

# Livscykelanalys av HPC100

190327

Kristin Fransson



Research Institutes  
of Sweden

### **RISE Research Institutes of Sweden**

RISE är Sveriges forskningsinstitut och innovationspartner. I internationell samverkan med företag, akademi och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. Våra 2 700 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. RISE är ett oberoende, statligt forskningsinstitut som erbjuder unik expertis och ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidssäkra teknologier, produkter och tjänster. [www.ri.se](http://www.ri.se)

Från den 1 oktober 2018 är RISE Research Institutes of Sweden AB indirekt den enda aktieägaren i RISE IVF AB (före detta Swerea IVF AB).

RISE IVF AB  
Box 104  
431 22 Mölndal  
Telefon 031-706 60 00  
Telefax 031-27 61 30  
[www.swerea.se](http://www.swerea.se)

Uppdragsrapport 26824

© RISE IVF AB

## **Förord**

Denna rapport innehåller en livscykelanalys av HPC100. Information om material och transporter har lämnats av Anette Andersson och Krister Wulcan på Trollhättan mineral.

Rapporten har inte genomgått kritisk granskning av oberoende tredje part, men en intern kvalitetsgranskning har utförts.

## Innehållsförteckning

<b>1.</b>	<b>Inledning</b>	<b>6</b>
1.1	Syfte	6
1.2	Generell introduktion till LCA	6
<b>2</b>	<b>Metod</b>	<b>8</b>
2.1	Funktionell enhet	8
2.2	Systemgränser	8
2.3	Bedömning av miljöpåverkan	9
2.4	Datainsamling	9
2.4.1	HPC100	9
<b>3</b>	<b>Resultat och diskussion</b>	<b>13</b>
3.1	Klimatpåverkan	13
3.2	Känslighetsanalys transport masugnsslagg	16
3.2.1	Känslighetsanalys alla lastbilstransporter med RME	17
3.2.2	Känslighetsanalys elmix	18
3.2.3	Jämförelse med annan betong	19
<b>4</b>	<b>Slutsatser</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>Referenser</b>	<b>21</b>
	<b>Appendix 1 - Miljöpåverkanskategorier</b>	<b>22</b>
	<b>Appendix 2 Resultat</b>	<b>24</b>

## Sammanfattning

Trollhättan mineral tillverkar produkten HPC100 som är en högpresterande betong. Produkten är torr och säljs i storsäckar. Som råmaterial används till 90 % restmaterial från industrin, som masugnsslagg, kromslag och silica. Detta möjliggör att en betydligt mindre andel cement kan användas jämfört med konventionell betong. I denna studie har en livscykelanalys på HPC100 utförts.

Den funktionella eller deklarerade enheten som använts i studien är 1000 ton HPC100 förpackat i storsäckar som rymmer 1 ton vardera.

Systemet är ett så kallat vagga-till-grav-system, vilket innebär att utvinning av råmaterial, transporter och egen produktion på Trollhättan mineral ingår.

Användningsfas och resthantering omfattas inte. De miljöpåverkanskategorier som studerats är klimatpåverkan, marknära ozon, försurning och övergödning där störst fokus har varit på klimatpåverkan.

Resultaten visar att den totala klimatpåverkan för produktion av 1000 ton HPC100 är  $1,6 \cdot 10^5$  kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Det största bidraget till klimatpåverkan kommer från produktion av råmaterial, där cement står för en dominerande del av klimatpåverkan. Även tillverkningsprocesser på Trollhättan mineral har en betydande klimatpåverkan, framförallt genom förbränning av olja för torkning av råmaterial. Däremot har transporter av råvaror till Trollhättan mineral relativt liten klimatpåverkan. För övriga miljöpåverkanskategorier liknar resultatet det för klimatpåverkan, med den skillnaden att tillverkningsprocessen på Trollhättan mineral får något större relativ betydelse än cementen.

De känslighetsanalyser som gjorts visar att klimatpåverkan kan minskas något genom att välja båttransport av råvaror i stället för lastbilstransport samt genom att välja biobaserade bränslen till de lastbilar som transporterar råvarorna. En känslighetsanalys visar också att den elmix som används på Trollhättan mineral bidrar till att miljöpåverkan från produktion av HPC100 blir lägre än vad som skulle ha varit fallet om svensk eller europeisk medel-el hade använts.

