

# CHALMERS



## Livscykelanalys – En jämförelse mellan nyinstallation och modernisering av hissar

Life Cycle Assessment – A comparison between new installation and modernization of elevators

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik

**ROBIN SELANDER**

Institutionen för Tillämpad mekanik  
*Avdelningen för dynamik*  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2016  
Examensarbete 2016:06



EXAMENSARBETE 2016:06

# Livscykelanalys – En jämförelse mellan nyinstallation och modernisering av hissar

Life Cycle Assessment – A comparison between new installation and modernization  
of elevators

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik

ROBIN SELANDER

Institutionen för Tillämpad mekanik  
*Avdelningen för dynamik*  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2016  
Examensarbete 2016:06

Livscykelanalys – En jämförelse mellan nyinstallation och modernisering av hissar  
Life Cycle Assessment – A comparison between new installation and modernization of  
elevators

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik  
ROBIN SELANDER

© ROBIN SELANDER, Sverige 2016  
Examensarbete 2016:06

Examensarbete 2016:06 ISSN 1652-9901  
Institutionen för Tillämpad mekanik  
Avdelningen för dynamik  
Chalmers tekniska högskola  
SE-412 96 Göteborg  
Sverige  
Telefon: + 46 (0)31-772 1000

Omslag:  
Fotografi hämtat från: [www.vingahiss.se](http://www.vingahiss.se)  
Tryckeri /Institutionen för Tillämpad mekanik  
Göteborg, Sverige 2016  
Examensarbete 2016:06

## **Förord**

Examensarbetet omfattar 15 poäng och ingår i utbildningsplanen för högskoleingenjör inom Maskinteknik (180p) på Chalmers. Medverkande företag är Vinga Hiss AB.

Jag vill tacka följande personer:

Katarina Gårdfeldt – Docent, Kemi och Kemiteknik - för goda råd under projektets gång.

Anders Johansson - Vinga Hiss AB - för bidrag av kontakter och information.

Jon Larborn – Projektledare, avd. Produktionssystem - för beskrivning av programvara.

Sandra Johansson – Miljöbron – förmedling av kontakt med Vinga Hiss AB.

## Summery

Vinga Hiss AB is an elevator company based in Gothenburg and is a part of the Motum Group. They requested a Life Cycle Assessment (LCA) that was comparing the difference in environmental impact (time period of 25 years) between a new installation of a traction elevator and modernization of a traction- and hydraulic elevator. The elevators are stationed in an apartment building with 6 landing floors. Modernization of an elevator means that some parts of the existing elevator are retained. While parts that will upgrade safety, efficiency and esthetics are changed. Examples of the retained components are: the elevator car, counterweight, guide rails and landing doors. When a new installation occurs, the entire elevator shaft is emptied to make room for a brand new elevator system.

In a LCA all processes from material extraction to disposal are studied, also known as the "cradle to grave". The relevant processes in this study are material extraction, component manufacturing, pre-assembly and transport.

This LCA was performed together with a computer software called openLCA and the database used was Ecoinvent 3. The environmental impact methods used are ReCiPe midpoint and ReCiPe endpoint.

The total weight of the components for a new installation are 3894 kg. While the weight for components for the modernization of traction- and hydraulic elevators are 732 kg and 836 kg respectively. The retained components in a modernized elevator has the same energy efficiency as the newly produced components.

The result shows that a modernization of traction- and hydraulic elevators has 54 % and 57 % less environmental impact than a new installation of a traction elevator. The difference in impact on climate change between the new installation of a traction elevator and modernization of traction- and hydraulic elevator are 6105 kg of equivalent carbon dioxide (CO<sub>2</sub> eq) and 6275 kg of CO<sub>2</sub> eq respectively.

In comparison, 6105 kg CO<sub>2</sub> eq corresponds to the production of one passenger car weighting 1399 kg. Due to fuel combustion a passenger car can be driven 38156 km in order to output the same emission.

The expected lifetime of a building is about 100 years and the service life of an elevator is about 20-25 years. This means that an elevator is expected to be replaced or modernized about three to four times during this time period. Together with the fact that there are about 115'964 elevators in Sweden there are a lot of environmental achievements to make when choosing modernization over new installation.

As this study shows, to move to a sustainable development and circular economy in society, modernization of elevators should be preferred over a new installation.

## Sammanfattning

Vinga Hiss AB ingår i Motum-koncernen och är etablerade i Göteborg. De önskade en livscykelanalys (LCA) som jämför skillnaden i miljöpåverkan (under tidsperioden 25 år) mellan nyinstallation av en linhiss och modernisering av en lin- och hydraulhiss. Hissarna är placerade i ett flerbostadshus med 6 stannplan. Vid modernisering behålls delar från den befintliga hissen och delar som förbättrar bl.a. hissens säkerhet, energieffektivitet och estetik byts ut. Exempel på sådana komponenter är hisskorg, motvikt, gejder och schaktdörrar. Vid nyinstallation töms hela hisschaktet för att göra plats för ett helt nytt hissystem.

I en livscykelanalys studeras en produkts alla processteg från materialutvinning till avfallshantering, även kallat ”från vaggan till graven”. De relevanta processtegen i denna studie är materialutvinning, komponenttillverkning, förmontering och transport.

Livscykelanalysen genomfördes med hjälp av programvaran openLCA och databasen Ecoinvent 3. Miljöpåverkansmetoderna som har använts är ReCiPe midpoint och ReCiPe endpoint.

Den nyinstallerade hissens komponenter väger totalt 3894 kg. Komponenterna för modernisering av lin- och hydraulhiss väger 732 kg respektive 836 kg. De delar av hissen som behålls vid en modernisering har samma energieffektivitet som de nyproducerade komponenterna.

Resultatet visar att en modernisering av lin- och hydraulhiss har 54 % respektive 57 % mindre miljöpåverkan än en nyinstallation av en komplett linhiss. Studien visar också att skillnaden i klimatförändringspåverkan mellan nyinstallation av linhiss och modernisering av lin- samt hydraulhiss är ca 6105 kg koldioxidekvivalenter (CO<sub>2e</sub>) resp. 6275 kg CO<sub>2e</sub>.

Jämförelsevis motsvarar 6105 kg CO<sub>2e</sub> tillverkning av en personbil med vikten 1399 kg. Endast från förbränning av bränsle kan en personbil färdas 38156 km för att uppnå samma utsläpp.

Livstiden för ett flerbostadshus är ca 100 år och en hiss förväntas vara i bruksskick i 20-25 år. Det medför att en hiss förväntas bytas ut eller moderniseras tre till fyra gånger under byggnadens livstid. Med tanke på att det finns ca 115 964 hissar i Sverige, finns stora miljömässiga vinster att göra med att välja modernisering framför nyinstallation. För att nå en hållbar utveckling och en bättre cirkulär ekonomi i samhället bör modernisering väljas framför nyinstallation.

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING .....	1
1.1	Bakgrund .....	1
1.2	Syfte.....	1
1.3	Frågeställning .....	1
1.4	Avgränsningar .....	1
2	TEORETISK REFERENSRAM .....	3
2.1	Tidigare studier.....	3
2.2	Teknisk beskrivning hissar .....	3
2.3	Hållbar utveckling .....	3
2.3.1	Cirkulär ekonomi.....	4
3	METOD.....	5
3.1	Livscykelanalys .....	5
3.1.1	Specifik standard och produktkategoriregler .....	6
3.2	Mål och omfattning .....	6
3.2.1	Produktsystemets funktion .....	6
3.2.2	Funktionell enhet.....	6
3.2.3	Systemgräns .....	6
3.2.4	Allokering.....	7
3.2.5	Miljöpåverkansbedömning.....	7
3.2.6	Datakvalitetskrav.....	9
3.2.7	Antaganden.....	10
3.3	Inventeringsanalys (LCI).....	10
3.3.1	Komponenter .....	10
3.3.2	Förmontering .....	14
3.3.3	Transport .....	14
3.3.4	Installation.....	14
3.3.5	Användning .....	15
3.3.6	Underhåll .....	16
3.3.7	Avfallshantering .....	16
4	RESULTAT .....	17
4.1	Miljöpåverkansbedömning .....	17
4.2	Tolkning och slutsats .....	22
5	Referenser.....	25



# 1 INLEDNING

I detta kapitel ges en introduktion över studiens ursprung och problemformulering.

## 1.1 Bakgrund

Vinga Hiss är ett svenskt företag som startade 2005 och är verksamma i Göteborg med omnejd. Företaget ingår i Motum-koncernen där även Hissgruppen, ITK och Uppsala Lyfts-service ingår.

De levererar kundanpassade hissar i olåsta system med komponenter från öppna marknaden. De utför nyinstallation och modernisering av befintlig hiss samt service.

