



**CHALMERS**

# **Livscykelanalys av storskaligt laddsystem (AC) för elektriska fordon**

En vagg-till-grind analys med avseende på dess påverkan på globala uppvärmning

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Ekonomi och Produktionsteknik

HUGO BOLINDER  
ELIAS FREDRIKSSON

**INSTITUTIONEN FÖR TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION  
AVDELNINGEN FÖR MILJÖSYSTEMANALYS**

---

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, 2024  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)



# Livscykelanalys av storskaligt laddsystem (AC) för elektriska fordon

En vaggera-till-grind analys med avseende på dess  
påverkan på globala uppvärmning

HUGO BOLINDER  
ELIAS FREDRIKSSON

TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION  
Avdelning för miljösystemanalys  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2024

Livscykelanalys av storskaligt laddsystem (AC) för elektriska fordon  
En vagga-till-grind analys med avseende på dess påverkan på globala uppvärmning

HUGO BOLINDER  
ELIAS FREDRIKSSON

© HUGO BOLINDER, 2024  
© ELIAS FREDRIKSSON, 2024

Teknikens ekonomi och organisation  
Chalmers tekniska högskola  
412 96 Göteborg  
Sverige  
Telefon + 46 (0)31-772 1000

Göteborg, Sverige 2024

Göteborg, Sverige 2024

Livscykelanalys av storskaligt laddsystem (AC) för elektriska fordon  
En vagga-till-grind analys med avseende på dess påverkan på globala uppvärmning

HUGO BOLINDER  
ELIAS FREDRIKSSON

Institutionen för Teknikens ekonomi och organisation  
Chalmers Tekniska Högskola

# Förord

Följande rapport är ett examensarbete vid Teknikens ekonomi och organisation och avdelningen för miljösystemanalys vid Chalmers Tekniska Högskola på högskoleingenjörsprogrammet, Ekonomi och Produktionsteknik. Arbetet är på 15 HP och har på uppdrag av ChargeNode utförts under vårterminen 2024.

Detta arbete har delvis genomförts på företagets huvudkontor i Mölndal men även på distans, vilket har praktiskt varit möjligt genom att viss data har erhållits på företaget och annan genom mail och andra samtalskanaler. Kontakten med företaget och leverantörer har varit kritisk då livscykelanalysen varit beroende av företags- och leverantörsspecifikdata, så vi vill tacka alla delaktiga för deras bidrag till vårt arbete.

Vi vill tacka ChargeNode för möjligheten att utföra examensarbetet hos dem och den erfarenhet det medföljer. Vi vill rikta ett speciellt tack till vår handledare, och ChargeNodes produktchef, Christofer Rosengren samt deras tekniska projektledare Martin Lindahl och FoU-chef Henrik Fries för stöttning genom arbetet. Vi vill även tacka vår handledare från Chalmers, Björn Sandén samt doktorand Pedro Anchustegui Balner för deras stöd.

# Sammanfattning

Detta examensarbete syftar till att undersöka ChargeNodes Gen5 laddsystems inverkan på global uppvärmning ur ett "vagga-till-grind"-perspektiv med hjälp av en livscykelanalys uttryckt i koldioxidekvivalenter. ISO-standarden 14040 har utgjort grunden för genomförandet av livscykelanalysen.

De huvudsakliga forskningsfrågor som analysen berör är vad för inverkan ChargeNodes nya laddsystem har på den globala uppvärmningen, vad för förbättringar som kan göras för att minska produktens inverkan och om det finns särskilda komponenter som inte anses gynnsamma sett till dess klimatpåverkan.

Livscykelanalysens första steg är definition av mål och omfattning som innefattar att identifiera de koldioxidekvivalenta utsläppen som är kopplade till ChargeNodes nya generations laddstation. Omfattningen beskriver hela produktsystemet och de avgränsningar som behövt göras för varje delsystem. Avgränsningarna i detta arbete har delvis berott på tidsbegränsningen som medföljer ett examensarbete på kandidatnivå, utöver tidsbrist har även en begränsad datatillgång för vissa komponenter påverkat omfattningen och lett till avgränsningar. Syftet med de avgränsningar som gjorts är att säkerställa att analysen uppfyller de mål som satts och leder till ett realistiskt resultat.

Den funktionella enheten för analysen är ett uttag för elbilsladdning. Eftersom datan som behandlas redan är inhämtad i den enhet, CO<sub>2</sub>-eq, som resultatet presenteras i så behöver inte en miljöpåverkansbedömning göras i ett separat steg. Dessa resultat sammanställs sedan för ett komplett laddsystem med 20 uttag.

Det delsystemen med störst inverkan på global uppvärmning var smartmodulen och dess delkomponent Nodeboard specifikt som utgjorde 50% av systemets totala GWP. Trots att aluminiumkomponenterna utgör den absoluta majoriteten av systemets massa stod de endast för 33% av den totala GWP:n.

# Abstract

This thesis aims to investigate the impact of ChargeNodes Gen5 charging system on global warming from a "cradle-to-grave" perspective using a life cycle analysis expressed in carbon dioxide equivalents. The ISO standard 14040 has formed the basis for the implementation of the life cycle analysis. The study is a part of the B.Sc. Engineering program Industrial Management and Production Engineering at Chalmers University of Technology and comprises of 15 HP.

The main research questions that the analysis answers are what impact ChargeNodes new charging system has on global warming, what improvements can be made to reduce the product's impact and whether there are components that are not considered favorable in terms of its climate impact.

The first step of the life cycle analysis is the definition of goals and scope, which includes identifying the carbon dioxide-equivalent emissions associated with ChargeNode's new generation charging station. The scope describes the entire product system and the boundaries that had to be made for each subsystem. The limitations in this work have partly been due to the time limitation that comes with a bachelor's thesis project. In addition to lack of time, a limited data availability for certain components has also affected the scope and led to limitations. The purpose of the boundaries made is to ensure that the analysis meets the goals that have been set and leads to a relevant result.

The functional unit of the analysis is one electric car charging outlet. Since the data being processed is already obtained in the unit, CO<sub>2</sub>-eq, in which the results are presented, additional environmental impact assessment step is not needed. These results are then compiled for a complete charging system with 20 sockets.

The subsystems with the greatest impact on global warming is the "smartmodul" and its sub-component, Nodeboard, specifically. Making up 50% of the systems total GWP. Aluminum components make up the largest part of the weight and the second largest contribution to the climate impact with a 33% share of the total GWP.



# Innehållsförteckning

1. Inledning .....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte och mål .....	2
1.3 Avgränsningar.....	2
1.4 Frågeställning.....	3
2. Teori: Livscykelanalys .....	4
2.1 Definition av mål och omfattning.....	4
2.2 Inventeringsanalys .....	4
2.3 Miljöpåverkansbedömning .....	5
2.3.1 Hållbar utveckling .....	5
2.3.2 GWP, Global Warming Potential .....	6
2.4 Tolkning av resultaten .....	6
2.5 Faser i produktens livscykel .....	7
2.6 Metodkritik - Livscykelanalys .....	7
3. Omfattning .....	9
3.1 Aluminiumkomponenter (Balkar, stolpar och konsoler) .....	9
3.2 Laddcentral .....	10
3.3 Kablage .....	10
3.4 Smartmodul.....	11
3.4.1 Nodeboard & display.....	11
3.4.2 Plastdetaljer .....	11
3.4.3 Uttag .....	11
4. Metod .....	12
4.1 Metodval .....	12
4.1.1 Typ av LCA.....	12
4.1.2 Påverkanskategori.....	12
4.1.3 Datakvalitetskrav .....	13
4.1.4 Funktionell enhet.....	13
4.2 Databesamling .....	13
4.2.1 Aluminiumkomponenter (Balkar, stolpar och konsoler).....	13
4.2.2 Laddcentral.....	14
4.2.3 Kablage.....	15
4.2.4 Smartmodul .....	15
4.3 Transporter (för de som inte redan är inkluderade) .....	16
5. Resultat.....	18
5.1 Inventeringsanalys .....	18
5.1.1 Aluminiumkomponenter.....	19
5.1.2 Laddcentral.....	19
5.1.3 Kablage.....	22
5.1.4 Smartmodul .....	23
5.2 Sammanställning.....	25

5.2.1 Sammanfattning av resultat .....	28
6. Diskussion och slutsats .....	29
6.1 Tolkning av resultat .....	29
6.1.1 Smartmodulen.....	29
6.1.2 Aluminiumkomponenter.....	29
6.1.3 Laddcentralen .....	30
6.1.4 Kablaget.....	30
6.2 Reflektion av metodval.....	31
6.2.1 Utmaningar och lärdomar.....	31
6.2.2 Implikationer från avgränsningar .....	31
6.3. Fortsatt arbete .....	32
6.3.1 Vidare analys av användnings- och avfallsfasen.....	32
6.3.2 Utvidgad miljöpåverkansanalys .....	32
6.3.3 Förbättring av datakvalitet.....	32
6.4 Slutsats .....	33
7. Referenser .....	34
8. Bilagor.....	38

# 1. Inledning

Med en växande elbilsmarknad och en strävan efter hållbara och miljövänliga transportmedel så läggs alltmer fokus på elbilsmarknaden och dess infrastruktur i stort. Elbilsmarknadens styrka är framför allt hållbarhetsperspektivet med att utesluta fossila drivmedel.

Elbilens tilltalande aspekt är dess drivmedel av just el, detta är dock inte en garanti för hållbarhet då det kan handla om el från olika källor. Det finns fossilfria källor som sol-, vind- och vattenkraft medan det också finns fossila energikällor. De fossila energikällorna bidrar till den globala uppvärmningen, genom både förbränning i kraftverk och transporter (Persson & Persson, 2020, s.150–151). I Sverige har vi en förhållandevis god energimix med avseende på fossilfrihet. Av den el som produceras i Sverige så är 98% fossilfri (Energiföretagen, 2023). Detta gör att drivmedel för elbilar kan ses som hållbart. Det man behöver ha i åtanke är att det finns länder där energimixen ser annorlunda ut, exempelvis i Tyskland står kolkraft för en tredjedel av den totala elproduktionen (Energinyheter, 2023).

För att elbilsmarknaden och användandet av elbilar ska fungera på ett effektivt sätt krävs en infrastruktur för laddningen. Detta i kombination med att huvudargumentet för elbilen är dess hållbarhet och miljöpåverkan gör företag som ChargeNode blir mycket relevant. Där deras hållbarhetsarbeten blir viktiga för att kunna granska elbilens hållbarhet i sin helhet och inte bara ur ett drivmedelsperspektiv.

För att bibehålla klimattänket och se till att så mycket som möjligt görs för att vara miljöeffektiv krävs regelbundna LCA:er med avsikt att ständigt granska marknaden för att ha en aktuell miljöpåverkansbedömning. På grund av detta så kommer vi tillsammans med ChargeNode att göra en LCA på deras senaste generations laddstation. Genom detta påbörjar vi deras interna hållbarhetsarbete i hopp om att bidra till omställningen i stort.

## 1.1 Bakgrund

ChargeNode utvecklar och säljer centraliserade laddningssystem för storskalig laddning av elfordon. Metoden, som är patentsökt, bygger på att ett större antal laddpunkter delar på ett begränsat antal laddare som fördelar mängden energi baserat på bilens avresetid. Alltså, den bilen som ska lämna först får laddning först. Eftersom den för laddsystemet tilldelade effekten oftast är begränsad till 63 ampere, på grund av infrastrukturen, kan samtliga bilar i ett storskaligt laddsystem med 10+ fordon inte få tillräcklig effekt för att kunna ladda samtidigt på ett energieffektivt sätt. ChargeNodes laddsystem och metodik optimerar därmed laddningen med minsta möjliga resursbehov. ChargeNode arbetar kontinuerligt med nyutvecklingsprojekt och vill med detta examensarbete koppla en livscykelanalys till nästa produktgeneration som är under utveckling i linje med direktiven inom "CSRD", Corporate Sustainability Reporting Directive, vilket i framtiden innebär starkare krav på redovisning av ESG, miljö-, social- och företagsstyrning (EUR-Lex, 2022).

I och med ökande krav från offentliga sektorer och allmänheten så växer värdet och nödvändigheten av att redovisa sitt klimatavtryck som företag. Transparens kring produkters och tjänsters klimatavtryck, exempelvis uttryckt som koldioxidekvivalenter, förkortat CO<sub>2</sub>-eq, förväntas medföra ett flertal positiva effekter. Dessa omfattar, men är inte begränsade till, förstärkt marknadsföring, ökad öppenhet gentemot intressenter, samt förbättrad konkurrenskraft. Specifikt för ChargeNode, som främst distribuerar sina produkter till bostadsföreningar, företag, och offentliga sektorer, där det finns starka incitament att väga in klimatpåverkan i beslutsprocessen vid större investeringar, såsom implementeringen av laddningsinfrastruktur för eldrivna fordon. Förmågan att trovärdigt presentera CO<sub>2</sub>-eq för företagets produkter och tjänster är därför av vikt för att bevara och stärka konkurrenskraften. Mot bakgrund av den växande medvetenheten och kraven på hållbarhet kan det konstateras att företag som underlåter att redovisa sin klimatpåverkan kan komma att helt förlora sin konkurrensförmåga i framtiden (Liu et al., 2022).

## 1.2 Syfte och mål

Detta arbete syftar till att genomföra en livscykelanalys på ChargeNode's kommande generation av laddsystem (Gen5) och har som fokus att identifiera CO<sub>2</sub>-eq utsläppen direkt och indirekt kopplade till dess tillverkning.

Genomförandet av analysen har som mål att ge ChargeNode en djupare förståelse för produktens miljöpåverkan genom dess livscykel och förväntas således att hjälpa ChargeNode fortsätta sitt arbete att minimera miljöpåverkan i alla steg. Denna insikt är avgörande för att rikta in sig på komponenter i produkten som kan optimeras för att vara mer miljövänliga och därmed minska den totala klimatpåverkan. Arbetet hoppas också bidra till att ChargeNode tydligare ska kunna redovisa för kunder och andra intressenter deras hållbarhetsarbete samt skapa transparens för produktens miljöpåverkan i form av CO<sub>2</sub>-eq utsläpp.

## 1.3 Avgränsningar

För att kunna genomföra denna livscykelanalys har systemgränser satts upp, därmed hamnar fokuset på specifika stadier i produktens livscykel som ger en övergripande bild av laddsystemets miljöpåverkan. De faser som inkluderats är materialutvinning, tillverkning, transport av råmaterial och färdiga produkter. På grund av produktens omfattning med ett stort antal komponenter, typer av material och tillverkningsmetoder har en övergripande analys utförts, men där vissa områden behandlats mer djupgående. De stadier som systemet inkluderar har valts baserat på deras förväntade totala bidrag till produktens miljöpåverkan samt tillgänglighet av data. Avfalls- och användningsfasen exkluderas, ett beslut som grundar sig i tidsbrist och otillgänglig relevant information, då ChargeNode inte har produkter som nått dessa faser än.

Analysen täcker detaljerad information om de material som används i produkten, med särskilt fokus på aluminium, där omfattande information om data uppströms är tillgängligt. Komponenter som kretskort har istället baserats på övergripande data som är allmänt tillgängliga via databaser. Där specifik data saknats för specialbeställda delar har antaganden baserat på bästa tillgängliga kunskap och jämförbara material eller processer använts.

Tillgången till specifik data i transportfasen varierar och därmed har beräkningar med hjälp av antaganden gjorts där det inte funnits tillgång till specifik data. Det övergripande syftet för transportfasen har varit att skapa förståelse för vilken påverkan logistiken och distributionen har i den totala miljöbelastningen för produkten.

