



# Miljöberäkningar för godstransporter med eldrivna lastbilar

SEBASTIAN BÄCKSTRÖM

IVL – SVENSKA MILJÖINSTITUTET

MAGNUS SWAHN,

NTM - NETWORK FOR TRANSPORT MEASURES.

SLUTRAPPORT



Projektnummer 2020.3.2.24
Titel på projektet – svenska Miljöberäkningar för godstransporter med eldrivna lastbilar
Titel på projektet – engelska Environmental calculations for freight transport with electric trucks
Projektledareorganisation IVL Svenska Miljöinstitutet
Namn på projektledare Sebastian Bäckström
Namn på ev övriga projektdeltagare Magnus Swahn, NTM, Scania CV, Volvo Trucks, ICA, Axfood/Martin&Servera, Northvolt, GB Framåt.
Nyckelord: 5-7 st Miljökalkyler, GHG assessment, Battery Electric truck, goods vehicle, Life Cycle Assessment, LCA

## Sammanfattning

Introduktionen av batterielektriska lastbilar har inneburit en ny möjlighet för åkerier att erbjuda transport och logistiklösningar med låg miljöpåverkan. Till skillnad från lastbilar med förbränningsmotorer sker ellastbilens största miljöpåverkan vid produktion av elen fordonet laddas med samt vid produktionen av själva fordonet. För att på ett korrekt sätt beräkna och redovisa hur stor den faktiska miljöpåverkan är behöver kunskap om metodik och underlagsdata tillgängliggöras. Inom ramen för detta projekt har NTM tillsammans med IVL Svenska Miljöinstitutet gått igenom den idag tillgängliga informationen kring batterielektriska lastbilars livscykel, samt genomfört insamling av elförbrukningsuppgifter för lastbilar i daglig trafik. Dessutom har beräkningsmetodiken för miljöanalys av en godstransport med elektriska lastbilar sammanställts tillsammans med källor till relevant och nödvändigt dataunderlag. Det presenterade materialet visar att bidraget från ellastbilens produktion inte kan försummas vid redovisningen av den totala miljöpåverkan, detta särskilt inte om man vid laddningen av fordonet säkerställer att elen produceras i kraftverk med låg miljöpåverkan. Materialet kommer under 2023 att inarbetas i de dataunderlag och verktyg som NTM tillhandahåller på sin hemsida [www.transportmeasures.org](http://www.transportmeasures.org). Undersökningen har även påvisat stora brister vad gäller tillgängligheten till LCA data för ellastbilar varför uppgifter kring flera miljöeffekter utöver klimatpåverkan i dagsläget inte kan parametreras. Då ellastbilen befinner sig i ett tidigt skede av sin utveckling kommer behovet av att aktualisera LCA uppgifterna att vara stora framöver. Projektet har finansierats av Trafikverket/Triple F och NTM Network for transport measures samt erhållit bidrag i form av arbetsinsatser och information från Scania CV, Volvo Trucks, ICA, Axfood/Martin&Servera, Northvolt, GB Framåt.

## Summary

The introduction of battery-electric trucks has meant a new opportunity for haulage companies to offer transport and logistics solutions with a low environmental impact. Unlike trucks with internal combustion engines, the electric truck's greatest environmental impact occurs during the production of the electricity the vehicle is charged with and during the production of the vehicle itself. In order to correctly calculate and report how big the actual environmental impact is, knowledge of methodology and supporting data needs to be made available. Within the framework of this project, NTM, together with the IVL Swedish Environmental Institute, has reviewed the currently available information regarding the life cycle of battery-electric trucks, as well as collected electricity consumption data for trucks in daily traffic. In addition, the calculation methodology for the environmental analysis of a freight transport with electric trucks has been compiled together with sources of relevant and necessary data. The material presented shows that the contribution from the electric truck's production cannot be neglected when accounting for the total environmental impact, especially if when charging the vehicle it is ensured that the electricity is produced in power plants with low environmental impact. In 2023, the material will be incorporated into the data base and tools that NTM provides on its website [www.transportmeasures.org](http://www.transportmeasures.org). The investigation has also shown major shortcomings in terms of the availability of LCA data for electric trucks, which is why data on several environmental effects in addition to climate impact cannot currently be parameterized. As the electric truck is in an early stage of its development, the need to update the LCA data will be great in the future. The project has been financed by the Swedish Transport Administration/Triple F and NTM Network for transport measures and received contributions in the form of work efforts and information from Scania CV, Volvo Trucks, ICA, Axfood/Martin&Servera, Northvolt, GB Framåt.

# Innehållsförteckning

<b>Sammanfattning</b> .....	<b>2</b>
<b>Summary</b> .....	<b>2</b>
<b>Innehållsförteckning</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Inledning</b> .....	<b>4</b>
<b>2 Bidrag till Triple F</b> .....	<b>5</b>
<b>3 Genomförande</b> .....	<b>5</b>
<b>4 Resultat</b> .....	<b>6</b>
<b>4.1 Beräkning av miljöprestanda för godstransport med eldriven lastbil – metodik och standardvärden</b> .....	<b>6</b>
4.1.1 Syfte och förutsättningar för en beräkning.....	6
4.1.2 LCA metodik för godstransporter med lastbil .....	6
4.1.3 Beräkningsgång .....	11
<b>5 Nyttiggörande och nästa steg</b> .....	<b>24</b>
<b>6 Diskussion</b> .....	<b>25</b>
<b>7 Referenslista</b> .....	<b>26</b>
7.1 Litteraturreferenser .....	26
<b>Bilagor</b> .....	<b>26</b>

# 1. Inledning

När man som transportköpare eller transportör ska bedriva ett strategiskt omställningsarbete är god tillgång till relevanta beslutsunderlag av största vikt. Transport- och logistiksystemen är idag både komplexa och svårförståeliga och det uppstår lätt situationer när analyser baseras på ofullständig, föråldrad eller direkt felaktig underlagsdata, detta särskilt när nya teknikområden och system ska tas med i analysen. Risker existerar därmed för suboptimeringar eller felaktiga beslut, vilket i sin tur leder till låg måluppfyllelse och (eller) förseningar och kostnadsökningar. Historiskt har transport och logistikbranschen lyckats väl med att möta de 'interna' behoven, dvs. att förse sina kunder med både säkra, effektiva och prisvärda transportlösningar. Detta har de lyckats med till den grad att i stort sett varje del av det moderna samhället idag är beroende av godstransporter, till stor del som en effekt av att produktions och konsumtionssystemen därigenom kunnat realisera enorma effektiviseringspotentialer. Billigare råvaror, specialisering inom försörjningskedjorna och större marknader för produkterna är exempel på sådana förändringar, vilka samtidigt bidragit till att det totala transportarbetet ökat stort. För att hantera de därtill kopplade externa effekterna på miljön har regleringar inom energieffektivitet, avgasområdet och låginblandning av biokomponenter i drivmedel tillkommit, och nu på senaste åren är det sektorns bidrag till den ökande växthuseffekten som är i allt större fokus.

I det pågående arbetet att reducera utsläppen av växthusgaser från godstransporter förutspås elektriska lastbilar få en viktig roll under de kommande 15 åren. Elmotorns goda mekaniska egenskaper och dess höga energiverkningsgrad har länge varit lovande och i och med den snabba utvecklingen av batteritekniken har redan väl fungerande system med batteridrivna elektriska lastbilar presenterats. Kostnaderna för dessa är i dagsläget betydligt högre än för konventionella fordon med förbränningsmotorer varför beslutsunderlagen för nya investeringar måste sättas samman med omsorg. En allt viktigare parameter i dessa beslutsprocesser är verksamhetens utsläpp av växthusgaser, vilket ställer höga krav på de miljökalkyler som allt oftare ingår i beslutsunderlagen.

Bedömning av miljöprestandan hos batteridrivna lastbilar (BET, från engelskans Battery Electric Truck) kännetecknas av nollutsläpp i trafiken vilket är en stor fördel jämfört med konventionella lastbilar med förbränningsmotorer. Men utsläpp uppstår i andra delar av lastbilarnas livscykel vilket givetvis måste beaktas. En miljöanalys för en godstransport inkluderar idag därför även miljöprestandan vid produktion och distribution av de energibärare som används av respektive fordonstyp, så kallad Well to Tank (WTT) analys. För batterifordon kan dock ytterligare delar av livscykeln behöva beaktas, detta med tanke på de omfattande processer som krävs för materialförsörjning till batteri- och elmotorproduktionen. Vissa av materialen som används för dessa komponenter är sällsynta och tillverkas med stora klimat – och miljöproblem. När man miljöbedömer transporter som utförs av en BET måste man därför låta analysen täcka in fler delar av transportsystemets livscykel för att inte riskera att missa relevanta bidrag till den totala miljöprestandan. Jämfört med beräkningen för en IC-lastbil blir BET-beräkningar mer komplexa och analytikern ställs då ofta inför utmaningen att hitta och utvärdera en ny typ av data. Detta är bakgrunden till den studie som genomförts och presenteras i denna rapport.

Allmänt tillgängliga LCA-studier av batterielektriska tunga lastbilar är fortfarande få till antalet eftersom både produktlivscykeln och det anslutna forskningsfältet fortfarande befinner sig i ett tidigt utvecklingsstadium (2022). Det totala antalet tunga heleelektriska lastbilar i Europa i drift i Europa 2021 var 346. Som jämförelse registrerades över 3 200 nya batterielektriska bussar samma år. Denna skillnad återspeglas även i mängden tillgängliga LCA studier. Antalet tillgängliga fullbatterielektriska tunga lastbilsalternativ på den svenska marknaden är (2022) i storleksordningen 5-10 stycken, och endast två av dem är försedda med viss livscykelanalysdata. Således är antalet publicerade forskningsstudier begränsat och de studier som återfinns inom den akademiska forskningen speglar sällan de

marknadsförda fordonen. Som jämförelse är den tillgängliga litteraturen mycket bredare när livscykelemissionerna för bussar studeras, detta eftersom bussmarknaden är mer mogen.

Utifrån denna problembild och kunskapsituation har det vart detta projekts ambition att presentera ett så relevant dataunderlag som möjligt till de personer som har till uppgift att genomföra hållbarhetsanalyser av godstransporter vilka genomförs med batteridrivna elektriska lastbilar. Studien täcker såväl användningsfasen, tillverkning av den elektricitet som krävs samt produktion av fordon och ladd utrustning. Inom arbetet har driftsdata fångats för distributionstrafik med BET och LCA data har eftersökts i litteraturen.

Arbetet har genomförts av IVL Svenska Miljöinstitutet och NTM – Network for transport measures i samarbete med företag verksamma inom tillverkarsidan (Volvo Trucks AB, Scania CV och Northvolt) och användarsidan (ICA, Martin&Servera, DHL, GB Framåt).

## 2. Bidrag till Triple F

Projektets bidrag till TripleFs målsättningar utgörs av en ökad kunskap om elfordons miljöprestanda och tillgängligheten till metoder och defaultdata för att underlätta miljökalkyler för godstransporter med batterielektriska lastbilar. Det är vår förhoppning att tillgängligheten till denna information leder till att fler aktörer kan skapa sig en egen bild av de miljöpotentialer som övergång till eldriven godstrafik innebär. Sådan kunskap bedöms vara viktig för att motverka etableringen av felaktiga och ofta seglivade myter vilka inte sällan cirkulerar i samband med introduktion av, och övergång till, nya tekniker.

Med ökad kunskap och tillgänglighet till verktyg inom området hoppas vi även att fler projekt inom TripleF kommer kunna göra relevanta överslagsberäkningar vad gäller förbättringspotentialen hos föreslagna förändringar.

## 3. Genomförande

Projektet miljöanalys av eldrivna godstransporter på väg har genomförts i form av 8 separata 'sprinter' med olika metodik för genomförandet. I 'sprint' ett har LCA data för tillverkning av eldrivna fordon insamlats, från öppet tillgängliga källor, och jämförts med syftet att presentera ett relevant defaultvärde för miljökalkyler. Målsättningen är att redovisa bidraget per körd kilometer med en batteridrivna ellastbil. Detta arbete har genomförts i form av en litteraturstudie med efterföljande databearbetning. I sprint två har motsvarande studie genomförts fast då med laddinfrastrukturen i fokus. Syftet var även i denna sprint att presentera vilket bidrag tillverkningen av laddaren ger per körd kilometer med en ellastbil. I sprint tre och fyra har syftet varit att undersöka hur befintliga schablonvärden för ellastbilar elförbrukning vid drift stämmer med värden för fordon i verklig trafik. Denna undersökning har genomförts med hjälp av chaufförer vilka för varje körtur har noterat elförbrukning, tidpunkt, körsträcka, lastmängder, väglag och trafiksituation. Mätning genomfördes under vintersäsong och höst med syfte att undersöka omgivningstemperaturens inverkan. I sprint 5 ville vi undersöka vilket stöd en operatör av en ellastbil kan erhålla från sin elleverantör vad avser miljödata för den el som köpts via det gemensamma elnätet. Denna studie genomfördes som en enkät ställd till elleverantören från de företag som laddar ellastbilar på sin egen fastighet (dvs. åkerier på sin terminal). I sprint 6 hanterades frågan om elproduktionens miljöprestanda och hur man kan och bör resonera när miljöprestanda för en specifik elanvändning skall beräknas. Detta arbete genomfördes som en skrivbordsstudie baserat på tidigare arbeten, specifikt inom området eldriven godstrafik men även generellt inom rapportering av klimatgaser. I sprint 7, vilken genomfördes som en litteraturgenomgång, fokuserade vi på frågan om

förluster vid överföring av el från kraftverk till laddutrustning via elnätet. Sprint 8 utgjordes av produktionen av denna slutrapport vilken dels är en sammanfattning av delresultat från respektive sprint, men framför allt är tänkt att fungera som en 'metodhandbok och datakälla' vid miljöberäkningar för godstransporter med batterielektisk lastbil på väg.

## 4. Resultat

Resultatet från projektet redovisas i denna rapport på två sätt. Dels återfinns delrapporter från projektets 'sprintar' som separata bilagor till denna rapport och dels sammanfattas metodik och underlagsdata i form av en handledning i miljöberäkningar för eldriven godstrafik på väg i denna sektion.

## 5. Beräkning av miljöprestanda för godstransport med eldriven lastbil – metodik och standardvärden

### 6. Syfte och förutsättningar för en beräkning

Då miljö kalkyler för godstransporter genomförs i en rad olika sammanhang med olika syften måste beräkningsmetodik anpassas till aktuell frågeställning. För arbetet i denna metodhandbok avgränsas analysen till följande frågeställning:

Syftet med beräkningen skall således vara att beskriva hur transporten påverkar omgivningsmiljön mätt som storleken på ett urval av påverkansfaktorer, såsom t.ex. energianvändning, resursanvändning, försämrad luftkvalitet, bidrag till växthuseffekten, generering av avfall och landanvändning. För att åstadkomma detta appliceras delar av den metodik som utvecklats inom den vetenskapliga metoden livscykel analys, LCA. Syftet med att i stora delar följa LCA metodiken även vid enklare beräkningar är att reducera risken att utelämnas delar av ett tekniskt system som ger stora bidrag till den totala miljöprestandan. Vidare ökar möjligheten att förstå om det erhållna resultatet är jämförbart med motsvarande resultat från beräkningar för andra transportlösningar, t.ex. andra trafikslag, fordonstyper eller bränslesorter.

### 7. LCA metodik för godstransporter med lastbil

#### **Studerad produkt eller service**

Steg 1 i LCA analysen är att beskriva den aktivitet för vilken det beräknade värdet ska gälla. I detta fall syftar beräkningarna till att beskriva miljöeffekten kopplad till...

en genomförd (ex-post) godstransport, dvs en förflyttning av en definierad mängd gods mellan två definierade adresser. Analysen avgränsas till den del av transporten som genomförs av en batterielektrisk lastbil vilken laddas med el som tas från elnätet, samt ev. körsträckor utan last i anslutning till transporten. Till körsträckan med gods adderas en tompositioneringssträcka (dvs körning utan last) för att inkludera utsläpp från fordonsrörelser nödvändiga för att genomföra transportuppdraget.

Vi specificerar inte vilken typ av gods som transporteras utan antar att de aktuella fordonen är anpassade för aktuell last. Som last räknas allt som avsändaren överlämnar till transportören, dvs. både godset men även ev. lasthanteringsutrustning (pallar, rullburar, backar, ställ), emballage och liknande.

Utrustning som transportören vid upphämtningen tillhandahåller för hantering och säkring av godset (palldragare, stöttor, surrningsmaterial etc.) räknas inte som last.

### **Funktionell enhet**

Begreppet funktionell enhet är centralt i en livscykelanalys och avser till vilken enhet man ska relatera den framräknade miljöpåverkan. Den funktionella enheten styrs till stor del av definitionen av den studerade produkten eller servicen, i det aktuella fallet definierat som en godstransport. Den normala enheten vid mätning av 'transportmängd' är transportarbete angivet i enheten ton-kilometer (ton\*km eller tkm). Enheten för godsmängd kan variera beroende på godsets natur eller transportservicens utformning. Volym (m<sup>3</sup>) och enhetslastbärare (TEU, lastpall, rullbur) är andra vanliga enheter för att beskriva mängden av gods som transporteras, varför m<sup>3</sup>\*km och TEU\*km är vanligt förekommande enheter i transportstudier.

I de beräkningar för godstransporter med elektrisk lastbil som avhandlas i denna studie är val av enhet för att beskriva godsmängd inte avgörande för beräkningsmetodiken varför denna lämnas utan vidare analys. I det specifika fallet spelar dock godsets natur och mängd roll för såväl utformning av fordonets lastutrymme som genomförande av själva transporten.

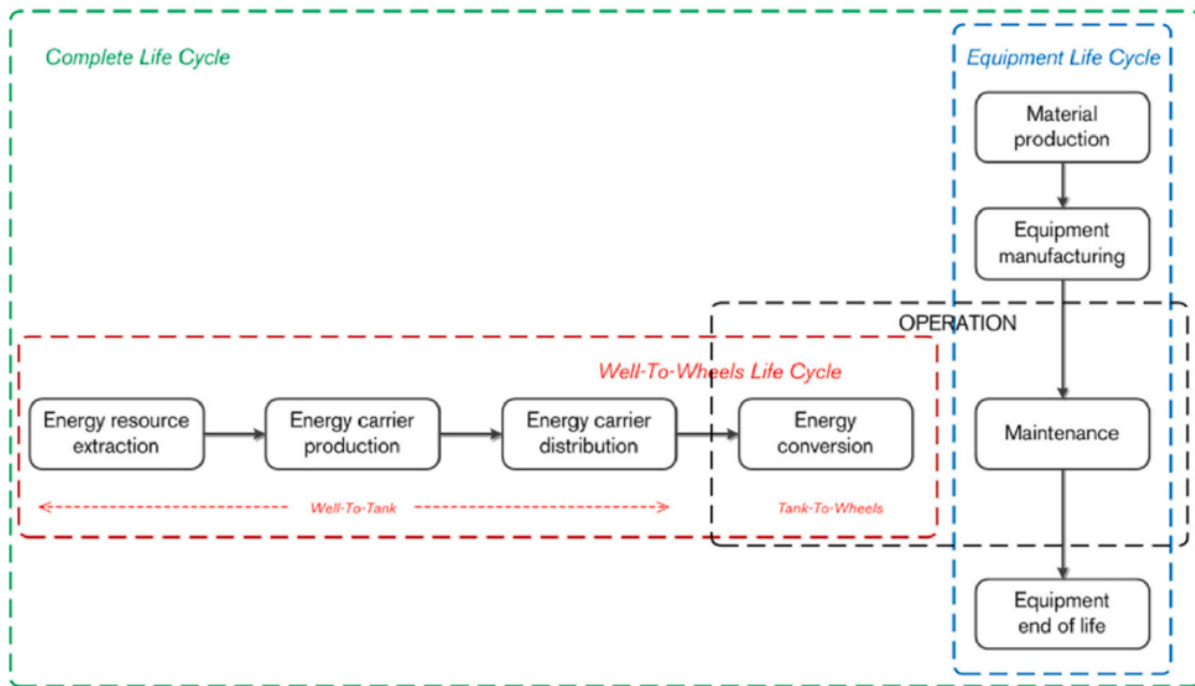
I den beräkningsprocessen för en högupplöst kalkyl ingår alltid en beräkning av fordonets miljöpåverkan per körd kilometer (fordonskilometer – fkm eller vehicle kilometre – vkm), med respektive utan last. För en specifik transport summeras sedan bidragen från båda delsträckorna, dvs sträckan med last plus den extra sträckan utan last (tompositionering) i anslutning till transporten. Denna summa divideras med transportarbetet för att erhålla miljöpåverkan för vald funktionell enhet, dvs. g/ton\*km, g/TEU\*km eller motsvarande.

I den fortsatta redogörelsen fokuseras presentationen på beräkningen av fordonets miljöpåverkan per körd kilometer. Denna förenkling görs för att göra materialet oberoende av lasten och därmed användbart i fler applikationer. Den funktionella enheten som valts är fordonskilometer och värden anges för fordon med en given lastmängd respektive utan någon last.

