonceret, at bilens batterikapacitet i kommende versioner kan være op til 264 kWh (se senere afsnit vedr. Renault/Volvo).

Suez har lang erfaring med lav-emissions køretøjer generelt og har forud for denne field-test haft et 10-årigt samarbejde med PVI. El-drift er strategisk for Suez, men de er også bevidst om, at der er en merpris for dette. Det er Milky's vurdering og forventning, at TCO'en er noget højere på el-drift sammenlignet med dieseldrift.

*Vi forventer en TCO der er noget højere på elektriske skraldebiler sammenlignet med diesel drevne skraldebiler pga. den meget højere indkøbspris på bilerne.  
Benjamin Milky, Group Category Manager Trucks, Suez*

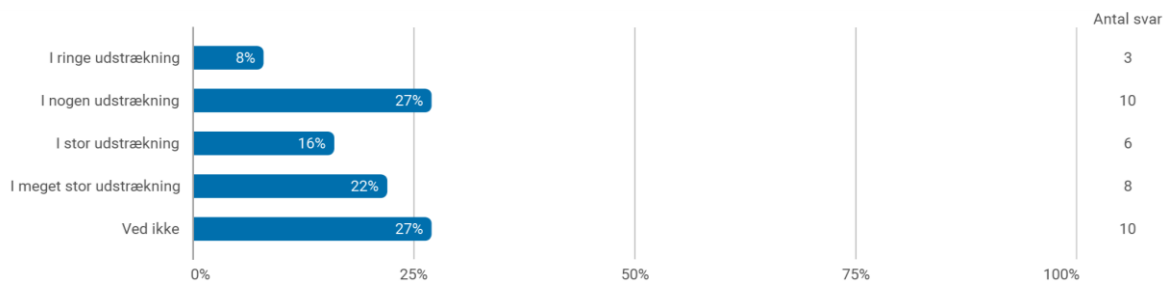
## Markedsundersøgelse ved overgang til elektriske skraldebiler

Vi har i foråret 2023 gennemført en undersøgelse blandt medlemmerne af Brancheforeningen Cirkulær og i samarbejde med Brancheforeningen Cirkulær med henblik på at "tage temperaturen" ude i kommunerne omkring at elektrificere på affaldsindsamlingsområdet.

Vi har modtaget virkelig megen god feed-back og vil her i rapporten blot fremdrage de væsentligste konklusioner fra undersøgelsen.

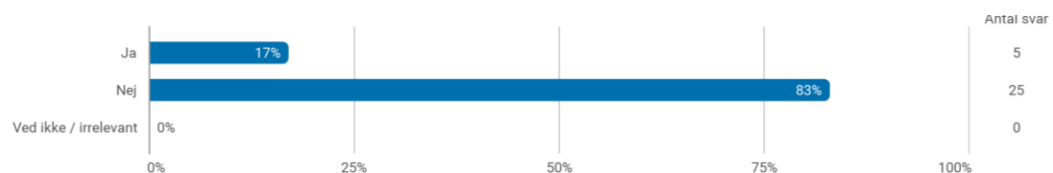
Vi har slået ned på 4 centrale spørgsmål fra undersøgelsen;

### **1. Er der opbakning til at bevilge de fornødne ekstra midler til overgangen til lavemissionskøretøjer?**



Langt størstedelen af vores respondenter vendte tilbage med at der var politisk opbakning og kun 3 respondenter, eller 8% svarer, "I ringe udstrækning", og 27 % svarer "I nogen udstrækning" til at bevilge de ekstra midler der kræves for at overgå til lavemissionskøretøjer. Dette må absolut anses som positivt og et tegn på, at man ude i kommunerne, for langt størstedelen, er parate til at finde de ekstra bevillinger der skal til for at give dette område et løft.

**2. Har kommunen foretaget analyse af indsamlingsruter med henblik på optimering i fht. overgang til lav-emissionskøretøjer? (uddyb gerne, fx hvornår, er der en analyse på vej eller lignende)**

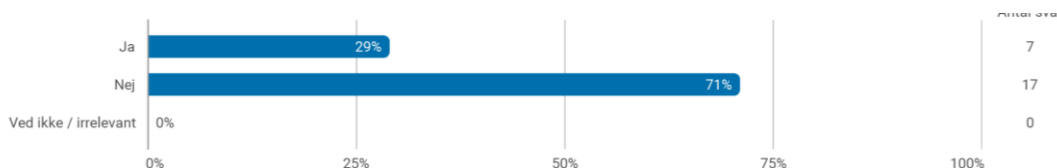


Det er slående, at det kun er en lille del af kommunerne der har været inde og se nærmere på hvorledes man kan optimere på indsamlingsruter mv. Det hænger formentlig sammen med, at en stor del af kommunerne har udliciteret indsamlingsopgaven og af denne årsag ikke går ind i den mere operationelle planlægning af gennemførelse af opgaven, men alene stiller krav omkring emissioner fra indsamlingskøretøjerne i forbindelse med udbuddene.

Men det betyder måske netop samtidig, at man ikke nødvendigvis har den fornødne føling, med hvad der er af muligheder for at optimere og gennemføre reduktioner i emissioner fra dette område. Og samtidig de muligheder, nye kørselsmønstre kunne give i forhold til økonomien.

Det er også slående at man i arbejdet med renovation og ny teknologi, ikke har lavet mere analysearbejde i forhold til omstilling. Som nævnt ovenover så er der også nye muligheder ved de nye teknologier der understøtter nytænkning, især i en tid hvor kravene til renovation er stigende i antal fraktioner osv. Tilbagemeldingen i flere af vores cases er at man skal sikre sig god, opdateret og korrekt vejledning, så man netop kan sikre at man har det korrekte analysegrundlag at tage en beslutning ud fra. Især på et marked, hvor det går hurtigt pt.

### **3. Har I gjort jer overvejelser omkring ladeinfrastruktur til skraldebiler? (uddyb gerne)**



Også når det gælder etablering af ladeinfrastruktur til de elektriske skraldebiler svarer størstedelen – 71% - at det har man ikke gjort sig overvejelser omkring. Og her ligger der faktisk et ganske væsentligt potentiale for kommunerne i aktivt at indgå i disse overvejelser. Dette gælder ikke mindst i de tilfælde hvor indsamlingsopgaven er udliciteret.

Som det beskrives i rapporten her, både generelt og ved eksempel, ja så er det et helt centralt område at se ned i for kommunerne generelt i fht. behov i øvrige dele af kommunens flåde men også i fht. at tilrette udbudsbetingelserne så de bedst matcher forholdene i et marked som i vid udstrækning er ved at overgå til el. Og da ladeinfrastrukturen som investering også oftest tillægges en anden investerings- og afskrivningshorisont. Så ligger her et ganske betydeligt optimeringspotentiale i mange af kommunerne.

### **4. Hvad er planerne omkring elektrificering indenfor de nærmeste 5 år? - Hvor stor en andel skal elektrificeres i næste udbudsrunde**

Til dette spørgsmål var svarene meget varierende – fra at 0% er elektrificeret til 100% - men med en majoritet omkring 30-50%.

Spørgsmålet lader sig også kun vanskeligt besvare med henblik på, at så stor en del af kommunerne ikke har været inde og analysere nærmere på området men arbejder frem efter en "business as usual" model hvor indsamlingen er udliciteret til renovatører og det er disse der står for en væsentlig del af beslutningerne omkring elektrificering på området. Det samme gør sig jo gældende når det kommer til at stille krav om elektrificering, at såfremt det skal give mening at stille det som et direkte krav i udbudsmaterialet, så skal man have være inde og vurdere opgaven mere nøje.

En ting der dog også kan forklare tallene er, at det indtil for kort tid siden har været vanskeligt overhovedet af skaffe elektriske skraldebiler. Som det fremgår af erfaringsafsnittet, ja så er en pæn del af flåden tilgået indenfor det sidste års tid og reelt set er det biler i version 1 som der nu kører på markedet. Det er ikke utænkeligt, at man visse steder har villet se tiden lidt an og vurdere hvordan bilerne klarer sig i praksis, men det er et stadie vi nu er forbi og vil kunne drage stor nytte af de mange der er gået foran og har lagt stenene og deler ud af erfaringerne.

# Ladeinfrastruktur

Ladeinfrastrukturen er helt essentiel og vigtig at have for øje, når der planlægges for elektrificering på mobilitetsområdet – skraldebiler er absolut ingen undtagelse.

## **Økonomisk – taktiske overvejelser**

Der er grundlæggende to scenarier man bør overveje i denne forbindelse – dels scenariet, hvor kommunen selv står for affaldsindsamlingen - og dels scenariet, hvor affaldsindsamlingen er udliciteret til en renovatør.

I det første scenarie skal kommunen både anskaffe elektriske biler og etablere den nødvendige ladeinfrastruktur. Det sidste som en langsigtet investering, der forrentes over en årrække. I det andet scenarie er det generelle billede, at al investering i infrastruktur lægges over på renovatøren. Denne model er den der mest ligner den nuværende situation i Danmark, hvor det altså ikke overvejes hvor og hvordan renovatøren får fyldt diesel på tanken. Det ansvar ligger hos renovatøren.

I det omfang kommunen ikke går aktivt ind i en dialog med renovatøren på området, så ligger ansvaret og risikoen hos renovatøren, der derfor må indkalkulere en risiko for at foretage en infrastruktur-investering, der enten skal forrentes over en kort årrække – alternativt at man tør kalkulere med, at kontrakten med kommunen fornys ved udløb.

## **Kontrakter med renovatører**

Kontrakter vedrørende affaldsindsamling er allerede grundet køretøjernes pris en udfordring. Bilerne koster typisk det dobbelte af de tilsvarende diesel-drevne biler og jo kortere afskrivningsperiode des mere belastes totaløkonomien.

Ser man på infrastrukturen, bliver billedet yderligere skævvredet. Det er investeringer i infrastruktur, der potentielt har en levetid på 30-40 år hvor kontrakt-perioden i relation til affaldsindsamlingen typisk ligger på 5-6 år (evt. med mulighed for forlængelse op til 2 år). Bliver aftalen med renovatøren ikke gentegnet, står renovatøren potentielt med en stor investering i ladeinfrastruktur, der har ringe eller ingen værdi. På samme måde må den renovatør, der måtte vinde et nyt udbud påregne omkostninger i bekostelig ladeinfrastruktur på samme vis.