I avsaknad av specifik data har antaganden gjorts då de spelar en kritisk roll i analysen, de har genomförts på ett noggrant sätt för att skapa trovärdiga slutsatser. Dessa antaganden har baserats på medelvärden, vetenskaplig litteratur och databaser för att erhålla en så noggrann bedömning som möjligt under de omständigheter som är. Antaganden har dokumenterats och motiverats för transparens och möjlighet för läsaren att förstå vad för inverkan dessa antaganden har haft för analysen.

## 1.4 Frågeställning

- Vilken klimatpåverkan har ChargeNodes nya laddsystem kopplat till dess tillverkning?
- Vad kan ChargeNode göra för att minska sin klimatpåverkan genom den nya produktgenerationen?
- Finns det komponenter i produkten som inte är gynnsamma sett till deras klimatpåverkan?

## 2. Teori: Livscykelanalys

Livscykelanalys som metod är standardiserad enligt ISO 14040:2006, vilket i sin tur bidrar till att det går att genomföra trovärdiga jämförelser mellan analyser. Standarden delar upp metoden i fyra huvudsakliga faser enligt Svenska Institutet för standarder (SIS, 2006):

1. Definition av mål och omfattning
2. Inventeringsanalys
3. Miljöpåverkansbedömning
4. Tolkning av resultat

Livscykelanalys som verktyg har förmågan att skapa en helhetsbild av ett produktsystems totala miljö- och resurspåverkan från vaggan till grav, vaggan-till-grind eller andra avgränsningar. Detta möjliggör granskning och identifiering av kritiska områden för eventuella förbättringar och kan användas som underlag för beslut att minska CO<sub>2</sub>-utsläppen i samband med produkten. Att genomföra livscykelanalyser för sina produkter har blivit allt viktigare för företag, med tanke på den snabbt ökande efterfrågan av hållbarhetsredovisning från både samhället och politiska institutioner (Baumann & Tillman, 2004, s.20–21).

### 2.1 Definition av mål och omfattning

I det första steget av en livscykelanalys definieras analysens mål och omfattning. Definiering av mål och omfattning är ett mycket viktigt steg i processen av en livscykelanalys då en noggrant utförd modellering av mål och omfattning leder till minskad förvirring och färre val längre fram i arbetet. En livscykelanalys är en iterativ process, därmed är en perfekt utförd definiering av mål och omfattning osannolik då dessa högst troligt kommer att förändras under analysens gång (Baumann & Tillman, 2004, s. 73). I definitionen av mål och omfattning skall också anledningen till utförandet av livscykelanalysen, samt för vem den utförs, tydligt redogöras. Andra aspekter som skall ingå i denna definition är (Baumann & Tillman, 2004, 74–92):

- En beskrivning på produkten som ska analyseras,
- Ett så kallat flödesschema som redogör för flödet av aktiviteter i produktens livscykel,
- Vilken funktionell enhet som analysen mäts i
- Vad som mäts (till exempel global uppvärmning),
- Systemgränser såsom tidsmässiga och geografiska,
- Vad för typ av livscykelanalys som genomförs: bokförings-lca, konsekvens-lca
- Datakvalitetskrav.

### 2.2 Inventeringsanalys

I denna fas av en livscykelanalys är målet att skapa en detaljerad inventering av de flöden som ingår i systemet, insamling av data för varje steg i produktens livscykel samt ta reda på storleken och betydelsen av alla flöden inom systemets gränser.

“The Hitch Hiker’s Guide to LCA” definierar inventeringsanalysen i följande tre steg (Baumann & Tillman, 2004, s.97).

1. Upprätta ett flödesschema baserat på de systemgränser som definierats i analysens mål- och omfattningsdefinition.
2. Insamling av data för alla aktiviteter i produktsystemet. Samt dokumentering av insamlad data.
3. Beräkning av produktsystemets totala miljöbelastningar, såsom resursanvändning och utsläpp av föroreningar, i förhållande till den funktionella enheten.

Även inventeringsanalysen beskrivs av Baumann & Tillman (2004, s.97) som en iterativ process som förändras under datainsamlingens gång. De nämner även att val som gjorts i mål och omfattning ofta kan behöva revideras och att gränserna mellan inventeringsanalys och mål & omfattning inte alltid är självklara. I inventeringsanalysen bör det grundläggande flödesschemat utvecklas i djupare detalj, detta i takt med att förståelsen för aktiviteterna i flödet ökar. Den största och mest tidskrävande delen i inventeringsanalysen är datainsamlingen. Här är viktigt att vara noggrann med att följa de datakvalitetskrav som satts upp i mål och omfattning för att skapa ett trovärdigt resultat. Data finns på olika nivåer, det kan vara direkt data kopplad till företagets energiförbrukning eller egna transporter, det kan vara sekundärdata i form av leverantörsdata över råmaterial (Baumann & Tillman, 2004, 104, 105). EPD-rapporter och LCA-rapporter är även vanliga källor till data för en livscykelanalys. EPD (Environmental Product Declaration) är en typ av miljövarudeklaration som redovisar en specifik produkts miljöprofil. Liknande dokument PEP (Product Environmental Profile), används också på samma sätt och redovisar liknande data men med annan standard.

## 2.3 Miljöpåverkansbedömning

I tredje fasen av en LCA bedöms och utvärderas betydelsen av kvantiteterna som framtagits i fas två och dess miljöpåverkningar. Några av de vanligaste påverkanskategorierna är global uppvärmning, människotoxikologi, luftföroreningar, ozon förlust, försurningar, vattenanvändning och markanvändning (Ecochain, 2024). Global uppvärmning mäts i enheten kg CO<sub>2</sub>-eq, försurningar i kg mol H<sup>+</sup>, osv. Påverkan på global uppvärmning är den vanligaste påverkanskategorin men det kan även vara relevant att inkludera andra kategorier då en produkts påverkan kan vara störst på andra områden än global uppvärmning (Ecochain, 2024).

### 2.3.1 Hållbar utveckling

Begreppet hållbar utveckling är mer relevant nu än någonsin tidigare och har blivit vanlig i det vardagliga språket. Hållbar utveckling definierades av Brundtlandkommissionen i FN-dokumentet *Vår gemensamma framtid* (1987) (Gulliksson & Holmgren, 2011, 13):

*“En hållbar utveckling är en utveckling som tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov.”*

Hållbarhet och hållbar utveckling kan delas upp i tre dimensioner: miljö, social och ekonomisk (Globala målen, 2017). Dimension som oftast tas upp är miljön, ofta i form av global uppvärmning och CO<sub>2</sub>-utsläpp. Den globala uppvärmningen är idag ett av de mest aktuella ämnena i såväl politik som dagliga samtal och beror huvudsakligen på förändringen av den kemiska uppsättningen i vår atmosfär, förändringen har kommit som följd av ett ökat utsläpp av växthusgaser genom förbränning

av fossila bränslen (Naturvårdsverket, n.d.). Till vardags talas det mycket om växthuseffekten men det som egentligen menas är den förstärkta växthuseffekten. Växthuseffekten är nödvändig för allt liv på jorden och fungerar genom att växthusgaser såsom koldioxid (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) och vattenånga (H<sub>2</sub>O) absorberar värmestrålning på väg ut ur atmosfären och således får värmestrålning att stanna i atmosfären under en längre tid. Det är just den förstärkta växthuseffekten som ofta refereras till global uppvärmning (Naturskyddsföreningen, u.å.). Den sociala dimensionen är starkt kopplat till politik och relationer mellan makthavare och invånare. Gulliksson & Holmgren (2011, s.64) beskriver ett socialt hållbart samhälle som ett samhälle utan korrupta institutioner, ideella organisationer och med ett stabilt rättsligt system.

Global uppvärmning och CO<sub>2</sub>-utsläpp är centrala aspekter i hållbar utveckling men att enbart fokusera på dem kan leda till avgränsningar i synen på hållbar utveckling. Andra dimensioner som exempelvis sociala och ekonomiska är också avgörande för en hållbar utveckling.

### 2.3.2 GWP, Global Warming Potential

I rapporten används enheten CO<sub>2</sub>-ekvivalenter, på engelska förkortat som CO<sub>2</sub>-eq, som miljöpåverkansfaktor för att beskriva den relativa påverkan på miljön för olika växthusgaser, uttryckt i CO<sub>2</sub>. CO<sub>2</sub>-eq är ett mätvärde som tagits fram för att enklare kunna mäta den relativa klimatpåverkan för olika växthusgaser baserat på deras bidrag till den globala uppvärmningen. På engelska används förkortningen GWP (Global Warming Potential). Det möjliggör en enklare och tydligare jämförelse mellan dem. Detta görs genom att räkna om mängden av en växthusgas till den mängd CO<sub>2</sub> som motsvarar samma GWP, därmed namnet CO<sub>2</sub>-equivalent (Eurostat, 2023.)

Växthusgaser värmer upp atmosfären genom att absorbera energi som sedan stannar kvar i atmosfären under lång tid, hur länge de stannar i atmosfären ("livstid") och hur bra de är på att absorbera energi ("strålnings effektivitet") varierar mellan olika växthusgaser. GWP togs fram för att kunna jämföra de olika växthusgasernas miljöpåverkan över tid där CO<sub>2</sub> har blivit växthusgasen som det utgår ifrån (Environmental Protection Agency, 2023). Exempelvis metan CH<sub>4</sub> har mycket högre strålnings effektivitet än CO<sub>2</sub> men stannar kvar i atmosfären under en mycket kortare tid, ungefär 10 år gentemot CO<sub>2</sub> som kan stanna i atmosfären uppemot 1000 år. GWP för metan hamnar därmed på 27-30 CO<sub>2</sub>-eq över 100 år (Environmental Protection Agency, 2023)

## 2.4 Tolkning av resultaten

I den sista fasen av livscykelanalysen skall konkreta underlag för redovisning och presentation av den data och de värden som tagits fram i analysen skapas. Dessa skall fördelaktligen vara förståeliga för läsare och intressenter så de kan tolka resultaten och skapa en uppfattning av datan. Tolkningen av resultaten kan lämpligtvis presenteras i tabeller och diagram som gör det enkelt för läsare och intressenter att göra jämförelser. ISO 14040 definierar tolkning av resultat som den fas där information och data som erhållits under inventeringsanalysen eller miljöpåverkansbedömningen kombineras och tolkas i enlighet med det definierade målet och syftet, vilket möjliggör slutsatser och rekommendationer (Baumann & Tillman, 2004, s. 175). I vissa fall kan det i inventeringsanalysen nå upp till hundratals parametrar som i tolkningen behöver sammanställas. Dessa parametrar kan vara utsläpp, vattenanvändning och energianvändning med mera. För att hantera denna datamängd används



olika metoder för att aggregera datan, vilket innebär att man i stegen summerar, karakteriserar och viktat datan för att få ett resultat med färre parametrar.

## 2.5 Faser i produktens livscykel

Miljödata presenteras ofta fördelat över flera faser i produktens livscykel. Miljövarudeklarationer presenterar och kvantifierar miljörelaterad information i faserna, tillverkning, användning och kassering (EPD International, u.å.). Inom dessa finns också transporter och installation med.

Vagga-till-grind beskriver faserna som innefattas från att råmaterial utvinns till att produkten lämnar företagets "grind" för frakt till kund (Nickel, 2024). Detta innefattar faserna: råmaterialutvinning, transport och tillverkning/förädling.

Olika typer av produkter har olika kritiska delar i livscykeln, exempelvis så kan användningsfasen på en komponent eller produkt skilja sig beroende på om den aktivt används eller inte. Elektriska komponenter, på grund av bland annat energiförluster, har högre klimatpåverkan i användningsfasen än passiva komponenter. Därför är användningsfasen viktigare att analysera för aktiva komponenter.

## 2.6 Metodkritik - Livscykelanalys

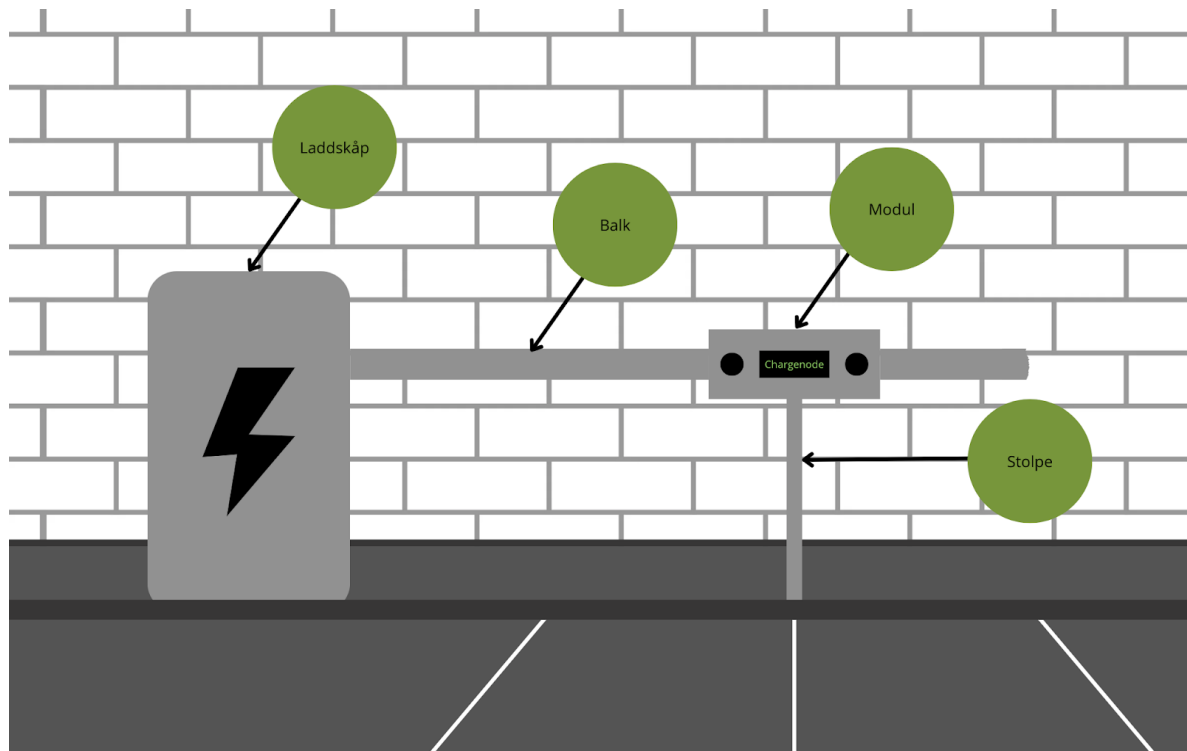
LCA är en standardiserad metod enligt ISO 14040:2006 vilket skapar ett strukturerat tillvägagångssätt som möjliggör jämförelser mellan olika analyser. LCA ger företag och intressenter en god helhetsbild av en produkts potentiella miljöpåverkan under olika faser i dess livscykel, från utvinning av råmaterial till återvinning och avfallshantering. En LCA som genomförs för hela produktens livscykel skapar förståelse för inverkan på människor och miljö. Den skapar goda möjligheter till förbättring och vidareutveckling av produkter och hjälper organisationer att minska klimatpåverkan (Finnveden et al., 2009)

Gutowski (2018) riktar i artikeln "Critique of Life Cycle Assessment; Where Are the People?" kritik mot metoden livscykelanalys och hur ingenjörer använder den på ett sätt som blir missvisande vid införande av nya tekniker. Han menar att det finns fyra huvudsakliga problem med hur metoden används: felaktig framställning av befintlig teknologi, tillämpningar av oförtjänta fördelar av den nya tekniken, omedvetenhet om potentiella brister hos en ny teknik och felaktiga framställningar av hur den nya tekniken kan användas. Ingenjörer tenderar att se förbi den mänskliga faktorn, de utgår från matematiska formler och funktionella enheter som inte speglar den fulla bilden med potentiella sociala och ekonomiska effekter. Felmarginaler uppstår särskilt när jämförelser mellan gammal och ny teknik görs med hjälp av en LCA. Enligt Gutowski är det inte ovanligt att effekter som ger en orättvis fördel för den nya tekniken tas upp i samband med beräkning av den nya tekniken men utesluts från den gamla tekniken. Detta i syfte att ge en jämförbar fördel till den nya tekniken. En annan kritik är den precis motsatta, att man inte tar med fördelar med en helt ny teknik eftersom den inte är helt färdigutvecklad (Arvidsson m.fl., 2018). Ytterligare en effekt som enligt Gutowski är betydande är "rebound-effekten", den beskriver situationen där förväntade vinster i exempelvis energieffektivitet eller resurseffektivitet från ny teknik minskas på grund av ändrat beteende efter införandet. Gutowski nämner som exempel i sin artikel 70/80-talets USA där biltillverkare gjorde stora strukturella förändringar för att minska vikten på bilarna. Dessa framsteg i viktning suddades snabbt ut genom

att tillverkare istället implementerade bekvämlighets- och säkerhetsfunktioner som ersatte den besparade vikten (Gutowski, 2018).