En jämförelse mellan HPC100 och andra betongtyper är svår att göra eftersom funktion delvis skiljer sig åt och det i dagsläget inte finns publicerade livscykelanalysdata för de alternativ som liknar HPC100 mest. En grov uppskattning och jämförelse med databasdata visar att klimatpåverkan från produktion av HPC100 är ca 15–40 % av klimatpåverkan från produktion av konventionell betong.

## 1. Inledning

Trollhättan mineral tillverkar produkten HPC100 som är en högpresterande betong. Produkten är torr och säljs i storsäckar. Som råmaterial används till 90 % restmaterial från industrin, som masugnsslagg, kromslag och silica. Detta möjliggör att en mindre andel cement kan användas jämfört med konventionell betong. Cementhalten i HPC100 är 10 %. Dessutom fungerar restmaterialen som ballast, vilket gör att konventionell ballast, som naturgrus och bergkross inte behöver användas. Då HPC100 är en högpresterande betong, med högre hållfasthet än konventionell betong uppger tillverkaren att det är möjligt att bygga lättare konstruktioner än med konventionell betong och samtidigt uppnå samma funktion.

I denna studie har en livscykelanalys på HPC100 utförts.

### 1.1 Syfte

Syftet med studien är att analysera miljöpåverkan för produktion av HPC100, som är en högpresterande betong. Livscykelanalysen ska kunna fungera som underlag för en miljövarudeklaration (EPD).

### 1.2 Generell introduktion till LCA

Livscykelanalys (LCA) är en teknik för att göra en helhetsbedömning av en produkts miljöpåverkan, som tar hänsyn till alla faser i produktens livscykel, från vaggan till graven. Livscykeln inkluderar utvinning av råvaror, tillverkning av material, komponenter och produkter, transporter, användning och resthantering, som beskrivs i Bild 1 nedan. Miljöpåverkan inkluderar utsläpp till luft, vatten och mark samt förbrukning av energi- och materialresurser genom hela livscykeln.

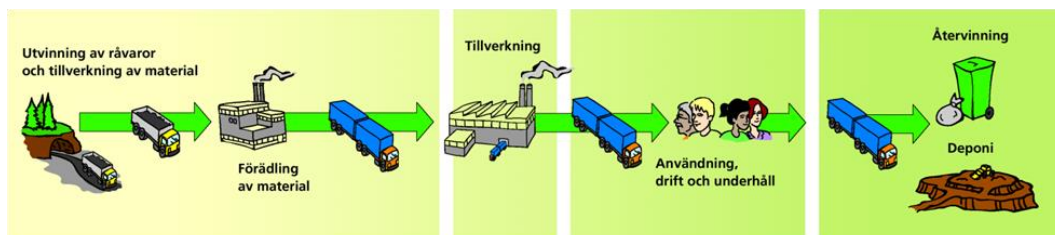


Bild 1 Schematisk bild av de olika faserna i en produkts livscykel, från vaggan till graven.

Livscykelanalys utvecklades för att kunna göra en rättvis jämförelse av produkters miljöprestanda (både varor och tjänster kan bedömas). Livscykelperspektivet är avgörande för att undvika suboptimering, dvs att ett processteg eller en komponent förbättras miljömässigt men att miljöpåverkan sett över hela livscykeln försämras.

Ett viktigt begrepp inom livscykelanalys är den funktionella enheten, som är väsentlig när två olika produkter ska jämföras. Den funktionella enheten beskriver vad resultaten beräknats för, exempelvis "ett års användning av produkten" eller

”transport av en person en km”. Ett annat viktigt begrepp som underlättar tolkning av resultatet från en livscykelanalys är systemgränser. Systemgränserna beskriver vad som har inkluderats i studien och inte. Exempelvis, studien av en transport för en person under ett år kan inkludera eller inte; tillverkningen av fordonet, verktygen som användes för att tillverka fordonet, tillverkningen av bränslet, förbränningen av bränslet, infrastrukturen (vägar, räls, informationsteknik etc), tankstationer, avfallshantering m m beroende på vad som är relevant för studien. Det är viktigt att tydligt klargöra systemgränserna när två produkter jämförs med varandra.