Der er med andre ord god grund til, at kommuner overvejer, hvilke muligheder der er for at imødegå omkostningerne for infrastruktur.

En række muligheder og problemstillinger må overvejes. Er det kommunen selv der skal stille infrastrukturen til rådighed? Er det renovatøren? Kan infrastrukturen deles med andre relevante aktører? (bus, taxi, andre kommunale køretøjer etc.). Placering af lade-faciliteter i relation til ovenstående og i forhold til evt. nye renovatører osv.

## **Ladeløsning busdepoter i Esbjerg og Vejle**

Et eksempel på en tilgang til ladeinfrastruktur-området til inspiration på renovationsområdet, er den man har haft i Esbjerg Kommune omkring opførelse af et busdepot. Busdepotet

opføres i forbindelse med udbud af bybuskørslen i Esbjerg. I udbuddet er der lagt ind, at busdepotet stilles til rådighed kvit og frit for den operatør, der vinder udbuddet af kørsel med elektriske bybusser. Bybusserne blev sat i drift i december 2021.

Med denne tilgang, hvor depotet og den tilhørende ladeinfrastruktur således allerede er etableret af kommunen, får man skilt selve kørslen (inkl. busser) fra som en separat ydelse. Perioden for buskørslen er her 10,5 år og afskrivningen på busdepotet sker over 24 år.

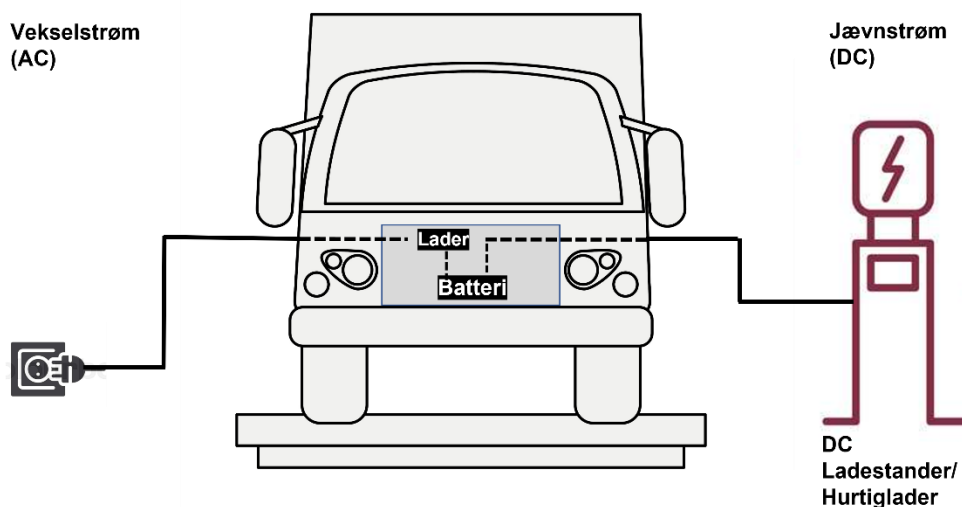
I Vejle er man også gået ned ad denne vej hvor busdepotet tilbyder en række services for chaufførerne og vedligehold af busserne for hvilket der betales en årlig leje. Og ud over disse services er der sørget for den nødvendige tilslutning til elnettet med 2.200 Ampere som er inkluderet i lejeaftalen. Med i alt 29 elektriske busser bør dette være tilstrækkelig forsyning, men operatøren der måtte vinde udbuddet, har mulighed for at tilkøbe yderligere forsyning for egen regning, hvis det vurderes nødvendigt.

Modellen der her finder anvendelse på busområdet, er også interessant på renovationsområdet. Det at de langsigtede infrastrukturinvesteringer kobles fra de lidt mere kortsigtede operatør-valg har store fordele - for begge parter.

Man kan desuden forestille sig, at den vindende operatør kan tilbyde opladning til andre køretøjer end busserne i dagtimerne, hvor busserne er ude på ruten mens andre typer køretøjer, distributionsbiler, taxier, private personbiler eller evt. skraldebiler, vil kunne få mulighed for at hurtiglade.

### Ladeinfrastruktur – AC eller DC-ladning

Der er en væsentlig sondring at gøre, når det handler om opladning af skraldebilerne, nemlig hvorvidt der er monteret ladere på bilerne eller ej. Er der ikke ladere på bilerne, som flere af de større producenter har fravalgt, så skal der etableres ladning via eksterne DC-ladestander.



Figur 1 Illustration af AC-ladning og DC-ladning

## **AC-ladning**

Ved AC-ladning kræver det, at der er installeret en lader på bilen. I lastvognssegmentet hvor der er tale om ganske store batterier, vil der være behov for relativt kraftige ladere for at kunne oplade over natten (naturligvis afhænger dette af hvilket ladevindue, der er til rådighed). Et batteri med en kapacitet på eksempelvis 275 kWh vil, hvis det oplades over 10 timer, skal have tilført en effekt på 27,5 kW for at blive ladet helt op fra 0 til 100% (+ måske 3-4 % ladetab i laderen).

Man kommer således let ud over de 22 kW standard lade-bokse med type 2 stik, der findes tilgængeligt på markedet hvis batteriet køres helt ned til 0, hvilket dog nok næppe vil være tilfældet i praksis. Type 2 standarden understøtter opladning med en effekt på op til 43 kW, så det er muligt at få ret kraftige AC-ladere via type 2. Det er dog kun få renovationskøretøjer, der understøtter ladning med højere effekt end 22 kW.

En anden mulighed er at opbygge med kraftige ladere på bilen og montere med rødt CEE stik. PVI eksempelvis har valgt denne vej og kan med tilførsel af 63 A komme op og lade med 45 kW.

Den helt store fordel, set fra kundernes side, ved at der er monteret ladere på bilerne er, at det er relativt mere enkelt at tilføre den nødvendige ladeinfrastruktur. Det kræver ganske enkelt blot et CEE stik som bilen tilsluttes.

På trods af, at Type 2 standarden giver mulighed for opladning med højere effekt, er der dog kun få renovationskøretøjer, som understøtter dette. Volvo/Renault, der ud over PVI er de eneste, der tilbyder AC-ladning, understøtter max. 22 kW effekt i deres AC-lader.

## **DC-ladning**

En række af de store producenter har en strategi omkring DC-ladning. Det stiller nogle helt anderledes krav til udstyret på lokationen i og med lader, inverter og al power-elektronikken ikke sidder på bilen men skal opsættes eksternt.

DC-ladeudstyr kan være ret bekosteligt. DC-ladestander i 50-75 kW størrelsen koster typisk mellem 100.000 og 200.000 kr. afhængig af kvalitet og funktionalitet. Hertil kommer diverse serviceaftaler og nødvendig tilslutning og installation, så den samlede pris for en enkelt DC-ladestander kan let løbe op i 300.000 kr. Når først standeren er installeret, så er det i sagens natur en stationær størrelse.

Det kræver således ganske nøje overvejelser inden man beslutter sig for at opsætte udstyr af denne art, og som vi tidligere har berørt, så ligger der her ganske centrale beslutninger, der skal tages forud. Hvilket udstyr er der behov for? Hvor placeres det? Hvem har ejerskab? osv.

Lastvognsproducenterne har i vid udstrækning indgået partnerskaber med leverandører af ladeudstyr, så de ikke selv blandes for meget ind i denne del. Det står naturligvis frit for om man vælger at købe udstyr fra den pågældende partner, men i visse tilfælde anbefales det af producenten. Vi har dog ikke kendskab til, at der er nogen producenter, der har ønske om at pege alene på den partner, der er lavet aftale med.

## AC og DC-ladeinfrastruktur - priseksempel

For at give en indikation af, hvilke investeringer man ser ind i, vil vi her opstille regneeksempler på 3 forskellige typer installationer.

I de 3 scenarier ser vi bort fra eventuelt gravearbejde og el-arbejde, eftersom disse er meget lokationsspecifikke og i store træk ens, men de skal naturligvis indregnes.

3 scenarier for ladeinfrastruktur:

1. AC-ladning og tilkobling direkte via CEE stik
2. AC-ladning og tilkobling via Type 2 stik
3. DC-ladning og ladestander med 50-75 kW

Lade scenarie	Priseksempel								
<p><u>1: AC-ladning via CEE stik:</u> Her er der alene tale om tilslutning til el-nettet. Er der ikke nogen forsyning i forvejen er prisen ca. 16.400 kr. for de første 25 A og derefter ca. 1.200 kr. pr. A op til nærmeste stiksikring (ex. 35,50, 63, 80, 100 og 160A)</p>	<p>Afhængig af behovet kan der tilsluttes med hhv. 35 eller 63 A. Dette vil give en effekt på hhv. 22 og 43,5 kW.</p> <p>I eksemplet giver det en <i>samlet pris på hhv. 28.400 kr. og 62.000 kr.</i> respektive ved hhv. 35 og 63 A</p>								
<p><u>2: AC-ladning via Type2 stik:</u> I dette scenarie skal til ovenstående tillægges en ladeboks, evt. med netværk og lastbalancering. En 22 kW ladeboks til professionelt brug koster ca. 12.500 kr. pr. stk.</p>	<p>Hvis vi tager udgangspunkt i prisen på 12.5 pr. stk. skal der så tillægges 12.500 kr. til de ovenstående tal.</p> <p>Det betyder en <i>samlet pris på hhv. 40.900 og 74.500</i> ved hhv. 35 og 63 A tilslutning.</p>								
<p><u>3: DC-ladning:</u> I dette scenarie vil man nøje skulle vurdere på effektbehovet. En 50 kW ladestander kræver tilslutning på 80 A for at yde fuld effekt og en tilsvarende på 75 kW kræver 125 A for at yde fuld effekt. Prisen for selve standeren ligger på ca. 120.000 kr. til 175.000 kr. for 50 kW og ca. 200.000 kr. for 75 kW. Igen meget afhængig af kvalitet og funktionalitet.  Til disse priser skal tillægges installation og entrepris på 50.000 – 100.000 kr.</p>	<p>Den samlede investering pr. ladestander ved en 50 kW stander:</p> <table><tr><td>Tilslutning (80 A):</td><td>82.400 kr.</td></tr><tr><td>Ladestander (50 kW):</td><td>150.000 kr.</td></tr><tr><td>Installation og entrepris:</td><td><u>75.000 kr.</u></td></tr><tr><td></td><td>307.400 kr.</td></tr></table> <p><i>Samlet pris (ekskl. installation og entrepris)**</i></p>	Tilslutning (80 A):	82.400 kr.	Ladestander (50 kW):	150.000 kr.	Installation og entrepris:	<u>75.000 kr.</u>		307.400 kr.
Tilslutning (80 A):	82.400 kr.								
Ladestander (50 kW):	150.000 kr.								
Installation og entrepris:	<u>75.000 kr.</u>								
	307.400 kr.								