### 3. Omfattning

Detta delkapitel presenterar en detaljerad beskrivning av produktsystemet samt de ingående komponenterna som laddsystemet består av. Här utforskas även varje delsystems funktion och dess betydelse inom helheten.



Figur 1. Förenkling av laddsystemet.

Det laddsystem som analysen baseras på är ett ensidigt laddsystem med 20 uttag. Att laddsystemet är ensidigt betyder att det endast finns uttag på en sida av systemet, det är även möjligt att bygga ett laddsystem med uttag på båda sidorna. Systemet är uppbyggt av en laddcentral anslutet till en balk som i sin tur är ansluten till en modul, i scenariot som analyseras är det mellan varannan balk en smartmodul, med dubbla uttag samt display, och varannan en täckkåpa i aluminium för att kapsla in kablagen. Systemet är konstruerat i serier av balkar, smartmoduler, konsoler och stolpar där kablagen och övriga komponenter finns inom. Scenariot för analysen innebär en laddcentral, 20 balkar, 20 konsoler, 20 stolpar, 10 smartmoduler och 10 separata täckkåpor. Genom hela systemet går kablar för strömförsörjning, ethernet samt styrning av display. De är sammankopplade med kontaktdon mellan balkar och smartmoduler.

#### 3.1 Aluminiumkomponenter (Balkar, stolpar och konsoler)

Aluminiumkomponenterna är de största byggstenarna och utgör majoriteten av produktsystemet. De består av balkar som leder kablarna mellan uttagen, dessa balkar fästs på konsoler av samma aluminium som i sin tur fästs på aluminiumstolpar som skruvas fast i marken. Över modulerna monteras kåpor som skyddar elektroniken vid uttagen, även de tillverkade av aluminium. Tillverkaren

till aluminiumet är Hydro, ett norskt energi- och aluminiumbolag med aluminiumproduktion på flera platser i Norden. Deras produkt *Circal 75R* är den aluminiumtyp som används i laddsystemet och är ett aluminium som består av minst 75% återvunnet aluminium (Hydro A, u.å.). ChargeNode har valt Hydro som leverantör och just produkten *Circal 75R* på grund av dess påtalade goda miljöprofil sett till det europeiska snittet (C. Rosengren, personlig kommunikation, februari 2024), där det europeiska snittet för primär aluminiumproduktion är 6,8 kg CO<sub>2</sub>-eq och *Circal 75R* för laddsystemet är 3,53 kg CO<sub>2</sub>-eq (European Aluminium, u.å.). Alla aluminiumkomponenter för laddsystemet tillverkas på Hydros anläggning i Vetlanda med extrudering och pulverlackeras för att skydda mot korrosion.

Eftersom leverantören av aluminiumkomponenter offentliggör mycket data och även väldisponerat över de olika livscykelanalysstegen så har det inte krävts någon avgränsning bakåt i dessa komponenters processteg. De antaganden som gjorts är att den generella GWP-data från företaget kring material och processteg är applicerbara på laddsystemet och att de transportdata som medföljer där också kan antas vara representativ. Detta antagande har bekräftats av en kontakt på Hydro som refererat till korrekt tabell i Hydros EPD för *Hydro Circal 75R*. Detta delsystem i livscykelanalysen avgränsas till råmaterial till transport från aluminiumleverantörens EPD. Detta eftersom ChargeNodes lagerlokaler ses som vår "gate".

## 3.2 Laddcentral

Laddcentralen är den delen av systemet som inte skalas upp, det är oberoende av hur många uttag som kunden efterfrågar. Laddcentralen innefattar laddskåpet, det yttre höljet, som är en konstruktion tillverkad av rostfritt stål och aluminium, där luckan och baksidan är gjort i det rostfria stålet medan resterande sidor är av aluminium. Laddcentralen innefattar även av en inre del som främst består av elektriska komponenter. Laddcentralen är den del i systemet som är anslutet till elnätet och dess huvudfunktion är att reglera och mäta den ingående strömmen till laddsystemet och dess uttag. Detta skåp produceras av en svensk leverantör enligt ChargeNodes specifikationer. Leverantören köper in skåpen separat från en annan underleverantör som specialiserar sig bland annat mot specialgjorda elskåp. De andra komponenterna köps in från grossist.

Det finns en mängd olika komponenter i skåpet, så som brytare, reläer, kontaktorer, mätare, nätverksstödjande komponenter med mera.

## 3.3 Kablage

Kablaget består dels av kopparkablar med ett isolerande hölje av silikongummi i tre olika dimensioner, 16mm<sup>2</sup>, 6mm<sup>2</sup> och 2,5mm<sup>2</sup> som är de strömförsörjande kablarna i systemet. I systemet ingår fem 16mm<sup>2</sup>, fem 6mm<sup>2</sup> och tre 2,5mm<sup>2</sup> kablar. Utöver strömkablarna finns också en LAN-kabel för ethernet. Kablaget kopplas ihop mellan balkar och modul med specialtillverkade kontaktdon från en kinesisk leverantör, där strömkablarna och LAN-kabeln levereras från en separat kinesisk underleverantör som är okänd. Kablage och kontaktdon monteras samman i Kina och levereras sedan komplett till Note i Sverige som sätter samman komponenterna i laddsystemet för ChargeNode.

På grund av brist på specifik data görs en hel del antaganden i analysen av kablaget. Eftersom det inte funnits någon produktspecifik data mer än dimensioner och material så är antaganden nödvändiga för

att kunna bestämma den GWP. Med tanke på att det finns mycket osäkerheter kring de olika faserna i denna produkts livscykel innan den levereras till ChargeNode så har antaganden gjorts för tillverkning och transport. Det avgränsas även till att endast se till själva kabeln i kablaget och därmed bortse från de kontaktdon som sitter i ändarna, detta eftersom det inte finns tillräckligt med information om dem för att göra lämpliga antaganden. Den information som saknas är exempelvis material, vikt och/eller volym.

## 3.4 Smartmodul

Smartmodulen är den del av produkten som användaren får kontakt med i första hand. Smartmodulerna sitter mellan balkarna på laddsystemet och kopplas samman via kontaktdon anslutna till kablaget. Smartmodulen består av ett större styrande kretskort som av ChargeNode kallas nodeboard, ett antal plastdetaljer som kapslar in elektroniken, en mindre LCD-display och de två uttagen.

I ett komplett ensidigt system, vilket vårt scenario grundar sig i, så är det en smartmodul mellan varannan balk. Mellan de balkar där det inte är en smartmodul monteras endast en täckkåpa av aluminium som kablaget går igenom. Den har inte laddningsegenskaperna och endast ett genomgående modulkablage.

### 3.4.1 Nodeboard & display

Nodeboarden innefattar ett större kretskort och en display med ett tillhörande mindre kretskort som sitter i smartmodulen. Displayen fungerar som ett visuellt hjälpmedel för användaren vid betalning, för att visa laddstatus och liknande. Kretskortet är den komponent som styr elektroniken i denna process och även förser modulerna med nätverksuppkoppling för att möjliggöra kontakten mellan användare och tjänst. Kretskortet är utvecklat av ChargeNode och komponenterna som ingår levereras från olika underleverantörer.

### 3.4.2 Plastdetaljer

De plastdetaljer som finns på modulen bildar tillsammans det plathölje som inkapslar kretskort, kablage och de andra dolda delarna. Plastdetaljer tillverkas och transporteras från en leverantör i Europa. Plasten är av polykarbonat/polybutylentereftalat, med en 30 procentig andel glasfiber.

### 3.4.3 Uttag

Uttagen erhålls av den kinesiska leverantören och tillverkaren MarioSolar. Det är ett Type-2 uttag som är den europeiska standarden för uttag till elbilsladdning. Uttagen är integrerade med nodeboarden för att möjliggöra mätningar av strömförbrukningen och kopplas till modulkablaget. Uttagen är främst i plast men innefattar också diverse metaller.

## 4. Metod

I metodkapitlet behandlas och beskrivs först valet av metod, därefter behandlas avgränsningar och antaganden som gjorts därefter förklaras metoden för hur datainsamlingen har gjorts.

### 4.1 Metodval

Typ av LCA, bokförings LCA med intresse för förbättringsmöjligheter.

#### 4.1.1 Typ av LCA

En livscykelanalys är en flexibel metod som gör att den är användbar till olika syften, beroende på frågeställning och målsättning. Två vanliga perspektiv på LCA är bokförings-LCA och konsekvens-LCA.

1. **Bokförings-LCA:** Fokuserar på att kartlägga ett produktsystems miljöpåverkan för att skapa en transparent bild av dess miljöbelastningen. En bokförings-LCA beskriver produktens direkta effekter då den är begränsad till produktsystemets delprocesser. Detta LCA-perspektiv används exempelvis när länder redovisar deras utsläppsstatistik (Erlandsson et al., 2014). Metoden är användbar för intern rapportering samt kommunikation med intressenter, även för att uppfylla krav från lagstiftningar.
2. **Konsekvens-LCA:** Omfattar inte bara produktsystemet utan tar även hänsyn till den indirekta effekten av systemet. Modellen kan beskrivas som multifunktionell då den behandlar flera funktioner. Med indirekta effekter menas att metoden behandlar hur förändringar i produktsystemet påverkar andra system samt att den tar hänsyn till marknadsreaktioner som eventuellt kan leda till ökad produktion och utsläpp. Konsekvens-LCA ger alltså en mer fullständig bild av effekterna runt om systemet. Exempelvis kan undvikna emissioner till följd av förändringar analyseras (Erlandsson et al., 2014).

Livscykelanalysen som genomförts på ChargeNodes Gen5 laddsystem har praktiskt utförts i syftet av en bokförings-LCA, där fokuset ligger på att kvantifiera produktsystemets totala GWP uttryckt i CO<sub>2</sub>-eq för att kommunicera ut till intressenter. Resultatet skulle även kunna vara användbart för att identifiera förbättringsmöjligheter, men det är inte huvudfokuset av arbetet.

#### 4.1.2 Påverkanskategori

I livscykelanalysen har valet gjorts att endast inkludera påverkanskategorin global uppvärmning. Detta beror främst på den begränsade tid som fanns tillgänglig för att genomföra analysen. Men även för att det just nu finns mest data tillgänglig för global uppvärmning, och det är även den kategori som det talas mest om och fokuseras mest på. Detta på grund av att global uppvärmning kvantifieras i form av GWP och är en sammanställning av produkters och processers utsläpp av växthusgaser omräknat till CO<sub>2</sub>-eq för att lättare kunna göra jämförelser. Kategorin ger en god miljöpåverkansbedömning för miljödimensionen vilket är fokuset för analysen.

### 4.1.3 Datakvalitetskrav

Den data som har använts i rapporten är i den mån möjligt grundad på leverantörsspecifik data tagen från de EPD:er och LCA:er som publicerats av tillverkaren för de specifika produkterna. I första hand har publicerade EPD:er eftersökts, därefter har direkt kontakt tagits med leverantör via kontaktperson som har kontakt med ChargeNode. I de fall där specifik data saknats, har databaser och vetenskaplig litteratur tagits till hjälp för att säkerställa att informationen som använts i analysen är tillförlitlig.

Antaganden har också spelat en stor roll i analysen eftersom majoriteten av komponenterna i produktsystemet kommer från underleverantörer, där avsaknaden av data är mycket omfattande då de allra flesta leverantörerna inte har genomfört någon LCA eller annan rapportering om klimatavtryck för deras produkter. I dessa fall har data från liknande eller likvärdiga produkter använts, alternativt har medvetna antaganden gjorts där GWP för materialet beräknas baserat på dess massa tillsammans med material och processdata taget från databaser som Granta EduPack och EcoInvent.

### 4.1.4 Funktionell enhet

För att göra tydliga beräkningar och jämförelser behövs en tydlig och logisk funktionell enhet tas fram. Den funktionella enhet som används i rapporten är ett eluttag för elbilsaddning, detta för att enkelt kunna göra jämförelser med konkurrenter och egen utveckling. Eftersom att laddsystemet är skalbart i storlek är det viktigt att ta hänsyn till att beräkningarna som gjorts i rapporten avser ett, enligt ChargeNode, genomsnittligt laddsystem på 20 uttag. När laddsystemet skalas upp till det maximala antalet på 50 uttag per system minskar också CO<sub>2</sub>-eq per uttag, men detta har inte tagits i beaktning i rapporten och blir därmed en begränsning. Resultatet av livscykelanalysen presenteras i form av CO<sub>2</sub>-eq/uttag.

## 4.2 Datainsamling

I delkapitlet datainsamling redogörs det för hur och var datainsamlingen gjorts för varje del av laddsystemet. Den generella och prioriterade arbetsordningen för att få så representativ data som möjligt är att först undersöka om det finns produkt/komponent-specifik data som går att använda, exempelvis tidigare livscykelanalyser. Om det inte går att anförskaffa data genom produkt/komponent-specifika källor får liknande datakälla för likvärdiga produkter som går att anta har någorlunda likvärdig GWP-data istället användas. Det sista alternativet, om de tidigare inte är genomförbara, resulterar i att andra källor för data får användas, exempelvis databaser som innehåller generell data och på det sättet och ger en mer generell bild av delens fotavtryck. Alternativt så får delen av livscykelanalysen avgränsas helt eller i specifika fall antas vara försumbar. Dessa antaganden och avgränsningar redovisas och motiveras för.

### 4.2.1 Aluminiumkomponenter (Balkar, stolpar och konsoler)

I uppstartsfasen av arbetet så var aluminiumkomponenter det första som analyserades. Detta då ChargeNode hade mycket information om de delarna, eftersom att leverantören av aluminiumkomponenterna, Hydro, har publicerat offentligt tillgängliga EPD:er för deras produkter.

Datan för aluminiumkomponenterna är leverantör specifik data från Hydro, tagen ur deras EPD för *Circal 75R* aluminiumet tabell 12 (Hydro, 2022). Aluminiumet är ett av få delsystem för laddsystemet där det har funnits en genomförd EPD med GWP för hela livscykeln och uppnår därför en djupare

detaljnivå av datan. GWP för aluminiumet är beräknat genom att först ta fram aluminiumets massa, som är erhållen från en bestämd kg/m som Hydro inkluderat i offerten till ChargeNode. I sammanställningen av GWP så skiljs inte de olika stegen i produktionen av aluminiumet åt. För aluminiumet är det enligt avgränsningarna för arbetet A1-A4 som ska tas i beaktning, det innebär: råvaruförsörjning, transport, tillverkning, transport (Hydro, 2022). Energimixen som beräkningarna är baserade på är okänd, men produktionen sker på Hydros anläggning i Vetlanda, Sverige (Personlig kommunikation, februari 2024). Även datan för transport är erhållen från ovan nämnda EPD och är beräknad på ett snittavstånd och transportmedel för Hydros anläggningar i Vetlanda och Finspång.