Denna livscykelanalys är utförd i enlighet med ISO 14040 [1], ISO 14044 [2] och ILCD-handboken [3]. En livscykelanalys enligt ISO 14040 är indelad i fyra steg:

- 1 **Mål och omfattning:** Målsättningen beskriver den avsedda tillämpningen, skälen till att utföra studien samt den tilltänkta mottagaren. LCAns omfattning beskrivs med det produktsystem som studeras, den funktionella enheten, systemgränserna, eventuella allokeringar (fördelningar), metodiken för miljöpåverkansbedömning samt efterföljande tolkning, begränsningar, krav på datakvalitet, typ av kritisk granskning om detta tillämpas samt typ och format på rapporten som krävs för studien.
- 2 **Inventering:** Information om material och processer samlas in, vilka inflöden och utflöden som varje process har, för alla de faser i produktens livscykel, och de miljöaspekter som beslutats i föregående steg.
- 3 **Miljöpåverkansbedömning:** I miljöpåverkansbedömningen utvärderas betydelsen av de miljöeffekter som produktens livscykel potentiellt bidrar till. Det är viktigt att vara medveten om att det är potentiell miljöpåverkan som beskrivs.
- 4 **Resultattolkning:** En tolkning av resultaten görs genom att bl a metodvalens samt underliggande antagandens påverkan på resultatet analyseras. Betydelsen av dataluckor och använd datakvalitet ska också beskrivas i tolkningsdelen. Resultatet av känslighetsanalyser och osäkerhetsanalyser som görs i andra delar av studien ska framgå i tolkningen.

De dubbelriktade pilarna i Bild 2 beskriver hur LCA är en iterativ teknik, där de olika faserna av studien kan behöva justeras allt eftersom studien genomförs och mer information samlas in.

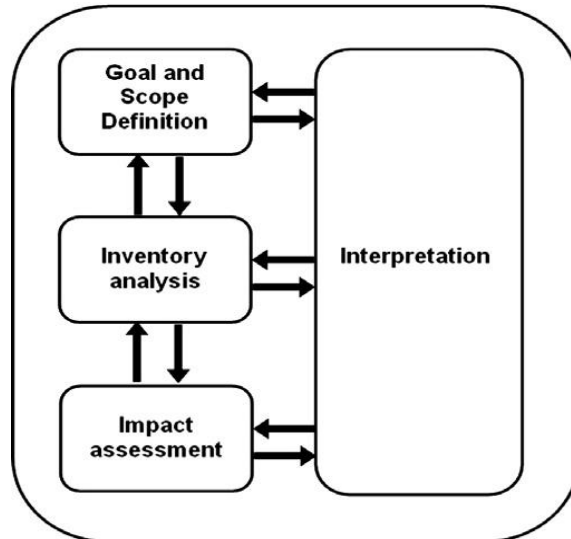


Bild 2 De fyra faserna i en LCA enligt International Organization for Standardization (ISO).

## 2 Metod

I det här avsnittet beskrivs systemgränser, förutsättningar och antaganden för studien. Så långt som möjligt har metoden följt produktkategorireglerna för byggprodukter i det internationella EPD-systemet [4] samt produktkategorireglerna för byggprodukter i det norska EPD-systemet [5] .

### 2.1 Funktionell enhet

Den funktionella eller deklarerade enheten som använts i studien är 1000 ton HPC100 förpackat i storsäckar som rymmer 1 ton vardera.

### 2.2 Systemgränser

Systemet är ett så kallat vagga-till-grav-system, vilket innebär att utvinning av råmaterial, transporter och egen produktion på Trollhättan mineral ingår. Användningsfas och resthantering omfattas inte. Systemgränserna för studien visas i Bild 3.