Modernisering innebär att komponenter som fortfarande är i fullgott skick behålls. Gejder, hisskorg och motvikt är typexempel på sådana komponenter. De komponenter som byts ut vid modernisering förbättrar bl.a. hissens säkerhet, energieffektivitet och estetik.

Boverket som ansvarar för hissars regelverk införde 2007 en ny föreskrift som säger att vid förändring av hissars styrsystem, apparatskåp, maskin eller hisskorgens inredning skall uppgradering av signalsystem, nödtelefon och korgdörr göras [18]. Det medförde att kostnaden för modernisering av befintlig hiss har ökat. Det medför i sin tur att fler kunder väljer nyinstallation framför modernisering.

Vinga anser att det är bättre för både kund och miljö att modernisera den befintliga hissen istället för att göra en nyinstallation. Det blir mer ekonomiskt fördelaktigt för kunden och de anser samtidigt att det är ett miljövänligare alternativ.

## 1.2 Syfte

Studiens syfte är att påvisa de eventuella miljövinster modernisering av lin- och hydraulhiss medför jämfört med nyinstallation av linhiss. Eftersom slutresultatet kan användas i marknadsföringssyfte skall resultat presenteras på ett så lättförståeligt sätt som möjligt.

## 1.3 Frågeställning

- Hur stor är skillnaden i miljöpåverkan mellan:
  - Nyinstallation av linhiss och modernisering av linhiss
  - Nyinstallation av linhiss och modernisering av hydraulhiss
- Är miljövinster av större betydelse?

## 1.4 Avgränsningar

I denna studie har transport av komponenter till montering, installation, användning och transport till avfallshantering samt avfallshantering exkluderats.

Materialtillverkning och komponenttillverkning sker på olika platser i Europa. Transporten från de olika tillverkningsanläggningarna till de fabriker där montering av komponenter sker har ej analyserats i detta arbete.

Installationsprocessen har utgått då dess miljöpåverkan är förhållandevis låg.

Användningsprocessen, dvs. användandet av hissen, har utgått eftersom en ny komplett hiss och en moderniserad hiss har samma verkningsgrad [10]. En hydraulhiss förbrukar mer energi än en linhiss, men skillnaden motiverar ej nyinstallation framför modernisering. En av anledningarna till detta är Sveriges låga koldioxidutsläpp vid energiproduktion [24].

Avfallshantering har utgått pga. brist på uppgifter över avfallshantering i Sverige. Dessutom har tidigare studier visat att avfallshanteringen har liten påverkan på hissens totala miljöpåverkan [1]. Skillnaden kommer då bli något större mellan nyinstallation och modernisering eftersom återvinning är en miljöbelastning jämfört med att behålla komponenter.

## 2 TEORETISK REFERENS RAM

Här presenteras bl.a. tidigare studier om hissar, en kort teknisk beskrivning över hissars funktion och en introduktion till hållbar utveckling samt cirkulär ekonomi.

### 2.1 Tidigare studier

Företaget Miljögiraff AB har år 2015 gjort en livscykelanalys åt hiss företaget Hydroware AB där de jämförde nyinstallation av linhiss med nyinstallation och modernisering av hydraulhiss. Studien jämförde hissarnas miljöpåverkan under tidsperioden 80 år. Resultatet visar att en hydraulhiss har mindre miljöpåverkan än en linhiss. Anledningen är främst att hydraulhissens komponenter har en mindre miljöpåverkan vid tillverkning. Studien visar också att modernisering av hydraulhiss har mindre miljöpåverkan än nyinstallation av hydraulhiss. Modernisering av linhiss finns inte med i studien [1].

### 2.2 Teknisk beskrivning hissar

De vanligaste typerna av hissar för persontransport idag är linhiss och hydraulhiss. Här följer en kort beskrivning av hissarnas grundprincip och dess skillnad. Det som huvudsakligen skiljer typerna isär är kraftöverföringen. Alltså hur arbetet att flytta hissen vertikalt från ett våningsplan till ett annat. För att stabilisera hisskorgen i horisontal riktning används s.k. gejder. De är vanligtvis två till antalet och är placerade motsatt varandra på var sida av hiss schaktets innanmäte.

En modern linhiss använder en växellös elmotor. På motorn sitter en drivskiva där flera stål vajar löper. På var ende av vajarerna är hisskorgen och motvikten fastmonterade. Motviktens massa bör vara lika med hisskorgens vikt plus halva maxlasten. På så vis behöver motorn inte lyfta mer än halva lasten oberoende av hissens färdriktning. Den största fördelen med användandet av motvikt är att energiförbrukningen minimeras [26].

Hydraulhissens huvudsakliga komponenter är elmotor och pump, oljetank, ventil, hydraulolja, cylinder och kolv. Olja pumpas från tanken in i cylindern så att kolven trycks uppåt och på så vis flyttar hisskorgen vertikalt. För att sänka hissen öppnas en ventil mellan cylinder och tank så att oljan pressas ut från cylindern in i tanken igen [26].

### 2.3 Hållbar utveckling

Hållbar utveckling omnämndes första gången år 1987 i Brundtlandrapporten. Där beskrivs hållbar utveckling på följande vis:

*Hållbar utveckling är utveckling som tillgodoser dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillgodose sina behov.*

Hållbar utveckling har tre dimensioner: den ekologiska, ekonomiska och sociala.

- Den **ekologiska** dimensionen handlar om att bevara naturens produktionsförmåga och att inte överskrida naturens assimilationsförmåga
- Den **ekonomiska** dimensionen består av en effektiv och långsiktig förvaltning av ändliga naturresurser och kapital, samt en stabil makroekonomi

- Den **sociala** dimensionen behandlar sociala institutioner som är viktiga för människors behov, exempelvis demokrati, tillit, rättsstat och internationella organisationer [2]

FN:s generalförsamling antog den 25 september år 2015 nya mål för hållbar utveckling som fick namnet agenda 2030. De nya målen ersätter de tidigare utvecklingsmålen från år 2000 inom FN [28]. Det är 17 nya mål och 169 delmål som förväntas uppfyllas innan år 2030. Exempel på några mål som är intressanta för syftet av denna livscykelanalys är:

- **11. Hållbara städer och samhällen:** Gör städer och mänskliga bosättningar inkluderande, säkra, motståndskraftiga och hållbara
- **12. Hållbar konsumtion och produktion:** Garantera hållbara konsumtions- och produktionsmönster
- **13. Bekämpa klimatförändringen:** Vidta viktiga åtgärder för att bekämpa klimatförändringen och dess inverkan (i linje med FN:s ramavtal om klimatförändringen med UNFCCC) [3]

### 2.3.1 Cirkulär ekonomi

För att minska en produkts totala miljöpåverkan är det viktigt att produktens resurser utnyttjas på ett så effektivt sätt som möjligt. Cirkulär ekonomi är en ekonomisk modell som har inspirerats av naturens biologiska kretslopp. Det betyder att avfall skall undvikas i största möjliga mån. Avfallshierarkin visar hur avfallshantering skall prioriteras. Överst i hierarkin medför lägst miljöpåverkan [29].

1. Avfallsförebyggande åtgärder
2. Återanvändning
3. Återvinning
4. Energiutvinning
5. Deponi

Styrmedel kan vara ett kraftfullt verktyg för att uppnå en mer hållbar utveckling. Exempel på styrmedel är t.ex. information såsom deklaration av produkters miljöpåverkan, lagar och förbud eller skattelättnader.

Svenska regeringen planerar en sänkning av momsens från 25 % till 12 % på mindre reparationer såsom kläder, skor och cyklar [4]. Tanken är att uppnå en mer cirkulär ekonomi som minskar samhällets avfall.

En fortsatt lämplig utveckling kan vara att implementera en momssänkning på modernisering av större produkter t.ex. transportfordon och hissar.

### 3 METOD

Följande kapitel beskriver hur arbetet har genomförts. Arbetsgången redogörs och indata till processtegen presenteras.