\*Alle priser er eksklusive moms

\*\*Det er dog værd at bemærke ved DC-lade scenariet, at det er muligt at købe små DC-ladere på 25 kW til under 100.000 kr.



Ligeledes kan der potentielt være besparelser at hente ved, at flere biler lader på den samme stander (stander med flere udtag) med lastbalancering, hvor lade-effekten på det enkelte udtag tilpasses den samlede belastning fra alle udtag. Det afhænger dog i høj grad af de aktuelle effektbehov og nærmere beregninger for kapacitet på standeren, den nødvendige forsyning og de fysiske forhold på standpladsen.

### **Opportunity charging på afleveringssteder**

En ting der kraftigt bør overvejes, er muligheden for at opsætte DC-ladere på afleveringsstederne. Afleveringsstederne kan udgøre et naturligt lade-stop midt på ruten, hvis behovet for ladning opstår og man således ville kunne undgå en evt. tur tilbage til depotet.

Det må forventes, at kapaciteten på batteriet falder over tid, eller at man kan opleve meget koldt vejr, hvilket vil gå ud over batteriets effektivitet og i sidste ende bilens rækkevidde. Det kan også blive relevant i forbindelse med ekstra tømninger, der måtte være behov for i forbindelse med jul, helligdage og deslige. I sådanne tilfælde vil man gerne undgå en ekstra tur hjem på ladepladsen eller – endnu værre – at risikere at løbe tør for strøm inden man kommer retur.

Der er også taktiske og økonomiske aspekter ved dette der kan overvejes. I det omfang der faktisk findes disse muligheder for opportunity ladning på afleveringsstederne, vil man have mulighed for at køre med lavere sikkerhedsmarginer på batterierne. Altså, at bilerne kan indkøbes med mindre batterier, eller der kan planlægges i længere ruter, hvilket vil reducere indkøbsprisen og dermed den samlede TCO.

### **Ladeinfrastruktur og elnettet**

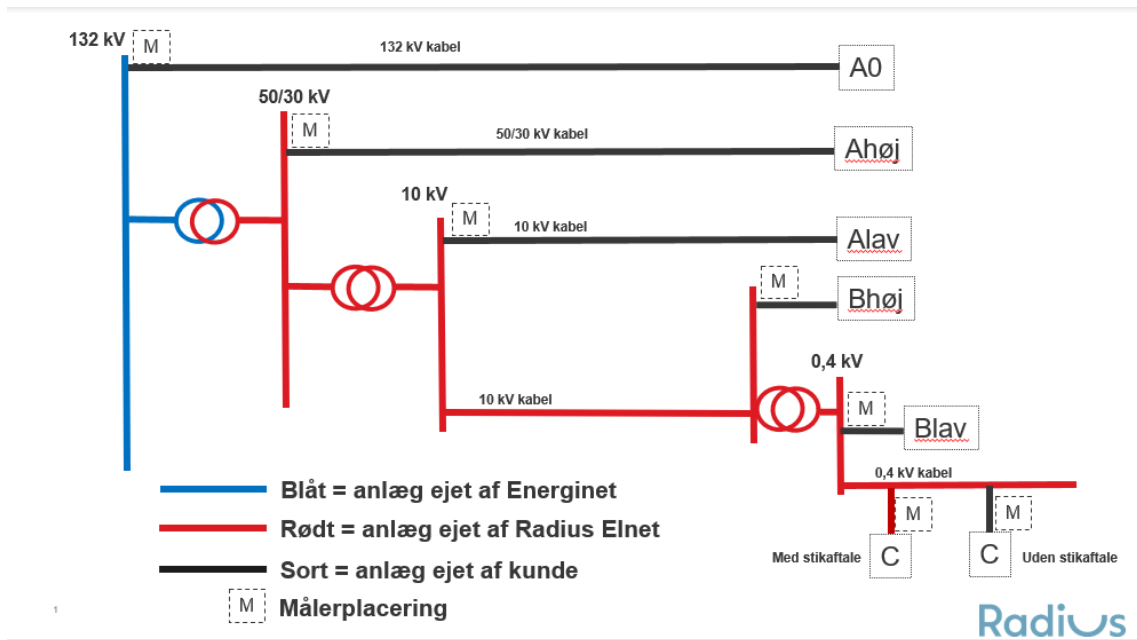
Vi har forsyningspligt i Danmark hvilket betyder, at netselskaberne er forpligtet til at levere strøm til forbrugerne, private som erhverv, og herunder naturligvis forbrugere af el til ladeinfrastruktur. Men uagtet dette, så er det i det nuværende marked, med meget høj efterspørgsel, leveringstid af den ønskede forsyning der ofte er en begrænsende faktor.

Når man taler om etablering af ladeinfrastruktur i mindre skala, arbejdes der med strømstyrker omkring nogle få hundrede ampere som forsynes via 0,4 kV nettet gennem et kabel fra elnettet. Der er en meget enkel pris-struktur, hvor der alene betales for det antal ampere man har behov for og alt ansvar for drift og service ligger hos netselskaberne.

Går man derimod op i større skala og har behov for større strømmængder, tegner der sig et lidt andet billede. Her bliver kunden selv ansvarlig for dele af nettet, hvilket har den konsekvens, at de totale priser varierer meget afhængig af, hvilken type tilslutning man beslutter sig for i samråd med netselskabet.

Tilslutningen beslutes ud fra det behov, der er i den enkelte installation, men mange lokale forhold kan også gøre sig gældende. Dels i forhold til den allerede eksisterende installation på højspændingsnettene, hvilken kundetype man er, og dels hvilke aftaler, der kan indgås med leverandører af net-service af det udstyr man selv er ansvarlig for.

Afhængig af strømbeholdningen vil kunden, blive indplaceret på nettet indenfor en given kategori; C, Blav, Bhøj, Alav etc. Nedenstående skitse giver et overblik over de forskellige tilslutningskategorier, ejerskab af anlægget mv.



Figur 2 Elnet-tilslutninger på forsyningsnettet. Kilde: Radius, 2021

Selve tilslutningspriserne per Ampere afviger ikke meget i de enkelte kategorier. Det bliver en anelse billigere per Ampere, når man går op i kategori. Men det som adskiller og har stor betydning for den endelige pris, er ejerskabet af og ansvar for driften af udstyret.

Nedenstående tabel fra Radius angiver de intervaller, der anvendes og specielt skal man bemærke overgangene fra en kategori til en anden ved hhv. 750 Ampere og 4.500 Ampere, hvor ansvaret for dele af nettet overgår til kunden.

Anvisning af tilslutningspunkt						
Kundekategori	Leveringsomfang					
	0-160 A	200-250 A	315-750 A	750-4.500 A	> 4.500-20.000 A	>20.000 A
Ahøj						Hovedstationsfelt 30/50 kV
Alav					Hovedstationsfelt 10 kV	
Bhøj (B10)				Netstationsfelt 10 kV		
Blav		Lavspændingstavle Forsyningsskab (Ø-net & Maskenet)**	Lavspændingstavle 0,4 kV	Lavspændingstavle 0,4 kV	Lavspændingstavle 0,4 kV	
C	Kabelskab*					

\* tilslutning kan ske i lavspændingstavle eller forsyningsskab (Ø-net & Maskenet), hvis det omkostningsmæssigt er bedre end opsætning af et nyt kabelskab.

\*\*tilslutning kan ske i kabelskab, hvis det belastningsmæssigt er muligt.

Figur 3 Tilslutningspunkter hos Radius. Kilde: Radius, 2021

Radius, der er ansvarlig for elnettet i København, Nordsjælland og dele af Vestsjælland, udbygger til stadighed elnettet i det omfang behovene opstår. Her opfordrer de til at indgå i dialog på et tidligt tidspunkt i processen, så der sikres klarhed over økonomi, leveringstider mv. Set fra Radius synspunkt, giver det dem mulighed for at planlægge og prioritere udbygningen i givne områder og dermed hurtigere kunne levere den ønskede kapacitet. Radius opfordrer faktisk til, at der udarbejdes en decideret ladestanderstrategi hos kommunerne, og at strategien omfatter alle relevante områder hvad angår behov for opladning af el-køretøjer.

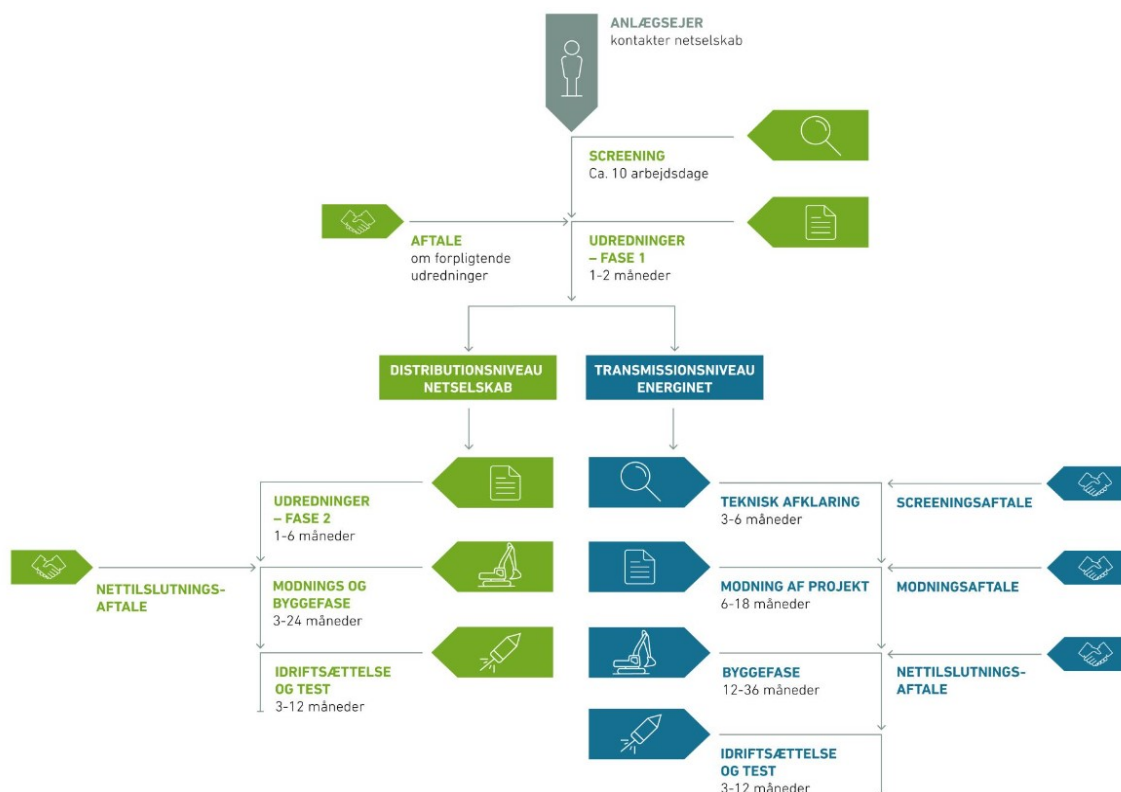
*Vi opfordrer til at man tidligt går i dialog med netselskabet omkring projekter, hvor der er behov for større effektmængder. Vi opfordrer også til at udarbejde ladestander strategi så vi som netselskab bedre kan planlægge udbygningen af elnettet"*