## 4.2.2 Laddcentral

Laddcentralen har delats upp i skåpet och de inre komponenterna, detta eftersom det yttre skåpet är nytt för denna produktgeneration och de inre komponenterna till stor del är tagna från tidigare LCA. Delkapitlet "Modellerade inre komponenter" innefattar de komponenter som inte kunnat användas från den tidigare utförda LCA:n och istället modellerats efter liknande komponenter.

### 4.2.2.1 Laddskåpet

För skåpet samlades datan in genom kontakt med tillverkaren av skåpet, NPP. Kontaktpersonen på NPP, som hänvisades från handledare på ChargeNode, kontaktades för att få tag på data som skulle vara till grund för beräkningarna. NPP kunde inte erbjuda en EPD eller annan miljödeklaration, däremot fick vi tillgång till ritningar med mått, volym och vikt. Även legeringarna som använts för aluminiumet såväl som det rostfria stålet erhöles. Det specifika aluminiumet som använts i skåpet är EN-AW 1050A/H14 och det rostfria stålet 1.4301/1.4307. Med hjälp av vikt och information om legering används European Aluminium som källa för GWP från aluminiumets produktfas, detta då den tänkta databasen Granta EduPacks data för aluminiumet ansågs utdaterad. För det rostfria stålet används däremot Granta EduPack för produktfasen då dess data matchade relativt bra med de generella sökningar för europeisk standard rostfritt stål som gjorts. Datat som hämtas från Granta EduPack och European Aluminium kan inte garanteras vara helt uppdaterad och är beräknad på medelvärden, därmed blir resultatet en uppskattning baserad på generell data från databas och ska därför tolkas därefter.

Eftersom transportfasen inte beaktas i dessa datakällor antas att GWP:n för Hydro aluminiumets transportfas vara likvärdig och används därför för både stål- och aluminiumkomponenterna till skåpet.

### 4.2.2.2 Inre komponenter från tidigare LCA

För beräkningar av GWP:n för komponenterna i det nya laddcentralen, som delvis fortfarande befinner sig i utvecklingsfasen, så har en LCA på tidigare generations laddcentral använts eftersom det nya skåpet är en nerskalad modell av det föregående. Antalet av komponenterna har justerats och beräkningarna har gjorts utifrån de källor som länkats i tidigare LCA. På grund av att den föregående LCA:n är gjord utifrån avgränsningen "vagga-till-grav" har en del antaganden behövts göras där fullständiga underlag saknas. De källor som använts är av formen PEP som är en typ av miljödeklaration som bygger på LCA metoder. Datat som tagits från PEP-dokumentet inkluderar det som presenteras som "A1-A5", tillverkning, distribution och installation för påverkanskategorin "bidrag till klimatförändring". Dokumentet presenterar datat ChargeNode har inte kunnat bekräfta att det är samma tillverkare av komponenterna i det nya skåpet, men datat antas vara tillräckligt likvärdig då typen av komponenter är till stor del fastställda även om leverantören av komponenterna kan ändras.



#### 4.2.2.3 Modellerade inre komponenter

Eftersom LCA:n som hade gjorts på den tidigare generationen inte hade uppdaterade källor på komponenten "radplint" så har data för den fått anskaffats på andra sätt. En liknande komponent hittades hos samma leverantör som den aktuella komponenten som hade upphört. Den tidigare komponenten finns redovisad i den föregående LCA:n men då inte i fas-form utan endast som total över hela livscykel. Med hjälp av EPD:n på den nya komponenten, som antogs vara representativ för den äldre, gjordes en modellering utifrån vikt. Med hjälp av att modellera vikten för nya komponenten med den från den tidigare LCA:n så kunde de olika faserna urskiljas, detta för att få fram de som är inom vår avgränsning för att få jämförbar data med resterande system. På så sätt har GWP för faserna tillverkning, distribution och installation tagits fram. Komponentens som använts för att modellera radplinten anses ha likvärdig materialupbyggnad och därmed användbar för modellering

Komponenten "Modicon switch" fanns endast redovisad som en förenklad LCA i en EPD, där var GWP endast redovisad som en total sammanställning över hela livscykel och inte uppdelad i faser, vilket gjorde att en likvärdig komponent behövdes. Genom sökning hos samma leverantör identifierades en komponent med likvärdig funktion och storlek med EPD redovisad i de olika faserna, som efter modellering utifrån vikt, kunde användas.

#### 4.2.3 Kablage

Ingen produktspecifik data har varit möjlig att ta fram för varken kopparkablarna eller LAN-kabeln, därmed har det övergått till sekundärdata. För LAN-kabeln har en EPD för vad som antas vara en likvärdig produkt funnits och den är därmed utgångspunkten för beräkningarna till LAN-kabeln. Denna EPD är utförd av CommScope november 2021. CommScope är ett amerikanskt företag som levererar nätverksinfrastruktur och deras EPD följer standarden ISO 14025:2006 (CommScope, 2021). Datan som hämtas ur EPD:n är för produktfasen. Transport från produktion till kund, bortses från i EPD:n då den inte är relevant för denna analys. Detta på grund av att LAN-kabeln levereras från Kina.

I avsaknad av primärdata för kopparkablarna har miljödeklarationer för likvärdiga kopparkablar blivit bas för beräkningarna. Datan för kopparkablarna, med höljet exkluderat, är hämtade från Elcowires EPD från 2022. Den avser faserna "A1-A3", alltså produktfasen (Elcowire, 2022). För kopparn är det processen extrudering som är beräknad för. Massan som står till grund för beräkningarna är framtagen genom mätningar i ChargeNodes labb, där 16 mm<sup>2</sup> kabeln vägts med silikongummihöljet avskalad. Dessa beräkningar står även till grund för resterande kopparkablar där antagandet att höljet utgör samma procentuella andel av den totala vikten för kabeln har använts. Metoden anses vara den mest trovärdiga för att modellera kopparkablarnas GWP. För silikongummihöljet utgör datasetet "Silicone elastomers" från Granta EduPack Level 2 databas grunden för beräkningen av dess GWP samt processen elastomer gjutning (Ansys, u.å.-a). Silikongummi eftersöktes och "Silicone elastomers" datasetet antas vara representativt.

#### 4.2.4 Smartmodul

Smartmodulen innefattar tre olika delar, de elektroniska som är "Nodeboard och display", plastdetaljerna och uttagen. Eftersom att denna del är ny, bortsett från uttaget, för den femte produktgeneration så är datan mindre specifik i detta segment.

#### 4.2.4.1 Nodeboard och display

Både Nodeboarden och displayen saknar primärdata för dess klimatpåverkan, det har inte heller funnits miljövarudeklarationer för likvärdiga komponenter. Då beräkningar för dessa komponenter endast blir approximeringar baserat på modellerad data har det valts att använda databasen EcoInvent som källa.

Nodeboarden vägdes i ChargeNodes labblokal och en approximering har gjorts för att ta fram en separat vikt för kretskortet med dess ytmonterade komponenter och de större komponenterna såsom relän. Detta då det valts att använda separata dataset för dessa två, ett val grundat i den stora differensen i GWP mellan dem. För kretskortet har datasetet “printed wiring board production, surface mounted, unspecified, Pb free” (EcoInvent, 2020.-a) och för de större komponenterna har “electronic component production, passive, unspecified” (EcoInvent, 2020.-b) använts. För display och dess tillhörande kretskort har ett separat dataset använts, “liquid crystal display production, unmounted” (EcoInvent, 2020.-c).

Den approximerade vikten från labbet och dessa dataset möjliggör en modellering av nodeboarden samt displayens GWP. Eftersom databasdata använts är dess resultatet endast en approximering och inte exakt data.

#### 4.2.4.2 Plastdetaljer

Plastdetaljerna som smartmodulen innehåller är företags- och produktspecifika för just Gen5, därför kan primärdata användas. Primärdatan har genom företagets ritningar erhållits, de inkluderar vikt och även den tänkta plasttypen. Det har även, genom kontakt med den tilltänkta leverantören, erhållits GWP-data för materialet under faserna vagga till grind. Med hjälp av dessa ritningar och data från leverantören kan GWP:n för plastdetaljerna beräknas.

#### 4.2.4.3 Uttag

Uttagen som är tillverkade av en kinesisk leverantör saknar miljövarudeklaration för produkten, detta har bekräftats genom e-postkontakt med person från MarioSolar som talade om att det är ett pågående arbete. En produkt med likvärdig materialsammansättning och tillhörande miljödeklaration används istället för att modellera GWP:n för uttaget. Produktens som identifierats är ett industriellt trefasuttag från Schneider Electric vars likheter i storlek och funktion med det ursprungliga uttaget från MarioSolar anses representativ nog för att motivera användningen av den som modellering av uttagets GWP. Produkten är en del i Schneider Electrics *Green premium* sortiment och har därmed ett utfört PEP-dokument som redovisar produktens GWP samt andra påverkanskategorier (Schneider Electric, u.å.). Datan för uttaget hämtas direkt från tillhörande PEP då den antas vara likvärdig. Den data som används är produktfasen. Transportfasen i PEP:n bortses ifrån eftersom att MarioSolars produkt är från Kina, vilket Schneiders inte är. Det behöver tas hänsyn till och då beräknas istället den fasen på egen hand. Installationen bortses från då den står redovisad som 0 kg CO<sub>2</sub>-eq i produktens PEP.

### 4.3 Transporter (för de som inte redan är inkluderade)

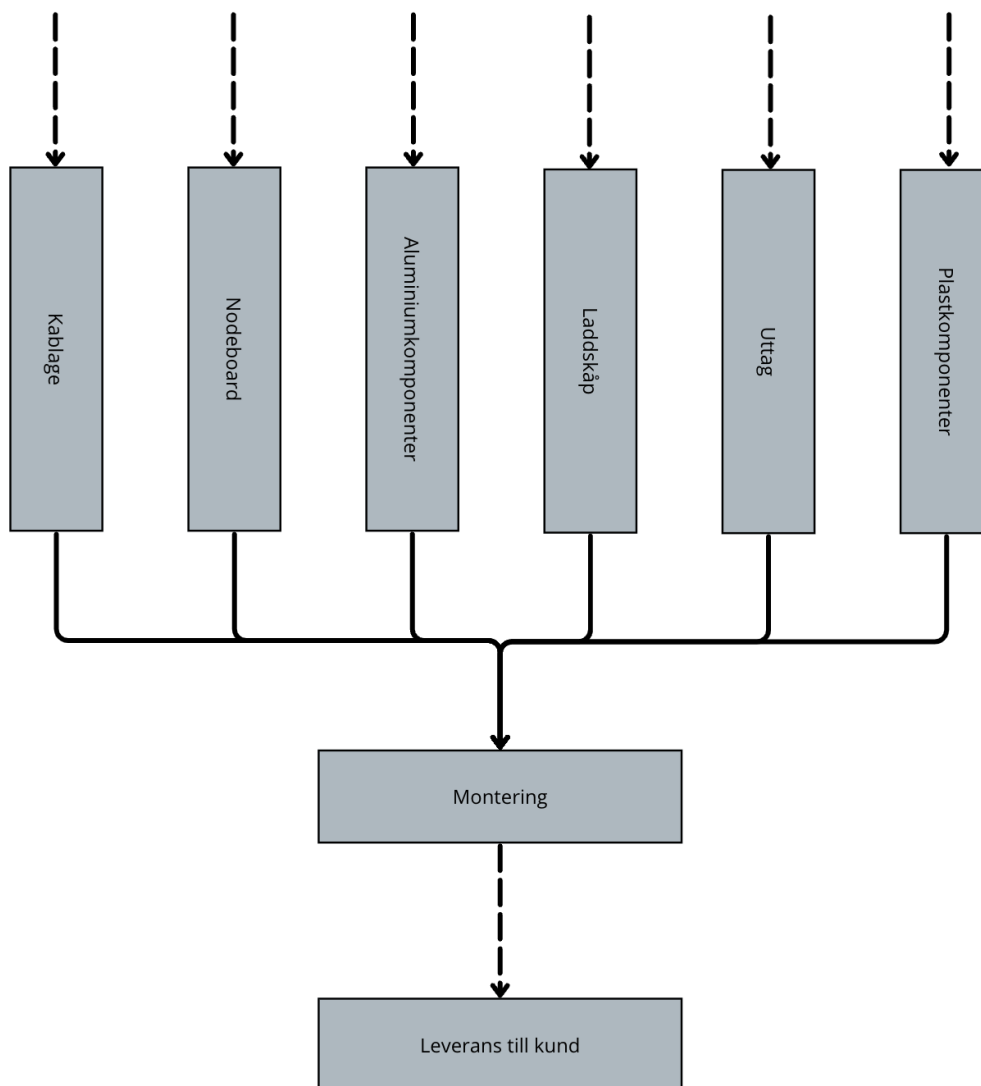
För de delsystem där EPD funnits är transport från tillverkning inräknad som transport från producent till ChargeNode. Ofta innebär transporten en mycket marginell del av den totala GWP:n och har i vissa fall bortsetts från när data inte är tillräcklig och GWP för transporten ansetts obetydlig. För de fall där EPD inte finns tillgängligt men information om produktens ursprungsland har erhållits har approximationer gjorts. GWP:n för dessa approximationer har beräknats med hjälp av datatal för olika transportmedel från *The hitch hiker's guide to LCA* (Bauman 2004, s. 498–501). För att beräkna de utsläpp som skapas i samband med frakten av dessa produkter används enheten g CO<sub>2</sub>/t\*km. Ett approximerat avstånd har också behövts tas fram, för detta har hemsidan Carboncare.org använts (CarbonCare, u.å.). I formeln används datatalen för olika transportmedel tillsammans med det approximerade avståndet och vikt för produkten.

## 5. Resultat

Resultatdelen innehåller en inventeringsanalys som beskriver hur datan har hämtats samt vilken data som har erhållits. Därefter en sammanställning för att ge en översiktlig bild om de olika delarnas sammanvägda resultat.

### 5.1 Inventeringsanalys

I inventeringsanalysen presenteras den insamlade datan, det handlar om både primär- och sekundärdata. Detta i form av officiella EPD:er och andra miljövarudeklarationsdokument som presenterar livscykelanalyser från företagen med de specifika produkterna, vilket går under primär. Sedan även samma typ av rapporter fast för likvärdiga komponenter och även data kopplad till komponenters råmaterial och ingående processers data som sekundärdata. En överblick i form utav ett flödesschema har skapats och kan ses nedan.



Figur 2. Egendesignad förenkling av flödesschemat som beskriver hur uppdelningen av produktens materialflöden är gjorda, de streckade linjer tydliggör flöden utanför denna LCA:s omfattning. Bygger på det egenritade mer detaljerade flödesschemat i bilaga 8.

Det förenklade flödesschemat beskriver de olika delkomponenternas plats i produktens övergripande flöde, varje del har mer komplexa flöden inom sig, vilket visas i bilaga 8, men detta visualiseras med de olika leverantörsflödena.

### 5.1.1 Aluminiumkomponenter

Aluminiumet består av fyra komponenter: balk, konsol, kåpa och stolpe. Detta för att det på ett tydligt sätt ska redovisas vilka komponenter som har störst GWP. Då aluminiumkomponenterna är tillverkade i samma material och processer så är det som skiljer dem åt deras vikt. En balk väger 6,4 kg, en konsol 1,7 kg, en kåpa 2,2 kg och en stolpe 1,6 kg. För aluminiumet är nyckeltalen för GWP 3,53 CO<sub>2</sub>-eq/kg i produktfasen och för transport 0,016 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg (Hydro, 2022), resultaten presenteras i Tabell 1.

Tabell 1. Aluminiumkomponenter.

Komponent	Vikt (kg)	GWP (kg CO <sub>2</sub> -eq)
Balk	6,4	22,7
Konsol	1,7	6,2
Kåpa	2,2	7,8
Stolpe	1,6	5,8

Balkarna är den största komponenten i systemet och har därmed den störst GWP, större än de resterande komponenterna tillsammans. De andra tre komponenterna har en relativt lik GWP och därmed vikt. Produktstadiet utgör den absoluta majoriteten av aluminiumkomponenternas GWP, där transport från Hydro till ChargeNodes lager i Lund endast står för cirka 0,5%. Se bilaga 2 för fullständiga beräkningar.