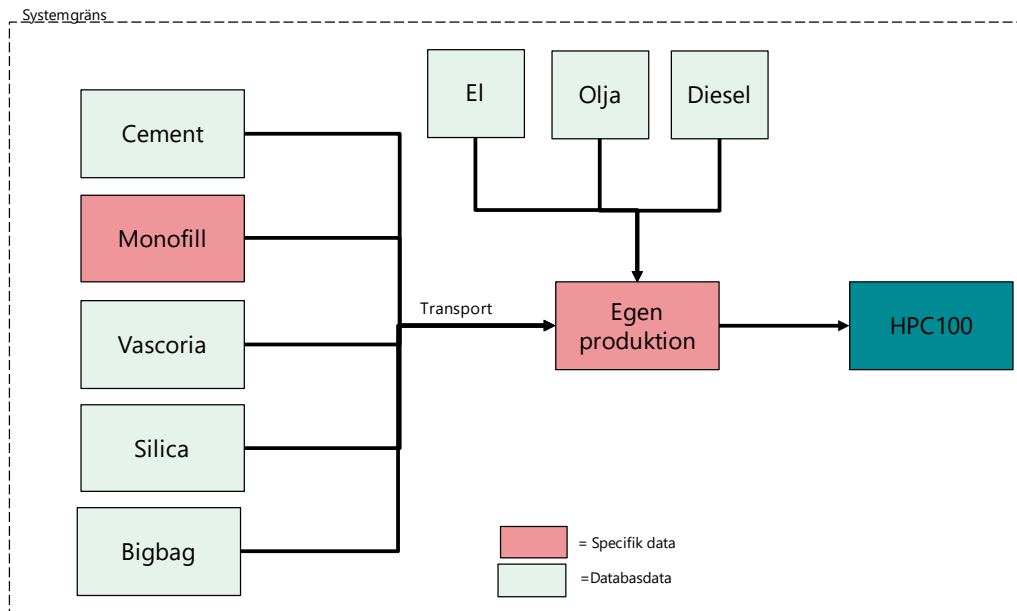


Bild 3 Systemgränser

### 2.3 Bedömning av miljöpåverkan

I studien presenteras resultaten som:

- Klimatpåverkan (kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter)
- Fotokemisk oxidation (eten-ekvivalenter)
- Försurning (kg SO<sub>2</sub>-ekvivalenter)
- Övergödning (kg PO<sub>4</sub>-ekvivalenter)

Metoden som användes var CML-IA baseline [6]. För mer information om miljöpåverkanskategorier, se Appendix 1.

### 2.4 Datainsamling

Specifik information gällande processer och råvaror som används på Trollhättan mineral har inhämtats genom kommunikation med Krister Wulcan och Anette Andersson på Trollhättan Mineral. Generella data för t ex transporter och vissa råmaterial har tagits från databasen Ecoinvent [7].

#### 2.4.1 HPC100

HPC100 tillverkas genom att råvarorna mals samman till lämpliga kornstorlekar i ett krossverk på Trollhättan Mineral. Restprodukter från denna process återförs in i krossverket igen, vilket gör att inget avfall uppstår från processen. Större delen av de råmaterial som används (ca 90 %) är restmaterial från annan industri, t ex kromslag och masugnslag. Produkten paketeras sedan i storsäckar, som rymmer 1 ton vardera. I

Tabell 2 ses inventeringsdata för produktion av 1000 ton HPC100. Data är medelvärden från produktion under åren 2015–2018.

#### 2.4.1.1 Cement

Cementen som används är Cemex kompositcement. Enligt byggvarudeklarationen består den till 5–20 % av masugnsslagg och kalkstensfiller. Därför har en Ecoinvent-process för cement, som inkluderar 6–20 % alternativa råvaror använts.

#### 2.4.1.2 Monofill

Monofill tillverkas internt på Trollhättan mineral genom att masugnsslagg mals ner till rätt storleksfördelning, se Tabell 1. Masugnsslagg är i vissa länder betraktat som avfall och i andra som restprodukt. Enligt PCR för slaggcement [8] är det ekonomiska värdet av masugnsslagg mindre än 1 % av det totala värdet av allt som produceras i masugnen. Därför anses det vara rimligt att miljöpåverkan från framställning av masugnsslagg försummas. I den här studien ingår därför endast miljöpåverkan från transport av slaggen till Trollhättan Mineral.

Tabell 1 Inventeringsdata för produktion av 3000 ton Monofill

Material	Mängd	Enhet	Transport	Kommentar/Ecoinventprocess
<b>Råvara</b>				
Masugnsslagg	3000	ton	Lastbil: 390 km Alternativ: Båt 900 km	Blast furnace slag {GLO}  blast furnace slag, Recycled Content cut-off   Cut-off, S
<b>Energi</b>				
Elektricitet	1466055	kWh		Se 2.4.1.6
Eldningsolja	41	m <sup>3</sup>		Heat, central or small-scale, other than natural gas {Europe without Switzerland}  heat production, light fuel oil, at boiler 10kW condensing, non-modulating   Cut-off, S

#### 2.4.1.3 Kromslag (Vascoria)

I enlighet med resonemanget angående masugnsslagg, (se 2.4.1.2) har det ekonomiska värdet på kromslagg ansetts vara mindre än 1 % av det totala värdet av produkterna ut från ferrokromverket, vilket även bekräftats av Trollhättan minerals kontakt på Vargön Alloys som säljer kromslagen. Därför har

miljöpåverkan från kromslaggt helt allokerats till kromtillverkningen. Detta innebär att kromslaggets miljöpåverkan i denna LCA enbart består av transporten till Trollhättan mineral.