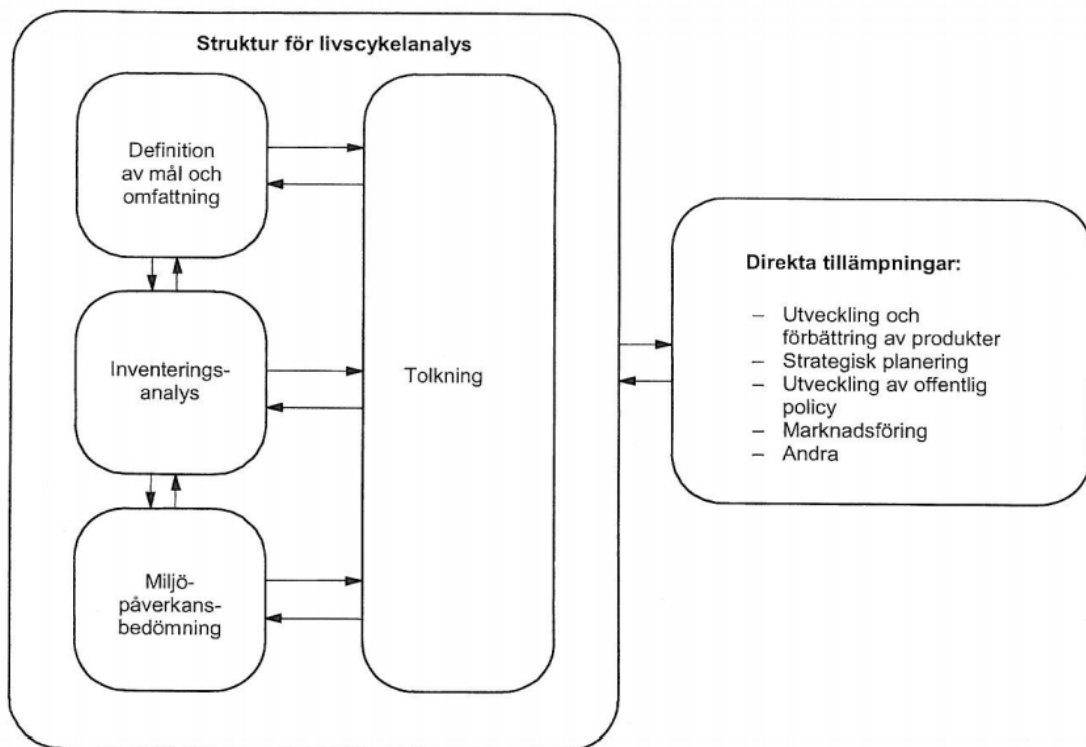
#### 3.1 Livscykelanalys

Information om tillvägagångsätt och metod vid utförandet av en livscykelanalys kommer från boken *The Hitch Hikers's Guide to LCA* [5]. En livscykelanalys används för att undersöka en produkts miljöpåverkan. Produktens miljöpåverkan analyseras från "vaggan till graven". De ingående processtegen som studeras i detta arbete är materialutvinning, material- och komponenttillverkning, montering, transport, användning och avfallshantering. Life Cycle Assessment (LCA) som är den engelska termen till livscykelanalys utförs idag enligt ISO-standard: SS-ISO 14040 och SS-ISO 14044. Den förstnämnda standarden förser studien med struktur och riktlinjer medan den senare innehåller krav och rekommendationer.

Livscykelanalysens struktur beskrivs med 4 faser:

- Definition av mål och omfattning
- Inventeringsanalys (Life Cycle Inventory Analysis, LCI)
- Miljöpåverkansbedömning (Life Cycle Impact Assessment, LCIA)
- Tolkning

Det är en iterativ process, dvs. arbetsgången ingående analyser tolkas kontinuerligt. Följande figur ger en överblick över hur en livscykelanalys skall användas [5].



Figur 3.1: Livscykelanalysens struktur och iterativa process [5]

### 3.1.1 Specifik standard och produktkategoriregler

ISO 25745-2 utgör en specifik standard som kan användas till arbete med hissar [6]. Det finns även speciella regler för livscykelanalys av hissar, PCR UN CPC 4354 [14].

## 3.2 Mål och omfattning

Bakgrund till studien är att företaget Vinga Hiss AB vill ha en jämförande livscykelanalys som visar skillnaden i miljöpåverkan mellan:

- Nyinstallation kontra modernisering av linhiss
- Nyinstallation av hydraulhiss kontra modernisering av linhiss

Resultatets huvudsakliga ändamål är att informera kunder de eventuella miljö fördelar modernisering av hissar ger.

### 3.2.1 Produktsystemets funktion

Hissarna antas vara verksamma i ett bostadshus för transport av boende. Beskrivning av hiss:

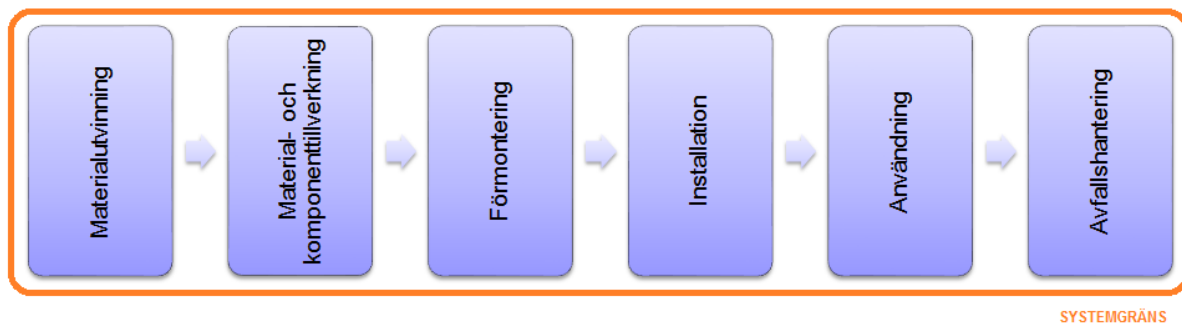
- Lastkapacitet: 630 kg
- Hastighet: 1 m/s
- Stannplan: 6
- Schaktdörrar: Automatiska, dim. 900x2100
- Utväxling maskin: 1:1 (Gäller för linhiss)

### 3.2.2 Funktionell enhet

Hissens funktion är att transportera människor under en viss tid. Enligt Svensk Betong så har dagens flerbostadshus av betong en livstid på minst 100 år [7]. En hiss har en tjänstetid på 20-25 år [25]. Det medför att det teoretiskt sätt utförs fyra till fem nyinstallationer eller en nyinstallation och tre till fyra moderniseringar under husets livslängd. Eftersom det är omöjligt att veta husets livslängd kommer endast perioden 25 år att studeras. Alltså den funktionella enheten är hisstransport i 25 år.

### 3.2.3 Systemgräns

För att en livscykelanalys skall vara genomförbar skall systemgränser definieras. Med systemgräns menas att studiens omfattning bestäms. Det innebär att de processer som kommer studeras i arbetet ligger innanför systemgränsen och de processer som inte beaktas ligger utanför. Utelämnande av processer är möjligt om det ej förändrar slutresultatet och rapportens syfte fortfarande uppfylls.



Figur 3.2: Studiens systemgräns och de processer som hissarnas komponenter genomgår

### 3.2.4 Allokering

Ofta tillverkas flera olika produkter i samma fabrik. Det betyder att storleken på material- och energiflöden samt emissioner måste fördelas på ett korrekt sätt på de olika produkterna. Ett exempel på det kan vara en fabrik som tillverkar olika typer av vajer. Det är då inte självklart hur stor resursförbrukning vardera vajertyp har.

Databasen Ecoinvent 3 använder allokering vid behandling av indata [8]. Ingen övrig allokering har gjorts.