### **Systemgränser mot andra tekniska system och processer**

Vid produktion av tjänster och produkter nyttjas vanligtvis ett komplext och sammanvävt system av olika delsystem vilka bidrar med de resurser, processer och förutsättningar som krävs för produktionen. En lastbil måste förses med energi (t.ex. diesel) vilken i sin tur måste produceras (raffinaderi), vilket i sin tur måste försörjas med råvaror (olja) vilken måste utvinnas (oljekälla) osv. Vid något av dessa system måste en gräns dra för vilken data som skall ingå i en kalkyl och vilken data som man ska bortse ifrån. Denna gränsdragning kallas systemgräns mot andra tekniska system och sådana gränser skall väljas så att bidragen från utelämnade delsystem inte blir så stora att det påverkar slutsatser som presenteras i studien. Att för en ellastbil dra systemgränsen vid själva fordonet, dvs ej inkludera bidrag från produktion av den el som används vid laddning, skulle till exempel göra redovisningen av klimatpåverkan ofullständig, i synnerhet då fossilgas, torv, olja eller kol ingår som bränsle till elproduktionen. För godstransporter med konventionella bränslen och drivlinor, dvs diesel och CNG tillsammans med förbränningsmotorer, har två huvudsakliga processer visats bidra till majoriteten av systemets utsläpp. Dessa två är dels 1) försörjningskedjan bakom bränslet (sk. Well-to-Tank -WTT) tillsammans med 2) förbränningen av bränslet i fordonets motor (sk. Tank-to-Wheels -TTW). Summan av dessa bidrag kallas fordonets WTW värde för en definierad transport. I Figur 1 nedan illustreras (inramat i rött) hur WTT aktiviteter kompletterar processerna i TTW delen.





Figur 1. Illustration av systemgränser för en lastbilstransport. Från Zhaoa et al. (2021).

Inkluderingen av WTT-perspektivet (i en svensk kontext) tillkom i samband med att intresset för alternativa drivmedel växte, först i samband med 1970-talets oljekris och därefter på 1990-talet då intresset för förnybara drivmedel tog fart. Utöver dessa två processer tillkommer bidrag för tillverkning, underhåll och skrotning av själva fordonet. Detta bidrag har, förutom att vara litet i storlek, inte uppvisat några signifikanta skillnader mellan olika konventionella drivlinor (dvs. diesel, metangas) varför detta vanligtvis utelämnas vid beräkningar. I och med elbilens (potentiellt) låga WTW utsläpp har dock intresset för bidragen från fordonsproduktionen kommit i fokus. Att tillverkning av stora batterier idag medför hög miljöbelastning är känt och de bakomliggande systemen lämnar även avtryck i påverkanskategorier där diesel fordon uppvisar låga värden, t.ex. resursanvändning, gruvavfall och försurning av mark. I Figur 1 visas (inramat i blått) hur processerna kopplade till tillhanda havandet av ett fordonssystem inkluderas i en utökad systemgräns. I fallet med en eldriven batterilastbil utgörs fordonssystemet av 1) lastbilen tillsammans med 2) den laddinfrastruktur som krävs.

Vid analys av miljöprestanda för en batterilastbil bör de systemgränser som redovisas i Figur 1 alltid utgöra utgångspunkten för arbetet. Därutöver kan ytterligare beskrivningar av vilka funktioner och processer som ingår behöva göras. Exempel på dylika förtydningar kan vara;

Lastning och lossning av gods

I de fall som lastning och lossning av godset kräver energi från fordonet (kranar, kompressorer, pumpar etc.) ska lastning och lossningsaktiviteterna beräknas separat och särredovisas från själva transporten mellan adresserna i fråga.

Kyl och klimatanläggningar

I de fall godset ställer krav på transportutrymmets temperatur och klimat (t.ex. kyltransport av färskvaror eller djurtransporter) skall driften av kyl- och klimatanläggningar ingå i redovisningen av transportens miljödata.

### ***Systemgränser med avseende på tid***

För att orientera datainsamling och användning av studiens resultat måste avgränsningar anges avseende de tidsperioder som definierats. Vad gäller datainsamling är syftet med en tidsgräns att säkerställa att den underlagsdata som ingår i beräkningarna har relevans för den transport som beräkningen avser. På samma sätt utgör tidsgränsen för nyttjande av resultatet en form av 'best-före-datum'. Tanken är att man utifrån kunskap om de ingående komponenterna och systemen gör en bedömning av när i framtiden dessa förändrats så mycket att resultatet ej korrekt återspeglar hur transporten produceras. I fallet med batterielektriska lastbilar befinner sig utvecklingen (2022) i ett tidigt skede, ny teknisk utveckling inom framför allt batteritekniken och dess produktion är redan annonserad, varför befintliga underlag till beräkningar (elförbrukning per km, produktionens utsläpp mm.) bedöms bli förlegade snabbt, inom 2-3 år.

### ***Systemgränser med avseende på geografi***

Det normala vid en miljöberäkning för en godstransport är att inte avgränsa redovisningen vad avser den geografiska lokaliseringen av vare sig utsläppen eller deras påverkan på människor och naturliga system.

### ***Systemgränser med avseende på miljösystem***

I en fullständig LCA är målsättningen att alla relevanta former av påverkan på omvärlden skall omfattas av analysen. Vad som är relevant styrs som vanligt av vilken frågeställning man försöker besvara genom att göra en livscykelanalys. Varje typ av påverkan som vi kan modellera och beskriva med ett måttetal för en representativ storhet kan således ingå i en LCA. I verkligheten tvingas man i LCA analyser till begränsningar av flera anledningar, oftast pga. begränsningar i tillgängliga resurser eller pga. ofullständig förståelse hur kopplingen mellan transportsystemet och en miljöpåverkan ser ut. Att beräkna bidraget till växthuseffekten från dieselförbränning är t.ex. betydligt enklare än att beskriva den negativa effekten på biologisk mångfald i jordbrukslandskapet från FAME förbränning i samma motor. Av samma anledning, tillgång på förståelse av hur orsakssambanden ser ut, tar vi lättare med effekten av toxicitet av utsläpp till luft på mänsklig hälsa än effekten av buller på densamma. I det praktiska arbetet kommer man således alltid att tvingas göra ett urval av vilka påverkansfaktorer som ska ingå i beskrivningen av det studerade systemet.

Inom såväl standarder för LCA som i system för miljörapportering (t.ex. EPD, PEF etc.) finns det förslag på vilka påverkanskategorier som skall ingå i rapporteringar. Omfattningen av kategorier som ofta är 'short-listed' presenteras i Tabell 1 nedan.

Tabell 1. Påverkansfaktorer att ta med i LCA studier, bruttolista.

<b>Impact category / Indicator</b>	<b>Unit</b>	<b>Description</b>
Climate change – total, fossil, biogenic and land use	kg CO2-eq	Indicator of potential global warming due to emissions of greenhouse gases to air. Divided into 3 subcategories based on the emission source: (1) fossil resources, (2) bio-based resources and (3) land use change.
Ozone depletion	kg CFC-11-eq	Indicator of emissions to air that cause the destruction of the stratospheric ozone layer
Acidification	kg mol H+	Indicator of the potential acidification of soils and water due to the release of gases such as nitrogen oxides and sulphur oxides
Eutrophication – freshwater	kg PO4-eq	indicator of the enrichment of the fresh water ecosystem with nutritional elements, due to the emission of nitrogen or phosphor containing compounds
Eutrophication – marine	Kg N-eq	Indicator of the enrichment of the marine ecosystem with nutritional elements, due to the emission of nitrogen containing compounds.
Eutrophication – terrestrial	mol N-eq	Indicator of the enrichment of the terrestrial ecosystem with nutritional elements, due to the emission of nitrogen containing compounds.
Photochemical ozone formation	kg NMVOC-eq	Indicator of emissions of gases that affect the creation of photochemical ozone in the lower atmosphere (smog) catalysed by sunlight.
Depletion of abiotic resources – minerals and metals	kg Sb-eq	Indicator of the depletion of natural non-fossil resources.
Depletion of abiotic resources – fossil fuels	MJ, net calorific value	Indicator of the depletion of natural fossil fuel resources.
Human toxicity – cancer, non-cancer	CTUh	Impact on humans of toxic substances emitted to the environment. Divided into non-cancer and cancer related toxic substances.
Eco-toxicity (freshwater)	CTUe	Impact on freshwater organisms of toxic substances emitted to the environment.
Water use	m3 world eq. deprived	Indicator of the relative amount of water used, based on regionalized water scarcity factors.

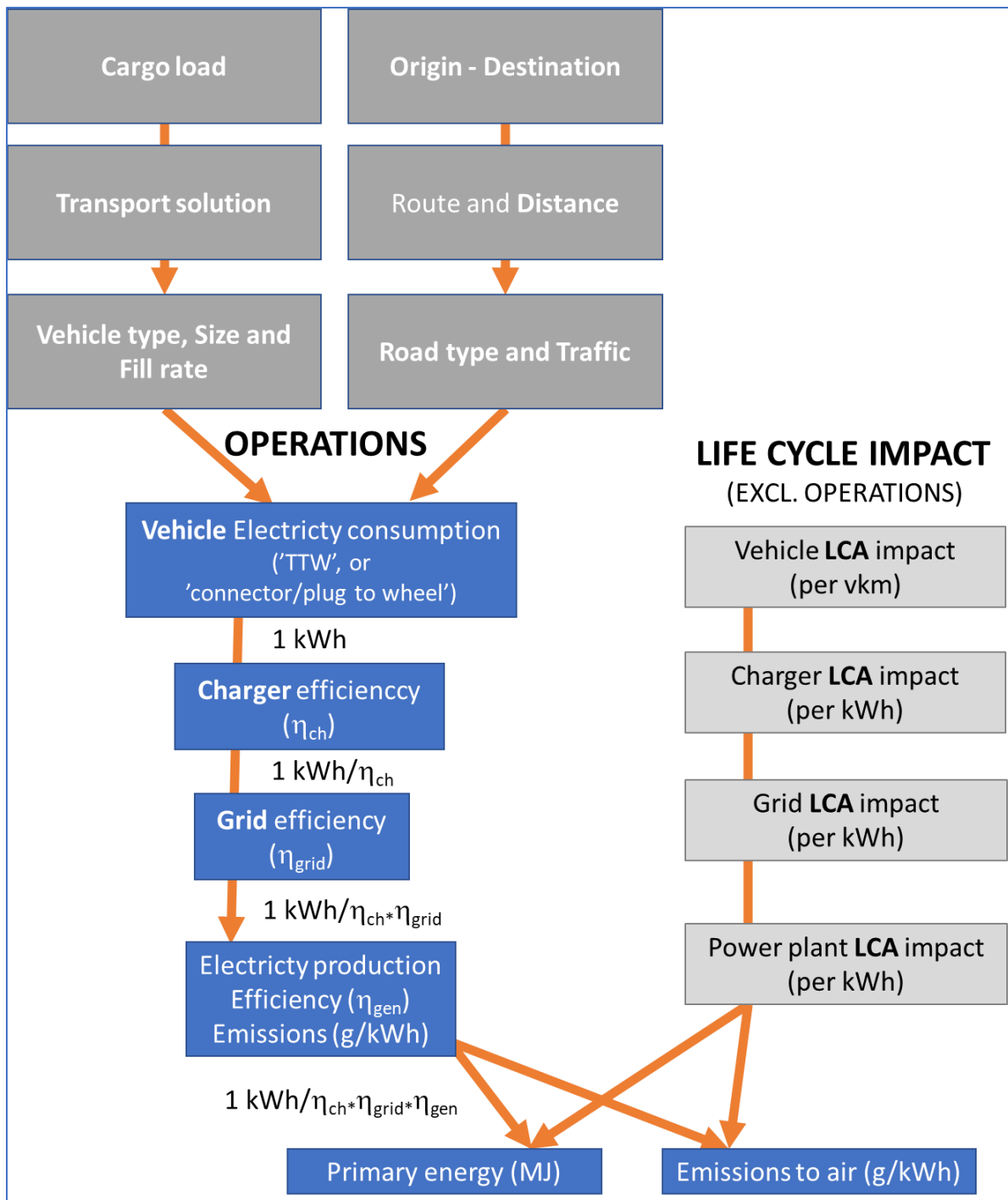
Land use	Dimensionless	Measure of the changes in soil quality (Biotic production, Erosion resistance, Mechanical filtration).
Ionising radiation, human health	kBq U-235	Damage to human health and ecosystems linked to the emissions of radionuclides.
Particulate matter emissions	Disease incidence	Indicator of the potential incidence of disease due to particulate matter emissions.

Inom den akademiska forskningen är valet betydligt friare både avseende hur många såväl som vilka parametrar som skall beräknas och redovisas. I arbetet med beräkning av miljöprestandan för trafikprocesser och godstransporter brukar uppgifter beräknas kopplade till följande påverkansparametrar; användning av energiråvaror, fossila, förnybara och fission (MJ), utsläpp av klimatpåverkande gases ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ), utsläpp av gaser med påverkan på mänsklig hälsa, smog och ozon, försurning och övergödning ( $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ , VOC/HC, Partiklar). Det vanligaste är att värden på dessa parametrar redovisas separat, dvs. utan att viktas samman till påverkans parametrar, dock med undantag för klimatpåverkande gaser. Dessa räknas i många redovisningar om till totala  $\text{CO}_2$  ekvivalenter och redovisas separat. Orsaken till detta återfinns i samhällets stora fokus på just klimatpåverkan som det mest akuta området att vidta åtgärder inom. Inte minst inom industrin har arbetet med att inventera och rapportera verksamhetens bidrag med klimatpåverkande utsläpp blivit omfattande de senaste 10 åren. Som en del i det arbetet beräknas och rapporteras ofta godstransporter varför även transportsektorn under senare tid kommit att fokusera sin miljörapportering på just utsläpp växthusgaser. En ytterligare faktor som kommit att minska fokus på utsläpp av övriga ämnen (såsom  $\text{NO}_x$ , VOC och Partiklar) är genomslaget av den avgasreglering för tunga fordon som succesivt införts sedan 1990-talets början.

Vid arbetet med datainsamling till denna studie blev dagens fokus på klimatgaser tydligt. Bland de källor till LCA data för lastbilstillverkning innehöll endast ett fåtal andra påverkans kategorier utöver växthuseffekten. Av denna anledning kom även detta arbete att begränsas till redovisning av koldioxidekvivalenter.

## 8. Beräkningsgång

I denna sektion presenteras en genomgång av de beräkningssteg som bygger upp en miljöberäkning för en godstransport med en batterielektrisk lastbil. Beräkningen följer de huvuddelar vilka illustreras som rektanglar i Figur 2 nedan.



Figur 2. Miljöberäkningens huvuddelar.

### Definition av fordon, vägtyp, trafiksituation och fyllnadsgrad

I övre delen av Figur 2 illustreras de steg i beräkningen som fastlägger förutsättningarna för transporten. I en ex-post analys är dessa delar till stora delar kända men vi belyser dem översiktligt här för att klargöra sambanden med miljöberäkningarna. Utgångspunkten är information om godset samt dess ursprung och målpunkt. Beroende av godsets egenskaper, både vad gäller fysisk utformning och mängd men även villkor kring dess leveranstid, hantering och säkerhet, fastslås vilken typ av transportlösning som är relevant. Information om start och målpunkt tillsammans med vald transportlösning ger ett begränsat urval av fordonstyper som är aktuella för transporten. Med hjälp av ruttplaneringsverktyg kan även information om möjliga vägval erhållas och för dessa relevant

information om vägtyper och möjliga trafiksituationer på dessa som transporten förväntas möta. Med trafiksituationer avses egenskaper som påverkar fordonets energianvändning, främst genomsnittshastighet och trafikrytmen, dvs antal och storlek på situationer med acceleration och inbromsning. Upplägget för transporten i kombination med val av fordonstyp och storlek ger även vilken genomsnittlig lastmängd som fordonet kommer bära. Sammantaget ger således dessa val följande uppsättningar med underlagsinformation till miljöberäkningen:

Fordonstyp och storlek, högsta lastvikt och genomsnittlig lastvikt

Körsträcka med last och utan last

Fördelning av körsträckan mellan olika väg- och trafiksituationer

Utifrån denna information kan fordonets energianvändning för transporten fastställas, antingen genom nyttjandet av högupplösta modellverktyg (såsom VECTO) eller så kan relevant värde väljas i tabelluppsättningar av den typ som presenteras i HBEFAs verktyg, se nedan. Givetvis kan uppgifter om förbrukad energi även hämtas från de fordon som utför transporten via olika varianter av datainsamlingssystem, fordonets egna eller eftermonterade varianter.

### **Fordonets energianvändning**

Miljökalkylen utgår ifrån den mängd energi som fordonet förbrukar för ett visst trafikarbete. Detta kan beräknas med modeller, mätas vid labbtester eller då fordonet nyttjas i verklig trafik. Energiförbehovet kan anges som det antal kWh el som måste tillföras fordonet via fordonets laddkontakt per körd kilometer. Denna förbrukningssiffra anges som 'kWh (at plug) per vkm'. Här gäller det att se upp så att man i beräkningen får med alla förluster som sker i överföringen av elektricitet mellan ingående komponenter. Motsvarande uppgift kan även anges som mängden el som måste tas ut från det allmänna elnätet för att fordonet ska kunna köra en viss sträcka. Andra uppgifter kan ange hur mycket elektricitet den externa laddaren lämnar ifrån sig. Man kan ofta även se uppgifter i fordonets informationssystem om hur mycket el som finns inlagrat i batteriet eller tillförts under en laddning. För miljöberäkningar spelar det ingen roll vilken uppgift man utgår ifrån när fordonets förbrukning för en viss körsträcka anges. Det viktiga är att man i sin beräkning förstår var i elsystemet som ett angivet elförbrukningsvärde är uppmät eller beräknat så att alla relevanta förluster fångas upp. Beräkningen behöver fastslå hur mycket el som hämtas från elnätet per körd sträcka och därefter få fram hur mycket el som då måste genereras i kraftverken, se kommande sektioner för mer information om dessa steg.

Vid beräkning av fordonets elbehov utifrån från fordonsdynamiska modeller, vilka ger energiförbehovet levererat till hjulen för ett specifikt trafikarbete, måste man ta hänsyn till de energiförluster som sker i fordonets drivsystem bestående av kraftöverföring-motor-batteri. På grund av mekaniska och elektriska förluster i dessa komponenter kommer man behöva tillföra mer energi än vad den mekaniska framdriften kräver. Systemen för kraftöverföring och själva elmotorn kännetecknas av höga verkningsgrader (>90%) medan batterisystem kan uppvisa betydande energiförluster. Dels sker det förluster i batteriet och kraftelektronik i samband med själva laddningen och därutöver kräver batteriet och ev. intern batteriladdare i olika utsträckning kylning och värmning, vilket ombesörjs av ett 'battery management system' – BMS. Beroende på batterityp och dess uppbyggnad kommer förhållanden som laddningsström, batteriets laddstatus, omgivningstemperatur och körprofiler påverka hur stora förluster som erhålls i batterisystemet. Variationer i lastbilars elförbrukning, vid liknande typ av last och trafikupplägg, kan till stor del orsakas av skillnader i funktion hos batterikontrollsystemet. För modellbaserade kalkyler är det av stor vikt att ha god kännedom och förståelse för hela den interna energiverkningsgraden, och beräkningen ska i slutänden redovisa hur mycket el som måste tillföras fordonet från elnätet per körd kilometer enligt aktuell körcykel och laddteknik. Att använda typvärden

för detta steg kommer introducera relativt stora osäkerheter i beräkningarna då storleken på de totala förlusterna mellan elnätet och elmotorn kan variera mycket. Näst efter osäkerheter i fastställandet av totalt mekaniskt energibehov vid hjulen (beroende på faktorer såsom totalvikt, körmönster, luftmotstånd, däcktyp och väglag, väglutning m.fl.) utgör dessa förluster ofta den andra största osäkerheten i beräkningarna.

Om man istället för modellberäkningar söker information från tabellvärden måste man på samma sätt klargöra i vilket gränssnitt angiven elförbrukning är avsedd att representera. Uppgifter kan t.ex. visa hur mycket el som elmotorn beräknas förbruka, minskningen av mängden inlagrad el i batteriet, hur mycket el i form av likström som måste tillföras batteriet eller hur mycket el som måste tillföras fordonet från extern laddare. I det modellunderlag som t.ex. HBEFA presenterar för batterielektriska godsfordon anges elförbrukningen inklusive förluster i laddutrustningen. Det framgår dock inte entydigt i HBEFAs beskrivningar om laddförlusterna sker i en extern eller en intern laddare. HBEFA anger även att faktaunderlaget vad avser energiförluster i laddutrustningen är ofullständigt och man väljer att lägga till en schablonförlust om 14% för att beräkna elfordonets uttag av el från elnätet. De uppgifter som HBEFA presenterar avser således behovet av el från elnätet. I Tabell 2 nedan redovisas exempel på elbehov per fordonskilometer för de fordonstyper som återfinns i HBEFAs underlag.

Tabell 2. HBEFA svärden på elförbrukning för lastbilar, mätt som uttag från elnätet, HBEFA 2022.