#### 2.4.1.4 Silica

Silica fume är en restprodukt från utvinning av ferrosilica. I denna LCA har all miljöpåverkan från utvinning och framställning allokerats till ferrosilica-produktion, vilket innebär att enbart miljöpåverkan från transport till Trollhättan mineral ingår. Detta efter samma resonemang som för masugnsslaggt och kromslaggt.

#### 2.4.1.5 Bigbag

Storsäckarna består av polypropen och väger 1,256 kg styck. Varje säck rymmer 1 ton HPC100.

#### 2.4.1.6 Elektricitet

Trollhättan mineral köper miljömärkt el från Nordic Green Energy. Elmixen består av 74,16 % vattenkraft, 3,64 % solel, och 22,2 % vindkraft. Elmixen har modellerats genom att Ecoinventprocessen för svensk medelvolts [Electricity, medium voltage {SE}] market for | Cut-off, U] samt underliggande processer har modifierats för att uppnå elfördelningen ovan. Solel ingick inte i den ursprungliga Ecoinventprocessen och där har [Electricity, production mix photovoltaic, at plant/SE U] använts.

#### 2.4.1.7 Eldningsolja

För eldningsoljan har en Ecoinvent-process för förbränning av eldningsolja för värmeändamål använts. Värmevärdet 39 MJ/l eldningsolja [9] har använts för beräkningarna.

#### 2.4.1.8 Diesel

Diesel används t ex för intern transport med truckar. Ecoinventprocessen som använts innefattar förbränning av diesel i en anläggningsmaskin och inkluderar utvinning och förädling av diesel, transport av diesel samt emissioner från förbränning av diesel. För diesel har värmevärdet 38,6 MJ/l [9] använts.

#### 2.4.1.9 Transporter

För lastbilstransporter har Ecoinventprocessen [Transport, freight, lorry 16–32 metric ton, EURO6 {GLO}] market for | Cut-off, S] använts. I en känslighetsanalys där ett scenario med båttransport av masugnsslaggt gjorts har Ecoinventprocessen [Transport, freight, inland waterways, barge {GLO}] market for | Cut-off, S] använts. I en annan känslighetsanalys har alla lastbilar med råvaror till Trollhättan mineral antagits ha RME som bränsle i stället för diesel.

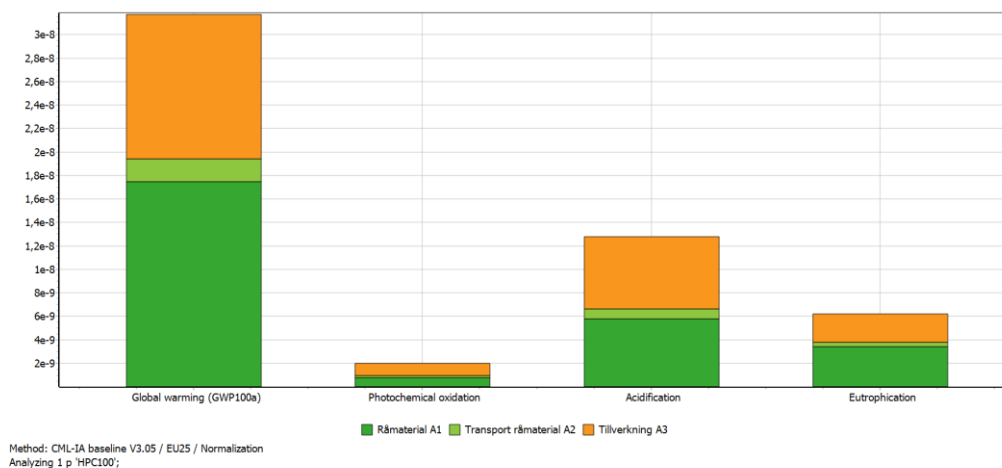
Tabell 2 Inventeringsdata för produktion av 1000 ton HPC100