### 3.2.5 Miljöpåverkansbedömning

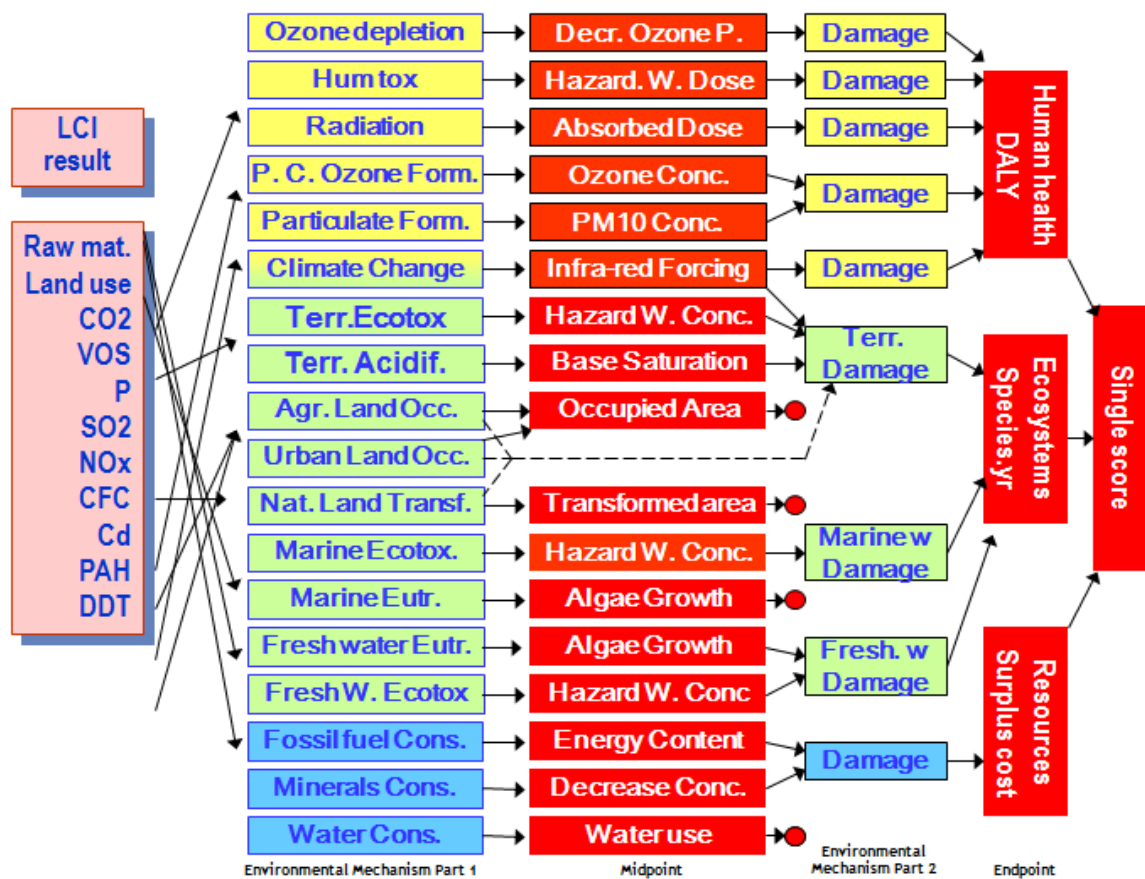
Hissarnas slutliga miljöpåverkan kalkyleras med metoderna ReCiPe midpoint och ReCiPe endpoint. De är väl ansedda och nyligen uppdaterade metoder. Midpoint innehåller 18 stycken påverkanskategorier som motsvarar olika miljöproblem. Varje miljöproblem resulterar i specifik mätdata. Följande påverkanskategorier har behandlats med ReCiPe midpoint (tabell 3.1).

Tabell 3.1: Påverkanskategorier som analyseras med ReCiPe midpoint

<b>Påverkanskategori (sv)</b>	<b>Påverkanskategori (en)</b>	<b>Enhet</b>
<b>Utnyttjande av jordbruksmark</b>	Agricultural land occupation	m <sup>2</sup> a
<b>Klimatförändring</b>	Climate Change	kg CO <sub>2</sub> eq
<b>Utnyttjande av fossila bränslen</b>	Fossil depletion	kg oil eq
<b>Ekotoxicitet sjöar</b>	Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DB eq
<b>Övergödning sötvatten</b>	Freshwater eutrophication	kg P eq
<b>Humantoxicitet</b>	Human toxicity	kg 1,4-DB eq
<b>Joniserande strålning</b>	Ionising radiation	kg U235 eq
<b>Ekotoxicitet hav</b>	Marine ecotoxicity	kg 1,4-DB eq
<b>Övergödning havsvatten</b>	Marine eutrophication	kg N eq
<b>Utnyttjande av mineraltillgångar</b>	Metal depletion	kg Fe eq
<b>Naturlig landtransformation</b>	Natural land transformation	m <sup>2</sup>
<b>Uttunning av ozonskiktet</b>	Ozone depletion	kg CFC-11 eq
<b>Partikelbildning</b>	Particulate matter formation	kg PM <sub>10</sub> eq
<b>Bildning marknära ozon</b>	Photochemical oxidant formation	kg NMVOC
<b>Markförsurning</b>	Terrestrial acidification	kg SO <sub>2</sub> eq
<b>Ekotoxicitet mark</b>	Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq
<b>Utnyttjande av stadsyta</b>	Urban land occupation	m <sup>2</sup> a
<b>Vattenutnyttjande</b>	Water depletion	m <sup>3</sup>

ReCiPe endpoint används för att sammanställa resultatet från midpoint till tre normaliserade grupper. De sammanställda grupperna bedömer påverkan på mänsklig hälsa, ekosystem, och resurser. Varje grupp får ett enhetslöst värde som kallas poäng. Dessa viktas sedan samman till en total miljöpåverkan kallad singelpoäng (single score). Det är viktigt att påpeka att resultatet från ReCiPe endpoint är en subjektiv bedömning utförd av en expertpanel.





Figur 3.3: Visar hur miljöpåverkan-kategorierna från midpoint (se även Tabell 3.1) omfördelas och omgrupperas i endpoint till indikatorer på: mänsklig hälsa, ekosystem, resurser. För att sedan summeras till singelpoäng [9]

### 3.2.6 Datakvalitetskrav

Alla indata till inventeringsanalysen (kapitel 3.3) kommer från kontaktpersoner [10] [12] [13].

Miljöpåverkan-bedömningen (kapitel 4.1) kalkylerades m h a databasen Ecoinvent 3. Det är den största databasen som är tillgänglig på marknaden. Databasen uppdateras och valideras kontinuerligt. Data till databasen har samlats in under lång tid och bygger på en sammanställning av flertalet europeiska källor. Ny data kvalitetssäkras innan den adderas till databasen [11]. Vid energiproduktion har en blandning av landets energikällor använts.

Programvaran som användes är openLCA.

### **3.2.7 Antaganden**

I denna studie har det gjorts tre väsentliga antaganden:

1. Alla komponenter är tillverkade till dess slutliga form med samma tillverkningsteknik [10]
2. Den energi som fabrikerna vid monteringen av komponenter använder baseras på en blandning av landets energiproduktionskällor.
3. Transport från komponenternas monteringsanläggningar till slutkund görs med lastbil med miljödeklaration Euro 5

### **3.3 Inventeringsanalys (LCI)**

All indata från hissarnas alla processteg samlas in. Även enklare analys av processtegens relevans i studien görs. Information om komponenternas material, ursprung och tillverkning kommer från hiss företaget Hydroware AB [10].

#### **3.3.1 Komponenter**

Ett komplett hisssystem består av många olika komponenter. I detta kapitel presenteras de delar som behövs produceras för att göra en nyinstallation eller modernisering.

Komponenternas material och vikt redogörs. Tabellerna 3.2 – 3.6 innehåller komponenternas material och vikt. Elektronik och batteri är ej indelade i materialtyper. I tabell 3.2 och 3.4 förekommer även materialbearbetning. Sista raden i tabellerna innehåller materialens totala vikt och komponentgruppens totala vikt.

##### **3.3.1.1 Nyinstallation av linhiss**

En komplett linhiss delas in i 5 stora grupper: hisskorg, styrsystem, motor och kraftöverföring, hisschaktskomponenter och dörrar [10]. Den nyinstallerade hissens komponenter väger totalt 3894 kg.

## Hissskorg

Tabell 3.2: Visar hissskorgens komponenter och energiförbrukning vid tillverkning. Material i [kg] och arbete i [kWh]. (L)=Låglegerat och (R)=Rostfritt

Hissskorg [kg]	Totalt	Stål (L)	Stål (R)	Gjutjärn	Alu.	Plaster (ABS)	Glas	MDF	Energi [kWh]
<b>Korg</b>		179	217			22	22	98	
<b>Ram hissskorg</b>		229			0,8	15,1			
<b>Styrskor</b>					3,2	0,8			
<b>Hastighetsövervakare</b>				20					
<b>Vajer hastighetövervakare</b>		1,5							
<b>Svets, formning, håltagning</b>									158,1
<b>Totalt Hissskorg</b>	808,4	409,5	217,0	20,0	4,0	37,9	22,0	98,0	158,1

## Styrenhet

Tabell 3.3: Komponenter som tillhör styrsystemet. Tabellvärden i vikt [kg]. El. = Elektriska komponenter t.ex. kretskort

Styrenhet [kg]	Total	Stål (Låglegerat)	Alu.	Koppar	Plast (ABS)	El.	Batteri
<b>Apparatskåp</b>		32,4	0,4		1	3	4,8
<b>Kopplingslåda</b>		4,4		0,8	0,5	0,8	
<b>Korgtablå</b>		6,9		0,3	1,2	2,5	
<b>Våningskontakt</b>		1,2			0,8	0,4	
<b>Kopplingsplint</b>		0,3		0,8		0,5	
<b>Knappsats</b>		0,8				0,1	
<b>Planräknare</b>		0,5				0,4	
<b>Tryckknappar</b>						0,1	
<b>Total</b>	65,6	46,4	0,4	1,9	4,3	7,8	4,8

## Drivlina

Tabell 3.4: Drivlinans komponenter som medför att hissen flyttas vertikalt i hisschaktet. Material i [kg] och energiförbrukning i [kWh]. El. = Elektriska komponenter t.ex. kretskort