Vehicle class	Subsegment	Traffic Situation	Road Gradient	Velocity (km/h)	Electricity use LCU 0% (kWh/km)	Electricity use LCU 40% (kWh/km)	Electricity use LCU 100% (kWh/km)
LCV Electric	LCV BEV N1-II	MW		99		0,29	
LCV Electric	LCV BEV N1-III	MW	average	99		0,41	
LCV Electric	LCV BEV N1-II	RUR_NMW	average	75		0,22	
LCV Electric	LCV BEV N1-III	RUR_NMW	average	75		0,32	
LCV Electric	LCV BEV N1-II	URB_NMW	average	41		0,18	
LCV Electric	LCV BEV N1-III	URB_NMW	average	41		0,26	
HGV electric	TT/AT BEV	MW	average	82	1,44	1,60	1,84
HGV electric	RigidTruck BEV >12t	MW	average	82	0,90	0,95	1,02

HGV electric	TT/AT BEV	RUR_NMW	average	69	1,29	1,48	1,77
HGV electric	RigidTruck BEV >12t	RUR_NMW	average	70	0,80	0,87	0,95
HGV electric	TT/AT BEV	URB_NMW	average	35,7	1,07	1,37	1,87
HGV electric	RigidTruck BEV >12t	URB_NMW	average	36,0	0,68	0,78	0,92

LCV - Light Commercial Vehicle, HGV - Heavy Goods Vehicle, BEV - Battery Electric Vehicle, TT/AT - Truck with trailer / Articulated truck, MV - Motor Way, NMW - Non MW, RUR - Rural, URB - Urban

Mätvärden för ellastbilars elförbrukning i verklig trafik är ännu inte tillgänglig i någon större omfattning. Inom ramen för detta projekt genomfördes en mindre mätkampanj med syfte att fånga data från verklig trafik. Resultatet från de mätningar som genomfördes redovisas i bilaga 2.

De mätningar som genomfördes begränsades till tre fordonstorlekar, stor och mellanstor lastbil för lokal och regional varudistribution samt skåpbil <3,5 ton för varudistribution. Samtliga mätvärden avser trafik i stadsmiljö där fordonen transporterade lätt last, utlastningsgraden var ca 20-80% av fordonens lastkapacitet, men då trafiken avsåg distribution kom den genomsnittliga lasten under körsträcket att ligga betydligt lägre. Följande medelvärden noterades, se Tabell 3 nedan.

Tabell 3. Uppmätta värden för ellastbilar i distributionstrafik, Stockholm och Göteborg September 2022, utetemperatur 13 °C.

Vehicle type		Rigid truck	Rigid truck	Van	Van
OEM/model		Volvo FE	Volvo FL	MB Sprinter	VW Crafter
Weight, max	(tonne)	27	16	3,5	3,5
Load capacity	(tonne)	13,6	5,6	0,8	0,9
Average load		20%	30%	50%	50%
<b>Electricity consumption, in vehicle</b>	<b>(kWh/km)</b>	<b>1,3</b>	<b>1,0</b>	<b>0,38</b>	<b>0,23</b>
Climate system in the cargo hold		Y	N	N	N
Cargo type		Food	general cargo	general cargo	general cargo

Detaljer kring mätningarna presenteras i bilaga 2. En rad fakta om de aktuella turerna noterades och för ökad förståelse av presenterade värden beräknades medelvärden för en rad indikatorer fram, se exempel i Tabell 4 nedan.



Tabell 4. Exempel på indikatorer kopplade till uppmätta förbrukningsvärden.

		Van -MB Sprinter	Van - VW Crafter
		medelvärde	medelvärde
Timmar stillastående före tur	(h)	16	16
Körd sträcka	(km)	40	58
Laddad el efter turen	(kWh)	14,9	13,8
<b>Elförbrukning per fkm</b>	<b>(kWh/km)</b>	<b>0,38</b>	<b>0,23</b>
Mängd gods utlevererat	(ton)	0,7	0,6
Load Capacity Utilisation (LCU)	(%)	90%	65%
Mängd gods upphämtat	(ton)	0,0	0,1
Load Capacity Utilisation (LCU)	(%)	0%	8%
Totalt hanterad last (på+av)	(ton)	0,7	0,7
Antal stopp per tur		63	62
Körsträcka - motorled ut	(km)	8,0	8,0
Körsträcka - motorled åter	(km)	8,0	8,0
Körsträcka - stadstrafik	(km)	24	42
Tid hela turen	(hh:mm)	07:49	07:46
Snitt tid mellan stopp	(min)	7,9	7,7
Snittsträcka mellan stopp i stadstrafik	(km)	0,4	0,7
antal giltiga datapunkter		8	10
Temperatur, ute	(C)	13	13

Uppmätta data avviker från HBEFA, man måste ta höjd för att lokala variationer kan spela en stor roll. Värden som mätt vid fordonets laddkontakt, vilket med intern laddare motsvarar uttag från elnätet.

## **Laddaren**

### **Verkningsgrad**

När fordonets energibehov är fastställt, och det anges som el in till fordonet i anslutningskontakten för laddsladden, är nästa steg att beräkna hur mycket el den externa laddutrustingen hämtar från elnätet. De energiförluster som uppstår i laddaren varierar beroende på flera faktorer, varav de viktigaste utgörs av

Försörjer laddaren fordonet med växelström eller likström

Vilken teknik används i laddarens kraftelektroniska komponenter

Vilken effekt levererar laddaren

Vid vilken omgivningstemperatur sker laddningen.

Den första faktorn beror på om omvandlaren från växelström till likström sitter i den externa laddaren (likström överförs till fordonet) eller om omvandlaren sitter i fordonet. Om den externa laddaren

innehåller AC till DC omvandlaren så måste en förlustfaktor läggas till. I det andra fallet sker endast mindre förluster i den externa laddenheten, i regel enstaka procentenheter.

När det gäller verkningsgrader för extern laddutrustning finns det en omfattande datasammanställning att ta del av inom ramen för det amerikanska systemet för energimärkning, Energy Star<sup>1</sup>. Laddboxar avsedda för att mata växelström till DC omvandlare i fordonet listas med förluster kring enstaka procent. Laddutrustning som levererar DC ström (30 – 200 kW) listas med förlustvärden mellan 6% – 10%. I HBEFA anges laddarens förluster till 14%.

#### Sammanfattning:

Detta steg inkluderar alla energiförluster inuti fordonet. Kallas 'Tank-to-Wheel' (TTW) eller 'plug/connector to wheel'.

El - mängd tillförd, per körd kilometer, i) som levererad från laddaren till fordonet eller ii) som mängden tillförd el (från nätet/försörjningen) till laddaren.

Alternativ i) mätt vid anslutningen till fordonet. Inkluderar alla förluster som sker i fordonet, d.v.s. i den interna laddningskontrollen, batterihanteringen och drivlinan/drivsystemet.

Alternativ ii) mätt vid ingången till laddaren, inkluderar även förluster i den externa laddaren (t.ex. som används av HBEFA)

#### Rekommendation:

Vid beräkning är det viktigt att den elförbrukningsuppgift som används är specificerad med avseende på var i systemet den redovisar elflödet. Om förluster i extern laddutrustning inte ingår måste man klargöra om fordonet förses med växelström eller likström. Vid växelström kan externa förluster försummas medan laddare som levererar likström har förluster i storleksordningen 5% – 15%. Vi rekommenderar att värden eftersöks för den laddare som används i det specifika fallet, och om data saknas använda det högre värdet för att inte riskera att underrapportera.

### **Kraftnät**

Förluster i överföring av el via kraftnätet kan vara betydande och kan ej försummas vid beräkningar av miljöprestanda för eldriven trafik. Distributionsförlusterna varierar stort och kan uppgå till 7 % till 15 % av den el som levereras från kraftverken. Mängden förluster beror huvudsakligen på storleken överföringssträckor, spänning för överföring och distribution samt teknisk kvalitet på nätverket. Storleken på förlusterna avgörs vid vilken spänningsnivå uttaget av el sker. Snabbladdare med högre effekt kan anslutas till mellanspänningsnivå (>2,4kV) varvid överföringsförlusterna blir lägre än anslutning till lågspänningsnätet (<0,4 kV). Samtidigt kommer förlusterna i laddsystemet att vara högre för snabbladdaren då den sista spänningstransformering kommer ingå i laddstationen. Värden för förluster vid överföring kan erhållas från nationell och internationell statistik, se

---

<sup>1</sup> <https://www.energystar.gov/productfinder/product/certified-evse/results>

Tabell 5. Urval av uppgifter för förluster vid överföring av el från kraftverk till användare. Från Notter et al. 2019.

	Average losses Eurostat 2013 and International En- ergy Agency 2015	losses to medium voltage	losses to low voltage
EU 28	6.7%	4.2%	8.7%
DE	4.1%	2.6%	5.4%
CH	6.6%	4.1%	8.6%
AT	5.1%	3.2%	6.7%
FR	6.8%	4.2%	8.9%
SE	6.7%	4.1%	8.7%

## Elproduktion

### Metodik

Summan av de förluster av el som sker vid överföring av el från kraftverk till laddningsenhet och förbrukningen i laddenheten ger den totala mängden el som måste levereras från kraftverket till elnätet.

Tekniken som används för själva elproduktionen använder energi (bränsle) och genererar LCA-påverkansdata, såsom användning av resurser, generering av avfall och utsläpp till luft. Detta benämns inom LCA som elproduktionens 'kärnprocess' (CORE), t.ex. driften av ett termiskt kolkraftverk, ett vindkraftverk eller ett kärnkraftverk. Tillförsel av resurser till kraftverket och hantering av rester/avfall sker inte i direkt samband med genereringen men utgör processer vilka även de tillför LCA-påverkansdata. Dessa delar av elproduktionens livscykel benämns som upp- och nedströmsprocesser (UP-stream och DOWN stream). Summan av LCA-påverkansdata från CORE, UP & DOWN stream ger den totala påverkan för driften av det elektriska fordonet som beskrivits tidigare. Till detta kan LCA data adderas för att bygga och driva den infrastruktur som krävs i de olika processerna. Man kan också inkludera LCA-data för bygge och driften av distributionsnätverket, se nedan.

### Elproduktionens sammansättning, bakgrund

Den återstående frågan är vilken elproduktion som ska knytas till ett specifikt uttag av elenergi från det gemensamma elnätet. Då elektrisk energi inte överförs genom förflyttning av fysisk materia<sup>2</sup> är det omöjligt att spåra en entydig fysisk koppling mellan elanvändare och elproducenter. I jämförelse med t.ex. ett gemensamt distributionssystem för metangas eller dieselbränsle kan man inte göra någon analys av elenergin som levereras via elnätet med syfte att se vilket ursprung elen har. För att det gemensamma elsystemet ska fungera finns det dock ett omfattande kontroll och avräkningssystem där balans mellan elkunders uttag av el i varje stund balanseras av leverantörens inmatning. Således finns det för varje elkund en administrativ/legal/kontraktuell koppling till den elproduktion (egen eller inköpt) som aktuell leverantör engagerar för att balansera kundens uttag av el från nätet. I flera länder med avreglerad elmarknad har denna konstruktion möjliggjort för elleverantörer att i separata frivilliga avtal med kunden förbinda sig att balansera kundens elanvändning (under avtalad period) med el producerad med ett eller flera specificerad(e) kraftslag. I Sverige har sådana produktionsspecificerade kontrakt erbjudits sedan 1996. I och med introduktionen av ursprungsgarantier skapades bättre förutsättningar för en spårbar marknad med produktionsspecificerad el. Ytterligare lagstiftning har under senare tid tillkommit

<sup>2</sup> Energin överförs i växelströmsnät i form av en elektromagnetisk våg. I debatten förekommer det felaktiga påståendet att det sker en fysisk överföring av elektroner genom elledningarna.

vilken tvingar elleverantören att i samband med fakturering även informera kunden om hur den levererade elen producerats och vilka utsläpp av växthusgaser som sker per levererad kWh.

### Elproduktionens sammansättning

Vid fastställande av vilken elproduktion som skall knytas till en användning av el från elnätet rekommenderas den metodik som används inom Greenhouse gas protocol, se GHG (2015). Förutsättningarna för denna metod är att syftet med beräkningen är att redovisa miljöbelastningen kopplat till el som redan har förbrukats, s.k. ex-post eller bokföringsanalys. I korthet föreslås följande prioriteringsordning, se Figur 3 nedan:

Miljödata för elanvändning från gemensamt elnät där produktionsspecificerade elleveranser är möjliga bör alltid beräknas utifrån information relaterad till kundens aktuella avtal med elleverantören. Om leveranskontraktet specificerar produktionssätt eller garanterar viss emissionsnivå för elproduktionen så bör värden för denna produktion användas.

Om leveranskontraktet ej specificerar produktionssätt eller garanterar viss emissionsnivå för elproduktionen så bör leverantörens genomsnittliga utsläpp från all levererad el (supplier mix, leverantörmix) användas, dvs sammansättningen på leverantörens egen elproduktion plus ev. inköpt el. Om leverantörens mixens miljöprestanda ej kan fastslås bör man nyttja presenterade värden för elhandelsområdets residualmix, dvs miljöprestandan för den elmix som återstår när produktionsspecificerade elleveranser tagits bort från området totala produktionsmix.

För områden där residualmix ej redovisas bör elhandelsområdets produktionsmix användas.

Denna metodhierarki medför flera fördelar vid beräkning av en eldriven transports miljödata. I de fall som alternativ ett kan användas reduceras framför allt behovet av datainsamling samtidigt som precisionen ökar. Vidare lämnas ansvaret och arbetet för emissionsberäkningen över till den part som har bäst förutsättningar att inhämta verkliga driftsvärden, vilket även gäller för alternativ två. Inom EU bör dessa alternativ alltid vara möjliga att använda då elleverantörer enligt EU-direktiv<sup>3</sup> måste kunna tillhandahålla denna information. Om alternativ tre används kan på samma sätt en extern leverantör av uppgifter anlitas vilket minskar arbetsbördan och risken att fel uppstår. Om alternativ fyra nyttjas ökar komplexiteten då flera olika metoder och möjliga datakällor är möjliga. Man bör i detta fall försöka finna data som är beräknat på produktionen under den tid som transporten genomfördes och hänsyn bör ha tagits till utbyte med kringliggande elhandelsområden. Komplexiteten och databehovet är betydligt större för detta alternativ varför precisionen snabbt minskar.

---

<sup>3</sup> Se Internal Energy Market Directive (2009/72/EC, Art. 3(9))

**Table 6.3 Market-based scope 2 data hierarchy examples**

Data forms listed here should convey combustion-only (direct) GHG emission rates, expressed in metric tons per MWh or kWh. Reporting entities should ensure that market-based method data sources meet Scope 2 Quality Criteria. Instruments listed here are not guaranteed to meet Scope 2 Quality Criteria, but are indicative of instrument type.

Emission factors	Indicative examples	Precision
<b>Energy attribute certificates</b> or equivalent instruments (unbundled, bundled with electricity, conveyed in a contract for electricity, or delivered by a utility)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Renewable Energy Certificates (U.S., Canada, Australia and others)</li> <li>Generator Declarations (U.K.) for fuel mix disclosure</li> <li>Guarantees of Origin (EU)</li> <li>Electricity contracts (e.g. PPAs) that also convey RECs or GOs</li> <li>Any other certificate instruments meeting the Scope 2 Quality Criteria</li> </ul>	<p>Higher</p> <p>Lower</p>
<b>Contracts</b> for electricity, such as power purchase agreements (PPAs) <sup>a</sup> and contracts from specified sources, where electricity attribute certificates do not exist or are not required for a usage claim	<ul style="list-style-type: none"> <li>In the U.S., contracts for electricity from specified nonrenewable sources like coal in regions other than NEPOOL and PJM</li> <li>Contracts that convey attributes to the entity consuming the power where certificates do not exist</li> <li>Contracts for power that are silent on attributes, but where attributes are not otherwise tracked or claimed</li> </ul>	
<b>Supplier/Utility emission rates</b> , such as standard product offer or a different product (e.g. a renewable energy product or tariff), and that are disclosed (preferably publicly) according to best available information	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emission rate allocated and disclosed to retail electricity users, representing the entire delivered energy product (not only the supplier's owned assets)</li> <li>Green energy tariffs</li> <li>Voluntary renewable electricity program or product</li> </ul>	
<b>Residual mix</b> (subnational or national) that uses energy production data and factors out voluntary purchases	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calculated by EU country under RE-DISS project <sup>b, c</sup></li> </ul>	
<b>Other grid-average emission factors</b> (subnational or national) – see location-based data	<ul style="list-style-type: none"> <li>eGRID total output emission rates (U.S.)<sup>d</sup> In many regions this approximates a consumption-boundary, as eGRID regions are drawn to minimize imports/exports</li> <li>Defra annual grid average emission factor (UK)</li> <li>IEA national electricity emission factors<sup>e</sup></li> </ul>	

**Notes:**

a Because PPAs are the primary example of this type of instrument used in the markets consulted in this TWG process, this class of instrument may be referred to in shorthand as "PPAs" with the recognition that other types of contracts that fulfill a similar function may go by different names.

b See: [http://www.reliable-disclosure.org/static/media/docs/RE-DISS\\_2012\\_Residual\\_Mix\\_Results\\_v1\\_0.pdf](http://www.reliable-disclosure.org/static/media/docs/RE-DISS_2012_Residual_Mix_Results_v1_0.pdf).

c The Norwegian authority also publishes a residual mix emission factor that can be found here: <http://www.nve.no/en/Electricity-market/Electricity-disclosure-2011/>.

d See: <http://www.epa.gov/cleanenergy/energy-resources/egrid/index.html>.

e See: <http://www.epa.gov/cleanenergy/energy-resources/egrid/index.html>.

Figur 3. Metodhierarki såsom föreslagen av the Greenhouse gas protocol. Från (GHG 2015)

### Datakällor

Alternativ 3:

Utöver de datakällor som redovisas i Sotos (2015) kan aktuella residualmixar och därtill kopplade GHG emissioner för flera EU länder hämtas från följande hemsida: <https://www.aib-net.org/facts/european-residual-mix>. Data för olika regioner i US presenteras på : <https://www.green-e.org/residual-mix>. Värden för nordisk residualmix redovisas av energimarknadsinspektionen, se <https://www.ei.se/bransch/ursprungsmarkning-av-el/residualmix>.

#### Alternativ 4:

För elproduktionens sammansättning i Europa kan aktuella och historiska värden för Europa hämtas från IEA (t.ex. från <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/greenhouse-gas-emissions-from-energy-data-explorer>) eller Eurostat (t.ex. från <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser>). För elanvändning i USA presenteras uppgifter om regional elproduktion sammansättning och dess emissioner på <https://www.epa.gov/egrid>.

#### Elproduktionens LCA

Vad gäller tillgång till LCA data för elproduktion är tillgången begränsad till i) LCA databaser och LCA verktyg (såsom GABI, Ecoinvent mfl.) ii) elproducenters egna uppgifter (t.ex. via EPD:er, se [www.environdec.com](http://www.environdec.com)) eller iii) rapporter från akademi eller offentliga studier. Ett generellt problem med LCA data för elproduktion är representativiteten för data. Elmarknaden förändras kontinuerligt genom tillgång till ny produktionsteknik, förändringar vad gäller bränslets ursprung och sammansättning, emissionslagstiftning och krav på reningsteknik samt förändringar i kraftverkens driftstid. Således riskerar LCA data från databaser att över tid förlora i validitet och det är av stor vikt att man känner till hur väl de data man använder återspeglar verkliga förhållanden.

Vid beräkning av miljöprestanda för elproduktion bör i första hand LCA data för elproduktionen efterfrågas från aktuell elleverantör. Till exempel Vattenfall har god tillgänglighet till LCA data för sina produktionsanläggningar, se t.ex. vattenfalls hemsida<sup>4</sup> och tillgängliga EPDer på [www.environdec.org](http://www.environdec.org). I de fall LCA data måste eftersökas får man ifrån fall till fall bedöma om tillgänglig data är representativ och av tillräckligt god kvalitet för att kunna användas. De värden som presenteras i LCA databaser och LCA verktyg rekommenderas som defaultvärden då dessa normalt håller god kvalitet och är väl dokumenterade.

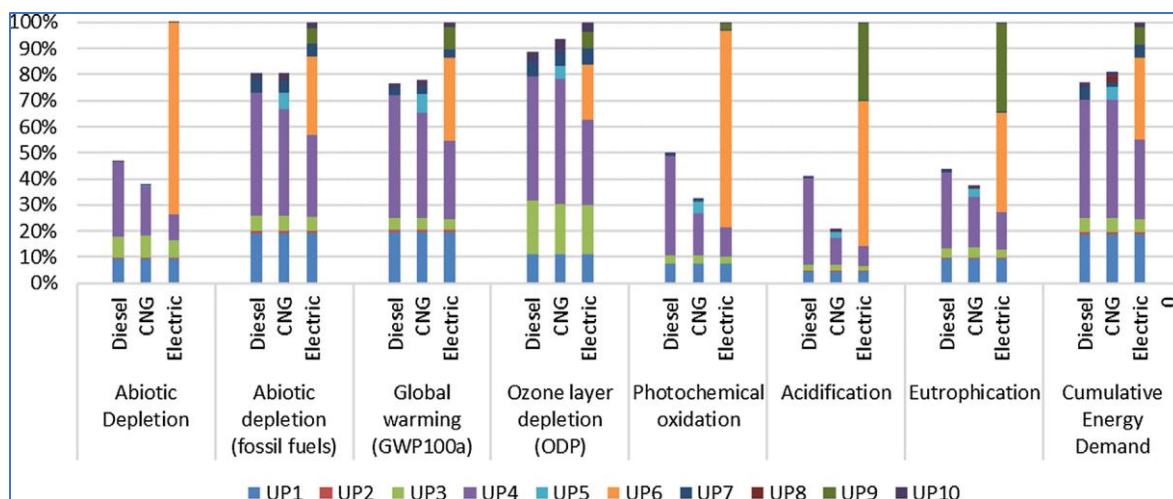
#### LCA värden för transportsystemets komponenter

##### Lastbil

I bilaga 1 redovisas en litteraturstudie avseende LCA data från produktion av batterielektriska lastbilar av olika storlekar. Studien kom fram till att faktaunderlaget är bristfälligt avseende siffervärden för flera av de relevanta påverkanskategorierna. Att batterilastbilars miljöpåverkan är högre än produktionen av diesellastbilar är känt och flera studier redovisade skillnader i storleksordningen +30% för GHG och energibehov, betydligt större för t.ex. resursanvändning, försurning och övergödning, se exempel redovisat i Figur 4 nedan.