Material	Mängd	Enhet	Transport	Kommentar/Ecoinventprocess
<b>Råvara</b>				
Cement	100	ton	Lastbil: 61 km	5–20 % masugnsslagg och kalkstensfiller enligt byggvarudeklaration. Cement, alternative constituents 6-20% {Europe without Switzerland}  production   Cut-off, S
Monofill	100	ton	0 km	
Vascoria (kromslag)	760	ton	Lastbil: 10 km	Blast furnace slag {GLO}  blast furnace slag, Recycled Content cut-off   Cut-off, S
Silica	40	ton	Lastbil: 739 km	Silica fume, densified {GLO}  silica fume, densified, Recycled Content cut-off   Cut-off, S
Bigbag	1000	st		Vikt: 1,256 kg/st Polypropylene, granulate {GLO}  market for   Cut-off, S Extrusion, plastic film {RER}  production   Cut-off, S
<b>Energi</b>				
Elektricitet	125 657	kWh		Se 2.4.1.6
Förbränning av eldningsolja	15	m <sup>3</sup>		Heat, central or small-scale, other than natural gas {Europe without Switzerland}  heat production, light fuel oil, at boiler 10kW condensing, non-modulating   Cut-off, S
Diesel i t ex arbetsmaskiner	1000	l		Diesel, burned in building machine {GLO}  market for   Cut-off, S

### 3 Resultat och diskussion

#### 3.1 Klimatpåverkan

I det här avsnittet presenteras resultaten för klimatpåverkan, då det är denna miljöpåverkanskategori som anses vara branschens största utmaning. I Bild 4 ses en normaliserad bild av resultaten för HPC100 där total miljöpåverkan är dividerad med den samlade miljöpåverkan i Europa i varje kategori. Där kan man tydligt se att betydelsen av klimatpåverkan för HPC100 är större än för övriga tre undersökta miljöpåverkanskategorier. Detaljerade resultat för marknära ozon, försurning och övergödning finns i Appendix 2.



*Bild 4 Normaliserad bild av miljöpåverkan för HPC100 där total miljöpåverkan har dividerats med total miljöpåverkan i EU för respektive kategori.*

I Bild 5 visas resultaten för klimatpåverkan uppdelat på de tre modulerna råmaterial, transport och egen tillverkning för den funktionella enheten 1000 ton HPC100. Bilden läses som att den totala klimatpåverkan för respektive modul står i nedre vänstra hörnet av modulen och tjockleken på pilarna indikerar den relativa storleken på miljöpåverkan från respektive modul. Från bilden kan utläsas att det är framförallt råmaterial till processen, men även den egna tillverkningsprocessen som har störst klimatpåverkan. Transporterna av råmaterial har mindre betydelse.

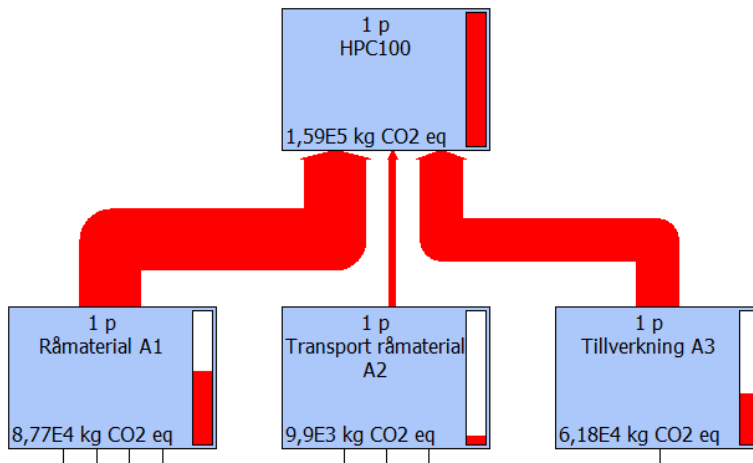


Bild 5 Resultat för klimatpåverkan för 1000 ton HPC100, enhet kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter.

I Bild 6 kan man se klimatpåverkan för de olika ingående råmaterialen som behövs för att producera 1000 ton HPC100. Enligt resonemang i 2.4.1 har ingen miljöpåverkan allokerats till produktion av råmaterialen masugnsslagg, kromslag och silica. Däremot har eventuell upparbetning av dessa material tagits med i modellen, som t ex förädlingen av masugnsslagg till Monofil. Ur bilden kan utläsas att den dominerande källan till klimatpåverkan är produktion av cement. Dock bör noteras att andelen cement i HPC100 är betydligt lägre (10 % av torr vikt) jämfört med de flesta konventionella betongsorter.