### 5.1.2 Laddcentral

#### 5.1.2.1 Laddskåp

Framsidan, alltså luckan, och baksidan av skåpet är tillverkade i rostfritt stål och har en sammanlagd vikt av 4,3 kg. Sidopanelerna tillverkade i aluminium har en vikt på 2,8 kg. GWP:n för det rostfria stålet är hämtat från Granta EduPack och är estimerat till 5,5 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg (Ansys, u.å.-b). GWP för aluminium är erhållet från European Aluminium och är uppmätt till 6,8 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg (European Aluminium, u.å.).

Tabell 2. Laddskåp.

Komponent	Vikt (kg)	GWP (kg CO <sub>2</sub> -eq)
Framsida & baksida (Rostfritt stål)	4,3	24,0
Sidopaneler (Aluminium)	2,8	18,8
Total	7,1	42,8

Resultatet är att GWP för de två delarna är relativt likvärdiga, men på grund av det rostfria stålets högre vikt får de komponenterna större utsläpp. Eftersom Granta EduPack och European Aluminium inte tar med eller redovisar transport för materialet så har Hydro-aluminiumets transportdata antagits vara representativt för dessa komponenter också. Se bilaga 7 för fullständiga beräkningar.

#### 5.1.2.2 Innehåll laddcentral

Komponenterna i laddcentralen presenteras var för sig i tabellen nedan där GWP uttryckts i kg CO<sub>2</sub>-eq, först är beräknat styckvis och därefter sammanräknat för antal komponenter inkluderat i skåpet. Den stora majoriteten av komponenterna är små elektriska komponenter bestående av plast och olika ledande metaller. Komponenterna är små till storlek vilken får som följd att deras CO<sub>2</sub>-eq utsläpp under produktstadiet inte utgör en stor del av produktsystemets totala GWP. Varje enskild komponents CO<sub>2</sub>-eq/kg skiljer sig åt och presenteras därför inte i tabellen. Störst GWP har nätaggregatet och energimätaren som är några av de större komponenterna i skåpet med vikter på 1000 respektive 432 gram.

Tabell 3. Låsadapter, "Modicon switch", Radplint och kabelförskruvning avgränsas bort på grund av brist på data. \*Låsadaptern var även avgränsad i GEN 4's LCA. \*\*Dessa komponenter kunde inte beräknas med föregående LCA så de grundas i modellering. \*\*\*Kabelförskruvningen antas försumbar.

Komponent	Antal komponenter	GWP/komponent	Total GWP (kg CO <sub>2</sub> -eq)
Signalkontakt	5	0,37	1,85
Personskydds brytare	1	1,79	1,70
Tidrelä	1	1,44	1,44
Strömställare	1	1,88	1,88
Mellanskydd	1	3,18	3,18
Kontaktor	1	2,45	2,45
Dvärgbrytare 1	1	0,86	0,86
Dvärgbrytare 2	1	1,72	1,72
Jordat uttag	1	0,67	0,67
Fasskena	1	2,65	2,65
Ändskydd för fasskena	1	0,07	0,07
Låsadapter*	1	-	-
Nätaggregat	1	11,15	11,15
Energimätare	1	32,21	32,21
Relä	1	1,00	1,00
Push-in-plint	10	0,05	0,47
Modicon switch**	1	7,97	7,97
Radplint**	5	1,73	8,65
Kabelförskruvning***	1	-	-
Total	36	-	76,70

I tabell 3 redovisas olika komponenterna i skåpets GWP. Låsadaptern bortses från eftersom den var avgränsad i föregående LCA på GEN 4 skåpet. "Modicon switch" är redovisad som 125g i tidigare

generations LCA, så med hjälp av en likvärdig produkt har det modellerats ett resultat för denna komponent. Substitutet vägde 214g och hade en GWP på 8,0 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg (Schneider Electric, 2018). Radplinten är också modellerad, substitutet vägde 8g och hade en GWP på 0,05 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg (Schneider Electric, 2023) vilket har behövts skalats upp. Total vikt för alla laddcentralens inre komponenter uppgår till 13,3 kg. Se bilaga 7 för fullständiga beräkningar.

### 5.1.3 Kablage

Resultatet är uppdelat efter hur kablagen levereras och sedan monteras i systemet, där det finns ett sammankopplat kablage som byggs i modulerna och ett som byggs in i balkarna. I tabell 4 presenteras resultatet för GWP:n hos en enskild balk och i tabell 5 för en modul. Kablaget i balkarna är 2,6 meter långa jämfört med modulernas kablage som är 0,7 meter. Kablarnas GWP korrelerar med deras längd och massa, som tidigare nämnt används en mätning av den 16 mm tjocka kopparkabeln som grund för beräkningarna av kopparkablarnas massa/meter och i förlängningen deras GWP. Genom Elcowires EPD har GWP för kopparkablarna antagits till 4,32 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg kopparkabel (Elcowire, 2022). GWP för kopparkablarnas silikongummihölje har erhållits genom Granta EduPack, GWP:n presenterades där som 7,71 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg silikongummi (Ansys, u.å.-a). Genom en EPD av CommScope, som redovisar sin LAN-kabel "CAT6" till 0,22 kg CO<sub>2</sub>-eq/meter (CommScope, 2021), så har den modellerats efter de olika kabellängderna.

Eftersom de källor som använts för de olika delkomponenterna inte innefattar transport så har det gjorts en separat beräkning för detta. Detta ansågs viktigt med tanke på att kablarna fraktas från Kina. Genom anställda på ChargeNode har information att det är sjöfart som kablarna fraktas med erhållits. Sjöfartssträckan mellan Nanjing och Göteborg, som uppgår till 20,484 km (CarbonCare, u.å.), har använts då företaget kablarna fraktas från ligger där. Med denna information uppgår den totala GWP:n komponenterna till 12,7 kg CO<sub>2</sub>-eq för balkkablagen och 4,1 kg CO<sub>2</sub>-eq för modulkablagen. Se bilaga 5 (transport) och 6 (kablage) för fullständiga beräkningar.

Tabell 4. Balkkablage.

Balk	Vikt (kg)	GWP (kg CO <sub>2</sub> -eq)
Koppar	1,9	8,3
Silikongummi	0,4	3,0
LAN-kabel	0,1	0,6
Total	2,4	11,9
Total (inkl. transport)	-	12,7



Tabell 5. Modulkablage.

Modul	Vikt (kg)	GWP (kg CO <sub>2</sub> -eq)
Koppar	0,7	2,7
Silikongummi	0,01	1,0
LAN-kabel	0,03	0,2
Total	0,8	3,8
Total (inkl. transport)	-	4,1

## 5.1.4 Smartmodul

### 5.1.4.1 Nodeboard och display

Nodeboarden är uppdelad i två dataset, en för PCB:n, alltså kretskortet, och ett för de stora monterade komponenterna såsom relän. Dessa skiljer sig markant åt i GWP, 58,7 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg för komponenterna och 316,4 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg för kretskortet. GWP för datasetet som används för displayen och dess tillhörande kretskort är 66,7 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg. Kretskortet på nodeboarden har approximerats till 0,195 kg och komponenterna till 0,855 kg, erhållet via metoden beskriven i datainsamlingen. Displayen som är en mindre komponent väger 0,092 kg. För fullständiga beräkningar se bilaga 1.

Tabell 6. Nodeboard och display.

Komponent	Vikt (g)	GWP (kg CO <sub>2</sub> -eq)
Nodeboard (Kretskort)	195	61,8
Nodeboard (Skruvmonterade komponenter)	855	50,2
Display	92	6,1
Total	1142	118,1

### 5.1.4.2 Plastdetaljer

Med hjälp av kontakt med leverantören så har information angående plasten erhållits, i fasen vaggatill-grind så bidrar den med 3,7 kg CO<sub>2</sub>-eq/kg plast. Detta i kombination med vikterna redovisade i tabellen, som kommer från de tidigare nämnda företagsritningarna, så har GWP för de olika delarna fastställts. Kåporna som inkapslar nodeboard, display och kablar är de största komponenterna sett till vikt och därmed bidrag till global uppvärmning. GWP för plastdetaljerna beräknas baserat på utsläppen som genereras under produktstadiet, och avser inte transport från produktion till kund. Se bilaga 4 för fullständiga beräkningar.

Tabell 7. Plast till smartmodul.

Plast Smartmodul	Vikt (kg)	GWP (kg CO <sub>2</sub> -eq)
Kontakt del 1	0,17	0,64
Kontakt del 2	0,16	0,58
Kåpa bak	0,59	2,16
Kåpa fram	0,57	2,06
Total	1,47	5,44
Total (inkl. transport)	-	5,56

Eftersom data kring transport inte framgick så ligger egna uträkningar till grund för transportfasen, informationen från företaget hänvisade till att det fraktas från Europa men inget specifikt. För att skapa en rimlig transportfas valdes München som utsändningsadress för att representera en central plats i Europa. Fraktsträckan mellan München och Göteborg uppmäts till 1561 km (CarbonCare, u.å.) och CO<sub>2</sub>-eq beräknas med datatal för lastbilstransport i formen “g CO<sub>2</sub> /t km” (Bauman, 2004, s. 498). Se bilaga 5 för fullständiga beräkningar.

#### 5.1.4.3 Uttag

De identifierade uttagens PEP inkluderar produktens samt dess förpackning med en totalvikt på 243 g. Uttaget består av två tredjedelar av plaster, en tredjedel av metaller och 1,6% övrigt. Uttaget har störst GWP för produktfasen med 1,65 kg CO<sub>2</sub>-eq per uttag och 0,0318 kg CO<sub>2</sub>-eq för transport. Beräkningarna från Schneider Electric är baserade på elmixen: låg spänning 2018, Italien, och datan anses vara representativ i Europa.

Eftersom PEP:n inte inkluderade transportfasen så har egna beräkningar använts för transport även för denna komponent. Eftersom det inte gick att ta reda på vart i Kina, men att det är från Kina med sjöfrakt är bekräftat av anställda på ChargeNode, så används samma distans som för kablaget. Med detta antagande blir den totala GWP:n för kontaktdonen 1,73 kg CO<sub>2</sub>-eq.

Tabell 8. Uttag.

	GWP (kg CO <sub>2</sub> -eq)
Uttag för AC laddning	1,65
Uttag för AC laddning (inkl. transport)	1,73

## 5.2 Sammanställning

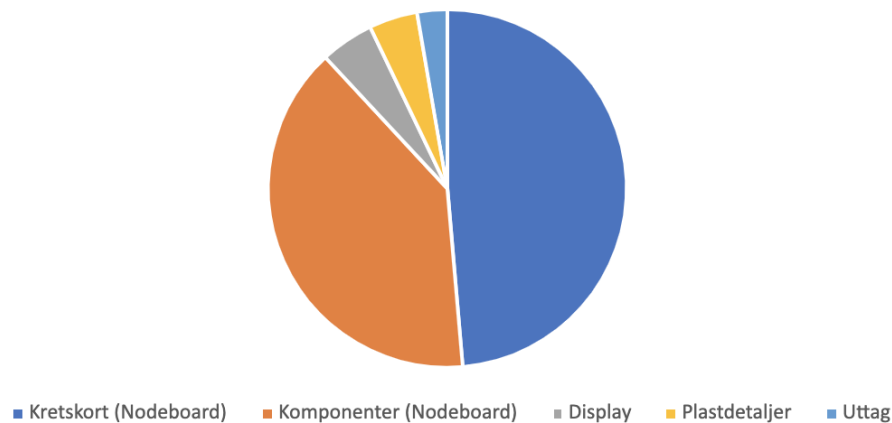
Sammanställningen av resultatet har som syfte att på ett tydligt sätt redovisa resultatet från inventeringsanalysen i tabeller och diagram som möjliggör jämförelser mellan delsystemen i det fullständiga produktsystemet. Resultatet presenteras i den funktionella enheten, ett uttag för elbilsladdning, och beräknas utifrån ett genomsnittligt laddsystem på 20 uttag.

I tabell 9 presenteras resultatet för det kompletta laddsystemet uppdelat i huvuddelsystemen. Huvuddelsystemen är även uppdelade i dess inre delsystem för att tydligt redovisa resultaten för dess GWP. Tabellen innefattar även resultatet för den funktionella enheten, ett uttag för elbilsladdning, för alla delsystem och kommer vara den enhet som är mest lämpad för framtida jämförelser.

Tabell 9. Sammanställning av hela laddsystemet.

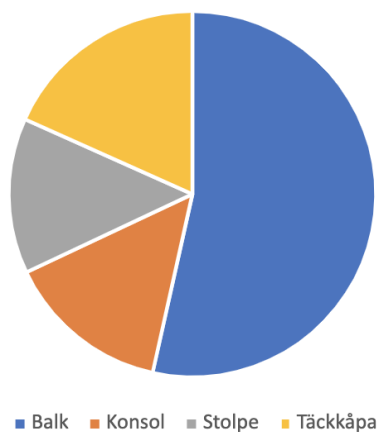
	GWP/st	Antal	Total GWP	GWP/uttag
<b>Aluminiumkomp.</b>			<b>850</b>	<b>42</b>
Balkar	23	20	454	23
Konsoler	6	20	123	6
Stolpar	6	20	117	6
Täckåpor	8	20	155	8
<b>Laddcentral</b>			<b>120</b>	<b>6</b>
Skåp	43	1	43	2
Komponenter	77	1	77	4
<b>Kablage</b>			<b>319</b>	<b>16</b>
Balkkablage	13	19	242	12
Modulkablage	4	19	77	4
<b>Smartmodul</b>			<b>1271</b>	<b>64</b>
Nodeboard	112	10	1120	56
Display	6	10	61	3
Plastdetaljer	6	10	56	3
Uttag	2	20	35	2
<b>Laddsystemet</b>			<b>2560</b>	<b>128,0</b>

I figur 3 redovisas fördelningen av smartmodulens GWP uppdelat i dess delsystem. Det framgår tydligt att kretskortet till nodeboarden är den största bidragande faktorn tillsammans med dess komponenter. Som redovisas i tabell 6 utgör kretskortet endast cirka 20% av nodeboardens totala vikt med 195 gram, komponenterna som utgör majoriteten av vikten med 855 gram har en betydligt mindre koncentrerad mängd CO<sub>2</sub>-eq/kg. Plastdetaljerna, displayen och uttagen utgör förhållandevis liknande andelar av smartmodulens GWP.



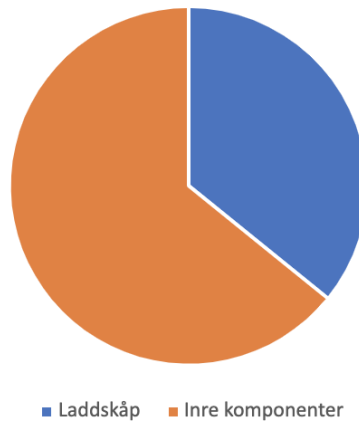
Figur 3. Fördelning GWP, smartmodul.

Fördelningen av GWP för aluminiumkomponenterna redovisas i figur 4. GWP:n för komponenterna korrelerar helt med vikten av de olika komponenterna Balken som är den tyngsta aluminiumkomponenten är även den största bidragande faktorn till aluminiumets GWP med 53%.



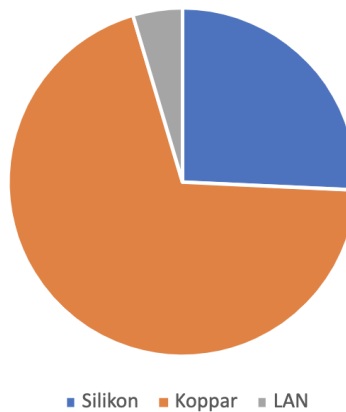
Figur 4. Fördelning GWP, aluminiumkomponenter.