---

<sup>4</sup> <https://group.vattenfall.com/se/siteassets/sverige/om-oss/hallbarhet/rapporter/vattenfall-lca-brochure.pdf>



Figur 4. Jämförelse av effekterna av fordonproduktion (UP1-UP10) - Processbidrag. Hämtad från Marmioli (2020) (UP1-tillverkning av komponenter för svetsfasen, UP2-tillverkning av komponenter för lackeringsfasen, UP3-tillverkning av komponenter för trimningsfasen, UP4-tillverkning av komponenter för påbyggnadsfasen (t.ex. chassier, drivlina och efterbehandlingssystem), UP5- produktion av CNG-komponenter, UP6- produktion av elektrifieringskomponenter (t.ex. batteri, BMS, motor etc.), UP7- Fordonsmontering, UP8- montering av CNG-komponenter, UP9 - montering av elektrifieringskomponenter, UP10- transport till kund. Se Marmioli (2020) för detaljer.

Utifrån de studier som publicerat allmänt tillgängliga uppgifter, se bilaga 1 för litteraturlista, sammanställdes värden för fordonproduktionens bidrag till påverkanskategorin växthusgaser enligt Tabell 6 nedan.

Tabell 6. Till NTM föreslagna LCA GWP-data (CO<sub>2</sub>eq) för produktion av batteridrivna lastbilar.

	CO <sub>2</sub> eq	Truck + Trailer, Long Haul	Rigid Truck, Distribution, regional and local	Rigid truck, Local distribution	Van, Local distribution
Number of data sources included in the estimate		2	4	1	1
Vehicle production	tonnes/ vehicle	114	52	34	15
of which battery manufacturing	tonnes/ vehicle	80	28	12	4
Maintenance, life time	tonnes/ vehicle	18	16	0,7	3
End of Life, material recovery	tonnes/ vehicle	-20	-8	0	-3

Total supply emissions (running)	Vehicle LCA (excl. running)	tonnes/vehicle	103	51	35	16
<b>Total supply emissions (running) (rounded)</b>	<b>Vehicle LCA (excl. running) (rounded)</b>	<b>g/vkm</b>	<b>115</b>	<b>130</b>	<b>145</b>	<b>65</b>
Total supply emissions (running) (rounded)	Vehicle LCA (excl. running) (rounded)	g/tkm	10	50	130	180

De värden som här redovisas utgörs av ett sammanviktat värde för LCA studier av fordon av liknande storlek, prestanda och sammansättning. Då utvecklingen av batterielektriska lastbilar är i en tidig fas med pågående snabb teknik och produktionsutveckling bör uppgifterna betraktas som indikativa och kortlivade. Uppgifterna kan troligtvis inte användas för miljöberäkningar av lastbilar tillverkade efter 2025. De emissionsuppgifter som redovisas i Tabell 6 innehåller bidrag från tillverkning och leverans av fordonet, inklusive följande delar: 1) råvaruutvinning och materialproduktion, 2) komponenttillverkning 3) fordonsmontering 4) fordonsservice, förbrukningsvaror (vätskor, däck etc.), underhåll och reparation 5) skrotning (återanvändning/cykling och avfallsdeponering) och 6) relevanta transportaktiviteter inom och mellan alla moment i produktionen.

### Laddutrustning

På samma sätt som för fordonstillverkningen har en litteratursökning genomförts för att fastställa bidragen från tillverkning av laddningsutrustning, se bilaga 3. Öppet tillgängliga resultat från LCA studier för laddutrustning är begränsat (2022) och de värden som bedömts som mest relevanta presenteras i nedan.

Tabell 7. LCA inventering för konstruktion och installation av extern laddutrustning

Material (kg)	7-22 kW	50 kW
Copper	-	152
Iron	-	228
Concrete	1200	2400
Stainless steel	2.14	90
ABS, glass fibre, PVC	52,5	380
<b>Impact (kg)</b>		
CO <sub>2</sub> eqv./charger	250	2500
CO <sub>2</sub> eqv./charger (exl, concrete)	104	1500



En jämförelse av tillgängliga LCA studier ger den övergripande slutsatsen att laddare för intervallet upp till 22 kW har ett koldioxidavtryck på cirka 100 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter, medan snabbbladdare på 50 till 350 kW har ett avtryck om 1500 – 2000 kg CO<sub>2</sub>-ekv. beroende på uppsättningen av kraftenheter etc. Det huvudsakliga bidraget är relaterat till produktionen av konstruktionsmaterialet. Koldioxidavtrycket är alltså inte helt relaterat till kapaciteten hos laddaren, snarare till mängden och typen av material där t.ex. tilläggsutrustning för kylning, kablar etc. i snabbbladdarna gör dessa något mer CO<sub>2</sub>-intensiva.

Bidraget från laddarens tillverkning behöver delas upp på den totala mängden el som levereras under dess livstid. Här introduceras således en stor osäkerhetsfaktor i beräkningarna då nyttjandegraden av en laddare kan variera mycket kraftigt. Med syfte att få fram ett värde till NTMs databas gjordes förljande antaganden. För ett åkeri som investerar i batteridrivna lastbilar kommer den stora investeringskostnaden att kräva högt dygnsutnyttjande av fordonen. Detta i sin tur motiverar nyttjande av snabbbladdningsutrustning. Ett enkelt räkneexempel där en 350 kW laddare, med 20 års livslängd, skulle försörja en flotta på 4 fordon, var och en med en daglig körsträcka på 500 km och en genomsnittlig elförbrukning på 2 kWh per vkm, skulle ge ett bidrag på **cirka 1,4 g. CO<sub>2</sub>e/vkm** från tillverkningen av av laddaren. Som ett första estimat föreslår detta värde läggas till emissionskalkylen för att inkludera LCA värden för GWP. I de studier som granskades fanns ingen redogörelse för bidragen till övriga påverkanskategorier.

## 9. Nyttiggörande och nästa steg

Målsättningen med detta projekt har varit att ta fram kunskap och data nödvändig för miljöberäkning av godstransporter med batterielektriska lastbilar. Genom att Network for transportmeasures, NTM, har deltagit som aktiv part i projektet har det säkerställts att kunskapen och informationen kommer inarbetas i NTMs verktyg. Dessa verktyg tillgängliggörs via organisationens hemsida, dels i en öppen del med mer begränsad omfattning och dels som en del för medlemmar där allt detaljerat underlag tillgängliggörs, antingen i form av tabeller, rapporter eller som underlagsdata till beräkningsverktyget NTMCalc. Föreliggande material är (januari 2023) under beredning för införlivande i NTMCalc med målsättningen att göra batterielektriska lastbilar tillgängliga som val i listan över fordonstyper. Då NTM deltar som svensk representant i utvecklingen av den internationella standarden för miljöberäkningar av godstransporter, ISO 14083, kommer det underlag som här presentera även kunna nyttjas i detta arbete. En speciell presentation av materialet och föreslagna metoder planeras till NTMs kommande medlemmöten under våren och hösten 2023.

Målgruppen för det presenterade materialet är främst personer med arbetsuppgiften att beräkna godstransporters miljöpåverkan. I och med att många svenska företag, kommuner och organisationer satt upp målsättningar för sina klimatutsläpp pågår det ett omfattande arbete med att beräkna godstransporternas bidrag. Då ansvaret för detta arbete ofta ligger på organisationens logistikavdelning finns det ett stort behov av att tillgängliggöra denna typ av sammanfattningar av beräkningsmetoder och underlagsdata. Utöver utmaningen att beskriva utsläppen från dagens logistiksystem är tillgång till kunskap om alternativens miljöprestanda lika viktig för att kunna välja bland de åtgärdsalternativ som står till buds. Vi ser även ett stort behov av stöd till de åkerier som nyligen gjort investeringar i sina första elfordon. Att på ett mot kunderna trovärdigt sätt beräkna och redovisa miljödata för de eldrivna transporterna är av stor vikt då dessa ofta återförljs med en högre prisbild. Att då kunna garantera leverans av en kvantifierad miljönytta är viktigt för åkeriets affärsverksamhet.

Det är författarnas övertygelse att tillgången till detaljerad kunskap om godstransporters miljöprestanda är av avgörande betydelse för att transportbranschen skall kunna utveckla och erbjuda trovärdiga transporttjänster med låg klimatpåverkan. Att användning av batterielektriska lastbilar är en viktig komponent i denna utveckling är redan etablerad kunskap, men när det exakta utsläppsvärdena skall fastslås är de metoder och de uppgifter som NTM presenterar en förutsättning för en fungerande relation mellan transportköpare och transportleverantörer. NTM kommer av denna anledning att vara fortsatt aktiva inom området för att vid varje tillfälle erbjuda dess medlemmar och samhället i stort den kunskap som efterfrågas inom området miljökalkyler för godstransporter.

## 10. Diskussion

Den här presenterade kunskapssammanställningen utgör en första ansats till att tillhandahålla det stöd som flera aktörer eftersöker. Vi ser ett fortsatt behov av att vidareutveckla materialet i takt med att fler LCA studier för lastbilsproduktion blir tillgängliga, främst genom att bredda dataunderlaget till fler påverkanskategorier. Vi vill även säkerställa att tillgången till relevanta uppgifter om de elektriska lastbilarnas verkliga elanvändning i daglig godstrafik upprätthålls och ser att det är önskvärt att fler initiativ med datauppföljning sker. I framtida studier kan med fördel den typen av manuella protokoll som här nyttjades kombineras med mätdata från fordonens FMS system, laddare och elmätar kombineras med t e.

När den totala miljöprestandan för batterielektriska lastbilar sammanställs blir det tydligt hur viktigt det är för fordonsoperatören att säkerställa att den elproduktion som levererar elen till fordonet har en god miljöprestanda. Skillnaden mellan en leverans av vindkrafts el, med ca 13 gCO<sub>2</sub>e/kWh, och den nordiska residualmixen, 372 gCO<sub>2</sub>e/kWh<sup>5</sup>, spelar stor roll för godstransportens miljöpåverkan. Att kunskapen om detta blir tydlig för fordonsägarna kommer troligen efterfrågan på produktionsspecificerade leveranser att öka, vilket möjliggör produktion av transporter med mycket låga utsläpp av växthusgaser.

---

<sup>5</sup> Avser år 2021, se <https://www.ei.se/bransch/ursprungsmarkning-av-el/residualmix>

## 11.Referenslista

## 12. Litteraturreferenser

Zhaoa et al. (2021) Enoch Zhaoa Ethan May Paul D.Walker Nic C.Surawski, Emissions life cycle assessment of charging infrastructures for electric buses, Sustainable Energy Technologies and Assessments, Volume 48, December 2021.

Notter et al. 2019 HBEFA 4.1, Development Report, Bern, Heidelberg, 21 August 2019

IEA 2015: World Energy Statistics (Edition 2015) International Energy Agency Data Services. [<http://wds.iea.org/WDS>].

Sotos (2015) Sotos M. GHG Protocol Scope 2 Guidance, World Resources Institute 2015, ISBN: 978-1-56973-850-4.

Marmioli (2020) Marmioli, B., et al. (2020). "The transport of goods in the urban environment: A comparative life cycle assessment of electric, compressed natural gas and diesel light-duty vehicles." Applied Energy 260: 114236.

## Bilagor

### ***BILAGA 1 - Suggested LCA data for battery electric heavy goods vehicles in the NTM database***

No. U



January 2023

# Suggested LCA data for battery electric heavy goods vehicles in the NTM database

Delivery 1a.

Result from TripelF project MEG

Commissioned by Trafikverket, via TripleF

Sebastian Bäckström IVL



**Author:** Sebastian Bäckström IVL  
**Commissioned by:** Trafikverket, via Triple F  
**Photographer:** Click and add text  
**Report number:** U

**© IVL Swedish Environmental Research Institute 2023**

IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd.,  
P.O Box 210 60, S-100 31 Stockholm, Sweden  
Phone +46-(0)10-788 65 00 // [www.ivl.se](http://www.ivl.se)

This report has been reviewed and approved in accordance with IVL's audited and approved management system.

# Table of contents

<b>Introduction</b>	<b>31</b>
<b>Method and scope</b>	<b>31</b>
<b>Data sourcing</b>	<b>31</b>
<b>Scope</b>	<b>32</b>
Vehicle types	32
Performance indicators	32
Parts of LCA covered	35
Time frame	37
<b>BEV literature LCA data</b>	<b>37</b>
<b>Suggested LCA data for NTM</b>	<b>39</b>
Lack of data	43
<b>Discussion</b>	<b>44</b>
<b>Litterature references</b>	<b>44</b>
<b>Appendix 1 – LCA impact categories</b>	<b>47</b>
<b>Appendix 2 – summary of key references</b>	<b>48</b>



Report U – Suggested LCA data for battery electric heavy goods vehicles in NTM database – result from tripel-F project MEG



# Introduction

Network for transport measures, NTM, has since 1993 supported Swedish industry with methods and tools needed in order to calculate environmental performance data for freight transport activities. The presented material also includes a set of default values for all parameters, this so that analysts with little detailed knowledge about the actual transport will be able to conduct a approximation calculation.

The freight industry is constantly undergoing developments and changes which influence the environmental performance of the produced transport services. Lager container vessels, cleaner and more efficient diesel engines, increased use of alternative and bio-fuels and the electrification of the road transport sector are all examples of recent and ongoing changes with substantial impact on environmental performance. The set of default data presented by NTM must therefore regularly be updated and expanded into new areas in order to keep up the pace set by progressive actors within the transport operators.

One such major change underway is the introduction of battery electrical trucks (BET). Most major OEMs have in recent years started serial production of small and medium-sized BE-trucks mainly intended for city use (e.g. distribution, waste collection). In 2022 were also heavy trucks intended for long-haul applications introduced in regular traffic. It has therefore become necessary for NTM to complement the existing data base with default data for battery electric vehicles.

It is well known that the environmental impact from the operation of an electrical truck, measured as emissions of air pollutants, is zero from the vehicle itself. The production of the electricity used for charging the vehicle, and the production of the vehicle itself, i.e. the life cycle emissions, are however in some cases high and should therefore not be left out of the analysis. The emissions for producing the vehicle are often overlooked when it comes to internal combustion vehicles, this since the contribution from the tail pipe emissions is dominating the total LCA-emission compilation. For BET, this is not always the case, mainly due to the significant contribution from the production of the large and complex battery systems in combination with extremely low impact data from wind- and hydropower electricity generation.

It has been the purpose of this study to suggest a set of data points representing the environmental performance of the supply of a battery electric truck, to be used in calculations of transport sustainability indicators.

## Method and scope

### Data sourcing

The environmental life cycle data for the production of battery electric trucks were sourced from scientifically published or publicly available material. Most of the references were retrieved during a literature study made on publications in scientific journals and open sources on the internet. The





literature reference lists in selected publications were also used as sources for relevant publications. The findings from this work are presented in the section ‘BEV literature LCA data’, below.

## Scope

### Vehicle types

NTM publicly present<sup>6</sup> default data for six different truck sizes relevant for European conditions, see Figure 1. The ambition to find LCA data for the production of battery electric versions of all these sizes was not realized due to a lack of published reports in the area. At present, LCA data is in part available for the following categories of BETs: 1) Truck with trailer 34-40 t. 2) Rigid Truck 20-26 t. 3) Rigid truck <7.5 t. and 4) Van <3,5 t. The remaining two truck types will be populated with BET LCA data as these become available in publicly available publications.

<b>Vehicles SE reduction quota 2021</b>	<b>LoadFactor<sub>weight</sub></b>
	%
<b>Truck with trailer 50-60 t</b>	0%
Default	50%
	100%
<b>Truck with trailer 34-40 t</b>	0%
Default	50%
	100%
<b>Rigid truck 20-26 t</b>	0%
Default	50%
	100%
<b>Rigid truck 7.5-12 t</b>	0%
Default	40%
	100%
<b>Rigid truck &lt;7.5 t</b>	0%
Default	40%
	100%
<b>Van &lt;3.5 t</b>	0%
Default	20%
	100%

Figure 1. NTM Swedish truck types and sizes in publicly available data section.

### Performance indicators

The environmental performance of a freight transport is traditionally reported by a set of indicators mainly related to the combustion of fuels in internal combustion engines. The most common such indicators are the required amount of energy (MJ) and the emission to the atmosphere of gases contributing to the greenhouse effect (i.e. CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O). Connected to the problems with acidification and eutrophication of land and waterbodies, together with human health issues connected to air pollution, are substances such as nitrogen oxides - NO<sub>x</sub>, sulphur oxides - SO<sub>x</sub>, hydrocarbons - HC and particles – PM<sub>10/2,5</sub> also commonly reported.

<sup>6</sup> See [www.transportmeasures.org](http://www.transportmeasures.org). More vehicle options available to NTM members inside the NTMCalc assessment tool.



The number of relevant indicators tend to increase when the scope of the reporting is extended from the vehicle tailpipe to also include the different support systems needed for the transport, e.g. fuel and electricity production and supply to the vehicle, supply of the vehicle itself (i.e. vehicle production, maintenance and scrapping), and the construction and operation of terminals and the traffic infrastructure. Examples of such extended scope indicators are the use of raw materials, fresh water, bioresources and land area together with the generation of waste from mines, industrial processes and nuclear power plants.

NTM has defined a set of parameters which are selected in order to present the main impacts related to the conventional vessels, vehicles and their fuels and energy carriers. The following parameters are included in the NTM set as of 2023, see Table 1 below.

*Table 1. Parameters listed by NTM (up until 2023).*

Parameter	unit
CO <sub>2</sub> total	kg
CO <sub>2</sub> fossil	kg
CO <sub>2</sub> biogen	kg
CO <sub>2</sub> eqv.	kg
SO <sub>2</sub>	g
CO	g
HC	g
CH <sub>4</sub>	g
NO <sub>x</sub>	g
N <sub>2</sub> O	g
PM	g
Total Primary Energy	MJ

In some earlier NTM material were the use of total energy reported separately based on the type of primary energy source, i.e. renewable, fossil and nuclear fission.

In many studies using the life cycle analysis methodology is the number of inventoried parameters increased substantially as compared to the list above, and the presentation of inventory result tables covering several pages are not uncommon in the literature. In order to increase the usefulness of the results from an LCA have different systems been developed in order to present a condensed overview of the resulting impact. In short, the total contribution from the product life cycle to a number of key environmental problem areas is calculated by applying conversion factors on the extensive datasets



from the inventory. The standard set of impact categories (also reaching a considerable number of items!) are presented in Table 2 below.

*Table 2. LCA environmental impact categories (selected). FU= Functional Unit.*

Global Warming Potential (GWP) (100Y)	kg CO <sub>2</sub> -eq/FU
Abiotic Resource Depletion (ADP)	kg Sb-eq/FU
Acidification Potential (AP)	kg SO <sub>2</sub> -eq/FU
Human Toxicity Potential (HTP)	kg DCB-eq/FU
Eutrophication Potential (ET)	kg (PO <sub>4</sub> ) <sup>-3</sup> -eq/FU
Photochemical Oxidation Potential (POP)	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -eq/FU
Ozone layer depletion	kg CFC-11 eq/FU
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ/FU
Cumulative Energy Demand	MJ/FU
Waste and output flows	Kg/FU
Human toxicity – cancer, non-cancer	CTUh/FU
Eco-toxicity (freshwater)	CTUe/FU
Water use	m <sup>3</sup> world eq. deprived/FU
Land use	Dimensionless
Ionising radiation, human health	kBq U-235/FU

Further information on impact categories and their use can be found in LCA literature and relevant standards (EN15804 (A1+A2)) and environmental declaration systems, eg. the EPD (environdec.org) and the PEF systems. See appendix 1 for further information on impact categories.

In this study, all of the reviewed data sources have presented results using the impact category method instead of detailed inventory data. This means that it has not been possible to extract a complete set of data applicable to the NTM database, i.e. the parameters listed in Table 1 above. The process of making LCA data available in the NTM system will therefore be stalled until it has been possible to gain access to the underlying inventory data, or if NTM were to extend its parameter list



to present impact category data (e.g. as in Table 2) as a complement to present limitation to emission data.

## Parts of LCA covered

The need to evaluate if there is a need to expand the sustainability reporting beyond the wtw-scope is mainly caused by the discussion of the large impacts connected to the production of traction batteries. Battery production demands mined materials, causing large impacts in the form of residues together with high usage of chemicals and energy in both the mining and the enrichment processes. The established WTW system boundary in the NTM-type of data presentations must therefore be expanded in order to include relevant impacts during the vehicle life cycle. Schematically this can be illustrated by different system boundaries as shown in figure Figure 2 below.