Drivlina [kg]	Total	Stål (Låglegerat)	Koppar	Plast (ABS)	Gjutjärn	Energi [kWh]
Motor (Växellös)		115	80			
Vajer		100				
Motvikt					1135	
Motviktsram		194		17		
Skyddsplåt		4,5				
Svetsning, formning, håltagning						86,2
<b>Total</b>	1575,5	413,5	80,0	17,0	1135,0	

## Schaktmaterial

Tabell 3.5: Övriga komponenter som sitter utanför hisskorgen dvs. i hisschaktet. El. = Elektriska komponenter t.ex. kretskort

Schaktmaterial [kg]	Total	Stål (Låglegerat)	Koppar	Plast (ABS)	El.
Gejder		870			
Schaktinformation		5,5	0,1	0,5	0,6
Gropbuffert		10		1	
Kablage		3,6	45,9	50,7	
<b>Total</b>	985,5	886,7	46,0	52,2	0,6

## Dörrar

Tabell 3.6: Schaktdörrarnas totalvikt och korgdörr [kg]

Dörrar[kg]	Total	Stål (Låglegerat)	Stål (Rostfritt)	Alu.	Koppar	Plast (ABS)
Korgdörr		41,3	10,7	1,6	0,5	1
Schaktdörrar		391,2		9,6		3
<b>Total</b>	458,9	432,5	10,7	11,2	0,5	4,0

### 3.3.1.2 Modernisering av linhiss

Med modernisering menas att vissa komponenter byts och vissa behålls [12]. Exempel på komponenter som behålls är hisskorg, motvikt och schaktdörrar. De komponenter som i sin helhet byts ut är drivlina och styrenhet. Materialdata för dessa återfinns i tabell 3.3 och tabell 3.4 (Obs! Ej motvikt och motviktsram). Utöver detta byts schaktinformation, kablage och korgdörr ut. Schaktdörrar får nya bärbeslag och hisskorgens inredning byts ut. Tabell 3.7 nedan visar det material som måste läggas till vid modernisering [10]. Total vikt för alla komponenter vid moderniseringen av en linhiss är 732 kg.

### Extra material för modernisering av linhiss

Tabell 3.7: Förutom styrenhet (tabell 3.3) och drivlina (tabell 3.4, ej motvikt och motviktsram) behövs extra material för modernisering. El. = Elektriska komponenter t.ex. kretskort.

Tabelldata i [kg]

Extra material – Modernisering av linhiss [kg]		Stål (Låglegerat)	Stål (Rostfritt)	Alu.	Koppar	Plast (ABS)	El.
Schaktinformation		5,5			0,1	0,5	0,6
Kablage		3,6			45,9	50,7	
Korgdörr		41,3	10,7	1,6	0,5		
Dörrbeslag		270				6	
<b>Totalt</b>	437	320,4	10,7	1,6	46,5	57,2	0,6

### 3.3.1.3 Modernisering av hydraulhiss

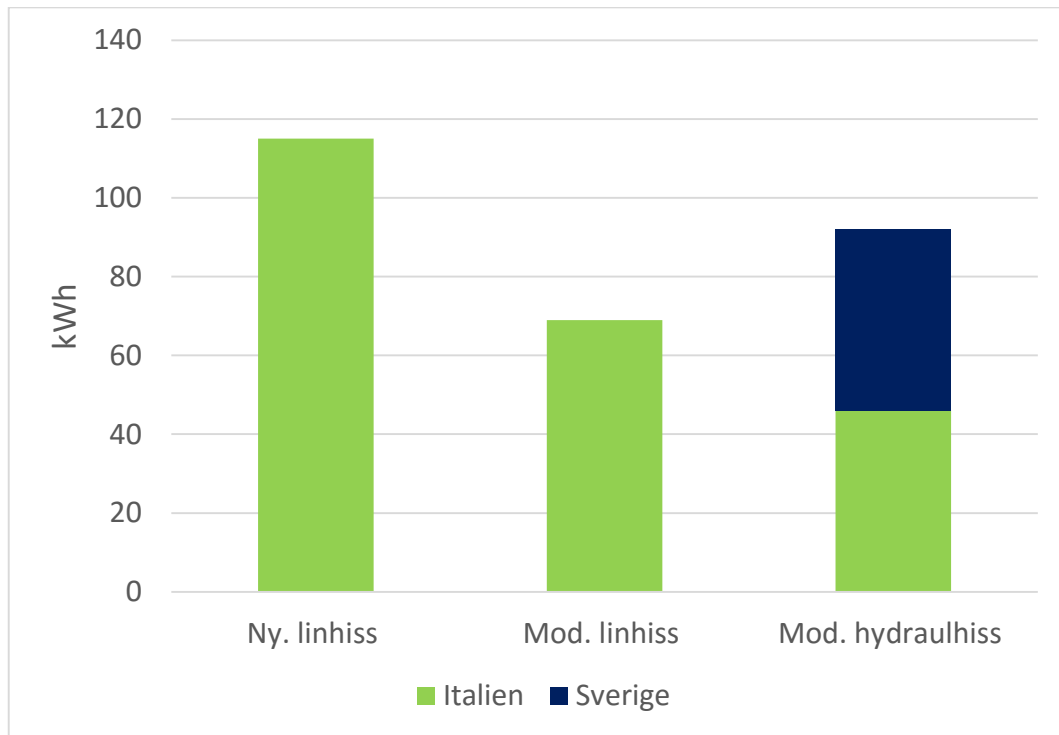
För moderniserad hydraulhiss gäller samma ombyggnadsprincip som för moderniserad linhiss. Alltså styrenhet och maskin byts ut samt extra material. För data över styrenhet och extra material gäller samma som för linhiss (tabell 3.3 och 3.7). Nedanstående tabell finns indata för maskin (tabell 3.8). Total vikt för alla komponenter vid modernisering av hydraulhiss är 836 kg.

Tabell 3.8: Förutom styrenhet (tabell 3.2) och extra material för modernisering (tabell 3.7) ersätts hydraulhissens maskin. El. = Elektriska komponenter t.ex. kretskort. Tabelldata i [kg]

Maskin [kg]		Stål (Låglegerat)	Gjutjärn	Alu.	Koppar	El.	Gummi	Olja
Tank 135L		56						
Motor 9kW		21,2		1,3	5,9			
Pump 125L/min		1,6	0,9	2,4				
Pumptillbehör		34,6	14	9	0,2	4,6	8,9	
Hydraulolja								176
<b>Totalt</b>	333	111,8	14,9	12,7	6,1	4,6	8,9	176

### 3.3.2 Förmontering

Hissarnas komponenter förmonteras innan de kan monteras på plats. Linhissens alla delar är förmonterade i Italien. Hydraulhissens styrsystem och maskin förmonteras i Sverige och resten i Italien. Komponenternas totala energiförbrukning vid montering är baserad på uppgifter från montering i en fabrik och som antagits gälla i alla fabriker [10]. Energitillgången är en mix av ländernas olika energikällor.



Figur 3.4: Förmonteringens totala energiförbrukning är baserad på uppgifter från en fabrik. Energitillgången i Sverige eller Italien har används [kWh]

### 3.3.3 Transport

Alla delar till nyinstallation och modernisering av linhiss transporteras 1582,2 km från Italien till Göteborg. Maskin och styrenhet till den moderniserade hydraulhissen kommer från Alvesta, 212 km från Göteborg [10]. Övrigt material (tabell 3.7) kommer från Italien. Hisskomponenternas totala vikt multipliceras med transportsträckan i miljöpåverkanberäkningen. Transport sker med lastbil med miljödeklaration Euro 5.

### 3.3.4 Installation

Att installera en ny linhiss tar ca 260 timmar. Arbetet vid modernisering är mindre tidskrävande och tar ca 160 timmar [10]. Skillnaden i installationens miljöpåverkan kommer att försummas. Det kan göras då det förefaller under 5 % av den totala miljöpåverkan [14].

### 3.3.5 Användning

Vid jämförelse mellan en nyinstallation och modernisering av linhiss gäller samma energieffektivitet [12]. Eftersom linhiss och hydraulhiss skiljer sig åt i konstruktion kommer också deras verkningsgrad skilja sig åt. För beräkning av hissarnas totala energiförbrukning [kWh] gäller följande formel:

$$E_{tot} = \frac{n_{dagar\ per\ år} \cdot n_{år}}{1000} (E_{resa} \cdot n_{resor\ per\ dag} + E_{standby} \cdot t_{standby}) \quad (1)$$

$E_{tot}$  = Hissens totala energiförbrukning [kWh]

$n_{dagar\ per\ år}$  = Antal dagar per år

$n_{år}$  = Antal år

$E_{resa}$  = Energiförbrukning vid drift per resa [kWh]

$n_{resor\ per\ dag}$  = Antal resor hissen gör per dag [kWh]

$E_{standby}$  = Energiförbrukning när hissen är stillastående [kWh]

$t_{standby}$  = antal timmar per dag hissen är stillastående [h]

ISO 25745-2 innehåller information för att beräkna energiförbrukning. Ekvation (1) är baserad på ekvationer från ISO 25745-2, men anpassade till studiens funktionella enhet. Hissens energiförbrukning per resa är beroende på hur många plan hissen transporteras emellan. För sex stannplan förbrukar en linhiss i medel 19.1 kWh per resa och hydraulhiss 32.7 kWh [10]. I studien används 50 resor per dag som listas som användningskategori mycket låg och rekommenderas för bostadshissar upp till sex stannplan [6]. Större delen av tiden står en hiss stilla och väntar på trafik. Det betyder att så mycket som möjligt går ner i viloläge. De komponenter som förbrukar energi vid viloläge är styrsystem och korgbelysning. Hissen beräknas då förbruka 60 Wh [10]. Hissen står i standby ca 23.5h per dag [15].