I figur 5 redovisas det för fördelningen av laddcentralens två delsystem, laddskåpet och de inre komponenterna. laddcentralens inre komponenter utgör 64% och därmed nästan två tredjedelar av laddcentralens totala GWP. Vikten för de två delsystemen i laddcentralen är relativt lika med skåpets 7,1 kg och de inre komponenternas sammanlagda vikt på 13,3 kg (Se bilaga 7).



*Figur 5. Fördelning GWP, laddcentral.*

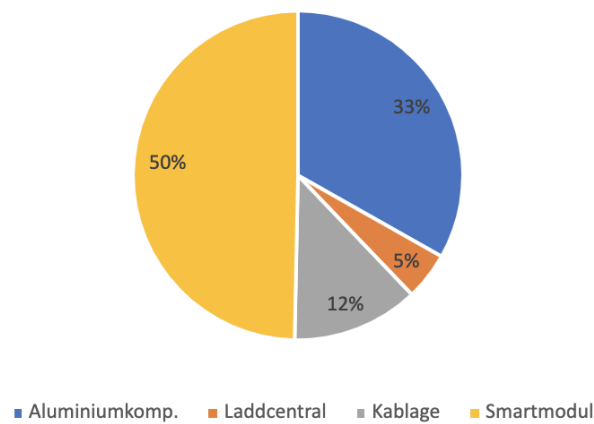
I figur 6 redovisas fördelningen mellan de olika modellerade materialen i kablagen, fördelningen är applicerbar på både modul- och balkscenariot eftersom det i stort sett endast är längden som skiljer och därmed är fördelningen den samma. Kopparn är den största faktor och bidrar med 70% av den totala GWP:n, silikonet och LAN-kabeln bidrar med 26% respektive 4%.



*Figur 6. Fördelning GWP, kablage.*

### 5.2.1 Sammanfattning av resultat

Smartmodulen är det delsystem som står för störst bidrag till global uppvärmning i laddsystemet, 50% so illustreras i figur 7, med en GWP/uttag på 64 kg. Den största andelen av dess utsläpp kommer från produktion av det styrande kretskortet i smartmodulen med en GWP/uttag på 56 kg, det är även komponenterna på just detta kretskort som utgör näst mest. Aluminiumkomponenterna har 42 kg GWP/uttag och är den därmed delsystemet näst störst påverkan, fördelat över de olika komponenterna i förhållande till dess vikter. Kablagets GWP/uttag är 16 kg och är likt kablaget fördelat över de olika delkomponenterna med avseende på dimensioner, där modulcablaget är mindre än balkens. Laddcentralens 6 kg GWP/uttag är den minsta påverkansfaktorn vilket bidras av att det är det enda delsystemet som inte dimensioneras ut med resterande systemet.



Figur 7. Fördelning GWP, hududdelssystemen.

## 6. Diskussion och slutsats

I detta kapitel diskuteras och tolkas resultaten från analysen kopplat till de frågeställningar och det syfte som formulerades i inledningen. Syftet med diskussionen är att förstå resultaten och sätta dom i ett större sammanhang. Resultatens betydelse för framtida arbete kommer även att diskuteras.

### 6.1 Tolkning av resultat

I detta kapitel diskuteras resultaten för de olika delsystemen. Betydelsen av resultaten för delsystemen sätts i perspektiv till produktsystemets helhet.

#### 6.1.1 Smartmodulen

Resultatet från analysen var förvånande utifrån att smartmodulens GWP visade sig vara den största av alla delsystemen. Företagets initiala förväntningar var att tillverkningen av aluminiumkomponenterna eller laddcentralen skulle stå för den största andelen av CO<sub>2</sub>-eq utsläppen. Men vid närmare analys av smartmodulens nodeboard identifierades en kritisk komponent, se tabell 9. Nodeboarden, kretskortet i smartmodulen, som har inkluderats i smartmodulerna till följd av en ny lagstiftning som säger att kunden måste kunna avläsa priset för laddning vid uttaget står för nästan 50% av systemets totala GWP. Dessa kretskort innebär gentemot tidigare generationer av ChargeNodes laddsystem att mycket av tekniken flyttats till smartmodulerna från laddcentralen. Därmed sker en upprepning av kretskortet för varje smartmodul som inkluderas och dess GWP får en avsevärd betydelse på systemets totala GWP. Kretskortet och dess ytmonterade aktiva komponenter har en mycket mer kondenserad GWP i jämförelse med de större passiva komponenterna såsom relän. Detta är på grund av skillnaden i de processer som används vid framställningen. Kretskortet innehåller små men detaljrika komponenter som processorer, dessa kräver mer avancerade och energikrävande processer än de relän som består av plast och spolar i diverse metaller (H. Fries, personlig kommunikation, 17 maj 2024). Datan som använts för beräkningarna av kretskortet och tillhörande komponenter har på grund av dess generalitet en stor felmarginal. Typen av kretskort som datasetet avser kan ha betydligt större komponenttäthet men också mindre. Denna osäkerhet har identifierats i samråd med handledare från Chalmers såväl som ChargeNode, förväntningen är att resultatet till följd av dessa grova antaganden placeras i överkant sett till dess GWP men tills mer konkreta beräkningar kan genomföras har dessa dataset ansetts som acceptabla.

#### 6.1.2 Aluminiumkomponenter

Aluminiumet som utgör laddsystemets huvudsakliga konstruktion står för en relativt liten del av utsläppen sett till dess totala massa i systemet. Det är främst för aluminiumet som ChargeNode tagit aktiva val för att minska sina utsläpp sett till produktionen när de valt tillverkare och aluminiumtyp. Det talades mycket om just Hydro och deras goda miljöprofil samt miljödeklaration när vi påbörjade analysen på ChargeNode, och när vi genomförde våra egna studier så kom vi fram till samma sak. Utsläppen som genereras vid tillverkningen av Hydros Circal 75R är drygt hälften sett till det europeiska snittet vilket leder till att aluminiumkomponenterna utgör en relativt liten del av systemet totala GWP. Ett förvånande resultat som tydligt visar på vilka skillnader denna typ av produkt och

materialval kan ha på ett företags eller en produkts miljöpåverkan, vilket vi hoppas ChargeNode tar med sig i framtiden.

### 6.1.3 Laddcentralen

Nedskalningen av laddcentralen har varit framgångsrik sett till dess GWP jämfört med den tidigare generationen av laddsystem Gen4. Även om vi inte har den exakta siffran på utsläppen för tillverkningen av laddcentralen till Gen4 så har vi använt oss av samma komponenter i beräkningen men i en mycket mindre utsträckning. Laddskåpet som kapslar in komponenterna har även reducerats i vikt från 61 kg till 7 kg, detta genom en betydligt mindre utformning samt att stora delar av skåpet i Gen5 består av aluminium. I laddcentralen för Gen4 repeteras ett flertal komponenter för varje uttag till skillnad från Gen5 där repetitionen istället händer i smartmodulen, detta dels för att möjliggöra framtida expansion efter installation. Därför blir jämförelsen mellan de två generationernas laddcentraler inte lika intressant som att jämföra Gen5s laddcentral + smartmodul och Gen4 laddcentral + uttagen. Jämförelsen ger en bättre insikt i vad den förändrade designen har fått för effekt på systemets totala GWP.

### 6.1.4 Kablaget

Det delsystem vars resultat mest efterliknade förväntningarna var kablaget som stod för 12% av systemets totala GWP. Med cirka 16 kg CO<sub>2</sub>-eq per uttag så ses inte kablaget som en kritisk komponent, vilket inte heller var förväntat i de tidiga hypoteserna. I den tidigare generationen av laddsystem gick det separata kablar till varje uttag genom systemet, för Gen5 är det ett samlat kablage med de kortare modulkablagen i smartmodulen för display, kretskort och uttagen. Kablaget, som är av kinesiskt ursprung, förväntades generera en betydlig del av sina utsläpp från dess transport till Sverige. Men enligt våra beräkningar utgjorde transporten endast 6% av kablgets totala GWP, vilket är en betydligt större andel än för de komponenter vars ursprung är europeiskt och svenskt. Beräkningarna för kablgets GWP med avseende på råvaruutvinning och tillverkning är inte specifika för kinesiska kablage, därmed är det möjligt att valet av att ha en kinesisk tillverkare till kablaget har en större negativ påverkan på GWP:n än resultaten från studien påvisar. Utöver ursprunget av råmaterialet och tillverkningen ses kablaget som en komponent vars existens i produkten är nödvändig och därmed är förbättringspotentialen sett till dess bidrag mindre än för andra delsystem då den inte fullständigt kan ersättas. Det som skulle kunna undersökas är möjligheten till att ersätta de befintliga kablarna med kablar som har högre grad av återvunnet material. Återvunnen koppar finns i stora mängder men på grund av den ökade förbrukningen av koppar så täcker återvunnet koppar endast 32% av den årliga förbrukningen (International Copper, 2022). I Europa kommer däremot 50% av den koppar som används årligen ifrån återvinning, så det finns potentiellt stora vinster i utsläpp genom att byta till en europeisk tillverkare av kablaget (International Copper, 2020).



## 6.2 Reflektion av metodval

I detta kapitel diskuteras de utmaningar och implikationer som uppkommit till följd av de metoder som använts i studien.

### 6.2.1 Utmaningar och lärdomar

Då detta var den första ordentliga livscykelanalysen som vi utförde stötte vi på mängder av hinder och lärdomar på vägen. Datainsamlingen avsattes i den ursprungliga tidsplanen till de första veckorna där förväntningen var att gå på en analys av datan strax därefter. Det visade sig tidigt att miljövarudeklarationer och andra typer av miljödata inte fanns tillgängliga för den absoluta majoriteten av komponenterna. Mycket tid lades därmed i arbetets första skede på att söka primärdata där den sedan visade sig inte finnas, detta var fallet främst för komponenterna till nodeboarden där majoriteten hade sitt ursprung i Kina. En viktig del av att genomföra en livscykelanalys inom en snäv tidsram är att förstå när man måste acceptera den nivå av data som funnits, samt acceptera att datans precision skiljer sig åt mellan olika komponenter. Datainsamling är ett iterativt arbete som pågår under hela analysen i cykler med att datan utvärderas efter dess rimlighet och källans trovärdighet, den data som hämtas i början är ofta inte samma som den som används i slutet. Exempelvis så användes först generell data från Hydro för aluminiumet som inte tog hänsyn till ytbeläggning eller bearbetningsprocessen vilket sedan efter kontakt med leverantören korrigerades utifrån den EPD som publicerats för Hydros Circa175R.

### 6.2.2 Implikationer från avgränsningar

En livscykelanalys får olika djup beroende på vad för avgränsningar som görs. Att begränsningen till påverkanskategorin global uppvärmning och därmed CO<sub>2</sub>-eq valdes leder till att analysen inte ger en fullständig bild av vad för påverkan produktsystemet har på miljön. Exempelvis kan produktsystemets påverkan på försurning eller ozonlagret vara mer omfattande än dess påverkan på global uppvärmning. Det ligger i dagsläget ett stort fokus på just global uppvärmning och CO<sub>2</sub> utsläpp, därav beslutades det i samförstånd med handledare från Chalmers och ChargeNode att avgränsa analysen till att omfatta påverkanskategorin global uppvärmning. Miljöpåverkan från ChargeNodes egna anläggningar är något som inte heller tagits med i beräkningarna, även detta på grund av tidsbrist. Livscykelanalysen ger en god bild av vad för påverkan på den globala uppvärmningen tillverkningen av laddsystemet har, men dessa avgränsningar gör att bilden inte blir fullständig. Vid en eventuell framtida studie som innefattar användningsfasen så rekommenderar vi att även ta ChargeNodes egna anläggningar energiförbrukning i beaktning. Effekten av att avgränsa till användningsfasen får som störst effekt hos komponenterna i laddcentralen där Bilaga 7 visar att den absoluta majoriteten av komponenterna har den största bidragande CO<sub>2</sub>-eq utsläppen under användningsfasen, detta främst i form av energiförluster vid användning. Här kan faktorer som verkningsgraden hos specifika komponenter spela en betydande roll i produktsystemets totala GWP under hela dess livscykel.

Att inkludera användningsfasen i analysen skulle även kunna bidra med mer konkreta jämförelser mellan fossila bilar i sin helhet för att den förväntade miljö fördelar ur ett koldioxidperspektiv skall kunna utredas. Avgränsningar kring produktsystemet bidrar också till att infrastrukturen som krävs kring installeringen av ett laddsystem inte tas hänsyn till. Vilket skulle kunna bidra till större klimatavtryck för systemet.

## 6.3. Fortsatt arbete

Detta kapitel behandlar de rekommendationer kring fortsatt arbete och forskning som uppkommit under studien.

### 6.3.1 Vidare analys av användnings- och avfallsfasen

Vid eventuellt fortsatt arbete så skulle vi uppmuntra ChargeNode till att fortsätta analysera de faser som avgränsats i livscykelanalysen, alltså användnings- och avfallsfasen. Med en fortsatt analys av dessa faser kan de skaffa sig en mer fullständig bild av produktens miljöpåverkan genom hela dess livscykel.

Med tanke på att de inre komponenterna i laddcentralen har majoriteten av sin GWP i användningsfasen i sina grundscenarion, vilket grundas i leverantörens förutbestämda användningsfall (fördelningen över de olika faserna illustreras i bilaga 7). Med GWP-fördelningen över faserna så kan användningsfasen identifieras som en kritisk del av produktens livscykel. Genom att undersöka fasen vidare skapas en intressant jämförelse med den fossildrivna fordonsindustrin och den elektriska. En jämförelse som ChargeNode skulle få användning av, framför allt i syfte av marknadsföring.

### 6.3.2 Utvidgad miljöpåverkansanalys

Med tanke på att undersökningen är gjord endast med avseende på GWP och i formen CO<sub>2</sub>-eq ger den endast en specifik bild av en produkts hållbarhetsprofil. För att vidare utveckla på den här studien så skulle fortsatt undersökningar med avseende på andra påverkanskategorier kunna utföras. Andra viktiga faktorer att ta hänsyn till är exempelvis huruvida någon process är skadlig för människor, bidrar med luftföroreningar osv. Det skapar en tydligare hållbarhetsprofil och helhetsbild för produkten miljöpåverkan att vidareutveckla LCA:n med fler påverkanskategorier. Detta kan i sin tur agera vägledande till mer informerade beslut för förbättrad hållbarhet och minskad negativ påverkan på både miljö och hälsa.

### 6.3.3 Förbättring av datakvalitet

Eftersom datakvaliteten har varit varierande genom arbetet så finns det ett potentiellt framtida arbete med att förfinas kvaliteten genom att specificera datan. Det finns möjlighet att under en längre arbetsperiod föra mer konversationer med leverantörer för att förhoppningsvis erhålla mer produktspecifik data för fler delsystem och komponenter, vilket det inte fanns tid för under denna studie och därmed avgränsas till det befintliga och presenterade. Om kontakten inte skulle rendera i resultat i form av mer specifik data så kan den som beskrivs tidigare ändå få positiva konsekvenser genom att påbörja konversationen kring arbetet på även de företagen.

## 6.4 Slutsats

Livscykelanalysen genomfördes med syftet att kvantifiera utsläppen kopplade till global uppvärmning för ChargeNodes Gen5 elbilsaddsystem. Särskilt fokus lades på att undersöka de olika delsystemen som produkten består av från råvarumaterialutvinning till färdig produkt (vagga-till-grind). Detta med målet att se vilka delsystem som står för störst utsläpp och vilka kritiska komponenter som existerar. Med hjälp av dessa insikter från studien förväntades områden för förbättring sett till dess klimatpåverkan identifieras, som tack vare att produkten fortfarande är i utvecklingsstadiet har möjlighet att åtgärdas. För att uppnå detta syfte har ett omfattande datainsamlingsarbete varit den främsta delen av arbetet.