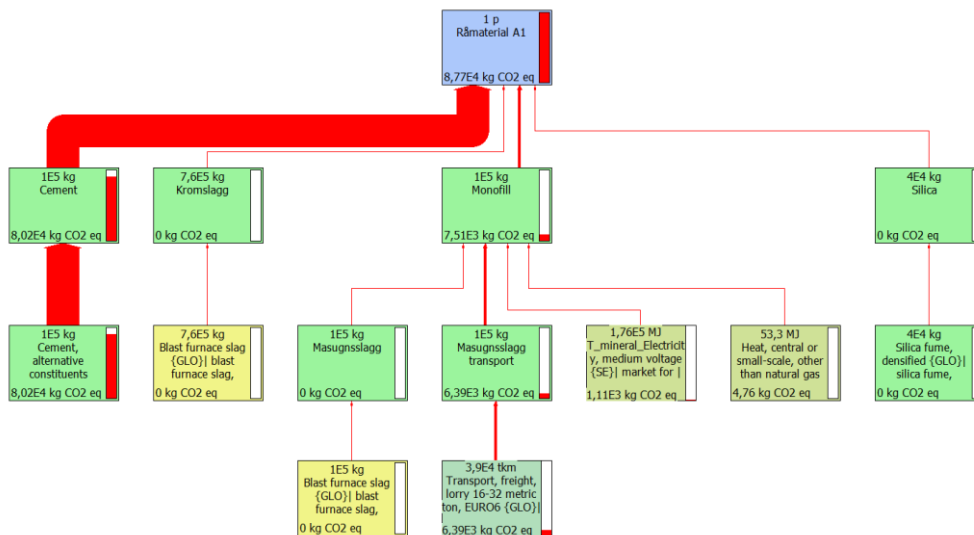


Bild 6 Resultat för klimatpåverkan för råmaterial till 1000 ton HPC100, enhet kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter.

Bild 7 visar klimatpåverkan för transport av de olika råmaterialen till Trollhättan mineral. Den största klimatpåverkan för detta kommer från transporten av silica från Trondheim. Detta trots att mängden silica är liten jämfört med övriga material.

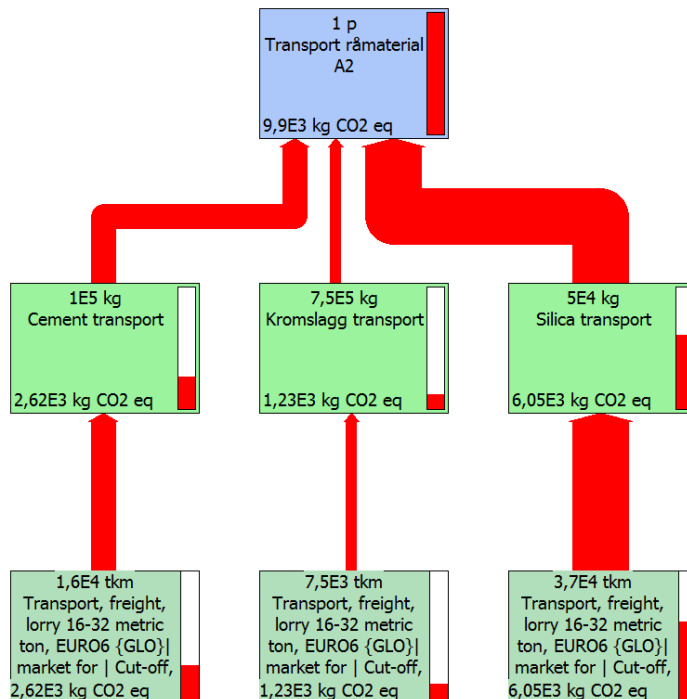


Bild 7 Resultat för klimatpåverkan för transport av råmaterial för produktion av 1000 ton HPC100, enhet kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter.

I Bild 8 kan resultatet för klimatpåverkan från produktionsprocesserna på Trollhättan mineral ses. Det som bidrar mest är produktion av värme från eldningsolja medan drift av arbetsmaskiner och elanvändning har relativt liten klimatpåverkan.