Ekvation (1) medför:

$$E_{tot,linhiss} = \frac{360 \cdot 25}{1000} (19,1 \cdot 50 + 60 \cdot 23,5) = 21285 \text{ kWh} \quad (2)$$

$$E_{tot,hydraulhiss} = \frac{360 \cdot 25}{1000} (32,7 \cdot 50 + 60 \cdot 23,5) = 27405 \text{ kWh} \quad (3)$$

Ekvation (3) – (2):

$$\Delta E_{tot} = 27405 - 21285 = 6120 \text{ kWh}$$

Sveriges energiproduktion består av 55.1% förnyelsebar energi och 44.9% kärnkraftsproducerad energi, vilket medför mycket låga fossila utsläpp [24]. Det leder till att hydraulhissens miljöpåverkan pga. den sämre verkningsgraden är förhållandevis låg jämfört med en nyinstallation av linhiss. Därmed kan ej en nyinstallation av en linhiss motiveras framför modernisering av hydraulhiss. Användningsfasen exkluderas därmed från studien.

En jämförelse kan göras jämt mot Tysklands energiproduktion där de fossila bränslena brunkål och antracit utgör 42 %. Naturgas står där för 9 % av energiproduktionen och är ett fossilt bränsle som mestadels består av metan. Vid förbränning av naturgas är

koldioxidutsläppen 40 % mindre än förbränning av kol [16]. Energiproduktion från kärnkraft och förnyelsebara källor står för 14 % respektive 30 %. Varav 92 % av de förnyelsebara källorna är sol, vind och vatten. Alltså hissanvändning i Tyskland har betydligt större miljöpåverkan då över hälften av energiproduktionen kommer från fossila bränslen [17].

### **3.3.6 Underhåll**

Översyn av hissar sker regelbundet och besiktning sker varje år av oberoende besiktningsmän [18] [13]. Det skiljer ingenting i underhåll mellan nyinstallation och modernisering [13]. Viss skillnad i underhåll sker mellan linhissar och hydraulhissar. För linhissar byts i regel vajern som går mellan vikt och hisskorg vart tionde år. Efter 15 år byts olja och packningar ut på en hydraulhiss [10].

### **3.3.7 Avfallshantering**

De komponenter som behålls vid modernisering men som avlägsnas vid nyinstallation kommer antingen återvinnas eller förbrännas. Givetvis är återvinning eftersträvsamt. Men det är värt att notera att återvinning fortfarande har en negativ påverkan på miljön jämfört med att behålla befintliga komponenter. Det är en miljöbelastning att t.ex. transportera, sortera, smälta ner, bearbeta och tillverka nya produkter.

Största delen av den nyinstallerade hissens material är järn och stål (92 % av nyinstallation av linhiss). Järn och stål kan återvinnas oändligt många gånger med bibehållen kvalitet på slutprodukten. Beroende på den förbrukade produktens kvalitet kommer det att sorteras olika [19].

Övriga material kommer antingen återvinnas eller förbrännas. Återvinning är bättre än förbränning. Dock är det möjligt att ta tillvara på den energi som frigörs vid förbränning då den kan omvandlas till elektricitet och fjärrvärme [20].

Brist på data över avfallshantering medför att återvinning/förbränning ej kommer beaktas i studien. Tidigare studier visar även att avfallshanteringen har liten miljöpåverkan jämfört med hissarnas totala miljöpåverkan [1]. Eftersom studiens mål/syfte är att ta reda på skillnaden i miljöbelastning mellan nyinstallation och modernisering kommer skillnaden bli något större mellan de två alternativen och då till fördel för modernisering.



## 4 RESULTAT

I detta kapitel ges svar på frågeställning i kapitel 1:

- Hur stor är skillnad i miljöpåverkan mellan:
  - Nyinstallation av linhiss och modernisering av linhiss
  - Nyinstallation av linhiss och modernisering av hydraulhiss
- Är miljövinster av större betydelse?

### 4.1 Miljöpåverkansbedömning

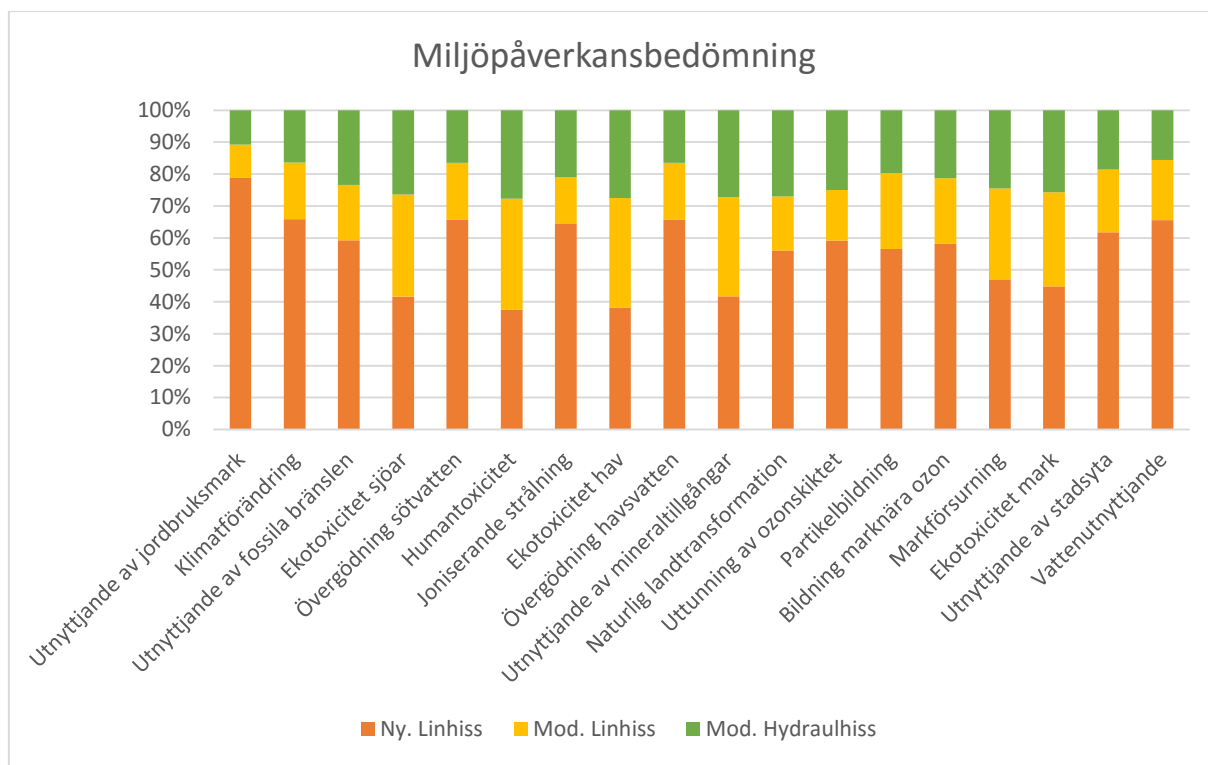
Inventeringsanalysen indata på de studerade processtegen behandlas med metoderna ReCiPe midpoint och endpoint. Resultatet från endpoint är normaliserat av expertis och presenteras i form av poäng. Indikatorerna på skadlighet på mänsklig hälsa, ekosystem och resurser summeras. Resultatets totala poäng det s.k. singelpoäng (single score) multipliceras därefter med faktor 1000 för ett mer överskådligt resultat. Se figur 3.3 för närmare beskrivning av metodernas struktur.

Följande tabell visar hissarnas resulterade miljöpåverkan.