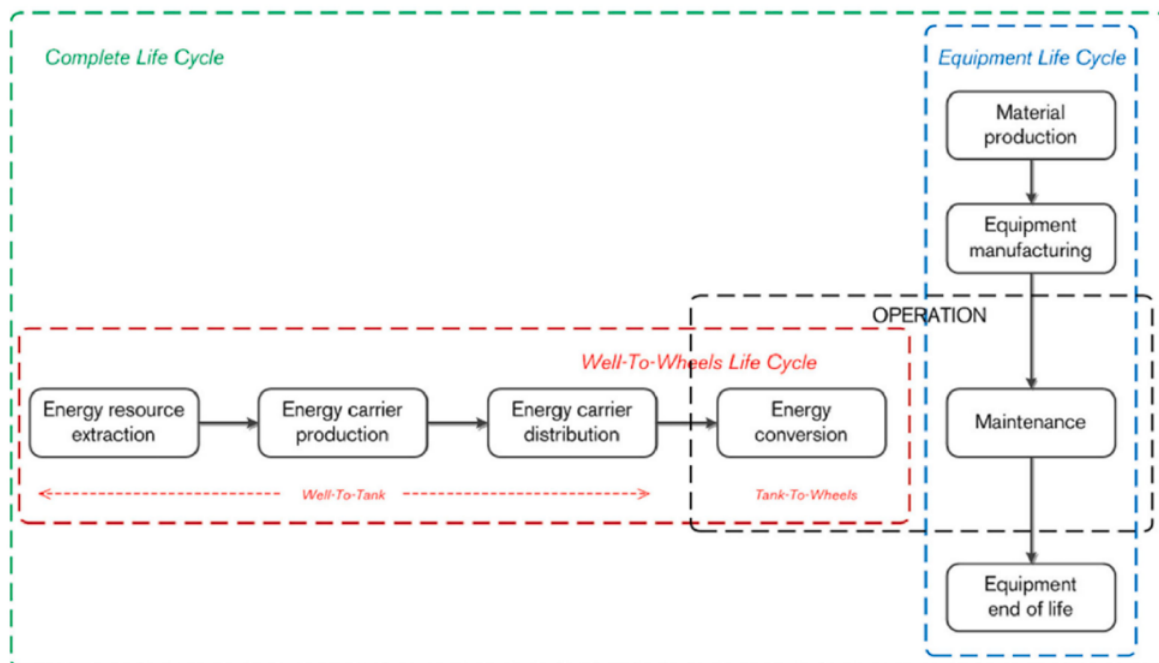


Figure 2. Technical system boundary expansion from WTW to inclusion of equipment LCA. From Zhaoa et al. (2021).

The suggested technical system boundary expansion is thus limited to the life cycle of the battery electric truck. This argument is based on the assumption that the contribution from the complete life cycles of the WTT system, i.e. supply of energy carrier, and the traffic infrastructure is similar for electric and conventional propulsion systems. A separate assessment of the equipment life cycle of the charging equipment is reported within this project.

## Comparing battery and diesel trucks

An important aspect of the inclusion of LCA data for electric trucks is the present lack of readily available default LCA data for the production and supply of conventional ICE trucks (i.e. diesel and gas trucks). Until LCA data for all vehicle types have been synthesized, from studies with similar LCA methods and system boundaries applied, one could single out the difference in impact caused by the electric power/drivetrain, as compared to diesel engine power/drive train. This must be achieved in order to account for BET higher LCA data in transport environmental performance assessments. Based on the argument that the production of most of the parts of the ICE vehicle and the electric vehicle is causing a similar LCA impact, the extra contribution from the battery production and the electric power train will be a proxy for the net difference.

This assumption is supported by the findings in Marmioli 2020, summarized in Figure 3 below.

The production of a truck (in the size range 5-7 tonnes GVW) was in this study divided in 10 stages and the contribution from each step is compared for diesel, CNG and battery electric (NiHM) trucks.

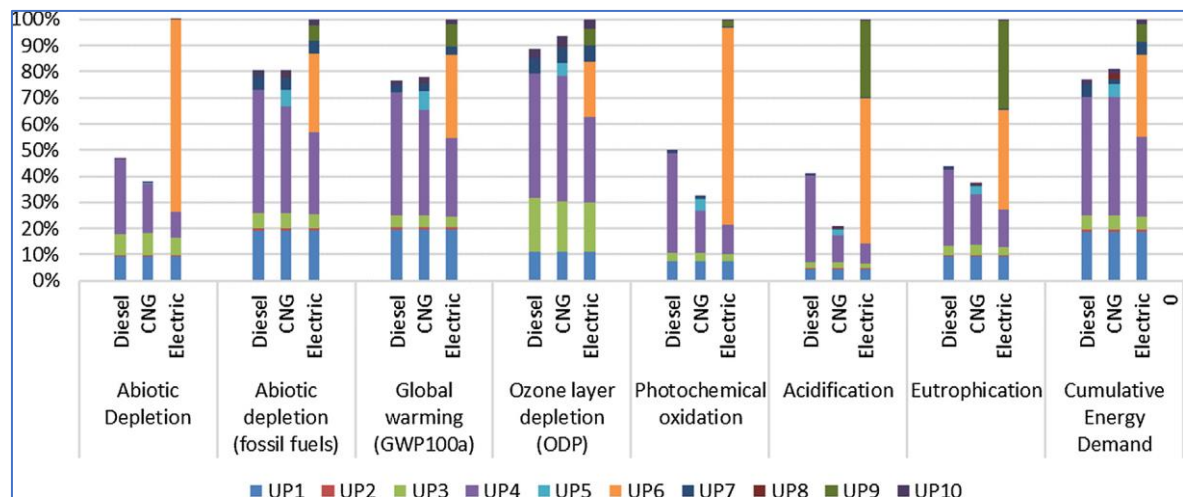


Figure 3. Comparison of the impacts of vehicle production (UP1-UP10) - Process contribution. Adopted from Marmioli (2020) (UP1-production of components for the welding phase, UP2- production of components for the painting phase, UP3- production of components for the trimming phase, UP4- production of components for the body work phase (e.g. chassis, powertrain, driveline, and after-treatment system), UP5- production of CNG components, UP6- production of electrification components (e.g. battery, BMS, engine, etc.), UP7- Vehicle assembly, UP8- assembly of CNG components, UP9- assembly of electrification components, UP10- transport to the customer. See Marmioli (2020) for details.)

As seen in Figure 3 the impact from the production of a diesel version is approx. 25% lower than the electric equivalent for the categories GWP<sup>7</sup> and CED<sup>8</sup>. For the electric truck in this example does the production of the electrical components (UP6) yield a large contribution in most impact categories. At the same time is the contribution from body work components (UP4, e.g. the IC engine) much smaller for the electric truck. The size difference between diesel and electric trucks varies between the impact categories, however, all show a lower value for the diesel variant. This kind of information

<sup>7</sup> GWP – Global Warming Potential

<sup>8</sup> CED – Cumulative Energy Demand



could be used in order to calculate the size of the extra contribution in each category for a BET as compared to a diesel truck. This difference can then be added to a WTW calculation for a transport carried out by a battery electric vehicle in order to make the result comparable with a WTW calculation for a diesel truck.

For example, consider a case where the total LCA GWP impact for the production of a battery electric truck is calculated to 130 grams of CO<sub>2e</sub> per vkm. The LCA GWP impact for a similar diesel truck is not known, but a comparison between the technologies is sought after. Given that the study by Marmioli (2020) is representative for the truck at study, one could add  $130 \cdot 0,25 = 32,5$  grams of CO<sub>2e</sub> per vkm to the electric truck WTW result. By doing so, the data for the BET would include the extra LCA data related to vehicle production of the electric truck as compared to a diesel truck, making the result comparable since the system boundaries would be similar.

Again, this method is suggested only as a proxy for calculations where LCA data for non-electric trucks are not yet available.

## Time frame

The available LCA data for battery electric truck production is based on the first generation of vehicles, mainly brought to the market in the period 2010-2020. In most cases are the BETs to a large extent regular diesel trucks fitted with an electric engine and the required battery packs for the chosen operating range. There is an ongoing rapid development of the components related to the electrification, especially the batteries. The LCA data for vehicle production will therefore undergo substantial changes in the near future as new materials, new technologies and new production processes are introduced by the OEMs and their suppliers. This causes the present LCA data sets to have a short estimated time span during which they can be considered as valid. The data presented in this report is based on studies published around 2020, which in turn to a large extent relies on available data sources and references (e.g. LCA databases) based on data dating back in time, in many cases more than 10-15 years. *Analysts should therefore refrain from any unreflected use of the presented data for assessments concerning freight transports with vehicles produced after 2025, at least not without first carrying out an extra validity check.*

## BEV literature LCA data

LCA data for battery electric truck production has been sought after in publicly available sources such as scientific journals, OEM reports and marketing materials and technical and scientific project reports. This study can confirm the earlier reported tendency of a large increase in the publication frequency in the area of environmental assessment of electrical vehicles, however, the majority concerns passenger cars. The availability of published LCA studies relevant for modern battery electric trucks are limited to a handful. The available material is thus not large enough to cover all relevant use cases, i.e. relevant vehicle types, transport applications, road and traffic situations, covered by the NTM database. The desired situation where data sources are enough abundant to make statistical analysis possible is thus unfortunately not in sight. The limited data availability has thus constrained this work to the extraction of data from the most relevant publications in order to present proxy LCA values useful for screening-type calculations.



The following list of publications were reviewed in the search for useful LCA data, see Table 3 below.

*Table 3. Reviewed publications when searching for BET LCA data.*

1	Booto, G. K., et al. (2021). "Comparative life cycle assessment of heavy-duty drivetrains: A Norwegian study case." <i>Transportation Research Part D: Transport and Environment</i> 95: 102836.
2	Dora Burul, D. A. (2021). Life cycle assessment of distribution vehicles - Battery electric vs diesel driven. Södertälje, Scania CV, Scania R&D, Energy Economy and Sustainability.
3	Elgowainy, A., et al. (2021). Vehicle-Cycle Inventory for Medium-& Heavy-Duty Vehicles.
4	Gaines, L. (1998). Lifecycle-analysis for heavy vehicles, United States.
5	Gustafsson, M., et al. (2021). "Well-to-wheel greenhouse gas emissions of heavy-duty transports: Influence of electricity carbon intensity." <i>Transportation Research Part D-transport and Environment</i> 93: 102757.
6	Hanesch, S., et al. (2022). "Life Cycle Assessment of an emerging overhead line hybrid truck in short-haul pilot operation." <i>Journal of Cleaner Production</i> 338: 130600.
7	Hill N. et al. (2020). Determining the environmental impacts of conventional and alternatively fuelled vehicles through LCA, Ricardo-AEA Ltd, Report ID: ED11344 - Issue Number 3.
8	Jahangir Samet, M., et al. (2021). "Road Freight Transport Electrification Potential by Using Battery Electric Trucks in Finland and Switzerland." <i>Energies</i> 14(4).
9	Lee, D.-Y., et al. (2013). "Electric Urban Delivery Trucks: Energy Use, Greenhouse Gas Emissions, and Cost-Effectiveness." <i>Environmental Science &amp; Technology</i> 47(14): 8022-8030.
10	Machado, P. G., et al. (2021). "Review of life cycle greenhouse gases, air pollutant emissions and costs of road medium and heavy-duty trucks." <i>WIREs Energy and Environment</i> 10(4): e395.
11	Marmioli, B., et al. (2020). "The transport of goods in the urban environment: A comparative life cycle assessment of electric, compressed natural gas and diesel light-duty vehicles." <i>Applied Energy</i> 260: 114236.
12	Sen, B., et al. (2017). "Does a battery-electric truck make a difference? – Life cycle emissions, costs, and externality analysis of alternative fuel-powered Class 8 heavy-duty trucks in the United States." <i>Journal of Cleaner Production</i> 141: 110-121.
13	Sen, B., et al. (2020). "Life cycle sustainability assessment of autonomous heavy-duty trucks." <i>Journal of Industrial Ecology</i> 24(1): 149-164.
14	Syed, A., et al. (2019). Life cycle assessment of electrification of heavy-duty vehicle.





15	Volvo Trucks (202). "Volvo Trucks Footprint calculator." from <a href="https://www.volvotrucks.se/sv-se/trucks/trucks/alternative-fuels/environmental-footprint-calculator.html">https://www.volvotrucks.se/sv-se/trucks/trucks/alternative-fuels/environmental-footprint-calculator.html</a> . Life cycle performance data presented for selected products.
16	Yang, L., et al. (2018). "Life Cycle Assessment of Commercial Delivery Trucks: Diesel, Plug-In Electric, and Battery-Swap Electric." Sustainability 10(12).
17	Yeow, L. W., et al. (2022). "Life cycle greenhouse gas emissions of alternative fuels and powertrains for medium-duty trucks: A Singapore case study." Transportation Research Part D: Transport and Environment 105: 103258.
18	Zhao, Y., et al. (2016). "Carbon and energy footprints of electric delivery trucks: A hybrid multi-regional input-output life cycle assessment." Transportation Research Part D: Transport and Environment 47: 195-207.
19	Zhou, T., et al. (2017). "Life cycle GHG emissions and lifetime costs of medium-duty diesel and battery electric trucks in Toronto, Canada." Transportation Research Part D: Transport and Environment 55: 91-98.

Since the purpose of this study is to propose default values for the life cycle of battery-powered electric trucks, excluding the operational phase, data with enough resolution have been searched in the available literature. The majority of the available publications report on studies with the aim of comparing the environmental performance of electric trucks with trucks with conventional drivetrains or other alternative drivetrains, e.g. CNG/LNG, fuel cell and electric hybrid solutions. As a functional unit, traffic work (vkm) or transport work (tonne\*km) dominate, which is carried out according to a defined run with a certain load weight. This means that important parameters such as the impact of the driving cycle on electricity consumption as well as the composition of the electricity production its environmental performance have a large impact on the final result. In addition, not all studies specify the vehicle production's contribution to the final result. Finally, the studies vary regarding which inventory parameters and/or impact categories are presented. In order to extract LCA data for vehicle production from the published material, backward calculations are therefore required in most cases, an exercise for which parameters and data are often difficult to find. Overall, this situation has limited this study to base the data selection on only 5 of the 19 sources searched. And from these five references, data for cumulative energy demand (CED - MJ) and greenhouse warming potential (GWP - g CO<sub>2</sub>e) have been the only parameters that have been common. Thus, the ambition to present LCA data for all NTM's parameters (see Table 1 above) could not be realised. Thus, there is a continued need on NTM's part to look for further references on battery electric truck LCA as these become available. Given the large interest in the area a large number of studies and reports are expected in the coming years.

## Suggested LCA data for NTM

As stated in the previous section, representative LCA data for vehicle production, corresponding to a complete set of parameters according to NTM, could not be compiled based on the references





studied. However, for the parameters CED and GWP, values have been extracted from the following five data sources, see Tabell 8 below.

*Tabell 8. References used as data sources.*

2	Dora Burul, D. A. (2021). Life cycle assessment of distribution vehicles - Battery electric vs diesel driven. Södertälje, Scania CV, Scania R&D, Energy Economy and Sustainability.
7	Hill N. et al. (2020). Determining the environmental impacts of conventional and alternatively fuelled vehicles through LCA, Ricardo-AEA Ltd, Report ID: ED11344 - Issue Number 3.
11	Marmioli, B., et al. (2020). "The transport of goods in the urban environment: A comparative life cycle assessment of electric, compressed natural gas and diesel light-duty vehicles." Applied Energy 260: 114236.
15	Volvo Trucks (202). "Volvo Trucks Footprint calculator." from <a href="https://www.volvotrucks.se/sv-se/trucks/trucks/alternative-fuels/environmental-footprint-calculator.html">https://www.volvotrucks.se/sv-se/trucks/trucks/alternative-fuels/environmental-footprint-calculator.html</a> . Life cycle performance data presented for selected products.
17	Yeow, L. W., et al. (2022). "Life cycle greenhouse gas emissions of alternative fuels and powertrains for medium-duty trucks: A Singapore case study." Transportation Research Part D: Transport and Environment 105: 103258.

Data in different formats and units have been extracted from the selected sources and values for GWP and CED has been re-calculated to a common unit. From these values have representative numbers for 4 different representative truck types been synthesised. The selection of truck types has been done in order to match the present definitions of trucks in the public NTM database. The following truck types are considered, see table Tabell 9 below. For each vehicle type are a set of key parameters selected in order to reflect the underlying vehicle constitution and operation relevant for the presented LCA data.

*Tabell 9. Vehicle types and technical specifications.*

		<b>Truck + Trailer, Long Haul</b>	<b>Rigid Truck, Distribution, regional and local</b>	<b>Rigid truck, Local distribution</b>	<b>Van, Local distribution</b>
Vehicle that is studied		Articulated Truck	Rigid truck, heavy	Rigid truck, light	Van
NTM/HBEFA nomenclature		TT/AT 34- 40t.	RT 20 - 26t.	RT 7,5 - 12t.	Van <3,5t. (N1 Class III)



Gross Vehicle Weight, max	tonne	40	28	5	3,5
Mass of vehicle, unloaded	tonne	15	7	3	2,6
Engine power – peak	kW	325	175	100	100
Battery cell technology/chemistry		Mix of NMC 811 622 532 433	Mix of NMC 811 622 532 433	NaNiCl	Mix of NMC 811 622 532 433
Installed battery capacity	kWh	1000	350	150	50
Number of battery replacements during lifetime		0	0	0	1
Vehicle range	km	500	200	150	170

The selection of vehicle technical specification were governed by the small number of references available. For example, for small rigid trucks were only one reference available for a vehicle equipped with NaNiCl batteries instead of the more common Li battery technology. For detailed information regarding the vehicles please refer to the references in Tabell 8 above.

A further set of parameters used when calculating the intensity values (i.e. per vkm or per tkm) are listed in Tabell 10 below.

*Tabell 10. Vehicle default operational data.*

		<b>Truck + Trailer, Long Haul</b>	<b>Rigid Truck, Distribution, regional and local</b>	<b>Rigid truck, Local distribution</b>	<b>Van, Local distribution</b>
Traffic situation	(e.g. city, regional, highway)	Highway	urban road	city traffic	city traffic
Driving distance, total lifetime	km	800 000	500 000	250 000	240 000
Cargo Payload Capacity (CPLC)	ton	20	5	2	0,9



Average Cargo Payload/weight	ton	10	2,5	1	0,4
Average Cargo Payload Capacity Utilisation (CLCU-w)	%-weight	50%	50%	50%	40%

The values in Tabell 10 are literature values stated as representative for the use of battery electric trucks. The total lifetime driving distance is the parameter in this set with a direct impact on the per vkm LCI impact data from vehicle supply, i.e. vehicle production, service and maintenance and end of life processes. This LCI data was extracted from the listed publications and recalculated to common units. Due to some differences in i) the applied LCA methodology (system boundaries, technology level, assumptions on end of life processes), ii) input data (e.g. applied electricity generation in the component life cycles and the manufacturing) and iii) the investigated technology, some estimates had to be made in the data selection in order to make the data set comparable. The result is a set of LCA GWP impact data to be applied when incorporating the vehicle supply effect in transport assessments. The data, see Tabell 11, is suggested to NTM as a first set of default values to be presented in the open data sets on the web page [www.transportmeasures.org](http://www.transportmeasures.org). It is important to recognize that the data is intended to represent a typical contribution from vehicle supply and does not represent the data for any specific brand or vehicle model.

*Tabell 11. Suggested LCA GWP-data (CO<sub>2</sub>eq) for battery electric truck production.*

	CO <sub>2</sub> eq	<b>Truck + Trailer, Long Haul</b>	<b>Rigid Truck, Distribution, regional and local</b>	<b>Rigid truck, Local distribution</b>	<b>Van, Local distribution</b>
Number of data sources included in the estimate		<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Vehicle production	tonnes/vehicle	114	52	34	15
of which battery manufacturing	tonnes/vehicle	80	28	12	4
Maintenance, life time	tonnes/vehicle	18	16	0,7	3



End of Life, material recovery	tonnes/vehicle	-20	-8	0	-3
Total Vehicle supply LCA emissions (excl. running)	tonnes/vehicle	103	51	35	16
<b>Total Vehicle supply LCA emissions (excl. running) (rounded)</b>	<b>g/vkm</b>	<b>115</b>	<b>130</b>	<b>145</b>	<b>65</b>
Total Vehicle supply LCA emissions (excl. running) (rounded)	g/tkm	10	50	130	180

As seen in the table is the contribution from the battery production the dominant source for the larger vehicles while the contribution from the glider yields the largest contribution for the smaller vehicles. This is related to the larger size of batteries demanded by the heavier loads and the longer operational range. For the articulated truck does the higher total lifetime milage however make the per vehicle km emission lower than that of the smaller vehicles with less milage. The inefficiency of the small vehicles is also made evident on the last row where emissions per produced transport work (per tonne kilometre) is presented.

## Lack of data

Of the references did only two present a complete set of LCA impact data sets. The reason for this is probably the strong focus on greenhouse gas emissions from the diesel and electric trucks. This is unfortunate as several publications indicate that the impact from BET production is significantly larger than that from diesel truck production. While the large emissions of fossil carbon dioxide from diesel truck operations is larger than the emissions from BET production, this is not the case for all impact categories. As the diesel engine has become much less polluting could the BET supply LCA impact data out rule the diesel engine for some categories.

In summary, full LCA inventory and impact category data is only available in two references (#11,17), and then for small/medium size rigid trucks. It is however likely that relevant data will become available in both OEM-published reports and scientific publications. It will probably take some longer time for this data to make its way into the available LCA-databases.

The following set of LCA impact parameters as suggested to be included into the NTM database in order to make more LCA data accessible in the NTM system.