*(Søren Pedersen, Lead Specialist, Radius, Nexel)*

Planlægger man, evt. over en årrække, en større installation, anbefales det at gå i tidlig dialog med netselskabet. En større installation vil i denne sammenhæng sige mere end 750 Ampere.

Når større installationer planlægges, må man forvente lang leveringstid fra netselskabets side, og derudover er det ganske afgørende, at få kortlagt den endelige forsyning i omfang, så man har overblik over de økonomiske konsekvenser.

Længden af processen fra den første kontakt med netselskabet, til et anlæg kan sættes i drift afhænger i høj grad af den tilgængelige kapacitet på lokaliteten. Processen, som kan variere ganske væsentligt, er illustreret i hhv. best case og worst case scenarier på figuren nedenfor.



Den overordnede nettilslutningsproces. Alle de angivne tider er vejledende.

Procestiden afhænger i høj grad af om der er behov for forstærkninger af elnettet på transmissionsniveau eller ej. Den hurtigste, og længste vej gennem de to proceskæder er opsummeret i tabellen nedenfor. I bedste tilfælde kan nettilslutningen være klar på omkring 9 måneder. I værste tilfælde kan det tage mere end 6 år!

Distributionsniveau		
	Måneder	
	Min	Maks
Screening	0,5	0,5
Udredninger - fase 1	1	2
Udredninger - fase 2	1	6
Modning og byggefase	3	24
Idriftsættelse og test	3	12
<b>I alt</b>	<b>9 måneder</b>	<b>3 år og 9 måneder</b>

Transmissionsniveau		
	Måneder	
	Min	Maks
Screening	0,5	0,5
Udredninger - fase 1	1	2
Teknisk afklaring	3	6
Modning af projekt	6	18
Byggefase	12	36
Idriftsættelse og test	3	12
<b>I alt</b>	<b>2 år og 2 måneder</b>	<b>6 år og 3 måneder</b>

### **Ladeinfrastruktur og net-opkoblede batterier**

De udfordringer der blev diskuteret i forrige afsnit, er ganske væsentlige at få adresseret både ud fra et samfundsmæssigt perspektiv og ud fra et økonomisk og operationelt perspektiv set fra kundernes synspunkt. Det er voldsomt bekosteligt at udbygge el-nettet, især lokalt kan der være store problemer med kapacitet og der bør prioriteres kraftigt i fht. hvor og hvornår der sker udbygning.

For den enkelte kunde er det helt essentielt at få overblik over alle elementer i fht. de teknologiske muligheder, total økonomi og ikke mindst tidsperspektivet. I denne kontekst kan net-opkoblede batterier udgøre en del af et muligt løsnings-scenarie.

Net-opkoblede batterier er, i dag dog stadig, en kraftigt fordyrende foranstaltning, men en sådan kapacitet vil give en lang række fordele omkring den fleksibilitet der kan opnås i fht. at balancere forbrug og i sammenspil med produktion/indkøb af strøm. I hovedtræk kan fordelene opgøres herved;

- Reduceret behov for tilslutning (færre ampere), batteriet fungerer som energireservoir
- Bedre mulighed for optimering i fht. de tidspunkter strømmen købes og sælges på nettet (arbitrage)
- Mulighed for at gemme lokalt produceret strøm fra eksempelvis solceller til forbrug når det er mest optimalt
- Sælger fleksibilitet på markedet for systemydelse

Der er derfor med batterierne, en mulighed for både at opnå besparelser, sikkerhed, samt tjene penge på ydelser, da det vil kunne indgå i elnetinfrastrukturen og levere balanceeffekt, såkaldte systemydelser, i nettet der i stigende grad bliver forsynet med energi fra vedvarende kilder som sol og vind, mere herunder.

### **Systemydelser**

Systemydelser indkøbes af Energinet for at sikre sig stabil og sikker drift i el-forsyningen i et system der i højere og højere grad baserer sig på energi fra vedvarende energikilder, primært sol og vind. Der er flere måder hvordan man kan tilgå det at byde på systemydelser, enten ved hjælp af et privat firma der står for at håndtere ydelsen man leverer til systemet (agregator) eller internt hvis man har kapacitet nok i egen drift.

Der findes en række forskellige typer af systemydelser som man kan byde ind på afhængig af hvilken type ressource man har tilgængelig, i hvilket omfang og ikke mindst hvor ressourcen er placeret geografisk. Business casen for denne type ydelser er væsentlig forskellig alt afhængig af hvor batterierne rent fysisk er placeret i el-nettet (DK1 eller DK2).



Det europæiske el-marked, og ikke mindst det nordiske el-marked, er under hastig forvandling i disse år, og det kræver et vågent øje for at holde trit med de afregningsmodeller der anvendes og hvad der kan forventes at indregne på indtjeningssiden.

Det er for omfattende her at gå ned i de specifikke produkter der udbydes af Energinet her i denne rapport, men der findes her på [energinets hjemmeside](#) en oversigt over produkterne.

Det kræver en afklaring på egen bane og nærmere dialog med de relevante aktører i markedet for at få overblik over mulighederne i ens egen produktion med et batteri af en given type. Ikke mindst er det væsentligt, at være opmærksom på de minimumbudstørrelser som der kræves for at byde ind men også en lang række andre forhold skal vurderes. Energinet har faktisk lagt et par cases vedr. batterier på deres hjemmeside som tjener som inspiration til den nærmere kvalificering: [https://energinet.dk/media/efyqx5ym/case\\_batterier.pdf](https://energinet.dk/media/efyqx5ym/case_batterier.pdf)

## Muligheder med V2G

**V2G (Vehicle-to-Grid)** er en teknologi, der muliggør en tovejsinteraktion mellem elbilernes batterier og elnettet. Formålet er at bruge batteriernes lagrede effekt til at assistere netoperatørerne med balancering af nettet og "peak-shaving" – på samme måde som netopkoblede batterier, men her benyttes skraldebilernes batteri som lager i stedet for separate, ofte grid-scale, batterier. Fordelen for flådeejeren er en økonomisk gevinst i forbindelse med at stille elbilen til rådighed.

Teknologien har været kendt i en årrække og er blevet anvendt i flere projekter også i Danmark, eksempelvis i Parker projektet hos Frederiksberg forsyning. Udfordringen i den videre skalering af teknologien har været, at den kun har været udviklet til Chademo standarden og ikke til understøttelse af CCS og Type2 standarden. Men med ratificeringen af ISO standarden 15-118-20 i 2022 blev markedet åbnet for bi-direktionel ladning/afladning af elbiler herunder opkobling til elnettet. Det forventes, at der kommer produkter på markedet til implementering af V2G indenfor det næste års tid.

Skraldebiler er et særligt attraktivt segment i fht. V2G, ikke kun på grund af deres relativt store batterikapacitet og mulighed for at samle en større flåde, men også på grund af deres unikke brugs mønster. Skraldebiler anvendes som oftest i morgen- og formiddagstimerne og holder stille i depotet resten af dagen og aften/nat. Et sådant brugsmønster passer ret godt sammen med V2G, da det gør det muligt at oplade bilerne i nattetimerne, hvor strømmen som hovedregel er billigst og de kan bringes i spil til balancering af el-nettet og arbitrage i perioder med høj belastning på elnettet og hvor elpriserne er højere.

## Markedet for elektriske renovationskøretøjer

På trods af, at erfaringerne med elektriske skraldebiler i Danmark daterer sig tilbage til 2013, har markedet hidtil begrænset sig til et par leverandører, som bød ind med ombyggede biler. Konkurrencen på markedet har derfor, indtil for et par år siden, været yderst begrænset.

Det er først de sidste par år, hvor en række af de store lastvognsproducenter har meldt sig på banen, at markedet for alvor er ved at komme i gang, dels med ombyggede biler og dels med serieproducerede elektriske skraldebiler.

Sondringen mellem, hvad der kan kaldes serieproduceret eller ombygget er lidt flydende og kan gradbøjes i en grad, så det passer ind i det budskab den enkelte leverandør ønsker at sende. Det er ikke denne rapport's formål at definere dette nærmere hvilket, set fra kundernes perspektiv, måske heller ikke er så interessant. Vi har i denne rapport valgt at drage skillelinjen ved, at *et serieproduceret køretøj er et køretøj, hvor såvel chassis som drivlinje er fra samme producent.*

## Producenter

### **Dennis Eagle (Terberg RosRoca)**

Engelske Dennis Eagle, som måske ikke nyder samme brand-awarenes som sine konkurrenter, har en historie der går mere end 100 år tilbage med produktion af lastvogne og skraldebiler. Dennis Eagle blev i 2006 opkøbt af RosRoca og efter en fusion med Terberg i 2016, indgår Dennis Eagle nu som et datterselskab i Terberg RosRoca koncernen.

Dennis Eagle har mange års erfaring med produktion af skraldebiler baseret på diesel og som tidligere omtalt i rapporten, også leveret chassiser til franske PVI, der så er blevet opbygget med el. Men i 2019 introducerede Dennis Eagle deres egen fuld-elektriske skraldebil – eCollect.