Tabell 4.1: Hissarnas miljöpåverkan presenteras i olika påverkanskategorier

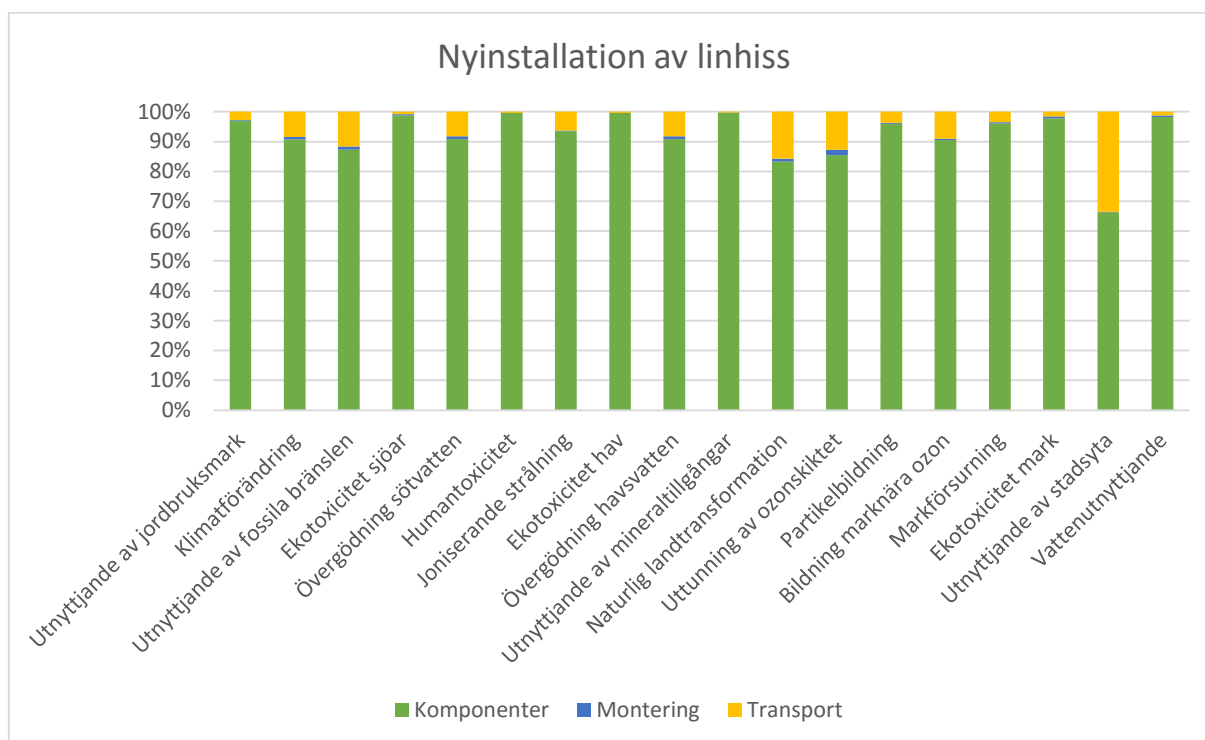
<b>Påverkanskategori (sv)</b>	<b>Påverkanskategori (en)</b>	<b>Enhet</b>	<b>Ny. linhiss</b>	<b>Mod. linhiss</b>	<b>Mod. hydraulhiss</b>
<b>Utnyttjande av jordbruksmark</b>	Agricultural land occupation	m2a	539	71	74
<b>Klimatförändring</b>	Climate Change	kg CO2 eq	8349	2244	2074
<b>Utnyttjande av fossila bränslen</b>	Fossil depletion	kg oil eq	2188	640	865
<b>Ekotoxicitet sjöar</b>	Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	0,6	0,4	0,4
<b>Övergödning sötvatten</b>	Freshwater eutrophication	kg P eq	9003	2433	2256
<b>Humantoxicitet</b>	Human toxicity	kg 1,4-DB eq	5558	5162	4103
<b>Joniserande strålning</b>	Ionising radiation	kg U235 eq	1042	233	339
<b>Ekotoxicitet hav</b>	Marine ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	63	57	46
<b>Övergödning havsvatten</b>	Marine eutrophication	kg N eq	8996	2427	2252
<b>Utnyttjande av mineraltillgångar</b>	Metal depletion	kg Fe eq	6713	4992	4373
<b>Naturlig landtransformation</b>	Natural land transformation	m2	1,4	0,4	0,7
<b>Uttunning av ozonskiktet</b>	Ozone depletion	kg CFC-11 eq	0,0004	0,0001	0,0002
<b>Partikelbildning</b>	Particulate matter formation	kg PM10 eq	33	14	12
<b>Bildning marknära ozon</b>	Photochemical oxidant formation	kg NMVOC	40	14	15
<b>Markförsurning</b>	Terrestrial acidification	kg SO2 eq	66	40	35
<b>Ekotoxicitet mark</b>	Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	1,8	1,2	1,0
<b>Utnyttjande av stadsyta</b>	Urban land occupation	m2a	190	61	58
<b>Vattenutnyttjande</b>	Water depletion	m3	54731	15708	13019

Nedanstående diagram kan användas för att jämföra hissarnas miljöpåverkan relativt varandra. En stapel utgör 100 % och innehåller en summering av alla tre hissars resultat från en miljöpåverkanskategori. Exempelvis kan här utläsas att nyinstallation av en linhiss utgör 65 % av den totala klimatförändringspåverkan alla tre hissars tillsammans.



Figur 4.1: Hissarnas miljöpåverkan i relativa mått. En stapel utgör en summering av de tre hissarnas miljöpåverkan i en specifik miljöpåverkanskategori. Härur kan sedan en jämförelse mellan hissarnas miljöpåverkan göras

Resultatet visar även att komponenttillverkning dvs. arbetet från att materialutvinning till färdig komponent utgör 95 % av den totala miljöpåverkan.

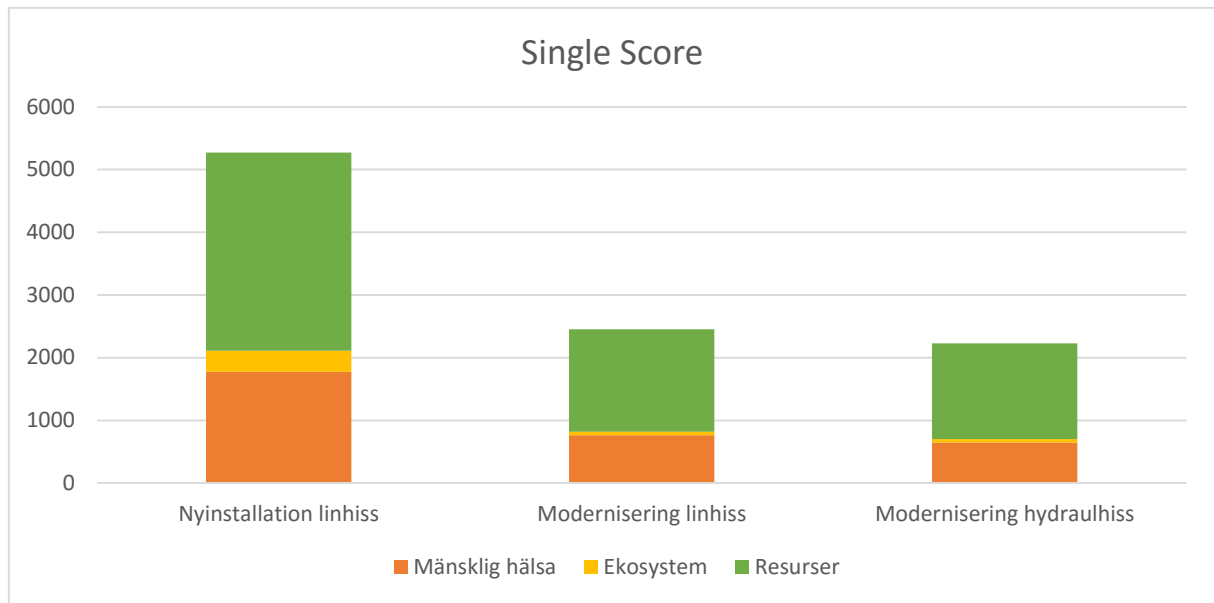


Figur 4.2: Jämför de olika processernas miljöpåverkan på en nyinstallation. Komponenttillverkning har störst påverkan. Liknande slutsats gäller för modernisering av lin – och hydraulhiss

Singelpoängen visar att modernisering av lin- och hydraulhiss har en total bedömd miljöpåverkan på 46 % respektive 43 % av den jämförande nyinstallerade hissen. Här utläses även att hissarna har störst negativ miljöpåverkan på resurser, dvs. materialutvinning av naturresurser.