- Global Warming Potential (GWP) (100Y) kg CO<sub>2</sub>-eq/vkm
- Abiotic Resource Depletion (ADP) kg Sb-eq/vkm
- Acidification Potential (AP) kg SO<sub>2</sub>-eq/vkm
- Human Toxicity Potential (HTP) kg DCB-eq/vkm
- Eutrophication Potential (ET) kg (PO<sub>4</sub>)-3-eq/vkm
- Photochemical Oxidation Potential (POP) kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-eq/vkm
- Ozone layer depletion kg CFC-11 eq/vkm
- Abiotic depletion (fossil fuels) MJ/vkm
- Cumulative Energy Demand MJ/vkm

## Discussion

There are few elaborate LCAs for electric trucks. Those that exist are often limited, with respect to the system boundaries so that only the energy supply is studied (so-called WTW analysis) or so that only greenhouse gases are inventoried. Several of the studies do not report all the underlying assumptions and limitations that are included in the LCA studies, making the presented result less relevant for the work in this report. At the same time, this reflects the large differences that exist when it comes to the design and manufacture set up of different electric vehicles and how these are (thought to be) used. From experience, we know that factors such as size of battery pack, life time mileage, type of transport application (e.g. long haul or distribution), traffic situation (city-country, congestion-free flow), load weight and the composition of electricity production<sup>9</sup> plays a decisive role for the final result. For these reasons, it is difficult to find any generic absolute values that represent the environmental impact of electric trucks from a life cycle perspective. The solution that is available is to categorize the values presented in different studies and try to normalize these by recalculations with common values for central variables such as total driving distance during lifetime, battery size, planned battery changes and the composition/environmental data of the electricity production.

The area is undergoing rapid technological development as the first generation of electric heavy trucks have just reached the market. Many of the technical features of the vehicles and their powertrains are likely to undergo extensive changes during the upcoming next 10 to 20 years. Thus, the use of the presented values in this report should be limited to assessments where BET produced before 2025 are investigated.

## Litterature references

Booto, G. K., et al. (2021). "Comparative life cycle assessment of heavy-duty drivetrains: A Norwegian study case." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 95: 102836.

---

<sup>9</sup> This especially when the batteries, and their raw-materials and components, are manufactured.



Report U – Suggested LCA data for battery electric heavy goods vehicles in NTM database – result from tripel-F project MEG

Dora Burul, D. A. (2021). Life cycle assessment of distribution vehicles - Battery electric vs diesel driven. Södertälje, Scania CV, Scania R&D, Energy Economy and Sustainability.

Elgowainy, A., et al. (2021). Vehicle-Cycle Inventory for Medium-& Heavy-Duty Vehicles.

Gaines, L. (1998). Lifecycle-analysis for heavy vehicles, United States.

Gustafsson, M., et al. (2021). "Well-to-wheel greenhouse gas emissions of heavy-duty transports: Influence of electricity carbon intensity." *Transportation Research Part D-transport and Environment* 93: 102757.

Hanesch, S., et al. (2022). "Life Cycle Assessment of an emerging overhead line hybrid truck in short-haul pilot operation." *Journal of Cleaner Production* 338: 130600.

Hill N. et al. (2020). Determining the environmental impacts of conventional and alternatively fuelled vehicles through LCA, Ricardo-AEA Ltd, Report ID: ED11344 - Issue Number 3.

Jahangir Samet, M., et al. (2021). "Road Freight Transport Electrification Potential by Using Battery Electric Trucks in Finland and Switzerland." *Energies* 14(4).

Lee, D.-Y., et al. (2013). "Electric Urban Delivery Trucks: Energy Use, Greenhouse Gas Emissions, and Cost-Effectiveness." *Environmental Science & Technology* 47(14): 8022-8030.

Machado, P. G., et al. (2021). "Review of life cycle greenhouse gases, air pollutant emissions and costs of road medium and heavy-duty trucks." *WIREs Energy and Environment* 10(4): e395.

Marmioli, B., et al. (2020). "The transport of goods in the urban environment: A comparative life cycle assessment of electric, compressed natural gas and diesel light-duty vehicles." *Applied Energy* 260: 114236.

Sen, B., et al. (2017). "Does a battery-electric truck make a difference? – Life cycle emissions, costs, and externality analysis of alternative fuel-powered Class 8 heavy-duty trucks in the United States." *Journal of Cleaner Production* 141: 110-121.

Sen, B., et al. (2020). "Life cycle sustainability assessment of autonomous heavy-duty trucks." *Journal of Industrial Ecology* 24(1): 149-164.

Syed, A., et al. (2019). Life cycle assessment of electrification of heavy-duty vehicle.

Volvo Trucks (202). "Volvo Trucks Footprint calculator." from <https://www.volvotrucks.se/sv-se/trucks/trucks/alternative-fuels/environmental-footprint-calculator.html>. Life cycle performance data presented for selected products.

Yang, L., et al. (2018). "Life Cycle Assessment of Commercial Delivery Trucks: Diesel, Plug-In Electric, and Battery-Swap Electric." *Sustainability* 10(12).

Yeow, L. W., et al. (2022). "Life cycle greenhouse gas emissions of alternative fuels and powertrains for medium-duty trucks: A Singapore case study." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 105: 103258.



Report U – Suggested LCA data for battery electric heavy goods vehicles in NTM database – result from tripel-F project MEG

Zhao, Y., et al. (2016). "Carbon and energy footprints of electric delivery trucks: A hybrid multi-regional input-output life cycle assessment." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 47: 195-207.

Zhou, T., et al. (2017). "Life cycle GHG emissions and lifetime costs of medium-duty diesel and battery electric trucks in Toronto, Canada." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 55: 91-98.



# Appendix 1 – LCA impact categories

Impact category	Impact category Indicator (unit of measure)	Description
 Climate change, total	Radiative forcing as global warming potential – GWP100 (kg CO <sub>2</sub> eq)	Increase in the average global temperature resulting from greenhouse gas emissions (GHG)
 Ozone depletion	Ozone Depletion Potential – ODP (kg CFC-11 eq)	Depletion of the stratospheric ozone layer protecting from hazardous ultraviolet radiation
 Human toxicity, cancer	Comparative Toxic Unit for humans (CTUh)	Impact on human health caused by absorbing substances through the air, water, and soil. Direct effects of products on humans are not measured
 Human toxicity, non-cancer	Comparative Toxic Unit for humans (CTUh)	
 Particulate matter	Impact on human health (disease incidence)	Impact on human health caused by particulate matter emissions and its precursors (e.g. sulfur and nitrogen oxides)
 Ionising radiation, human health	Human exposure efficiency relative to U-235 (kBq U-235 eq)	Impact of exposure to ionising radiations on human health
 Photochemical ozone formation, human health	Tropospheric ozone concentration increase (kg NMVOC eq)	Potential of harmful tropospheric ozone formation ("summer smog") from air emissions
 Acidification	Accumulated Exceedance – AE (mol H <sup>+</sup> eq)	Acidification from air, water, and soil emissions (primarily sulfur compounds) mainly due to combustion processes in electricity generation, heating, and transport
 Eutrophication, terrestrial	Accumulated Exceedance – AE (mol N eq)	Eutrophication and potential impact on ecosystems caused by nitrogen and phosphorous emissions mainly due to fertilizers, combustion, sewage systems
 Eutrophication, freshwater	Fraction of nutrients reaching freshwater end compartment (kg P eq)	
 Eutrophication, marine	Fraction of nutrients reaching marine end compartment (kg N eq)	
 Ecotoxicity, freshwater	Comparative Toxic Unit for ecosystems (CTUe)	Impact of toxic substances on freshwater ecosystems
 Land use	Soil quality index, representing the aggregated impact of land use on: Biotic production; Erosion resistance; Mechanical filtration; Groundwater replenishment (Dimensionless – pt)	Transformation and use of land for agriculture, roads, housing, mining or other purposes. The impact can include loss of species, organic matter, soil, filtration capacity, permeability
 Water use	Weighted user deprivation potential (m <sup>3</sup> world eq)	Depletion of available water depending on local water scarcity and water needs for human activities and ecosystem integrity
 Resource use, minerals and metals	Abiotic resource depletion – ADP ultimate reserves (kg Sb eq)	Depletion of non-renewable resources and deprivation for future generations
 Resource use, fossils	Abiotic resource depletion, fossil fuels – ADP-fossil (MJ)	





Picture

source:

[https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/EF%20simple%20guide\\_v7\\_clen.pdf](https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/EF%20simple%20guide_v7_clen.pdf)

## Appendix 2 – summary of key references

Booto, G. K., et al. (2021). "Comparative life cycle assessment of heavy-duty drivetrains: A Norwegian study case." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 95: 102836.

This study investigates the life cycle environmental impacts of three reference heavy-duty trucks (i.e. a conventional diesel truck, a battery electric truck, and a fuel cell electric truck) considering the type of energy used, the energy sources and their production pathways. The environmental impacts are studied from a life cycle perspective, encompassing the entire value chains while employing the well-to-wheel approach for the propelling energies. Using publicly available data, the adopted approach suppresses the barriers of lack of industry-related data and amplify the accuracy of heavy-road transport emissions quantification. Results exhibit that the full electric truck (BET) can cut up to 68% of GHG (i.e. about 0.621 kg CO<sub>2</sub>-eq per km) while the hydrogen fuel cell electric truck may induce a reduction of up to 48% of GHG (i.e. ~ 0.430 kg CO<sub>2</sub>-eq per km) emitted by a Euro VI truck of same category under same operating conditions.

Elgowainy, A., et al. (2021). *Vehicle-Cycle Inventory for Medium-& Heavy-Duty Vehicles*.

This report documents the new inventory incorporated in the GREET® model for vehicle-cycle of medium-duty and heavy-duty vehicles.

Gaines, L. (1998). *Lifecycle-analysis for heavy vehicles, United States*.

Various alternative fuels and improved engine and vehicle systems have been proposed in order to reduce emissions and energy use associated with heavy vehicles (predominantly trucks). For example, oil companies have proposed improved methods for converting natural gas to zero-aromatics, zero-sulfur diesel fuel via the Fischer-Tropsch process. Major heavy-duty diesel engine companies are working on ways to simultaneously reduce particulate-matter and NO<sub>x</sub> emissions. The trend in heavy vehicles is toward use of lightweight materials, tires with lower rolling resistance, and treatments to reduce aerodynamic drag. In this paper, we compare the Mecycle energy use and emissions from trucks using selected alternatives, such as Fisher-Tropsch diesel fuel and advanced fuel-efficient engines. We consider heavy-duty, Class 8 tractor-semitrailer combinations for this analysis. The total life cycle includes production and recycling of the vehicle itself, extraction, processing, and transportation of the fuel itself, and vehicle operation and maintenance. Energy use is considered in toto, as well as those portions that are imported, domestic, and renewable. Emissions of interest include greenhouse gases and criteria pollutants. Argonne's Greenhouse Gases, Regulated Emissions, and Energy Use in Transportation (GREET) model is used to generate per-vehicle fuel cycle impacts. Energy use and emissions for materials manufacturing and vehicle disposal are estimated by means of materials information from Argonne studies. We conclude that there are trade-offs among impacts. For example, the lowest fossil energy use does not necessarily result in lowest total energy use, and lower tailpipe emissions may not necessarily result in lower lifecycle emissions of all criteria pollutants.



Hanesch, S., et al. (2022). "Life Cycle Assessment of an emerging overhead line hybrid truck in short-haul pilot operation." *Journal of Cleaner Production* 338: 130600.

In order to investigate the contribution of electromobility to climate change, green house gas (GHG) emissions of electric vehicles need to be studied in a life cycle (LC) perspective using the method of Life Cycle Assessment (LCA). Most LCA studies focus on passenger cars, but a high share of GHG emissions in the mobility sector comes from freight transport. Here we present a LCA of an emerging overhead line hybrid truck (OH truck) based on a unique database of real data from an eHighway field trial in Germany. We develop a LC transport model that includes vehicle, infrastructure and use phase of regional freight transport. The assessment of the present pilot operation is used as a reference for the evaluation of further developments using a scenario approach. As a first example, we apply the LC transport model to a scenario with realistic short-term improvements from the field trial. The comparison to freight transport with conventional trucks shows GHG savings of about 22%. From the detailed LC transport model outcomes, we derive the contributions of the vehicle and infrastructure components to GHG emissions as well as further environmental impact categories and we evaluate the operational phase, e.g. by identifying the break-even point for GHG savings in dependence of the utilization frequency. The findings can be used to identify further improvements of the OH truck technology. At the same time, our model enables a thorough investigation of future scenarios, allowing a robust comparison of possible alternatives for decarbonizing freight transport.

Jahangir Samet, M., et al. (2021). "Road Freight Transport Electrification Potential by Using Battery Electric Trucks in Finland and Switzerland." *Energies* 14(4).

Medium and heavy-duty battery electric trucks (BETs) may play a key role in mitigating greenhouse gas (GHG) emissions from road freight transport. However, technological challenges such as limited range and cargo carrying capacity as well as the required charging time need to be efficiently addressed before the large-scale adoption of BETs. In this study, we apply a geospatial data analysis approach by using a battery electric vehicle potential (BEVPO) model with the datasets of road freight transport surveys for analyzing the potential of large-scale BET adoption in Finland and Switzerland for trucks with gross vehicle weight (GVW) of over 3.5 t. Our results show that trucks with payload capacities up to 30 t have the most potential for electrification by relying on the currently available battery and plug-in charging technology, with 93% (55% tkm) and 89% (84% tkm) trip coverage in Finland and Switzerland, respectively. Electric road systems (ERSs) would be essential for covering 51% trips (41% tkm) of heavy-duty trucks heavier than 30 t in Finland. Furthermore, range-extender technology could improve the trip electrification potential by 3–10 percentage points (4–12 percentage points of tkm).

Lee, D.-Y., et al. (2013). "Electric Urban Delivery Trucks: Energy Use, Greenhouse Gas Emissions, and Cost-Effectiveness." *Environmental Science & Technology* 47(14): 8022-8030.

Machado, P. G., et al. (2021). "Review of life cycle greenhouse gases, air pollutant emissions and costs of road medium and heavy-duty trucks." *WIREs Energy and Environment* 10(4): e395.

Abstract The desired energy transition to guarantee net-zero greenhouse gases (GHGs) emissions needs to take place in every sector of the global economy. The transport sector is responsible for a large share of energy consumption and GHGs emissions while contributing to the increase in air pollution. Although new technologies are available, the use of diesel in road transport is still predominant. These new technologies, nonetheless, still present inconsistencies in their environment, economic performances and do not necessarily provide improvements when considering the entire fuel life cycle used in medium and heavy-duty trucks. This systematic review addresses the uncertainties in life cycle studies regarding the road transport sector fuel consumption, GHGs, and air pollutant emissions economic analyses. Results show that there are higher chances of reducing GHGs emissions through biogas or fuel-cell hydrogen trucks, while



PM2.5 and NOx emissions have higher chances of being reduced with fuel-cell hydrogen or natural gas trucks. There is, however, a reduced interest by the scientific community in the transport literature in dealing with air pollutants, and the focus is mainly on GHGs emissions. When it comes to economic viability, natural gas and hybrid trucks are the best substitutes. This article is categorized under: Energy and Transport > Economics and Policy Energy and Transport > Climate and Environment Energy and Climate > Climate and Environment

Sen, B., et al. (2017). "Does a battery-electric truck make a difference? – Life cycle emissions, costs, and externality analysis of alternative fuel-powered Class 8 heavy-duty trucks in the United States." *Journal of Cleaner Production* 141: 110-121.

Attempting to gain insights from how alternative fuel technologies employed in heavy-duty trucks (HDTs) differ with respect to their life-cycle emissions, costs, and externalities presents an important opportunity to develop a more holistic overall analysis of future HDTs. To this end, this study uses a hybrid life-cycle assessment method to analyze and compare alternative fuel-powered Class 8 HDTs. To account for the uncertainty in the data a Monte Carlo simulation is also applied. The HDTs considered in this analysis (biodiesel (B20), compressed natural gas (CNG), hybrid, and BE HDTs) are compared to the diesel HDT (conventional HDT). The results show that BE HDTs outperform all other types of trucks overall, despite their incremental costs and electricity generation-related emissions. Furthermore, if such a BE truck were to run on electricity generated in the Northeast Power Coordinating Council (NPCC) NERC region, fuel-consumption related GHGs emissions from BE HDTs could decrease by as much as 63 percent. It has also been found that, although there is a slight difference between the life-cycle costs (LCCs) of conventional HDTs and CNG-powered HDTs, the latter emits 33% more GHGs than the former. Moreover, this study concludes that CNG trucks yield no improvements in either HDT's life-cycle environmental impacts or LCCs compared to their conventional counterparts. Providing that electricity is generated from renewable energy sources, the use of BE trucks would significantly improve the life-cycle performance of a truck as well as ambient air quality.

Sen, B., et al. (2020). "Life cycle sustainability assessment of autonomous heavy-duty trucks." *Journal of Industrial Ecology* 24(1): 149-164.

Abstract Connected and automated vehicles (CAVs) are emerging technologies expected to bring important environmental, social, and economic improvements in transportation systems. Given their implications in terms of air quality and sustainable and safer movement of goods, heavy-duty trucks (HDTs), carrying the majority of U.S. freight, are considered an ideal domain for the application of CAV technology. An input/output (IO) model is developed based on the Eora database—a detailed IO database that consists of national IO tables, covering almost the entire global economy. Using the Eora-based IO model, this study quantifies and assesses the environmental, economic, and social impacts of automated diesel and battery electric HDTs based on 20 macro-level indicators. The life cycle sustainability performances of these HDTs are then compared to that of a conventional diesel HDT. The study finds an automated diesel HDT to cause 18% more fatalities than an automated electric HDT. The global warming potential (GWP) of automated diesel HDTs is estimated to be 4.7 thousand metric tons CO<sub>2</sub>-eq. higher than that of automated electric HDTs. The health impact costs resulting from an automated diesel HDT are two times higher than that of an automated electric HDT. Overall, the results also show that automation brings important improvements to the selected sustainability indicators of HDTs such as global warming potential, life cycle cost, GDP, decrease in import, and increase in income. The findings also show that there are significant trade-offs particularly between mineral and fossil resource losses and environmental gains, which are likely to complicate decision-making processes regarding the further development and commercialization of the technology.

Syed, A., et al. (2019). Life cycle assessment of electrification of heavy-duty vehicle.



Heavy-duty vehicles significantly contribute to the total greenhouse gas emissions of the transportation sector. Electrification of heavy-duty drivetrains is one of the technological solutions to decarbonize. However, the total costs of electric and conventional heavy-duty vehicles remain a big hurdle. The European H2020 project ORCA, partnered with several research institutes, original equipment manufacturers (OEM) and vehicle manufacturers, is addressing the cost issue by optimally downsizing the key components such as engine, battery, electric motor, etc and also by increasing the efficiency of the powertrain. The design optimization would render the electrified heavy-duty vehicle to become cost competitive to the conventional counterparts. This paper aims to study how this optimally downsized electrified heavy-duty vehicle performs environmentally from a life cycle perspective. Vehicles will operate in a dual mode which is conventional and hybrid mode outside of the described zero-emission zone and in battery mode inside the zero-emission zone. Therefore, in the operational stage, the emissions will come from both the tank-to-wheel part, the tailpipe emissions, as well as from the well-to-tank part, the electricity to charge the battery and the production of the diesel that is consumed. In the total lifecycle of the heavy-duty vehicle, the plug-in hybrid bus emits 13% less greenhouse gas emissions (GHG) compared to diesel bus when charged with the current EU electricity mix. Further reduction of lifetime GHG emission can be done if energy production is less carbon intensive.

Yang, L., et al. (2018). "Life Cycle Assessment of Commercial Delivery Trucks: Diesel, Plug-In Electric, and Battery-Swap Electric." *Sustainability* 10(12).

The development of electric delivery trucks has attracted much attention in recent years. The purpose of this study is to assess the greenhouse gas (GHG) emissions and the total cost of ownership (TCO) of light-duty and medium-duty diesel trucks (DTs), plug-in electric trucks (ETs), and battery-swap ETs. A simplified life cycle assessment (LCA) method and a TCO assessment method are used. Numerical results show that the average GHG emission of light-duty ETs is 69% lower than that of light-duty DTs, while that of medium-duty ETs is 9.8% higher than that of medium-duty DTs. As regards TCO, those of plug-in ETs and battery-swap ETs are 37.8% lower and 21% higher than that of light-duty DTs, while for medium-duty trucks, the TCO of plug-in and battery-swap ETs are 6.7% lower and 18.9% higher than that of medium-duty DTs. The main conclusion of this paper is that light-duty plug-in ETs exhibit the best performance in terms of cost saving and GHG emission reduction. Moreover, ETs show more advantages than DTs when the frequency of use is higher or when the driving environment is more congested.

Yeow, L. W., et al. (2022). "Life cycle greenhouse gas emissions of alternative fuels and powertrains for medium-duty trucks: A Singapore case study." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 105: 103258.

Alternatives to conventional diesel engines in medium/heavy-duty commercial trucks offer promising solutions to decarbonize road freight. We compare the life cycle greenhouse gas (GHG) emissions from diesel, battery electric (BEV) and hydrogen fuel cell (FCV) medium-duty urban delivery trucks (gross vehicle weight 3.5 – 7 metric tonnes) in Singapore, including the vehicle and fuel production, use phase and end-of-life stages. Use phase energy demand was estimated by simulating energy consumption on local real-world driving cycles. BEVs powered by the 2019 electricity mix had up to 11% lower GHG emissions than conventional diesel, but doubling battery capacity to meet travel range requirements resulted in up to 12% higher emissions. FCVs using gaseous hydrogen via steam methane reforming achieved 23 – 30% GHG reductions while satisfying range requirements. Efforts in obtaining updated and reliable data on vehicle production remain critical for assessments of emerging technologies and enacting evidence-based policies to decarbonize road freight.