De første biler har ikke fundet vej til Danmark endnu, men i England kom de første biler på gaden ultimo 2020. I alt er nu 25 stk. leveret til flere kommuner i London området, Nottingham, Sunderland, York City m.fl. hvor der fra ultimo 2019 til ultimo 2020 blev kørt intensive test forløb og alle relevante data (køretid, forbrug, last etc.) opsamlet og analyseret via DE-Connect telematics systemet, der følger med bilerne som standard.



Billede 1 Dennis Eagle eCollect. Kilde: Dennis Eagle.

Dennis Eagle har specialiseret sig i skraldebiler, og udmærker sig ikke mindst ved, at bilerne har en relativt lav akselafstand, hvilket kan gøre det lettere at manøvrere, hvor der ikke er meget plads. Ydermere har Dennis Eagle mulighed for at levere chassiser, der er smallere - de såkaldte "narrow-track" versioner. Hvor et klassisk lastvognschassis er på 2500 mm. så kan bilerne leveres med en chassis-bredde på 2250 mm., hvilket kan være en stor fordel med kørsel i byzoner og tæt bebyggede områder. En anden løsning hvor Dennis Eagle bilerne udmærker sig, er Terberg automat-liften, som letter betjeningen for personalet.

Bilerne drives frem af en 200 kW motor, der får strøm fra 5 batterimoduler med en samlet kapacitet på 300 kWh. I modsætning til PVI-bilerne, er der ikke mulighed for AC-ladning men alene DC-ladning, som sker via en CCS port på siden af bilen.

Dennis Eagle har en meget stærk position i UK med en markedsandel på ca. 60% for alle chassiser. Udenfor England sælges den gennem datterselskaber i de større markeder og gennem et netværk af forhandlere. Dennis Eagle er repræsenteret i Danmark via deres forhandler Phoenix Danmark. eCollect forventes først at være tilgængelige på det danske marked i 2025.

## Volvo / Renault

Volvo er, med en global markedsandel på lastvogne på omkring 30%, en af verdens største producenter af lastvogne og busser. Det globale hovedkvarter ligger i Göteborg og Volvo ejer i dag en række globale brands, som markedsføres på forskellig vis på de globale markeder.

I USA er MACK nok det mest kendte og anerkendte. I Europa er det primært Volvo Trucks og Renault Trucks der er i fokus. Disse to mærker anvender helt den samme grundteknologi og i Danmark markedsføres Volvo og Renault som separate brands men gennem samme selskab/CVR nr. Af denne årsag har vi valgt at omtale de to brands her i rapporten i samme afsnit, og vil primært anvende Volvo som fælles betegnelse.





Volvo har frem mod 2030 en strategisk plan for konvertering af deres komplette program fra diesel til andre mere klimavenlige drivmidler. Elektrisk drevne biler udgør en ret markant del heraf, men også LNG og brint indgår i strategien, særligt i forhold til de mere krævende opgaver som f.eks. fjerntransport.

Volvo betragter segmentet for renovationsbiler som oplagt til batterielektrisk fremdrift. Volvo har leveret elektriske lastvogne siden 2019 til by- og lokal-kørsel med FLE og FEE modellerne, og tilsvarende Renault D 2.1 og D 2.3 (D eller D-Wide Z.E. som den benævnes i visse markeder). Det er Volvo FEE modellen og Renault D 2.3 D-Wide, der kan anvendes til renovationskørsel (Volvo FLE og Renault D2.1 er ikke egnede til dette formål).

Renovationsbilerne kan opbygges med en konfiguration med tre eller fire batterier, hvilket giver en nominel batterikapacitet på op til 266 kWh og en anvendelig kapacitet på op til 212 kWh.

Volvo FE electric kommer med en dual-motor samt 2 trins gearkasse med automatisk gearskift. Der er også mulighed at levere FEE med lav-indstigning – et såkaldt LEC førerhus hvor der er mulighed for busdør i passagersiden.

600V systemet leverer op til 225 kW peak og et moment på 850 Nm. Der er mulighed for både AC-ladning og DC-ladning. AC-ladning med op til 22 kW (vægmonteret ladeboks medfølger) eller DC-ladning op til 150 kW gennem CCS Combo stikket.

Volvo har de første biler i drift i bl.a. Norge og Sverige hvor bl.a. Göteborg Kommune anvender bilerne til indsamling på visse ruter. Generelt er det positive tilbagemeldinger, specielt set i lyset af, at det er første generation.

Forudsætningen for at opnå succes med drift af elektriske lastbiler er en ruteberegning, som altid indgår i tilbudsfasen. Beregningerne viser væsentlige informationer omkring bilens rækkevidde, ladebehov etc. Der er stort fokus på planlægning og optimering af ruter og rækkevidde ift. anvendelsen af køretøjet, og der tilbydes af denne årsag, to dages chauffør/brugeruddannelse med, når man køber skraldebilen.

## Daimler / Mercedes-Benz



Mercedes eEonic

Mercedes-Benz Trucks er en del af Daimler Trucks koncernen, som er verdens største lastbilsproducent. De spænder over en række forskellige køretøjskategorier, og har meldt ud, at de udvikler elektriske køretøjer i alle segmenter og også investerer i både el og brint infrastruktur. 2- og 3-akslede chassis og en 2-akslet City Trækker er allerede tilgængelige sammen med et 2. generations Fuso eCanter chassis. Indikationen er, at alt hvad der kan køre batteri-elektrisk skal gøre det, og at der kun der hvor kørselsmønster og / eller infrastruktur kræver skal køres med brint. Brintcellerne udvikles i et fælles selskab – Cellcentric – sammen med Volvo. Forventningen er, at op mod 60% af koncernens lastbilproduktion i Europa i 2030 skal være 0-emission.

Daimler Trucks koncernen, som omfatter lastvogne og busser, har produceret sin første serieproducerede elektriske skraldebil, eEconic, siden 2022. eEconic bygger på den samme elektriske drivlinje som eActros, som har været i produktion siden 2021. eActros, der er bygget til distributionskørsel mv. og eEconic bygger begge på Daimler Trucks koncernens globale arkitektur og platform, og deler en hel del teknologi. Econic's så velkendte og populære førerhus er skabt fra bunden til formålet med fuld ståhøjde, optimalt direkte udsyn og meget lav ind- og udstigning af både chauffør og passagerer gennem glasfoldedøren i højre side.

Det teknologiske hjerte i eEconic (og eActros) er driv-enheden – en elektrisk aksel med to integrerede elmotorer og en to-trins planet gearkasse. De to væske-kølede motorer yder en kontinuerlig effekt på 330 kW og peak-ydelse på 400 kW. E-akslen betyder, at der hverken er traditionel gearkasse, kardan eller bagtøj. Dette bevirker en betydelig højere udnyttelsesgrad af den tilførte energi.

Batteripakkerne er placeret i hele bilens bredde under chassisrammen og bilen kommer med 3 batteripakker på hver 112 kWh og dermed en samlet batterikapacitet på nominelt 336 kWh og en anvendelig kapacitet på 291 kWh. Dette placerer eEconic som en af de biler med størst anvendelig kapacitet på batteriet på markedet. Mercedes-Benz hævder, at 95% af alle kendte Econic ture er mulige med eEconic uden opladning, og typisk med mulighed for op til 150 indsamlingsdrift. Den lave placering af batterierne giver desuden en god vægtfordeling og et lavt tyngdepunkt.

Batterierne kan lades med op til 160 kW via CCS Combo stik. Det er ikke muligt at oplade via AC-opladning, da det er Mercedes trucks strategi alene at fokusere på DC-ladning med de fordele og ulemper det giver. Det er muligt at anvende ladeinfrastruktur og back-end systemer fra flere forskellige leverandører via CCS-stikket.

ePTO kan tilkøbes som Mercedes-Benz fabriksoption eller i en samlet opbygger løsning. I begge tilfælde drives de af et el-udtag på bilens højvoltsbatteri.

eEconic har været i drift i Esbjerg Kommune siden januar 2023 og er nu i drift flere steder rundt om i Danmark og også i Tyskland - med virkelig gode resultater. En 2-akslet variant kan leveres fra Q2 2024 ligesom en 3-akslet variant med lidt længere akselafstand end de 4.000 mm. der er standard.

## **Scania**

Scania er oprindeligt svensk ejet, men er i dag ejet af VW gruppen. Der er dog fortsat hovedkontor i Sverige, hvor også en stor del af produktionen foregår. Med en markedsandel

for lastvogne på ca. 13% på verdensplan og ca. 34% af bestanden af tunge lastbiler i Danmark er Scania en markant spiller på markedet.



Scania BEV hos arc

Scania har en strategi på brændstofområdet, der opfatter køretøjer der kan køre på etanol, gas, biodiesel-produkter og nu også batterielektriske lastbiler (BEV). Scania har desuden el-hybrid-lastbiler på programmet. . Scania arbejder også med brint-lastbiler og har forsøgsbiler kørende men pt forventer man ikke at brintbiler er økonomisk interessante bl.a. da energieffektiviteten er ringe med brint (25% af den grønne strøm havner på drivhjulene mens man med BEV får 75% af energien ned på drivhjulene). .

I 2025 regner Scania med, at elektrificerede køretøjer vil udgøre ca. 10% af deres salg i Europa, og i 2030 forventer de, at dette tal vil stige til 50%.

Scania startede serieproduktion af BEV-lastbiler i marts 2021 og herunder en model med lavtbygget city-førerhus (L-førerhus) med CityDoor (glas-svingdør) særlig egnet til renovationskørsel. Bla. ARC har ansøgt denne biltype og Scania er i gang med at levere mere end 100 BEV-lastbiler til ARC. De første har været i drift siden december 2021.

Bilen drives frem af en el-motor med en kontinuerlig ydelse på 230 kW og max ydelse på 295 kW. Akselafstanden er opgivet for 5BAT-versionen til 3950 mm og for 9BAT-versionen 4350 mm men denne kan også leveres ned til 4250 mm. Det er desuden muligt at få 4 af 9 batterier monteret bag førerhuset hvorved 9BAT-versionen kan leveres med 3950 i akselafstand.

Bilerne leveres i to varianter – 5BAT og 9BAT. Betegnelsen henviser til antallet af batterimoduler, der er monteret på bilen – hhv. 5 stk. og 9 stk. Dette modsvarer en samlet nominal kapacitet på batterierne på 165 kWh og 300 kWh respektive. Den brugbare kapacitet opgives til 73% heraf hvilket svarer til 120 kWh og 219 kWh for det to batterier.