Resultatet har tagits fram med detta syfte i åtanke och presenteras därmed främst med avseende på fördelningen av GWP:n för de olika delsystemen inom produktsystemet. Resultaten från analysen visar att det totala utsläppet från vagga-till-grind uppgår till 2560 kg CO<sub>2</sub>-eq och per uttag 128 kg CO<sub>2</sub>-eq. Vilket därmed svarar på frågeställningen:

- Hur stora är de CO<sub>2</sub> utsläpp som kan kopplas direkt och indirekt till tillverkningen av ChargeNodes nya laddsystem?

De andra två frågeställningarna;

- Vad kan ChargeNode göra för att minska sin klimatpåverkan genom den nya produktgenerationen?
- Finns det komponenter i produkten som inte är gynnsamma sett till dess klimatpåverkan?

besvaras i form av diskussioner och analyser i diskussionskapitlet. Där diskuteras eventuella lösningar och rekommendationer på fortsatt arbete som ChargeNode kan ta sig an för att minska produktens klimatpåverkan. Även kritiska komponenter diskuteras och vilka problem det medför, främst smartmodulen.

De absolut största bidraget till produktsystemets GWP var smartmodulen, ett resultat som får viktiga implikationer för produktens klimatpåverkan då den skalas upp i antal i samband med att systemet får fler uttag. Aluminiumkomponenterna genererar betydligt mindre utsläpp vilket indikerar att valet av aluminium varit betydelsefullt. Resultatet visar främst på att ChargeNode eventuellt bör se över designen med smartmodulerna då de genererar stora mängder utsläpp och att det eventuellt skulle vara möjligt att centralisera viss del av tekniken i dessa och därmed minska uppskalningen. Arbetet har även bidragit till att starta och utveckla ChargeNodes hållbarhetsarbete. De diskussioner och lärdomar som uppstått under arbetets gång har varit av intresse för många på företaget, då de fått upp ögonen för hur viktiga beslut inom hållbarhet kan vara.

Trots de insiktsfulla resultat som studien kommit fram till så finns begränsningar såsom det stora antalet avgränsningar som har behövts göras för att kunna uppnå en komplett studie. Avgränsningar såsom användningsfasen och avfallshantering har gjort att studien inte uppnår en helhetsbild av produktsystemets livscykel. Dessa avgränsningar har varit nödvändiga på grund av tidsramen som studien har inneburit och för att uppnå ett väl bearbetat resultat.

## 7. Referenser

ABB. (2021, 6 september). Environmental Product Declaration. ABB. Hämtad 27 mars, 2024, från [https://library.e.abb.com/public/ad45be07e85e49fb81059955199d487c/1SCC301279D0201\\_OT80F3\\_PEP%20Ecopassport\\_APPROVED.pdf?x-sign=O3DizhkHBnHsx08HV0yF5JE3RARYNlgs+w7NPpH6ACTDvTKyfPwl6Nok2FUeeV2o](https://library.e.abb.com/public/ad45be07e85e49fb81059955199d487c/1SCC301279D0201_OT80F3_PEP%20Ecopassport_APPROVED.pdf?x-sign=O3DizhkHBnHsx08HV0yF5JE3RARYNlgs+w7NPpH6ACTDvTKyfPwl6Nok2FUeeV2o)

ABB. (2022, december). Product Environmental Profile Environmental Product Declaration. ABB. Hämtad 27 mars, 2024, från [https://library.e.abb.com/public/6a3785ee8e694dd09fc634ca84bbf68d/ABBG-00064-V01.01-EN\\_EPD-S200.pdf?x-sign=tSGWAD8+J5Fw+okilfx42ofJMOUL/XmaJSKG3O67UzEK9gmjlqajp0mqja9+vFJq](https://library.e.abb.com/public/6a3785ee8e694dd09fc634ca84bbf68d/ABBG-00064-V01.01-EN_EPD-S200.pdf?x-sign=tSGWAD8+J5Fw+okilfx42ofJMOUL/XmaJSKG3O67UzEK9gmjlqajp0mqja9+vFJq)

Ansys GRANTA EduPack software, ANSYS, Inc., Cambridge. (u.å.-a). *Silicone elastomers (SI, Q)*. [Dataset]. Hämtad 18 april, 2024 från [www.ansys.com/materials](http://www.ansys.com/materials)

Ansys GRANTA EduPack software, ANSYS, Inc., Cambridge. (u.å.-b). *Stainless steel*. [Dataset]. Hämtad 17 april, 2024 från [www.ansys.com/materials](http://www.ansys.com/materials)

Arvidsson, R., Tillman, A.-M., Sandén, B.A., Janssen, M., Nordelöf, A., Kushnir, D. and Molander, S. (2018), Environmental Assessment of Emerging Technologies: Recommendations for Prospective LCA. *Journal of Industrial Ecology*, 22: 1286-1294. Hämtad 14 juni, 2024 från <https://doi.org/10.1111/jiec.12690>

Baumann, H., & Tillman, A.-M. (2004). *The hitch hiker's guide to LCA : an orientation in life cycle assessment methodology and application* (1st ed., Vol. 10). Professional Publishing House.

CarbonCare. (u.å.). Calculator - CO2-CALCULATOR. CarbonCare. Hämtad 17 maj, 2024, från <https://www.carboncare.org/en/co2-emissions-calculator>

CommScope. (2021, 15 november). Category 6 LSZH LAN Cable - Environmental Product Declaration. CommScope. Hämtad 27 mars, 2024, från <https://www.commscope.com/globalassets/digizuite/934640-epd-commscope-category-6-lszh-cables.pdf>

Ecochain. (2024, 5 april). Impact Categories (LCA) – The complete overview. Ecochain. Hämtad 16 april, 2024, från <https://ecochain.com/blog/impact-categories-lca/>

EcoInvent (2020.-a) *printed wiring board production, surface mounted, unspecified, Pb free*. År 2005-2020 [Dataset]. Hämtad 15 maj, 2024, från

<https://ecoquery.ecoinvent.org/3.7.1/consequential/dataset/1415/documentation>

EcoInvent (2020.-b). *electronic component production, passive, unspecified*. År 1994-2020 [Dataset]. Hämtad 15 maj, 2024, från

<https://ecoquery.ecoinvent.org/3.7.1/consequential/dataset/9389/documentation>

EcoInvent (2020.-c) *liquid crystal display production, unmounted*. År 2001-2020 [Dataset]. Hämtad 15 maj, 2024, från

<https://ecoquery.ecoinvent.org/3.7.1/consequential/dataset/4267/documentation>

Elcowire. (2022, 9 december). Environmental Product Declaration Copper Wire Rod. Hämtad 17 maj, 2024, från <https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/74cd6277-3f4c-4e03-b1a8-08db681d8c95/Data>

Energiföretagen. (2023, 7 Maj). Elproduktion. Energiföretagen Sverige. Hämtad 7 maj, 2024, från

<https://www.energiforetagen.se/energifakta/elsystemet/produktion/>

Energinyheter. (2023, 15 mars). Kol är återigen Tysklands viktigaste energikälla. Energinyheter. Hämtad 7 maj, 2024, från

<https://www.energinyheter.se/20230315/28768/kol-ar-aterigen-tysklands-viktigaste-energikalla>

Environmental Protection Agency. (2023, 18 april). Understanding Global Warming Potentials | US EPA. Environmental Protection Agency. Hämtad 23 Mars, 2024, från

<https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials>

EPD International. (u.å.). The EPD. EPD International. Hämtad 9 maj, 2024, från

<https://www.environdec.com/all-about-epds/the-epd>

EUR-Lex. (2022, 14 december). Directive - 2022/2464 - EN - CSRD Directive - EUR-Lex. EUR-Lex. Hämtad 2 februari, 2024, från

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32022L2464>

European Aluminium. (u.å.). A low carbon footprint. European Aluminium. Hämtad 2 maj, 2024, från

<https://european-aluminium.eu/projets/a-low-carbon-footprint/>

Eurostat. (u.å.). Glossary: Carbon dioxide equivalent. Glossary:Carbon dioxide equivalent - Statistics Explained. Hämtad 23 mars, 2024, från

[https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Carbon\\_dioxide\\_equivalent](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Carbon_dioxide_equivalent)

Finnveden, G., Hauschild, M. Z., Ekvall, T., Guinée, J., Heijungs, R., Hellweg, S., Koehler, A., Pennington, D., & Suh, S. (2009, oktober). Recent developments in Life Cycle Assessment. ScienceDirect. Hämtad 16 April, 2024, från

[https://pdf.sciencedirectassets.com/272592/1-s2.0-S0301479709X00137/1-s2.0-S0301479709002345/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjElb%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2FwEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIGvFkJqivQRLNWTjRomuga3ksBqny1XNDbRWql68QN7GAiEAmtJsME%2F2KiI](https://pdf.sciencedirectassets.com/272592/1-s2.0-S0301479709X00137/1-s2.0-S0301479709002345/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjElb%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2FwEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIGvFkJqivQRLNWTjRomuga3ksBqny1XNDbRWql68QN7GAiEAmtJsME%2F2KiI)

Globala målen. (2017, 4 oktober). 11. Vad betyder hållbar utveckling? – Globala målen. Globala målen. Hämtad 18 april, 2024, från

<https://www.globalamalen.se/fragor-och-svar/vad-betyder-hallbar-utveckling/>

Gulliksson, H., & Holmgren, U. (2011). Hållbar utveckling: livskvalitet, beteende och teknik. Studentlitteratur.

Gutowski, T. G. (2018). A Critique of Life Cycle Assessment; Where Are the People? 25th CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference. Elsevier. 10.1016/j.procir.2018.01.002

Hydro. (u.å.). Hydro CIRCAL återvunnen aluminium. Hydro.com. Hämtad 25 mars, 2024, från

<https://www.hydro.com/sv-SE/aluminium/products/koldioxidsnal-och-atervunnen-aluminium/koldioxidsnalt-aluminium/hydro-circal/>

Hydro. (2022, 17 november). ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION (EPD) FOR ALUMINIUM PROFILES IMPLEMENTED WITH HYDRO CIRCAL BILLET PRODUCED BY HYDRO EXTRUSIO. Hydro.com. Hämtad 24 mars, 2024, från

<https://www.hydro.com/Document/Doc/EPD%20for%20Hydro%20CIRCAL.pdf?docId=589190>

International Copper. (2020, 9 november). *Circularity and Recycling in the EU*. International Copper Association. Hämtad 28 maj, 2024, från

<https://internationalcopper.org/resource/circularity-and-recycling-in-the-eu/>

International Copper. (2022, 10 februari). *Copper Recycling*. International Copper Association. Hämtad 28 maj, 2024, från

<https://internationalcopper.org/resource/copper-recycling/>

Klöppfer, W., & Grahl, B. (2014). Life Cycle Assessment (LCA): A Guide to Best Practice. Wiley.

Naturskyddsföreningen. (u.å.). Startside Faktblad Hur fungerar växthuseffekten?

Naturskyddsföreningen. Hämtad 18 april, 2024, från

<https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/hur-fungerar-vaxthuseffekten/>

Naturvårdsverket. (u.å.). Växthusgaser - Därför blir det varmare. Naturvårdsverket. Hämtad 18 april, 2024, från

<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatforandringar/darfor-blir-det-varmare/>

Nickel, L. (2024, 25 april). Cradle-to-Gate: What is it & How does it work in LCA? Ecochain.

Hämtad 9 maj, 2024, från

<https://ecochain.com/blog/cradle-to-gate-in-lca/>

Persson, C., & Persson, T. (2020). Hållbar utveckling - - människa, miljö och samhälle.

Studentlitteratur AB.

Schneide Electric. (u.å.). Green Premium-produkter. Schneider Electric. Hämtad 15 maj, 2024, från

<https://www.se.com/se/sv/about-us/sustainability/green-premium-products/>

Schneider Electric. (2018, juli). Produkt Environmental Profile TM4 Network Module. Schneider

Electric. Hämtad 17 Maj, 2024, från

[https://download.schneider-electric.com/files?p\\_enDocType=Environmental+Disclosure&p\\_File\\_Name=ENVPEP1403009EN\\_V3.pdf&p\\_Doc\\_Ref=ENVPEP1403009EN](https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Environmental+Disclosure&p_File_Name=ENVPEP1403009EN_V3.pdf&p_Doc_Ref=ENVPEP1403009EN)

Schneider Electrics. (2023, november). Product Environmental Profile Screw Terminal Blocks

NSYTRV. Schneider Electrics. Hämtad 17 maj, 2024, från

[https://download.schneider-electric.com/files?p\\_enDocType=Environmental+Disclosure&p\\_File\\_Name=PEP+ecopassport+SCHN-01064-V01.01-EN.pdf&p\\_Doc\\_Ref=ENVPEP2309018EN](https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Environmental+Disclosure&p_File_Name=PEP+ecopassport+SCHN-01064-V01.01-EN.pdf&p_Doc_Ref=ENVPEP2309018EN)

## 8. Bilagor

Ytterligare material som stödjer forskningen, såsom detaljerad data, tekniska specifikationer, och metodbeskrivningar.

### Bilaga 1

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2		<b>Nodeboard</b>	<b>Vikt (kg)</b>	<b>Antal</b>	<b>CO2-eq/kg</b>	<b>CO2-eq/prod</b>	
3		Kretskort	0,195	1	316,40	61,83	
4		Komponenter på nodeboard	0,855	-	58,7	50,16	
5		Display ( och Displaykretskort)	0,092	1	66,74	6,14	
6		<b>Total</b>	<b>1,142</b>			<b>118,13</b>	
7	Källa:	<a href="https://pdf.sciencedirectassets.com/31802">https://pdf.sciencedirectassets.com/31802</a>					
8							
9				Från mätning i labb			
10		<b>PCB (kretskort)</b>	<b>kg/m<sup>2</sup></b>	<b>Area (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Vikt (kg)</b>	<b>CO2-eq/m<sup>2</sup></b>	<b>CO2-eq/kretskort</b>
11			4,27	0,046	0,195	282,9	12,94
12							

### Bilaga 2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2		<b>Räknetal Aluminium</b>	<b>kg CO2/kg</b>	<b>Källa ( EPD-Hydro)</b>					
3		Material	3,53						
4		Transport	0,016						
5									
6						<b>Material</b>	<b>Bearbetning</b>	<b>Transport</b>	<b>Total</b>
7			<b>kg/m</b>	<b>m konstruktion</b>	<b>kg Al</b>	<b>kg CO2/komponent</b>		<b>kg CO2/komponent</b>	<b>kg CO2</b>
8		Balk	3,337	1,92	6,4	22,6		0,10	22,7
9		Konsol	1,974	0,88	1,7	6,1		0,03	6,2
10		Kåpa	3,086	0,71	2,2	7,7		0,04	7,8
11		Stolpe	1,134	1,45	1,6	5,8		0,03	5,8
12									

### Bilaga 3

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2											
3		<b>Komponent</b>	<b>Antal</b>	<b>Vikt (kg)</b>	<b>Manufacturing</b>	<b>Distribution</b>	<b>Installation</b>	<b>Use</b>	<b>CO2-eq / uttag</b>	<b>CO2-eq/totalt</b>	
4		Type-2 Uttag	20	0,243	1,65	0,0318	0	19,1	1,726767491	34,53534982	
5						Egen transport	0,07676749				
6		Källa (PEP):	<a href="#">Substitute för uttag</a>								
7											