Zhao, Y., et al. (2016). "Carbon and energy footprints of electric delivery trucks: A hybrid multi-regional input-output life cycle assessment." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 47: 195-207.

Due to frequent stop-and-go operation and long idling periods when driving in congested urban areas, the electrification of commercial delivery trucks has become an interesting topic nationwide. In this study, environmental impacts of various alternative delivery trucks including battery electric, diesel, diesel-electric hybrid, and compressed natural gas trucks are analyzed. A novel life cycle assessment method, an environmentally-extended multi-region input-output analysis, is utilized to calculate energy and carbon footprints throughout the supply chain of alternative delivery trucks. The uncertainties due to fuel consumption or other key parameter variations in real life, data ranges are taken into consideration using a Monte Carlo simulation. Furthermore, variations in regional electricity mix greenhouse gas emission are also considered to present a region-specific assessment for each vehicle type. According to the analysis results, although the battery electric delivery trucks have zero tailpipe emission, electric trucks are not expected to have lower environmental impacts compared to other alternatives. On average, the electric trucks have slightly more greenhouse emissions and energy consumption than those of other trucks. The regional analysis also indicates that the percentage of cleaner power sources in the electricity mix plays an important role in the life cycle greenhouse gas emission impacts of electric trucks.

Zhou, T., et al. (2017). "Life cycle GHG emissions and lifetime costs of medium-duty diesel and battery electric trucks in Toronto, Canada." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 55: 91-98.

Battery-electric trucks (BET) are an alternative to diesel trucks and have the potential for lower life cycle greenhouse gas (GHG) emissions and total lifetime costs (TCO). This study compares a Class 6 medium-duty BET with a Class 6 medium-duty diesel truck. Vehicle fuel consumption is simulated for Toronto driving conditions, based on different drive cycles, operating temperatures and payloads. The base case results show the BET has lower life cycle GHG emissions and higher lifetime TCO than the diesel truck, but this does not hold across all conditions. GHG emissions of the BET are higher than those of the diesel truck under 100% payload in driving conditions with infrequent stops, while the results are less sensitive to operating temperature. The lifetime cost of the BET can be lower than that of the diesel truck in situations that have driving with frequent stops/starts and with low payloads and low battery and charging station costs. These variables also affect estimated GHG abatement costs, which are highly relevant as carbon pricing is being introduced in the province.





[Insert picture/logotype]



IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd.  
P.O. Box 210 60 // S-100 31 Stockholm // Sweden  
Phone +46-(0)10-7886500 // [www.ivl.se](http://www.ivl.se)



# Driftsdata eldriven tung lastbil

## BILAGA 2. - *Delrapport inom projekt Metod och datastöd för miljöanalys av eldriven trafik*

Sebastian Bäckström, IVL Svenska Miljöinstitutet

### **Driftsdata eldriven tung lastbil.**

Delrapport inom projekt Metod och datastöd för miljöanalys av eldriven trafik

Sebastian Bäckström, IVL Svenska Miljöinstitutet



*Batteridrivna ellastbilar har under de senaste två åren tagits i drift av flera transportörer inom livsmedelsbranschen. I och med detta kommer flera aktörer att behöva göra klimat, energi och miljöberäkningar för eldrivna godstransporter på väg. I detta PM redovisas delresultat från en pågående insamling av driftsdata från batteridrivna lastbilar i distributionstrafik.*



*Batteridrivna lastbilar för varudistribution erbjuds nu av flera stora lastbilsleverantörer.*

Introduktionen av batteridrivna helelektriska lastbilar pågår på den svenska marknaden. Inom segmentet varudistribution har flera aktörer införskaffat testfordon vilka nu följs upp av nybeställningar som utökar fordonsflottorna. Kopplat till den nya tekniken finns ett stort intresse av att beräkna klimat, energi och miljönyttor med den nya tekniken. Då tekniken är ny, och antalet fordon i trafik är begränsat, finns det få öppna källor med uppgifter som behövs för att genomföra en hållbarhetsberäkning för en godstransport med en elektrisk lastbil. Network for Transport Measure, NTM<sup>1</sup>, har som ambition att tillhandahålla relevanta metodbeskrivningar och default-dataset för de som inte har tillgång till specifika

uppgifter för de transporter som skall beräknas. Som en del i detta arbete, och som en del i det av Triple F finansierade projektet ”Metod och datastöd för miljöanalys av eldriven trafik”, har verklig elförbrukning för lastbilar i trafik undersökts.

Syftet med undersökningen har varit att skapa ett dataunderlag vad avser lastbilarnas energianvändning under verkliga trafikförhållanden. Detta underlag skall ligga till grund för beräkning av de typvärden som NTM presenterar och vilka används som default-värden i beräkningsverktygen NTMCalc<sup>10</sup>.

Datainsamlingen har genomförts av chaufförer och personal på de terminaler ifrån vilka elektriska lastbilar utgår. Fordonen har laddats när de är parkerade vid terminalen mellan distributionsturer. Ett manuellt datainsamlingsprotokoll har använts i vilket chaufförerna har gjort noteringar vid start av distributionsturen samt efter avslutad tur då fordonet kopplas till laddaren igen. På detta sätt fångas uppgifter om själva turen samt den mängd el som fordonet laddas med. Då fordonen alltid startar sin körning med full laddning kan den mängd el som laddas efter en tur kopplas till de uppgifter som noterats för den föregående turen. Data hämtas från styrsystemet till de laddare som används och avser mängden el som matats in i laddaren från elnätet. På så sätt ingår samtliga energiförluster som uppstår i laddaggregatet, vid överföringen till fordonet och i fordonets batterisystem och drivlina.

Utöver uppgifter om förbrukad mängd el noteras uppgifter relevanta för fordonets framförande och energiförbrukning, såsom typ av distributionstrafik (city, tätort, regional etc.), lastvikter, tid på dygnet, väglag, yttertemperatur, temperatur i lastutrymme och antal planerade leveransstopp. Uppgifter om föraridentitet har ej noterats varför eventuella skillnader mellan individuella körstilar ej kan undersökas. Data om fordonets körmönster (hastighet, acceleration och start-stop mönster) har ej registrerats.

Den insamlade datamängden möjliggör beräkning av genomsnittlig elanvändning samt hur denna relaterar till skillnader mellan turerna, såsom t.ex. lastmängd och tid på dygnet. I tabell 1 visas exempel på hur medelvärde beräknats för totalt 62 turer, jämnt fördelade mellan dag och natt, uppvisar en skillnad om 15% i elanvändning. Man ser att trots att lastmängder och antal planerade stopp är lika så förbrukar fordonet mer el under natt-turerna. Orsaken till skillnaden är troligen kopplat till skillnader i snitthastigheter och körbeteende i olika trafiksituationer.

Tabell 12. Exempel på analys av driftsdata från perioden februari – mars 2022. Distributionslastbil max vikt 27 ton.

Exempel på analyser utifrån insamlad data i projekt MEG. Data för BEV i distributionstrafik i tätort februari-mars 2022.									
Turer som startar på	Antal turer i	Elförbrukning, (från nät in till laddare) (kWh/fkm)	Medelsträcka (km)	Längd på tur (minuter)	Snitthastighet (inkl stopp) (km/h)	Antal stopp (per tur)	Medel batt anv. (%)	Medellast (ton)	Utetem (grader C)
Dag (06-18)	34	1,3	29,1	155	11,9	6,06	19%	2,7	3,0
Kväll (18-00)	0								
Natt (00-06)	28	1,5	21,1	89	16,4	5,0	14%	2,7	-0,3
Skillnad NATT/DAG		15%	-28%	-43%	38%	-17%	-28%	-1%	

Datainsamlingen har skett för lastbilar i trafik i Stockholms och Göteborgsområdet.

<sup>10</sup> Se [www.transportmeasures.org](http://www.transportmeasures.org)





# Appendix 1.

## 1 Analysis of collected data from battery electric distribution truck

### 1.1 Introduktion

I detta appendix redovisas sammanställning av mätdata som insamlades under projektets mätaktiviteter.

Data loggades för fordon av modell Volvo FL under totalt tre perioder, 2021 12 20 till 2021 12 30, 2022 02 21 – 2022 03 22 samt 2022 09 14 – 2022 10 04. Fordonet har en högsta tillåtna fordonsvikt om 27 ton och högsta tillåtna lastvikt är 13,6 ton. Fordonet är utrustat med ett batteri med en maximal kapacitet om 300 kWh. Fordonet används för distribution av livsmedel inom Stockholms city och dess närområden. Fordonet används för ett dagsskift (ca 8:00-16:00) och ett nattskift (01:00 – 05:00).

Totalt kunde data analyseras för 120 turer, varav ca. hälften under dag och hälften under natt.

Data om fordonens elförbrukning har fångats via fordonets display och från laddutrustningen i samband med att varje tur påbörjats och avslutats. Chauffören har noterat aktuella värden i ett protokoll som under tiden för undersökningen har legat i fordonets hytt. Protokollföringen har fungerat mycket bra och endast enstaka turer har fallit bort ur underlaget pga. ofullständiga uppgifter.

### 1.2 Resultat

Under vinterperioden uppmättes 85 turer för vilka ett antal nyckeltal beräknades. Medelvärdet för dessa nyckeltal beräknades för dag respektive natt turer då skillnader i trafiksituation då kunde undersökas. Resultat redovisas i tabell A1 nedan.

Tabell A1. Medelvärden för trafikmätningar under vintern 21/22.

Rigid truck Bet 26t., city distribution traffic Stockholm, Winter 2022.									
M&S DEC 2021 + FEB 2022		Electricity use, (in vehicle)	Average tour distance	Average tour duration	Overall avr. speed (incl. stops)	No. deliveries (per tour)	Avr. Battery capacity utilisation (%)	Average pay load (tonne)	Outdoor temp. (deg. C)
Starting time	No. tours in the average v	(kWh/vkm)	(km)	(minutes)	(km/h)				
Daytime (06-18)	45	1,64	27,7	145	12,5	5,9	18%	2,5	1,4
Evening (18-00)	0								
Nighet (00-06)	40	1,64	21,0	95	15,4	5,3	14%	2,7	-1,5
Difference day-night related to daytime value		0%	-24%	-34%	23%	-11%	-21%	7%	

Den förväntade skillnaden mellan dag och natt trafiken vad gäller energianvändning kunde ej påvisas i detta dataunderlag. Man noterar en något högre snitthastighet (inräknat tid för leveransstopp) vilket troligen beror på högre genomsnittshastighet i vägnätet vid lägre trafikintensitet. Den högre bränsleförbrukningen vid högre hastigheter ser ut att vara i paritet med de förluster (trots regenerativ bromsning) som uppstår i tät trafik med fler stop- och accelerationscykler. Den genomsnittliga utlastningsvikten utgör knappt 20% av fordonets lastkapacitet.

Motsvarande mätning genomfördes på samma fordon i liknande trafikupplägg under andra halvan av september månad. Rutterna under dagtid hade dock färre stopp och var kortare avseende körsträcka.



Yttertemperaturen var ca 11 grader högre än under mätningarna under vinterperioden. Mätvärden för september 2022 redovisas i tabell A2 nedan.

Tabell A2. Medelvärden för trafikmätningar under september 2022.

Rigid truck Bet 26t., city distribution traffic Stockholm, September 2022.									
M&S		Electricity use, (in vehicle)	Average tour distance	Average tour duration	Overall avr. speed (incl. stops)	No. deliveries (per tour)	Avr. Battery capacity utilisation	Average pay load	Outdoor temp.
Starting time	No. tours in the average v.	(kWh/vkm)	(km)	(minutes)	(km/h)		(%)	(tonne)	(deg. C)
Daytime (06-18)	21	1,30	19,4	87	13,5	3,6	10%	3,1	12,0
Evening (18-00)	0								
Nighet (00-06)	15	1,16	22,7	90	16,0	5,9	11%	2,4	10,8
Difference day-night related to daytime value		-11%	17%	3%	19%	62%	10%	-22%	

I detta underlag ser vi en lägre elförbrukning generellt, och en skillnad blir tydlig mellan dag och natt trafiken. Skillnaden i energianvändning kan till viss del förklaras av lättare last. Den högre snitthastigheten gör att natt turen hinner göra nästan dubbelt så många leveranser på samma tid som dagturen.

Om man jämför värden för höst och vinter erhålls följande resultat, se tabell A3 nedan.

Tabell A3. Skillnader mellan vinter respektive höstförhållanden.

	WINTER			SEPTEMBER			Increase in winter, delta temp: 12 deg. C	
	Electricity use, (in vehicle)	Avr. Battery capacity utilisation	Outdoor temp.	Electricity use, (in vehicle)	Avr. Battery capacity utilisation	Outdoor temp.	Electricity use, (in vehicle)	Avr. Battery capacity utilisation
	(kWh/vkm)	(%/vkm)	(deg. C)	(kWh/vkm)	(%/vkm)	(deg. C)	(kWh/vkm)	(%)
Daytime (06-18)	1,64	0,7%	1	1,30	0,5%	12	27%	28%
Nighet (00-06)	1,64	0,7%	-2	1,16	0,5%	11	41%	41%

Mätvärden för aktuellt fordon indikerar en ca 30 % högre elanvändning under vintertrafiken, exakt värde på ökningen påverkas både av temperaturskillnader men även faktorer kopplat till distributionstrafiken påverkar (såsom lastvikt, hastighet etc.). Variationer i förbrukning är förväntat då flera faktorer påverkar, både mot ökning (väglag, batteriprestanda, värme i hytt) respektive minskning (t.ex. kylbehov i lastutrymme).

För NTMs defaultdata kan ett genomsnittligt värde för stadsdistribution med små lastvikter (2,5 ton) anges till 1,5 kWh/vkm eller 0,6 kWh/tkm. Notera att detta värde endast är relevant för aktuell fordonstorlek, trafiktyp och lastmängd. Effekten på elförbrukningen vid en variation av dessa parametrar är stor.

Då chaufförer noterat väglag och trafiksituation för varje tur beräknades medelvärden för mätningen under vintern, se tabell A4 nedan.

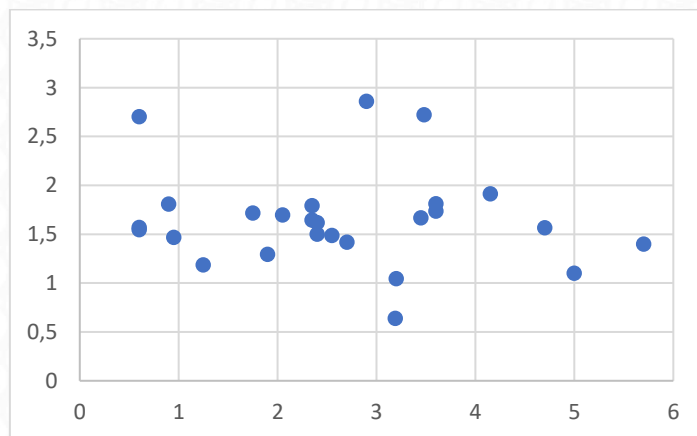
Tabell A4. Undersökning av förändringar pga väglag och trafiksituation.

		Elförbrukning, (från nät in till laddare)							
	Antal turer i medelvärde	(kWh/fkm)			Snitthastighet (inkl stopp)			Medellast (ton)	
					(km/h)				
<b>Torrt</b>	<b>42</b>	<b>1,56</b>	<b>100%</b>		<b>13,88</b>	<b>100%</b>		<b>2,69</b>	<b>100%</b>
Halt	4	1,91	122%		11,46	83%		2,95	109%
Snö/Is	14	1,75	112%		15,63	113%		2,14	79%
Snö/Slask	17	1,68	107%		12,69	91%		2,59	96%
Blött	6	1,50	96%		15,23	110%		2,73	101%
<b>Normalt</b>	<b>70</b>	<b>1,62</b>	<b>100%</b>		<b>13,74</b>	<b>100%</b>		<b>2,64</b>	<b>100%</b>
Lugnt	9	1,74	107%		17,32	126%		2,28	86%
Mycket trafik	6	1,74	108%		10,19	74%		2,58	98%

I tabell A4 ser vi att effekten av blöt körbana jämfört med torr inte är så stor. Effekten av snö och halt väglag ger en ökning av elförbrukningen, vilken troligen är något högre än redovisat om effekten av lägre lastvikt kunde beräknas. Orsaken till detta kan vara ökat rullmotstånd och förändrad trafikrytm. Vi har ej försökt korrigera förbrukningsvärden med skillnader i lastvikt då dessa är små (300 – 700 kg) i förhållande till fordonets lastkapacitet (13 000 kg), se även resonemang nedan.

Vad gäller effekten av trafiksituationen ser vi mycket små effekter, troligen beroende på stora subjektiva bedömningar av vad som är normal respektive tät trafik. Snitthastigheten för rutterna förändras dock som förväntat vilket indikerar att det finns en effekt, kopplingen till energiförbrukningen är dock påverkad av ytterligare effekter, troligen förändrade snitthastigheter och körmönster.

Effekten av lastviktens påverkan på energiförbrukningen undersöktes för ett urval av observationerna. I figur A1 har genomsnittlig energiförbrukning under 26 turer plottats som funktion av aktuell lastvikt. Samtliga turer är mätta dagtid där chauffören noterat torr vägbana och normal trafik.



Figur A1. Electricity use in WINTER temperature (kWh/vkm) as function of payload (tonne) at dry road, normal daytime city traffic (Stockholm).

Som tydligt visas i figuren finns det ingen tydlig korrelation mellan energianvändning och lastvikt inom de variationer av lastvikt som är aktuella för denna typ av trafik.

### 1.3 Diskussion

I denna studie har data från verklig trafik registrerats för en batteridrivna lastbil i distributionstrafik i Stockholm under 2022. Då dataunderlaget baseras på mätningar från endast ett fordon kan effekter

orsakade av enstaka fel riskera att göra absolutvärden icke representativa för fordonstypen. Detta måste beaktas vid användning av de värden som redovisas.

Vi finner det intressant att mätvärden indikerar att energianvändningen ökar med storleksordningen 30% när yttertemperaturen sjunker ca 11 grader och ligger runt noll grader celcius. Vi noterar även att fordonet i denna trafik (citydistribution med korta körsträckor och små lastvikter) endast nyttjar 20% av den batterikapacitet som fordonet har. Denna överdimensionering bör undersökas vidare då den innebär betydande kostnader för fordonsägaren och miljöpåverkan i tillverkningsledet.

Vi vill rikta ett stort tack till de företag som deltagit i arbetet, och ett särskilt stort tack till de chaufförer som nogsamt fyllt i det dataprotokoll (se appendix 2) som möjliggjort denna studie.



# Appendix 2.

## Formulär för dataloggning av ellastbil i trafik.

### Instruktion

Fyll i en kolumn för varje tur. Om ingen laddning sker mellan två turer så anges 0 (nolla) i rutan för 'Mängd el laddat sedan föregående tur'.  
Rader med \* är viktigast att få med!

Fordons ID/regnummer:

### Vid start av tur

Datum (ÅÅ-MM-DD)	•	22-09-01	22-09-01							•
Tidpunkt avfärd (hh:mm)	•	06:00	10:00							•
Odometer avfärd (km)	•	12500	12800							•
Laddstatus vid avfärd - % (%)	•	100 %	80%							•
Laddstatus vid avfärd - räckvidd (km)	•	150	120							•
Laddstatus före avfärd - Annan enhet (kWh etc.) ( ) OBS! Ange enhet!	•	300 kWh	200 kWh							•
Mängd el laddat, <u>sedan föregående tur och fram till avfärd</u> (kWh)	•	158 kWh	50kWh							•
Tid för laddning (före denna tur) (hh:min)	•	35 min	25 min							•
Ev. kommentar / Annan info om laddningen										
Lastad godsmängd vid start (ton)	•	4800	5200							•
Antal planerade stopp för lasta/lossa	•	3	1							•
Namn på dig som fyllt i uppgifterna	•	Micke	Micke							•

### Vid avslut av tur/skift

Datum (ÅÅ-MM-DD)	•	22-09-01	22-09-01							•
Tidpunkt avslut av turen (hh:mm)	•	08:30	12:00							•
Odometer avslut (km)	•	12800	13200							•
Laddstatus vid avslut - % (%)	•	35 %	15 %							•
Laddstatus vid avslut - räckvidd (km)	•	50	20							•
Laddstatus före avslut - Annan enhet (kWh etc.) ( ) OBS! Ange enhet!	•	70 kWh	40 kWh							•
Typ av trafik/transportupplägg (t.ex. distribution bara i city, distr&pick up förort etc.)	•	Distr city	Distr city							•
Godsets klimatkrav (oreglerad, kyl, frys, blandat)	•	Frys	Kyl							•
Temperatur i lastutrymme, om reglerat (grader C)	•	-24c	+2 c							•
Mängd upphämtat gods/returemballage att lossa vid turens slut (ton)	•	2	0							•
Väglag (torrt, vått, snö/slask, halt)	•	Vått	vått							•
Temperatur UTE (grader C)	•	10 c	12 c							•
Har värme eller AC varit på i hytten?	•	Ja	Ja							•
Hur har trafiken varit under turen (t.ex. ingen trängsel/köer, mycket trängsel/köer, snabbare än vanligt etc.)	•	Normal trafik	Normal trafik							•
Övrig notering om turen, saker som påverkat elförbrukning	•	Baklyft	Baklyft							•

De uppgifter som samlas in används i ett forskningsprojekt där man följer upp energiförbrukningen för eldrivna lastbilar. Målsättningen är att bättre förstå och beräkna vilken miljönytta elektriska lastbilar har jämfört med andra motortyper. **Stort tack till dig som tar dig tid att fylla i dessa uppgifter! Ditt arbete är värdefullt för forskningsprojektets genomförande.**





# Environmental data for vehicle charging equipment

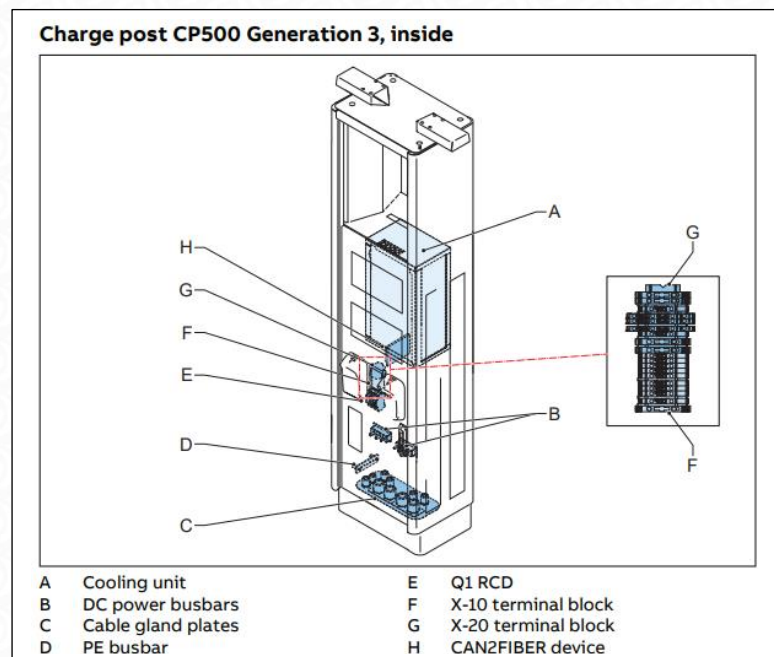
## BILAGA 3. - charging equipment

Henrik Kloo, IVL Svenska Miljöinstitutet

### Environmental data for vehicle charging equipment



The total environmental impact from using a battery electric truck contains contributions from all systems engaged. In the well-to-tank (or battery) chain is the charger equipment a new component for which environmental data is not well known. In this part of the project is the environmental impact contribution from constructing the charger investigated and the need to include this data in a calculation assessed.