Tabell 4.2: Visar hissarnas skadlighet på mänsklig hälsa, ekosystem, resurser och singelpoäng

Skadlighets-bedömning (sv)	Skadlighets-bedömning (en)	Enhet	Ny. linhiss	Mod. linhiss	Mod. hydraulhiss
Mänsklig hälsa	Human health	Poäng	1775	762	644
Ekosystem	Ecosystems	Poäng	334	56	55
Resurser	Resources	Poäng	3165	1635	1531
Singelpoäng	Single Point	Poäng	5274	2453	2230



*Figur 4.3: Nyinstallation bedöms ha dubbelt så stor miljöpåverkan än modernisering. Skadligheten på resurser störst*

## 4.2 Tolkning och slutsats

Tabellen nedan svarar direkt på studiens huvudfråga: vad är skillnaden i miljöpåverkan mellan nyinstallation av en linhiss och modernisering av en lin- samt hydraulhiss? Här noteras en stor skillnad i t.ex. klimatförändring, övergödning i sötvatten, övergödning i havsvatten, utnyttjande av mineraltillgångar och utnyttjande av fossila bränslen.

Tabell 4.3: Visar skillnaden i miljöpåverkan mellan nyinstallation av linhiss och modernisering av lin- samt hydraulhiss. Lägre värde är bättre

Påverkanskategori	Enhet	Skillnad ny. linhiss kontra mod. linhiss	Skillnad ny. linhiss kontra mod. hydraulhiss
Utnyttjande av jordbruksmark	m2a	468	465
Klimatförändring	kg CO2 eq	6106	6275
Utnyttjande av fossila bränslen	kg oil eq	1549	1324
Ekotoxicitet sjöar	kg 1,4-DB eq	0,1	0,2
Övergödning sötvatten	kg P eq	6571	6747
Humantoxicitet	kg 1,4-DB eq	396	1455
Joniserande strålning	kg U235 eq	809	703
Ekotoxicitet hav	kg 1,4-DB eq	7	18
Övergödning havsvatten	kg N eq	6570	6745
Utnyttjande av mineraltillgångar	kg Fe eq	1722	2341
Naturlig landtransformation	m2	1,0	0,7
Uttunning av ozonskiktet	kg CFC-11 eq	0,0003	0,0002
Partikelbildning	kg PM10 eq	19	21
Bildning marknära ozon	kg NMVOC	26	26
Markförsurning	kg SO2 eq	26	32
Ekotoxicitet mark	kg 1,4-DB eq	0,6	0,8
Utnyttjande av stadsyta	m2a	130	133
Vattenutnyttjande	m3	39024	41712
Singelpoäng	Poäng	2821	3044
Singelpoäng – Minskning av miljöpåverkan	%	54	57

Bedömningen av total miljöpåverkan (single score) visar att en modernisering av lin- och hydraulhiss har 54 % respektive 57 % mindre miljöpåverkan än en nyinstallation av en linhiss.

Utvinning av material och tillverkning av material står för mer än 95 % av den totala miljöpåverkan, varav stål ger störst bidrag.

Den vanligast förekommande kategorin vid bedömning av miljöpåverkan är klimatförändring, dvs. utsläpp av växthusgaser i atmosfären. Eftersom de olika växthusgaserna har olika påverkansgrad på klimatförändringen sammanställs de till den gemensamma enheten CO<sub>2</sub>e.

Studien visar att skillnaden mellan nyinstallation av en linhiss och modernisering av lin- samt hydraulhiss är ca 6105 kg CO<sub>2</sub>e respektive 6275 kg CO<sub>2</sub>e.

För att få en bild om hur mycket drygt sex ton CO<sub>2</sub>e. är presenteras här två stycken jämförelser:

Tillverkning av en personbil ger ett utsläpp på 6102 kg CO<sub>2</sub>e [30]. Det motsvarar skillnaden mellan modernisering och nyinstallation av en hiss.

Medelåldern på personbilar i Sverige är 10 år [21]. Nyproducerade bilar av årsmodell 2006 har ett genomsnittligt utsläpp på 160 g CO<sub>2</sub> per km [22]. 6105 kg CO<sub>2</sub>e motsvarar därmed 38156 km bilkörning. I genomsnitt kör svensken 33 km per dag [27]. Det medför att skillnaden 6105 kg CO<sub>2</sub>e motsvarar 1150 bilister på vägarna under en dag.

Ovanstående exempel gäller alltså vid modernisering istället för nyinstallation av en hiss. Det finns ca 115 964 aktiva hissar i Sverige [23]. Någon gång under en 20-25 årsperiod behöver dessa bytas ut eller moderniseras, vilket medför ca 13-16 hissar om dagen.

Att välja modernisering av hissar framför nyinstallation bidrar till att uppfylla minst tre av målen i FN:s Agenda 2030.

Bekämpa klimatförändringarna är vår tids största utmaning och det krävs bl.a. stora omställningar i våra konsumtionsvanor. Modernisering av en befintlig hiss är mer resurseffektivt och medför även en lägre belastning på avfallssektorn jämfört med en nyinstallation. Att välja modernisering kan även påskynda trenden mot en mer hållbar utveckling där fler ser fördelarna med cirkulär ekonomi.

Arbetets avgränsningar påverkar inte slutresultatet på ett sådant sätt att det missgynnar nyinstallation av linhiss.

Studien påvisar inga negativa aspekter av modernisering framför nyinstallation.





## 5 Referenser

- [1] Lindman P.” Life Cycle Assessment of hydraulic and traction elevators.” Miljögiraff AB, Göteborg 2015
- [2] [http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/230808/local\\_230808.pdf](http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/230808/local_230808.pdf)
- [3] <https://sustainabledevelopment.un.org/>
- [4] <http://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2016/03/skatteforslag-for-okad-ateranvandning-och-momsbefrielse-for-solelsproducenter-m.fl/>
- [5] The Hitch Hiker’s Guide to LCA, Henrikke Bauman och Anne-Marie Tillman
- [6] Svensk Standard SS-EN ISO 25745-2:2015, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:25745:-2:ed-1:v2:en>
- [7] <http://www.svenskbetong.se/bygga-med-betong/bygga-med-prefab/miljo-och-hallbarhet/livslangd-for-byggnader>
- [8] <http://www.ecoinvent.org/database/system-models-in-ecoinvent-3/apos-system-model/allocation-at-the-point-of-substitution.html>
- [9] <http://www.lcia-recipe.net/project-definition>
- [10] Kjell Johansson, VD Hydroware AB, [kjell.johansson@hydroware.se](mailto:kjell.johansson@hydroware.se)
- [11] <http://www.ecoinvent.org/about/mission-and-vision/mission-and-vision.html>
- [12] Martin Forsberg, Wittur, [martin.forsberg@wittur.com](mailto:martin.forsberg@wittur.com)
- [13] Anders Johansson, Vinga Hiss AB, [Anders.Johansson@vingahiss.se](mailto:Anders.Johansson@vingahiss.se)
- [14] PCR UN CPC 4354, <http://environdec.com/en/PCR/Detail/?Pcr=9211#.VY04s4sw8is>
- [15] <http://www.lift-report.de/index.php/news/327/56/Methods-for-determining-and-evaluating-the-energy-efficiency-of-elevators>
- [16] <http://www.energigas.se/Energigaser/Naturgas>
- [17] <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-energy-consumption-and-power-mix-charts>
- [18] <http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2012/bfs-2012-11-h-14.pdf>
- [19] <http://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/tillverkning-anvandning-atervinning/atervinning-av-jarn-och-stal/>
- [20] [http://www.renova.se/Global/pdf/Fran\\_avfall\\_till\\_ren\\_energi\\_light\\_web.pdf](http://www.renova.se/Global/pdf/Fran_avfall_till_ren_energi_light_web.pdf)
- [21] <http://www.acea.be/statistics/tag/category/average-vehicle-age>
- [22] [http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCTupdate\\_EU-95gram\\_jan2014.pdf](http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCTupdate_EU-95gram_jan2014.pdf)
- [23] <http://www.hemhyra.se/riks/fortsatt-slarv-med-kontroll-av-hissar>
- [24] <https://www.vattenfall.se/elavtal/energikallor-och-elmarknad/elens-ursprung/>
- [25] <http://www.facilitiesnet.com/elevators/article/Weighing-Elevator-Modernization-Factors-Facilities-Management-Elevators-Feature--8800>
- [26] <http://www.explainthatstuff.com/how-elevators-work.html>
- [27] [http://www.scb.se/statistik/publikationer/OV0904\\_2013A01\\_BR\\_11\\_A01BR1301.pdf](http://www.scb.se/statistik/publikationer/OV0904_2013A01_BR_11_A01BR1301.pdf)
- [28] <http://www.millenniemaalen.nu/malen-2/>
- [29] <http://www.ivl.se/sidor/omraden/avfall/avfallshierarkin.html>
- [30] [http://transport.world-aluminium.org/uploads/media/ORNL-LCA\\_FinalReport\\_Sept2013-1.pdf](http://transport.world-aluminium.org/uploads/media/ORNL-LCA_FinalReport_Sept2013-1.pdf)