## Bilaga 4

	A	B	C	D	E	F
1						
2		GWP Plast kg CO2-eq/kg Production fase (cradle to gate)	3,7	Data från leverantör	Transport, EUR, lastbil	
3						
4		<b>Plast smartmodul</b>	<b>Vikt (kg)</b>	<b>Prodtfas</b>	<b>Transport</b>	<b>Total GWP</b>
5		Connector module, bottom 1, x2	0,174	0,6438	0,01412	0,65792
6		Connector module, bottom 2, x2	0,156	0,5772	0,01266	0,58986
7		Smartmodul bak	0,585	2,1645	0,04749	2,21199
8		Smartmodul fram	0,556	2,0572	0,04513	2,10233
9			<b>Vikt (kg)</b>	<b>Prodtfas</b>	<b>Transport</b>	
10		<b>Total plast</b>	<b>1,471</b>	<b>5,4427</b>	<b>0,11940</b>	<b>5,56210</b>
11						

## Bilaga 5

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3		1,54E-05	kg CO2/kg km ( Large Ship)	(NTM, 2002) via (Baumann & Tillman, 2004, s.501)		20514 km Nanjing to Gothenburg (Sjöfart)	
4							
5		0,315916	kg CO2/kg	Nanjing till Göteborg			
6							
7							
8							
9		0,000052	kg CO2/kg km ( Truck with semi-trailer, long distance)	(NTM, 2002) via (Baumann & Tillman, 2004, s.498)		1561 km Munchen to Gothenburg (Väg)	
10							
11		0,081172	kg CO2/kg	Munchen till Göteborg			
12							
13							

# Bilaga 6

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K											
2		Densitet Cu		CO2eq/kg Copper cathode		EPD-Koppar, Elcowire																
3		8,96 g/cm <sup>3</sup>		0,00059		4,32 kg																
4		0,00896 g/mm <sup>3</sup>																				
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10		LCA LAN-kabel ( från COMMSCOPE)																				
11		Fas	Product stage			ction process stage			Use stage		End of life		Benefits									
12			A1-A3	A4	A5	B4	B5	C2	C3	C4	D											
13		kg CO2/m CAT6 LAN	0,22	0	0	0,00059	0,26	0,28	0,0003	0,037	0,00087	-0,27										
14		Vår avgränsning				Bortser från																
15		Källa LAN-kabel																				
16																						
17																						
18																						
19																						
20		Silikon gummi, yttre höljet																				
21																						
22		Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 footprint (kg)	CO2 footprint (%)																
23		Material	124	89,2	6,51	84,5																
24		Manufacture	14,8	10,6	1,18	15,4																
25		Transport	0	0,0	0	0,0																
26		Use	0	0,0	0	0,0																
27		Disposal	0,2	0,1	0,014	0,2																
28		Total (for first life)	139	100	7,71	100																
29		End of life potential	0		0																	
	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	
		Från mätning i labbet																				
		16*2mm	0,45	1 meter	6*2mm	0,45	1 meter	2,5*2mm	0,45	1 meter												
		Silikon (hölje)	13	28,9 gram	Silikon (hölje)	4,875	10,8 gram	Silikon (hölje)	2,03125	4,5 gram												
		Koppar	61	135,6 gram	Koppar	22,875	50,8 gram	Koppar	9,53125	21,2 gram												
		Total	74	164,4 gram	Total	27,75	61,7 gram	Total	11,5625	25,7 gram												
		Modul																				
		16mm*2					6mm*2					2,5mm*2					Summa					
		Length	Wires	Tot length	Snittarea	Weight	CO2	Length	Wires	Tot length	Snittarea	Weight	CO2	Length	Wires	Tot length	Snittarea	Weight	CO2	CO2	g	
		[mm]	[pcs]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	g	kg/prod	[mm]	[pcs]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	g	kg/prod	[mm]	[pcs]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	g	kg/prod	kg/prod	g	
		Koppar	700	5	3500	16	474,4444	2,0496	380	5	1900	6	96,58333333	0,41724	700	3	2100	2,5	44,47917	0,19215	2,65899	615,5069
		Silikon	700	5	3500	x	101,1111	0,779567	380	5	1900	x	20,58333333	0,158698	700	3	2100	x	9,479167	0,073084	1,011349	131,1736
		3,670339 746,6806																				
		Balk																				
		16mm*2					6mm*2					2,5mm*2					Summa					
		Length	Wires	Tot length	Snittarea	Weight	CO2	Length	Wires	Tot length	Snittarea	Weight	CO2	Length	Wires	Tot length	Snittarea	Weight	CO2	CO2	g	
		[mm]	[pcs]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	g	kg/prod	[mm]	[pcs]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	g	kg/prod	[mm]	[pcs]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	g	kg/prod	kg/prod	g	
		Koppar	2600	5	13000	16	1762,222	7,6128	X					2600	3	7800	2,5	165,2083	0,7137	8,3265	1927,431	
		Silikon	2600	5	13000	x	375,5556	2,895533						2600	3	7800	X	35,20833	0,1521	3,047633	410,7639	
		11,37413 2338,194																				
		LAN Kabel					Total kopparkabel + LAN															
		Length	Wires	Tot length	CO2	Weight	Modul	4,1														
		[mm]	[pcs]	[m]	kg/prod		Balk	12,7														
		Modul	700	1	0,7	0,154	Total TOTA	16,8														
		Balk	2600	1	2,6	0,572																

# Bilaga 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
1. Inre komponenter																																														
Total för elektriskt kemp & krets																																														
119,51																																														
1	Komponent	Acetal	Vikt (kg)	Kommentar	Manufakturer	Distribution	Installation	Loss	PostFaktial																																					
2	Strömkontakt		5	0,165	0,344	0,00994	0,000738	0,27	1,85345																																					
3	Personnyckelbrytare		1	0,21	0,370728	0,0281	0	39,1	1,7881																																					
4	Driftbrytare		1	0,078	1,7881	0,0106	0	39,6	1,4865																																					
5	Driftbrytare 1		1	0,45	1,781	1,4440742	0,0242	231	1,5785																																					
6	Driftbrytare 2		1	0,45	2,98	1,8784	0,069	117	3,183																																					
7	Medlemsnyckel		1	0,425	2,31	3,181	0,1	0,0424	18,4	2,4524																																				
8	Kontaktor		1	0,25	0,835	0,0156	0,0104	1,27	0,863																																					
9	Driftbrytare 1		1	0,5	0,61	0,0112	0,0208	1,22	0,863																																					
10	Driftbrytare 2		1	0,1	1,67	1,22	0	23,8	0,669																																					
11	Färdskena		1	0,72	0,654	0,0129	0	0,884	0,669																																					
12	Andelsnyckel för färdskena		1	0,01	2,6	0,0486	0,0003	0,884	2,6263																																					
13	Andelsnyckel		1	0,01	0,069	0,099	0,099	0,069	0,069																																					
14	Medlemsnyckel		1	0,01	11	0,154	0	771	11,154																																					
15	Medlemsnyckel		1	0,432	32,1	0,11866	0	24,127	32,21365																																					
16	Medlemsnyckel		1	0,029	32,21366	0	0	25,8	1,00414																																					
17	Medlemsnyckel		1	0,095	1,00414	0,0132	0	1,00414	0,0132																																					
18	Medlemsnyckel		1	0,125	0,0452	0,0132	0	0,663	0,0452																																					
19	Medlemsnyckel		1	1,38	4,650	0,016	0,000	4,650	0,016																																					
20	Medlemsnyckel		1	0,095	1,6719832	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
21	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
22	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
23	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
24	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
25	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
26	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
27	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
28	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
29	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
30	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
31	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
32	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
33	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
34	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
35	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
36	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
37	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
38	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
39	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
40	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
41	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
42	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
43	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
44	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
45	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
46	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					
47	Medlemsnyckel		1	0,095	1,70197274	0,03820715	0,02327025	4,48	6,63198317																																					

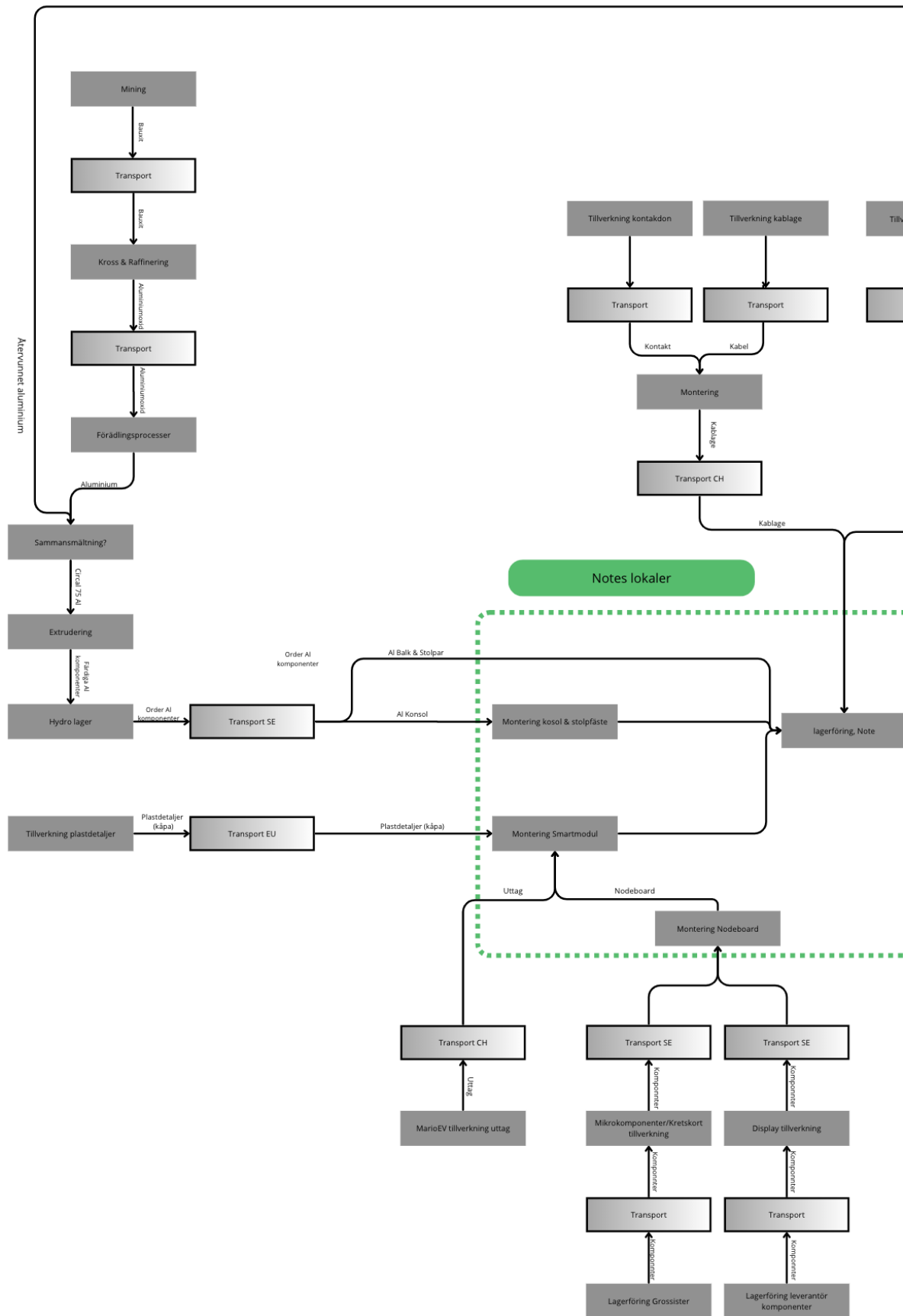
  

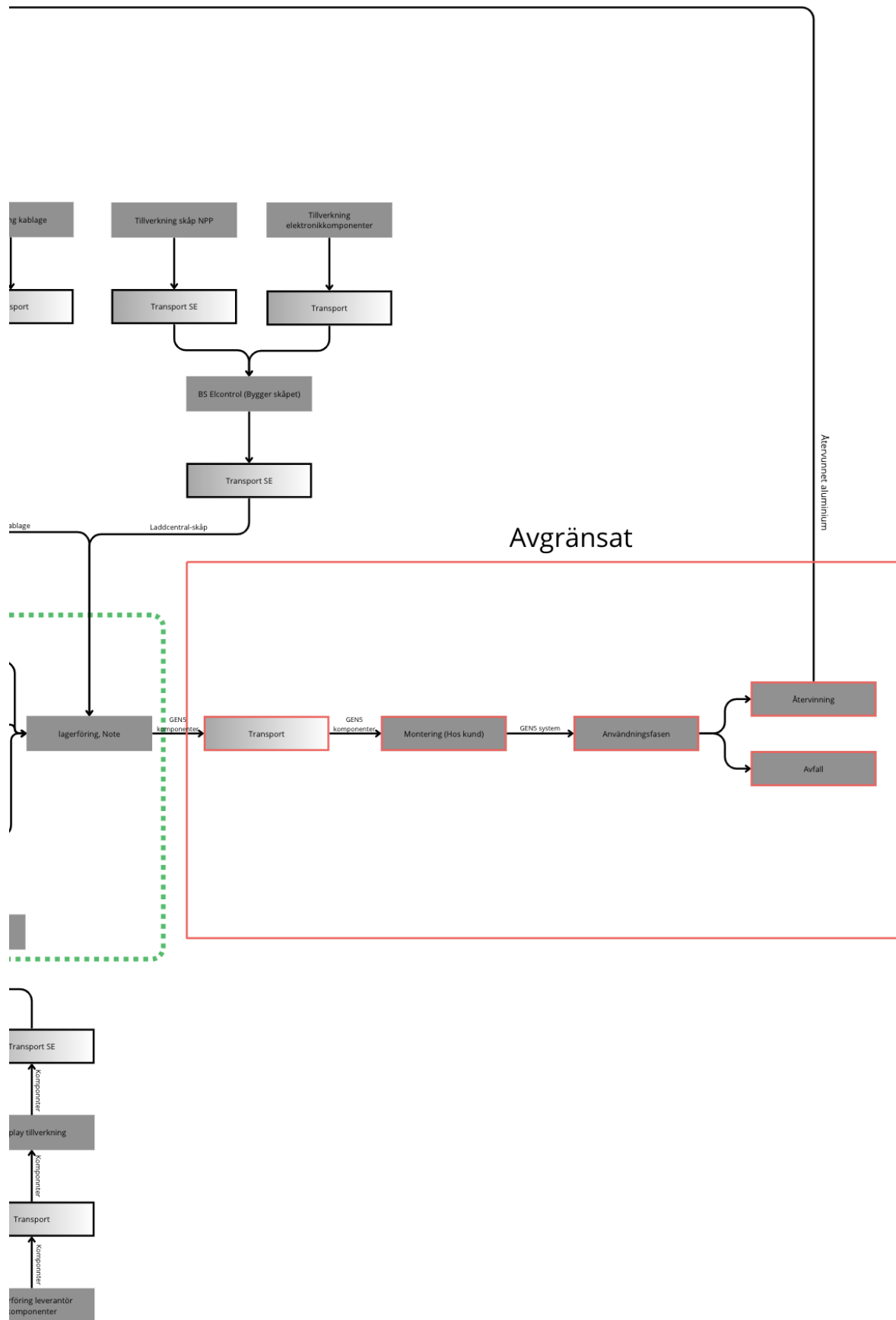
Material	Vikt (kg)	CO2/ kg material	Behandling	Transport (Antax vara samma som för 46)	Transport TOT CO2
Lucka	2,352	5,5	0,03762	12,97	0,03762
Besked	1,996	5,5	0,03762	11,03	0,03762
Skiv	2,742	6	Powder coat (ough)	0,04492	18,83
Aluminium	7,11	MGS EU Alt.			42,21

Substrat medlemsnyckel	Produkt	Distributör	Inställning
Substrat medlemsnyckel	0,004	0,00197	0,00967
Substrat medlemsnyckel	0,00154		
Total CO2-ek	4,55		
original	4,44		

# Bilaga 8





INSTITUTIONEN FÖR TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION  
AVDELNINGEN FÖR MILJÖSYSTEMANALYS

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2024  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)



**CHALMERS**