350 kW charger housing. From ABB.com.

## 1.4 Introduction

In this PM reported data is presented on environmental impact generated during production of chargers for electric vehicles and with focus on application for heavy vehicles.

The data covers emissions during extraction of materials in the equipment, production of chargers, commissioning and recycling / waste handling of the equipment. Data is collected from published reports and peer reviewed scientific papers. Two unpublished reports have been studied for comparison. The operation of the chargers and environmental impact from production of the electricity for charging is not in the scope. Focus has also been on the impact category “climate change” expressed as CO<sub>2</sub>

equivalents, but the category “Abiotic depletion potential” i.e. resource utilization aspects is also an important parameter for this application.

## 1.5 Literature

Not very many papers have been published where the charging infrastructure itself has been studied. In many cases it has been a minor part of a study of a more complex system and specific data has been difficult to extract from the tables and diagrams. Often impact from the electricity delivered and production of vehicles for certain purposes are included and in this kind of system analysis production of charging points will be a very minor contributor. E.g. Zhao et al. (2021) looked into a charging system for bus operations in Australia 98,8% of all climate impact was attributed to operations (charging) and 1,2% to the equipment.

Life cycle assessments are carried out basically for different reasons; either an inventory of the impact from “cradle to grave” of a specific product or activity or as a comparative study of a change of concepts. In the latter case it is more difficult to extract data for this specific question. All studies have defined a “functional unit” to relate the data to. Such a functional unit may be impact per charging station, per MJ of energy delivered from the station or per km of driving distance with a vehicle charged from the station. In the two latter cases assumptions must be made of how the chargers are used and how the vehicles are operated, which may end up in rather speculative reasoning or a very case specific result. In this PM we start off with the inventory for the chargers itself (i.e. one charging station as functional unit) and how the case studies has transferred this to the functional, unit of MJ energy delivery.

## 1.6 LCA inventory of a charging station

### 1.6.1 Climate change per charging station as functional unit.

For the impact category climate change the most important parameter is the material usage for the production, i.e., copper, aluminum, steel etc. while materials from scarce resources used in the electronic equipment gives the highest contribution to abiotic depletion (see e.g., Kabus et al. 2020). Large stations, such as quick chargers with high effect requires more material due to handling of higher voltages, e.g., high voltage electronics, cooling equipment, larger housings etc. Table 1 shows a comparison between a “normal charger” (7-22 kW) and a quick charger (50 kW) taken from Lucas et al. (2012). In this inventory were concrete for construction also included, which may be a rather large contributor to CO<sub>2</sub> emissions.

<b>Material (kg)</b>	7-22 kW	50 kW
Copper	-	152
Iron	-	228
Concrete	1200	2400
Stainless steel	2.14	90
ABS, glass fibre, PVC	52,5	380
<b>Impact (kg)</b>		
CO <sub>2</sub> eqv./charger	250	2500
CO <sub>2</sub> eqv./charger (exl, concrete)	104	1500

**Table 1.** Inventory for construction and installation of charging points (Lucas, 2021). To exclude the contribution for concrete the emission factors from Zhao 2021 was used on the other materials.



In table 2 data from Zhao et al. (2021) for an ultra-quick charger on 350 kW is presented. This equipment is used for quick charging of buses in Australia. The charging station comprise one power unit, 4 control units and 6 user units with 2 charging points each plus 200 kg of copper cables (514 kg CO<sub>2</sub>eq). In total each charging unit requires 550 kg material corresponding to 1460 kg CO<sub>2</sub>eqv. The impact from transportation and installation was also assessed in this study, but the contribution from this was small (71 and 86 kg respectively). They also estimated a contribution during recycling and disposal that was large (3094 kg), but then they assumed no material recycling at all.

Material	User unit (kg)	CO <sub>2</sub> eq (kg)	Power unit (kg)	CO <sub>2</sub> eq (kg)	Control unit (kg)	CO <sub>2</sub> eq (kg)
Aluminum	39,1	277	80	566,8	80	566,8
Copper	37,2	95,7	500	1285	100	771
Plastic	20	39,2	20	39,2	10	19,6
Steel	50	131	100	262	30	78,7
Etylene glycol	109,7	314	-	-	-	-
Total	260	870	700	2153	220	922

**Table 2.** Materials inventory and CO<sub>2</sub> eq for a 350 kW unit. The power unit and control unit may serve typically 6 user units and the 4 control units (Zhao 2021).

In a study from IVL for a customer (not published) an assessment for 11 kW and 22 kW chargers pointed at CO<sub>2</sub>ek of ca 40 kg and 70kg, this equipment was also designed for having a low environmental impact.

Comparing these studies gives the overall conclusion that chargers for the range up to 22 kW has a carbon footprint of around 100 kg CO<sub>2</sub> eq, while quick chargers of 50 to 350 kW 1500 – 2000 kg CO<sub>2</sub> eq. depending on the set up of power units etc. and the main contribution is related to production of the construction material. Thus, the carbon footprint is not fully related to the capacity, rather to the amount and kind of material and additional equipment for cooling, cables etc. in the quick chargers makes these somewhat more CO<sub>2</sub> intense. For comparison it is worth noting that 100 kg CO<sub>2</sub> corresponds to 40 liters of diesel B5 fuel.

### 1.6.2 Climate change per MJ from the charging station

Most of the cited studies has also estimated the impact from the stations as CO<sub>2</sub> equivalents per energy unit as functional unit. To do this many assumptions has to be made. For a charging station dedicated to a special operation, such as the bus operator in Australia (Zhao, 2021) the amount of electricity needed for this specific bus fleet from a specific charging station may be estimated from the number of busses this will serve during the expected lifetime of the station, which depends on the routes of the bus service, daily operation etc. Knowing the electricity consumption of the busses makes it possible also to calculate a value of climate impact per km. However, this study only reported the impact for the entire operation, which is fully dominated by the energy usage for operation of the buses.

A simple calculation example where a 350 kW charger, with a 20 year life time, were to supply a fleet of 4 vehicles, each with a daily driving distance of 500 km and average electricity consumption of 2 kWh per vkm, **yields a contribution of some 1,4 g. CO<sub>2</sub>e/vkm** from the supply of the charger infrastructure.

Lucas (2012) as well as Kabus (2020) discussed the case with public charging stations and home charging for a national fleet of electric cars in Portugal and Germany, respectively. In such cases assumptions must be made on the amount of public charging stations that are available for the estimated

number of vehicles, behavior of the drivers, driving distance and lifetime of cars as well as infrastructure etc. A home charger probably only serves the vehicles in one household and relates to the driving distance in these, while a public charger will be used more the more vehicles that are around and if few stations are available the equipment will be used more intensively and thus deliver more electricity, which will reduce the CO<sub>2</sub> impact per MJ from production of the station substantially. Kubus also analysed a concept with smaller on-board chargers on each vehicle in a comparative LCA, which makes it more difficult to extract data for a normal charging concept.

## 1.7 Conclusions and recommendations

Most studies have a wider scope than just the charging equipment and in this context the impact from the production, installation, maintenance, and recycling is more or less neglectable, especially if the energy mix for charging has a large content of fossil fuels. The climate impact from the equipment is mostly related to the material usage for construction of the housings, cables, and other metals in the equipment, while the resource depletion (impact category “abiotic depletion”) is mostly related to scarce materials the electronic equipment. High voltage DC chargers are more CO<sub>2</sub> intense as they often need more equipment for cooling, high voltage electronics, etc.

The climate impact expressed as CO<sub>2</sub>eq per amount of energy or km driven by the vehicles using the equipment is very case specific, so a general figure or even “rule-of-thumb” is seldom reported specifically for the equipment, instead it is part of the sensitivity analysis for the entire operation. Thus, our recommendation is to use the kg CO<sub>2</sub> per charging station as a starting point and relate this to the operation it is intended to serve. To find the contribution per delivered MJ must the expected total charging volume (MJ electricity delivered to vehicles) be established.

As a default for NTM can the contribution from the production of the charger unit be neglected.

## 1.8 References

### 1.8.1 Published peer reviewed articles

Kubus M., Nolting L., Mortimer B. J., Koj J. C., Kuckshinrichs W., De Doncker R. W., Praktijnjo A. (2020) *Environmental impact of Charging Concepts for Battery Electric Vehicles: A Comparison of On-Board and Off-Board Charging Systems Based on a Life Cycle Assessment*, Energies 13, 6508

Lucas A., Silva C. A., Neto R. C. (2012) *Life cycle analysis of energy supply infrastructure for conventional and electric vehicles*, Energy Policy 41, 537 – 547

Zhao, E., May E., Walker P. D., Surwski N. C. (2021) *Emission life cycle assessment of charging infrastructure for electric buses*, Sustainable Energy Technologies and Assessments 48, 101605

### 1.8.2 Unpublished reports studied for comparison

Levren A. (2022) Unpublished IVL report U214415

Volvo report ER-6767442 (2020), *Opportunity charging – Comparing the climate impact of slow and fast charging*.

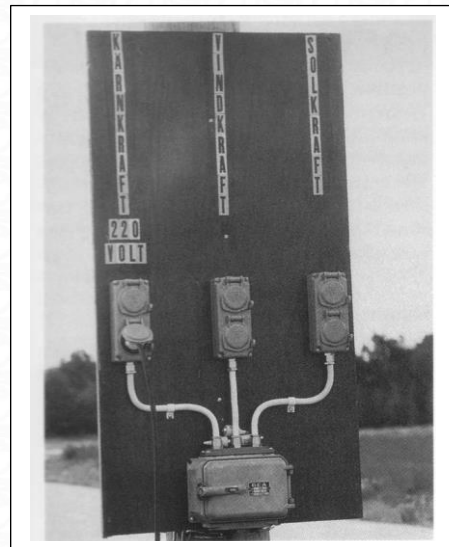


*Environmental data for electricity supply***Environmental data for electricity supply**

Magnus Swahn, NTM - Network for Transport Measures



*The haulier operating a battery electric truck is facing a new task when assessing the environmental footprint of the operation. Information about the environmental impact from electricity production and supply is non transparent and the operator is dependent on the electricity supplier to report the relevant data. In this part of the project we wanted to investigate how prepared the electricity providers are to meet data requests from a new group of actors, fleet managers operating electrical trucks.*



*Early attempt (1978) to deliver specified electricity, to an anti-nuclear power demonstration at Ringhals, Sweden.*

## 1.9 Background

Based on the pre-assumption of key driver for swapping to electric fuelled transport is to reduce climate impact and improve air quality there should be an obvious need for credible quantification data for all parties involved. This should, according to our hypothesis be particularly important at this early phase of transition where direct and indirect costs is high and implementation involves various risks. The assumption was that benefits related to the overall targets needs to be quantified.

As the ability for carriers to assess total energy use, environmental and climate gains from electrified freight transport is totally dependent on relevant data provided by the power suppliers their support is

obvious crucial. Quantification and thereby effect assessment requires easily available and credible data regarding total provided electric power and its origin, hence enabling assessment of well-to-tank (wtt) emissions of air pollutants and greenhouse gases. Core wtt-emissions are supplied by NTM-data but upstream and downstream electric propulsion wtt-data was a substantial challenge to assess and thereby provide to effect more relevant analysis.

The challenge to receive needed consumption and core wtt-emission data are more difficult for carriers using various charging service providers along various transport routes. Charging at own sites where the carrier presumably has procured these services specifically for their needs should make data availability more relevant. For comparability reasons it may be more relevant to use upstream, core and downstream wtt-emission factors, provided by NTM and consumption data from the power supplier.

An additional challenge is to link and log the specific electricity provided through a charger to a specific vehicle. Unless this is carried out through a automated seamless solution where the carrier regularly receives electric consumption per vehicle it is more or less impossible to correctly allocate electric consumption to individual trucks. In a second step such data can be allocated to shippers using carriers for shared transport services. During carrier interviews it was obvious that today's common diesel fuel allocation uncertainty related to tanking cards exchange between drivers is being copied among electric vehicles drivers. Somehow there is a need to develop a standard that measure and record total amount of energy carrier delivered linked to the dispenser identity (fuel or electricity) and its connection to a specific vehicle identity.

## 1.10 Aim

To assess carriers' present ability to from their electricity supplier request and receive, and thereby become able to provide shippers with, accurate data on total upstream and core well-to-tank energy use and emissions in electrified transport services.

## 1.11 Methodology

Based on this presumed need and background it is necessary to receive regular and credible reports from the charging and electricity service providers. In order to investigate if and how this works today we asked the participating companies to send a request form consisting of questions on environmental data linked to their electricity supply and charging service providers. In order to avoid a biased result, it was considered essential to handle this between the commercial contacts and not sent out to environmental experts within involved parties.

To help the process a standard template to be filled in was developed to be used by each project member in their relation to their service providers. See Appendix 1 Mail and template (in Swedish) to be sent out by mail to suppliers of electrical power and charging services.

## 1.12 Delimitations

Since the number of participating companies and vehicles was limited the potential sample of results was assumed to be small and results to be considered indicative.



Downstream wtt-data was not requested as considered too difficult to obtain. To exemplify this challenge, we assume it is almost impossible to quantify emissions and energy use from radioactive waste treatment and scrapping of nuclear power plant etc.

### 1.13 Results

The process to send out this request was for different reasons somewhat cumbersome as there were some unclarity involved in the questionnaire. Furthermore, the process may have been affected by bad timing due to upcoming Christmas rush where delivery of goods is these companies' top priority.

In general, it became obvious that the ambition level and corresponding follow-up template was much too high in relation to present scale of implementation of electrified trucks. All participating companies are presently operating a very limited number of trucks in their fleets. These vehicles are commonly seen as pilot projects where key findings eventually will form a long-term strategy for a gradual ramping up the number of electric vehicles.

This cautious approach is likely linked to internal evaluation needs on how electrified trucks meets distribution requirements and thereby can be efficiently implemented. In addition, it is a well-known fact that this is the first or second generation of electric trucks which presumable will lead to several giant development steps that if full scale implemented already today probably would mean huge replacement costs and risks.

Present companies introducing electric distribution trucks are for sure early adopters and in general eager to learn how it works, but not willing to put the whole business operation at stake. Thus, the present applications are dominated by one to a few vehicles being charged at their home site at well known costs. Very few uses supercharging off site as this is costly and seldom needed in these specific and specifically adapted distribution applications. This also means that the electric supplier is normally the same as for the site and company where annual environmental data is linked to the existing contract.

The general ability to measure consumption is linked to each specific configuration. In one application the charger and the nearby site operation department was evaluated in total which meant difficulties to separate vehicle consumption.

In general, it was a fairly low interest to follow-up in detail on environmental effects according to send out questionnaire at this stage of small-scale implementation. Management was more concerned about functionality and in addition convinced that electric vehicles implemented full scale will lead to very low emissions and an energy efficient distribution. Detailed measurement of emissions for present small-scale tests did not seem to be the highest priority. More important was to evaluate if the trucks provided are sufficiently viable regarding ability to fulfil distribution distances, number of stops, temperature control etc. To make these vehicles work in the present distribution context required various adaptations, hence this is what first needs to be developed i.e., a need for better operational understanding.

Follow-up of emissions and energy use seem to be satisfactory if made on more general data. The questionnaire sent out from the fairly few project partners gave in summary below results:

Environmental evaluation area	Yes	No	Comments
Truck specific electric consumption	43%	57%	Linked to charger data if available



GHG-emissions	57%	43%	Linked to existing supplier of electricity
Air pollutants	57%	43%	“

Overall, it was difficult to receive detailed response in line with the questionnaire sent out and our overall conclusion is that we are still in a very early phase of electrification of transport operation where pure function is much higher on the priority list than specific energy use, greenhouse gases and air pollutants. Interviews highlighted the fact that specific environmental data (mostly GHG) commonly are available linked to existing contracts with electricity supplier.

The reasoning for participating companies to not send out our questionnaire according to our expectations was that was not aligned with their internally determined follow-up scope. In this context, the rationale for all companies is to measure equal and not overdo the measuring and follow-up. To expand the system boundary to upstream wtt-data did in this study not align with existing site follow-up on electricity generated emissions. The opinion is rather that upstream (and downstream) wtt-data need to be accounted for elsewhere i.e., the vehicle supplier and electricity supplier. If the shift towards electrified vehicles means that total emissions exceed present well-functioning diesel-based solutions, electrification will not be their choice of solution. In summary this means that below equation for market adoption of electrified solution is decisive, especially as present total cost for ICE solutions are significantly lower than BEV solutions.

$$\text{BEV} \sum (\text{upstream}_{\text{wtt} + \text{ttw}} + \text{core}_{\text{wtt} + \text{ttw}}) < \text{ICE} \sum (\text{upstream}_{\text{wtt} + \text{ttw}} + \text{core}_{\text{wtt} + \text{ttw}})$$

## Appendix 1 Mail and template

Ämne: Fråga om utsläpp kopplat till elanvändning.

Hej.

Inom vår verksamhet bedriver/planerar vi nu en utveckling mot elektrifiering av våra godstransporter med lastbil och i denna process medverkar vi i projektet ”Miljöeffekter av elektrifierade godstransporter”. Målsättningen med detta projekt är att kunna redovisa de miljönyttor samt negativa miljöaspekter som uppstår vid en elektrifiering. Detta utgör grunden till en frågeställning som vi skulle vilja rikta till er som leverantör av den el vi använder i våra fordon. Det är bara tillgängligheten till relevant grunddata som vi vill utreda och skulle därför vilja be er att fylla i relevanta värden i tabellen i bilaga 1 för el som inköptes under verksamhetsåret 2021.

Svaret på frågan bör vara giltigt för den el som levererades under Q3 2022 till vår anläggning (med elmätarID xxxxxxxxxxxx) på adressen ADRESS ORT.

Bilaga 1.

Vilka utsläpp samt vilken primärenergianvändning skall vi koppla till användning av 1 kWh el som vi köper från er, se parameterurval i nedanstående tabell. Om ni av olika skäl inte kan ange dessa värden får ni gärna meddela orsak. Vi ser gärna att er data omfattar ett livscykelperspektiv, vänligen ange om så inte är fallet.

Leverantör:	Elproduktion		Eldistribution		Fordonsladdning	
Miljöparametrar	Anläggning och infrastruktur (1)	Drift (2)	Elnät för överföring (3)	Emissioner kopplat till drift och förluster	Laddanläggning (4)	Förluster vid laddning
Fossil koldioxid, CO2 [g/kWh]						
Biogen koldioxid, CO2 [g/kWh]						
Koldioxidekvivalenter, CO2e [g/kWh]						
Svaveldioxid, SO2 [g/kWh]						
Koloxid, CO [g/kWh]						
Kolväten, HC [g/kWh]						
Metan, CH4 [g/kWh]						
Kväveoxider, NOx [g/kWh]						
Lustgas, N2O [g/kWh]						
Partiklar, PM [g/kWh]						
Energiåtgång [MJ/kWh]						
Ursprungskälla [kraftslag]						

Andra kommentarer:

1) Bygge och förvaltning av kraftanläggning, solcellsanläggning etc		
2) Driftens utsläpp, exempelvis kraftvärmeverkets utsläpp från förbränning		
3) Bygge och förvaltning av elnät och elcentraler etc. fram till vår anläggning		
4) Produktion och förvaltning av laddningsinfrastruktur		