På samme måde som Mercedes, er det alene muligt med DC-opladning af batterierne. Det sker via et CCS combo stik, der er placeret i højre side ved forreste lygte. Årsagen til, at der alene er mulighed for DC-ladning er angiveligt, at laderen dels vil fordyre lastbilen og

dels vil øge egenvægten. Ligeledes vil lader på bilen typisk betyde yderst begrænset ladeeffekt.

Scania L-førerhuset er forsynet med "kneeling"-funktion hvilket betyder at luftaffjedringen fortil sænkes således at gulvhøjden reduceres til 870-900 mm. Bilen kan leveres med 3 forskellige "kneeling"-systemer herunder med lynudluftning hvilket betyder, at bilen når at "kneele" inden mandskabet er ude af bilen. Fordelen med "kneeling"-systemet er at høj fri-gang kan kombineres med lav indstigning. L-cab førerhuse kan desuden leveres valgfrit med 1 eller 2 indstigningstrin.

Medio 2024 kommer bilen i en ny udgave med op til den dobbelte batterikapacitet ligesom batterierne vil have en levetid på op til 12 år. Levetiden afhænger imidlertid af hvor krævende driften er, hvilken Scania kan beregne ved rutesimuleringer. Disse rutesimuleringer giver også svar på køretøjets rækkevidde og ladebehov. Scania anbefaler, at udbudsgivere kontakter Scania inden ønsket/krævet batterikapacitet fastlægges i udbudsmateriale, idet Scania ved udførelse af forudgående rutesimulering kan rådgive om den nødvendige batterikapacitet.

Glas-svingdøren i L-førerhuset har ét stort glasareal uden sprosser hvilket giver et særdeles godt udsyn mod højre. Desuden kan den leveres med nærsigtskamera som giver godt overblik over området tæt ved bilen i højre forreste hjørne.

## Ombygninger og renoveringer

### PVI (Dennis Eagle chassis)

PVI (Power Vehicles Innovation) er en Fransk producent, der med sine ca. 30 års erfaring med batteri-elektriske biler, nok er den producent, der har været på markedet længst. Selskabet, der er en del af Renault Group, baserede i starten den elektriske drivlinje på bly-batterier, men de sidste godt 10 år er de gået over på Litium batterier.

Selskabet producerer en række forskellige køretøjer – alt fra lastbiler over skraldebiler og busser til også mindre varevogne. PVI's skraldebiler – C-Less – er bygget på chassis fra Engelske Dennis Eagle og importeres i Danmark og Norden af Phoenix Danmark.

Bilerne udmærker sig ved at være specialfremstillet til netop affaldsindsamlingen, hvilket kommer til udtryk i en række unikke features, bl.a. smalt chassis og automatlift. Det er muligt at oplade bilen via AC med 22 kW gennem et standard CEE stik.

PVI bygges altså på Dennis Eagle chassis, som monteres med elektrisk drivlinje inkl. Batteri. De kan leveres i to størrelser på hhv. 165 kWh og 265 kWh nominel kapacitet.



Billede: PVI skraldebil. Kilde: Copenhagen Electric

Bilen drives frem af en motor der yder 103 kW (118 kW booster) og er desuden forsynet med en 9-trins gearkasse fra ZF.

### **Emoss (Mercedes chassis)**

Emoss Mobile Systems BV er en lille hollandsk virksomhed specialiseret i at designe og implementere elektriske drivlinjer på forskellige køretøjer. Skraldebiler ombygges også og baserer sig på både brugte og nye chassis fra Mercedes Econic. Bilerne specificeres og opbygges i tæt samarbejde med kunderne.

I Danmark har både Urbaser og Meldgaard indkøbt biler og har erfaring med Emoss ombygninger. I alt kører der ca. 15-20 stykker af disse rundt omkring i de danske kommuner.



Billede 2 Ombygget Mercedes Econic. Kilde: Urbaser

I Skandinavien arbejder Emoss blandet andet sammen med Geesinknorba, som udover Danmark har flere enheder kørende i Sverige og Norge. Geesinknorba leverer e-PTO (elektrisk kraftudtag), påbygning samt lifte i både manuelle og automatiske versioner. Med andre ord - alle de komponenter, som sidder oven på chassiset efter konvertering til fuld elektrisk drift.

Emoss har mere end 10 års erfaring med ombygning af biler til elektrisk drivlinje – dels skraldebiler, men også en række andre typer køretøjer. Bilerne specificeres af kunderne ud fra de specifikke og aktuelle krav og behov, og ud fra kravene designes og opbygges bilerne i et tæt samarbejde med kunderne.

Emoss har, på trods af gentagne henvendelser, ikke vendt tilbage, så produktdata og erfaringer med køretøjerne er alene fra virksomhedens hjemmeside og leveret af de danske kunder Urbaser og Meldgaard samt GeesinkNorba.



# Guide til elektrificering af affaldsindsamlingen

Overgangen til elektrificering af affaldsindsamlingen kan være en større opgave end man umiddelbart måske kunne forestille sig. Der ligger en hel del initiale overvejelser og forbedringer forude, som favner såvel tekniske og økonomiske overvejelser som organisatoriske og samspilsmæssige.

Denne guide giver vejledning og anbefalinger til, hvordan processen og de enkelte områder kan gribes an – og hvilke fokusområder der specielt bør fokuseres på. Guiden er tænkt som støtte til arbejdet i kommuner hvor elektrificering er under overvejelse, men er ikke en endelig og fuldstændig vejledning.

## 1. Politisk afklaring og kommunikation



Sørg for at der er politisk mandat til at igangsætte elektrificeringen

- ✓ Elektrificeringen vil for nuværende være en ekstra omkostning for kommunen. Sørg for at det politisk er afklaret i hvilket omfang kommunen vil bakke op om elektrificeringen økonomisk.
- ✓ Kommunen bør arbejde med en triple bundlinje så parametre omkring miljø, arbejdsmiljø og klima indgår i regnskabet. Parametrene bør dække både medarbejdere og borgere.
- ✓ Sørg for at kommunens initiativ omkring elektrificering kommunikeres bredt ud til både borgere og medarbejdere.

## 2. Analyse af ruter



Analysér og optimér ruterne så en så stor del som muligt, kan køres med elektriske skraldebiler

- ✓ Iværksæt en analyse af ruterne, evt. i samarbejde med producenterne. Producenterne ligger inde med software programmer til gennemførelse af analysen.
- ✓ Der er forskel på kapaciteten hos producenterne, så analyser med flere producenter bør gennemføres, hvis denne model vælges.
- ✓ Optimer på baggrund af analysen ruterne så en så stor del af ruterne kan køres med de valgte elektriske skraldebiler. Bemærk at både aktionsradius og aktionstid er essentielt i denne sammenhæng.

## 3. Hjemtagning/Udlisitering



Undersøg om den nye lov for indsamlingen og/eller elektrificering influerer på hjemtagelse/udlisitering

- ✓ Nedskriv fordele og ulemper ved hhv. hjemtagelse og udlisitering af affaldsindsamlingen set i lyset af det nye regelsæt.
- ✓ Vurder hjemtagelse / udlisitering i lyset af analysen af ruterne.
- ✓ Ved udlisitering, vurdér om det kan være hensigtsmæssigt at dele ydelsen op i en ydelse omkring selve indsamlingen og en ydelse omkring la-deinfrastrukturen.

#### 4. Ladeinfrastruktur



Afdæk behovene for ladeinfrastruktur – på kort sigt og på lang sigt

- ✓ Få et overblik over det forventede behov for forsyning, på kort sigt og lidt længere sigt i forbindelse med analyse af ruter og evaluering af skraldebilerne.
- ✓ Kontakt netselskabet så tidligt i forløbet som muligt og drøft mulighederne for forsyning på det eller de ønskede lokationer samt de økonomiske konsekvenser i de scenarier der overvejes.
- ✓ Overvej, når det står klart hvilken type ladeinfrastruktur der evt. skal etableres, muligheden for at andre grupper også kan anvende ladeinfrastrukturen i dagtimerne hvor skraldebilerne ikke benytter faciliteterne.

#### 5. Kommunens ladestanderstrategi



Vurder om og hvordan kommunens ladestanderstrategi kan spille ind i ladeinfrastrukturen

- ✓ Er der udarbejdet/under udarbejdelse en kommunal ladestanderstrategi, så overvej om og hvordan ladeinfrastrukturen til skraldebilerne kan indgå i denne.
- ✓ Samordn og drøft ladeinfrastruktur-behovet med andre brugergrupper så etableringsomkostninger minimeres og servicen optimeres.
- ✓ Kravspecifikationer og udbudsbetingelser for ladeinfrastrukturen har mange lighedspunkter og vil kunne optimeres ad denne vej. Evt. ved samlet udbud.

#### 6. Udbud



Afklar udbuddets genstand og processen

- ✓ Afklar hvilke dele der skal i udbud; er det udlicitering af hele opgaven omkring affaldsindsamlingen eller skal kommunen stå for dele heraf.
- ✓ Er ladeinfrastrukturen adskilt fra udbuddet, så overvej da at samkøre det med andre ladeinfrastruktur projekter i kommunen.

#### 7. Organisatorisk implementering



Gå systematisk til værks i organisationen hvis indsamlingen hjemtages

- ✓ Vær bevidst om, at det er en stor ændring i driften når der indføres elektriske skraldebiler. Overvej en indfasning med evt. 3-4 biler i opstarten.
- ✓ Udvalg nøje de teams af chauffører og medarbejdere der skal med i første fase. Det er essentielt at udvælge de rigtige som er omstillingsparate og evt. "brænder" for elektrisk fremdrift så de kan blive gode ambassadører. Det *kan* der blive behov for.
- ✓ Etabler feedback mekanismer mellem medarbejdere, ledelse og leverandører så alle problemer, fejl eller uhensigtsmæssigheder bliver adresseret i tide og ideer til forbedringer drøftes.

## Politisk afklaring og kommunikation



Det vigtigste at gøre sig klart, når man overvejer elektrificering på affaldsindsamlingsområde er, at det kræver opbakning fra politisk hold at gennemføre. Økonomisk vil det, i en rum tid endnu, kræve øgede budgetter for, at det kan lade sig gøre at elektrificere. Det gælder uanset om man vælger at hjemtage eller ønsker at udlicitere opgaven med affaldsindsamlingen.

Uagtet at der vil være besparelser at hente i driften af køretøjerne grundet lavere udgifter til drivmidler og vedligehold, er bilerne så markant dyrere i indkøb, og dermed de løbende afskrivninger, at det ikke kan gøre det ud for de lavere driftsomkostninger.

Elektrificeringen kommer med en række fordele på klima-, miljø- og arbejdsmiljøside. For at få disse belyst, bør kommunen udarbejde en såkaldt triple bundlinje, så parametre for miljø, arbejdsmiljø og klima indgår i regnskabet og dermed sikre, at parametre for både medarbejdere og borgere medregnes.

Kommunerne har et særligt ansvar for at drive denne udvikling og som tidligere beskrevet, så er affaldsindsamlingsområdet et meget oplagt og velegnet område at elektrificere på.

Markedet er stadig nyt, men det er forventeligt, at der vil ske en udvikling som den vi har set på bus-området, hvor der allerede i dag er sammenlignelige priser og i visse tilfælde også billigere på el. Det er dog ikke kun sket ved en teknologisk udvikling, men også gennem en fokuseret indsats fra trafiksekskabers og kommuners side.

Det er væsentligt, at kommunens initiativ omkring elektrificeringen af affaldsindsamlingen bliver synliggjort. Kommunikationen kan antage forskellige vinkler og kan gå på både de kortsigtede og de langsigtede perspektiver.

## Analyse og planlægning af ruter



Begrænsningerne i de elektriske skraldebiler går alene på rækkevidde og aktionstiden – altså om der evt. skal køres i flere skift med bilerne. Det er muligt, at man i visse tilfælde blot kan indsætte elektriske skraldebiler på de eksisterende ruter, men det bør analyseres nærmere for at sikre, at ruterne med sikkerhed kan køres inden for bilernes rækkevidde, - både sommer og vinter. Det er ikke usandsynligt, at det i en analyse viser sig, at man med fordel kan ændre i ruterne og derved kan dække en større del af indsamlingsområdet med elektriske skraldebiler.

Analyse af ruterne kan ske i et samarbejde med leverandørerne, som stiller diverse programmer til rådighed til at vurdere ruterne op imod kapaciteten i netop deres biler. Det vil være en god idé at få gennemført analyser med flere forskellige potentielle leverandører, dels for at få det bedst mulige beslutningsgrundlag ift. bilernes kapacitet, men også et nærmere indblik i, hvordan bilerne er i stand til at klare specifikke ruter. Man får allerede der en indikation af, hvilke skraldebiler der vil være bedst egnede til det etablerede rutenet og et godt grundlag for at eventuelle ændringer af ruterne.



Viden på området for elektrificering er også forholdsvis nyt, det kan derfor med fordel være en ide at gøre brug af en ekstern konsulent til at understøtte analysearbejdet for at få det bedste billede på hvad teknologien kan.

### *Aktionsradius eller aktionstid*

Indenfor el-drift er det væsentligt at skelne imellem to begreber; *aktionsradius* og *aktionstid*. Aktionsradius (el. rækkevidde) er det antal kilometer en el-skraldebil kan køre på en opladning. Her kan der beregnes med eller uden komprimering i kassen. Aktionstid er den tid hvori en skraldebil kan køre og samle affald på en opladning. I denne tid medregnes antal tømninger og kørselsmønstre.

Ved beregningen er det vigtigt at overveje, hvor mange timer bilen skal samle affald og hvor mange tømninger den skal have. Ved at definere antallet af tømninger i relation til kørselsmønstre kan man dimensionere brugen af bilen langt bedre end ved alene at tage udgangspunkt i aktionsradius. Ofte kommer en skraldebil ikke over 80-100 km. om dagen, men hvis der er mange tømninger på ruten, eksempelvis ved etagebyggerier mv., så er forbruget relativt højt og den aktuelt tilgængelige distance reduceres. Det er en udfordring i driften og man må enten lægge et ekstra ladestop ind eller indkalkulere større batterier i skraldebilerne. Det er derfor vigtigt at slå fast, at det er lige så vigtigt at tale om aktionstid som aktionsradius.

## Overvejelser vedr. hjemtagelse vs. udlicitering



Der sker store ændringer på affaldsområdet i disse år, og forventningerne er, at der også fremadrettet vil ske ændringer, der har indflydelse på hvordan opgaverne orkestreres, eksempelvis i forhold til fraktioner, afleveringssteder mv.

Det betyder, at det kan vanskeliggøre at lave udbud på området. Udbud som munder ud i aftaler, der har en tilstrækkelig fleksibilitet til at kunne efterleve de ændringer der måtte komme, og samtidig er økonomisk attraktive og gennemskuelige for begge parter – kommunen og renovatøren.

Kontrakter der er på 5-6 år, kan derfor være udfordrende idet leverandøren i så fald skal afskrive de forholdsvis dyre elektriske skraldebiler over en relativ kort årrække. Ikke mindst hvis det også etablering af den nødvendige ladeinfrastruktur også lægges over på leverandøren.

Dette forhold er en af årsagerne til, at nogle kommuner vælger at hjemtage opgaven.

Nøgleordene er fleksibilitet og længerevarende kontrakter når overvejelserne går på udlicitering og elektrificering på affaldsindsamlingsområdet.

## Ladeinfrastruktur



Overvejelser og behovsafklaring vedr. ladeinfrastrukturen må ske i samspil med afklaring af ruterne og valg af køretøjer. Det er ikke uvæsentligt, om der skal eksempelvis skal etableres AC-ladning eller DC-ladning. Som udviklingen er på markedet hvor flere leverandører

alene kan DC lade, så ligger der en stor – og evt. også strategisk beslutning i etablering af den nødvendige ladeinfrastruktur. I de tidlige faser bør det holdes åbent, at der vil kunne skulle installeres hhv. AC og DC-ladeinfrastruktur så man ikke begrænser sig i forhold til hvilke renovationskøretøjer, der vil kunne bydes ind med.

Når behovet og omfanget af forsyning på kortere og længere sigt bliver klart, er det en god idé at indlede en dialog med netselskabet. Det bør faktisk ske så hurtigt som muligt, dels af hensyn til leveringstiden på forsyningen og dels med henblik på at afklare de økonomiske konsekvenser ved forskellige forsyninger i god tid, så det kan indgå som en del af det samlede beslutningsgrundlag.

I det omfang man vælger at holde sig åben overfor at der kan bydes ind med biler der alene kan lade via DC (CCS Combo stikket), så bliver beslutningen om etablering af ladeinfrastrukturen mere strategisk. Dvs. større initiale omkostninger og dermed en længere afskrivningshorisont. Det kan i dette tilfælde overvejes om det er muligt, at ladeinfrastrukturen kan anvendes også til andre formål – eksempelvis busser, kommunens egne biler, taxier eller evt. offentlig adgang i visse tidsrum.

## Kommunens ladestanderstrategi



Nogle kommuner har en ladestrategi, i mange kommuner er det undervejs. I ladestanderstrategien indgår behovet for ladeinfrastruktur fra forskellige typer køretøjer og brugergrupper. Der kan indgå eksempelvis kommunens egne køretøjer, busser eller personbiler – dels til at understøtte kommunens egne borgere som ikke kan etablere ladning på egen grund – og dels pendlere der kører gennem kommunen.

Det bør i denne forbindelse overvejes om det er muligt at indtænke lade-behovet fra skraldebilerne i denne sammenhæng. Dels i forhold til forsyning, men også rent placeringsmæssigt samt i henhold til de aktuelle serviceintervaller for de enkelte brugergrupper.

Eksemplerne (omtalt tidligere i rapporten), hvor der i busdepoter i Vejle og Esbjerg er etableret DC-ladere centralt i byen er et eksempel, som kan overvejes i denne sammenhæng.

## Udbud vedr. indsamling, køretøjer og ladeinfrastruktur



På baggrund af de overvejelser og beslutninger der er truffet samt kravspecifikation vedr. køretøjernes funktioner, vil der skulle udarbejdes et eller flere udbud. Ved udlicitering er et af de centrale beslutningspunkter, om man vælger en model, hvor indsamlingen og ladeinfrastrukturen skal indgå i samme udbud – altså den klassiske model hvor renovatøren har ansvar for alt omkring indsamlingen herunder etablering af ladeinfrastruktur.

Det er, set fra et kontrakt-synspunkt, den mest enkle model, men ikke nødvendigvis den økonomisk mest hensigtsmæssige. Det kan være en fordel at afsøge begge modeller

gennem markedsdialog og en indledende udbudsrunde, hvor man får indikation af hvilke priser leverandørerne kan byde ind med, og herunder hvilken fleksibilitet der tilbydes.

Hvis kommunen overvejer hjemtagelse af indsamlingen, så vil man ad denne vej samtidig få etableret en intern business case omkring økonomien ved en evt. hjemtagning.

## Organisatorisk implementering (ved hjemtagning)



Falder valget på at hjemtage indsamlingen bør kommunen være bevidst om, at det er en stor ændring i driften, og at der forestår en større opgave i relation til den organisatoriske implementering.

Helt essentielt er udvælgelse og indkøring af medarbejdere, ikke mindst når det gælder at blive fortrolig med køretøjerne. Visse leverandører har ligefrem kurser for betjeningspersonale som en del af leverancen, hvilket måske mere end noget andet understreger behovet for netop dette. Det skal med andre ord være personale/teams med en vis "omstillingsparathed" og som evt. "brænder" for elektrificering, der indgår i første fase og som kan fungere som en slags "ambassadører" for elektrificeringen.

Når der indføres ændringer i det omfang der her er tale om og henset til, at flere af de skraldebiler der kommer på markedet nu, er 1. generation, så er det væsentligt at følge tæt op på implementeringen. En af metoderne til at få identificeret og adresseret alle problemer, fejl og uhensigtsmæssigheder er at etablere feedback mekanismer mellem medarbejdere, ledelse og leverandører. Gennem sådanne mekanismer kan problemerne løses hurtigt, ligesom det også baner vej for at drøfte forslag og ideer til forbedringer.

Det kan overvejes om en trinvis overgang til elektriske skraldebiler er den mest optimale vej. Det er værd at overveje en strategi med en trinvis indfasning hvor man starter med evt. 3-4 biler og kører de optimale ruter med disse. En sådan tilgang kan være hensigtsmæssig dels af hensyn til personalet og indkøringen, men også ift. at vurdere bilernes egnethed ved forskellige ruter. Samtidig er det ganske store beslutninger og investeringer der er tale om, såvel hvad angår køretøjer men ikke mindst i relation til ladeinfrastrukturen.

## Afrunding – nutid, fremtid og muligheder

Som det er blevet anført nogle gange, så er situationen lige nu, at der må påregnes ekstra udgifter til affaldsindsamlingen, hvis man ønsker at hele eller dele af denne skal ske med elektriske skraldebiler. I særdeleshed hvis man alene ser på de rene udgifter og ikke på behørig vis indregner øvrige faktorer som klima, miljø, arbejdsmiljø (triple bundlinje).

Der er dog en række faktorer og overvejelser man kan gøre sig for dels at søge at forbedre billedet nu og her og dels vil udviklingen i markedet og den teknologiske udvikling understøtte en udvikling mod en markant bedre TCO. Vi vil se på en række af disse i dette afsnit.

## Markedsmodning

Markedet udvikler sig netop nu fra et monopollignende marked til et marked hvor flere producenter melder sig klar med elektriske skraldebiler. Det har været niche-spillere der har trukket udviklingen, men nu er de store producenter altså klar med deres bud også. Det kommer til at gøre en enorm forskel ift. priserne på køretøjer, at der nu bliver etableret en reel konkurrence i markedet.

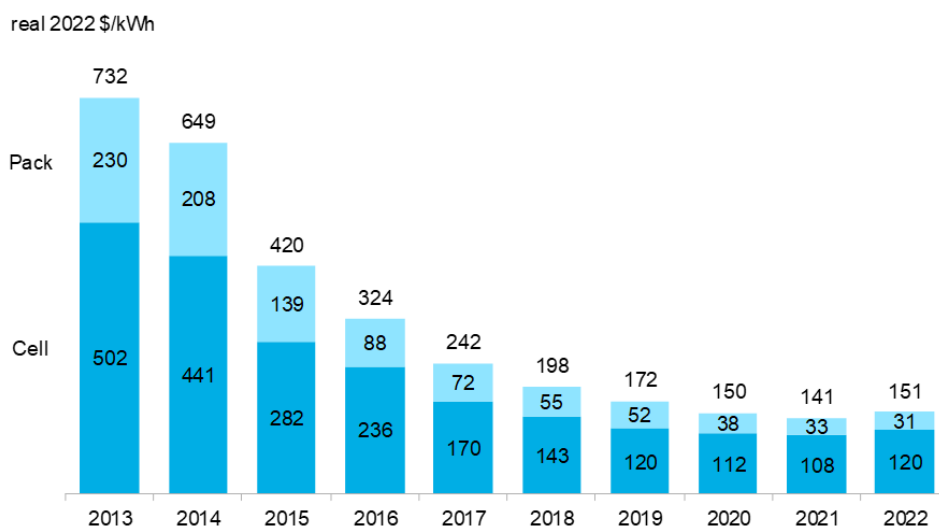
De store producenter, der kommer på banen nu, henter dels teknologi fra andre køretøjslinjer (lastbiler, busser mv.) og dels anvendes basisteknologierne også på tværs af disse. Der udvikles altså ikke alene til skraldebiler men til et bredt produktprogram på tunge køretøjer. Her vil man kunne optimere på udviklingsomkostningerne der fordeles over et bredere produktprogram og store kvantiteter.

Vi har set udviklingen på bus-området gå i en retning hvor der ved de første udbud af linjer måtte betales en overpris for nul-emissionskørsel ift. dieselbusserne, men vi ser nu, at der bydes ind på nogle linjer til priser der ligger på linje og endnu under de priser man tidligere havde med dieselbusserne. Operatørerne har fået erfaring med busserne og der er en række udbydere på banen hvilket samlet set giver mulighed for at opnå lave priser for trafikskaberne.

## Teknologiudvikling

Det er ikke alene den skærpede konkurrence og erfaring med elektriske køretøjer der driver udviklingen mod lavere priser, det handler også om, at priserne på komponenterne, i særdeleshed batterierne, er faldende.

Hvis man ser hen over den 10-årige periode der er blevet produceret elektriske skraldebiler i fra 2010 - 2020, så er prisen pr. kWh faldet i perioden fra 1.100 USD/kWh til 137 USD/kWh, hvilket svarer til et fald på 89%. Ja faktisk blev der i 2020 rapporteret om priser på under de magiske 100 USD/kWh. Det var for batterier til elektriske busser i Kina.



Figur 4 Vægtede gennemsnitspriser (USD) på batterier. Kilde: BloombergNFS

Imod alle forventninger, så steg priserne på batterier i 2022 for første gang og det er forventet at niveauer vil holde i 2023 og først vil begynde at falde igen i 2024. Der er en stigende diversitet i batterikemi i markedet som også smitter af på priserne på de enkelte pakker, men den enorme efterspørgsel og relativt for lave udbud gør at priserne er steget. Det er interessant at se en større udbredelse af LFP (Litium jern fosfat) celler der ligger yderligere 20% under de øvrige kemier og også Natrium (på engelsk Sodium) batterier begynder at nå et modningsniveau hvor de vil kunne anvendes i el-køretøjer og dermed bidrage til en større mængde udbud generelt og dermed forventeligt lavere priser. Endelig forventes (fortsat!) gennembruddet for solid-state batterierne der forventes at kunne produceres til ca. 40% af den nuværende cellepris.

Så afhængig af hvordan de enkelte kemier og teknologier udvikler sig vil vi se yderligere en reduktion i batteripriserne – måske en halvering indenfor en overskuelig årrække. Det vil smitte voldsomt af på priserne på de elektriske skraldebiler og gøre dem konkurrencedygtige på pris. Vi vover dog ikke sætte årstal på når dette break-even punkt nås, eftersom mange faktorer, udover de aktuelle batteripriser, spiller ind.

# Bilag

Featureliste over elektriske renovationskøretøjer

## Featureliste - Elektriske skraldebiler (2023)

Drivlinje	PVI C-Less 170 kWh	PVI C-Less 255 kWh	Scania BEV 5	Scania BEV 9	Emoss 195	Mercedes eEonic	Dennis Eagle eCollect	Volvo FEE (Renault D. Wide Z.E.)
Batteri kapacitet - nominal	170 kW	255 kWh	165 kWh	300 kWh	235 kWh	324 kWh	300 kWh	200 kWh
Batteri kapacitet - anv.	170 kW	255 kWh	120 kWh	219 kWh	195 kWh	315 kWh	200 kWh	160 kWh
Batteri type	LiFePO <sub>4</sub>	LiFePO <sub>4</sub>	Li-NMC	Li-NMC	Litium-ion-batterier	Litium-ion-batterier	Li-NCM	NMC
Rækkevidde max	90 - 110 km	120 - 150 km	90-130 km	160-250 km	80 km v/1.000 tøm. n.	> 150 km v/1.000 tøm. n.	90-160 km	60-100 km
Rækkevidde typisk	90 - 110 km	120 - 150 km	70 km	120 km	60 km v/800 tøm. n.	> 150 km	90-160 km	70 km
Opladning og ydelse								
Ladeeffekt DC, CCS	NA	NA	130 kW	130 kW	160 kW	160 kW	50 kW	150 kW
Ladetid (til 80%)			46 min	85 min	Ca. 1 time	Ca. 1 time	3,5 t (15-70%)	55 min
Ladeeffekt AC	32 eller 63 Amp	32 eller 63 Amp	NA	NA	42 kW	NA	NA	22 kW
Ladetid 32 Amp (100%)	9 timer	9 timer			ca. 4 timer			6-10 timer
Ladetid 63 Amp (100%)	6 timer	6 timer						Ca. 15 t
Motorydelse	103 kW	103 kW	295 kW	295 kW	250 kW	400 kW	200 kW	225 kW
Motorydelse (booster)	118 kW	118 kW	230 kW	230 kW	195 kW	300 kW		225 kW
PTO, gear & garanti								
ePTO	35 kW	35 kW	60 kW	60 kW	50 kW	52+32 kW peak	40 kW	70 kW
Antal gear	ZF 9-trins	ZF 9-trins	2	2	1 frem, 1 bak	2 + bak	2	2
Garanti på drivlinje	2 år	2 år	5-8 år	5-8 år	12 måneder	3 år	3 år	2-8 år
Garanti på batteri	5 år	5 år	op til 8 år	op til 8 år	60 mdr. el. 3000 lade cykl.	6 år	3 år	1 år
Garanti batteri v/serviceaft.	10 år	10 år			DC-ladning: 2000 cykler			8 år/540.000 km
Vægt & fysiske dimensioner								
Totalvægt 3-akslet	27 t	27 t	26,65 t	27,6 t	27 t	27 t	27 t	28 t
Lastevne	10,0 t	10,0 t	10,6 t	10,6 t	10,0 t	17,8 t (ex. opbyg.)	10,7 t	16.856 (ex. opbyg.)
Akselafstand	3.900 mm	3.900 mm	3.950 mm	4.350 mm	3.900 mm	4.000 mm	3.900 mm	3.900 mm
Total længde	10130 mm	10130 mm	10,4 m	10,4 m	8349 mm / 9857 mm	8.300 mm afh. af udh.	10.130 mm	afh. af udh.
Total lgd. m/bagst. åbent	11.210 mm	11.210 mm					11.210 mm	
Chassis bredde	2250 mm - 2500 mm	2250 mm - 2500 mm	2550 mm	2550 mm	2.500 mm	2.500 mm	2.250 mm	2.550 mm
Afgangsforhold								
Indstigningshøjde 1. trin	495 mm	495 mm				< 900 mm	495 mm	560 mm*
Indstigningshøjde total	785 mm	785 mm	900 mm	900 mm	< 900 mm	Ja - med glas	785 mm	900 mm*
Foiledør/indsv. h side	JA	JA	JA	JA	JA	NEJ	JA	JA
Foiledør/indsv. v side	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ		NEJ	NEJ
Øvrige								
Automatift	JA	JA	NEJ	NEJ	JA, (option)	?	JA	?
Kildehenvisninger: PVI og Dennis Eagle oplyst af Phoenix Danmark, Emoss oplyst af Urbaser og Geesink/Norba. Øvrige oplyst af de respektive producenter								
								* 90 mm lavere ved kneeling