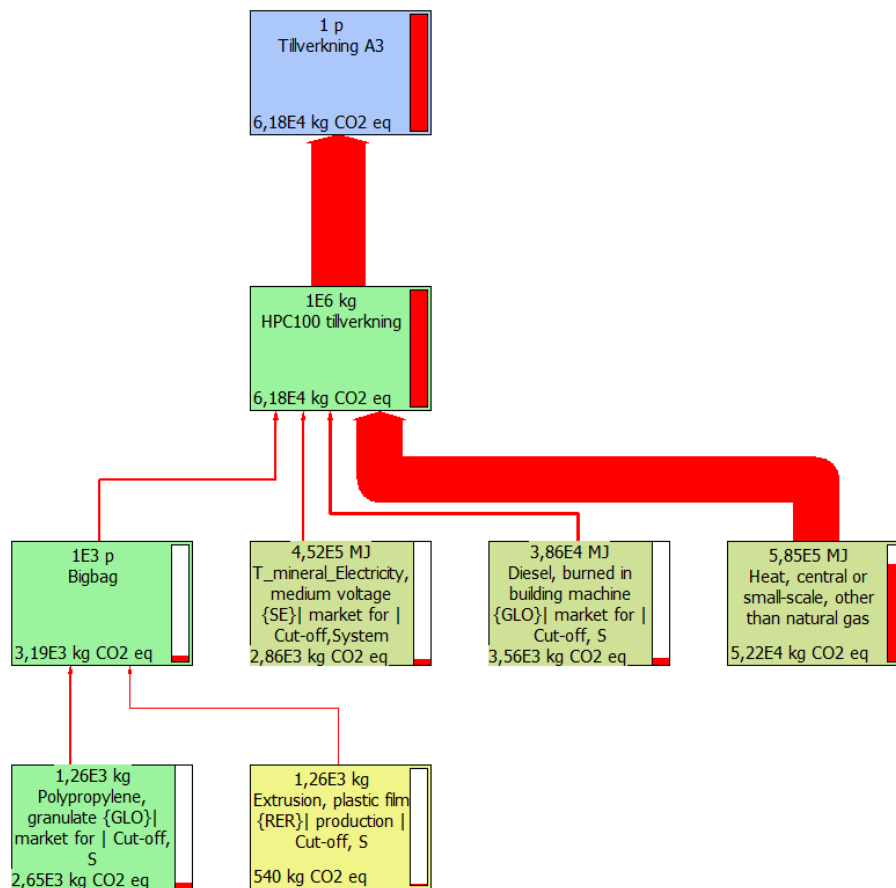
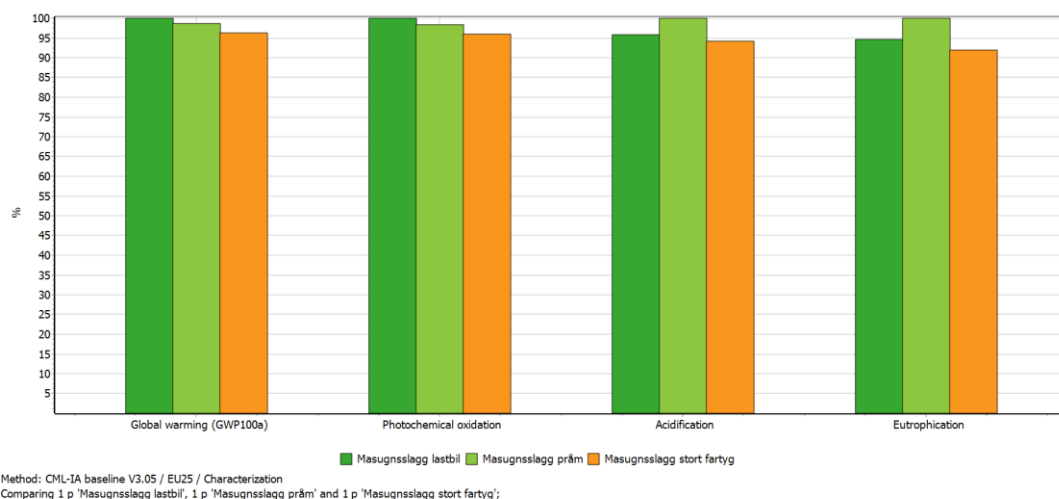


Bild 8 Klimatpåverkan för produktion av 1000 ton HPC100 på Trollhättan mineral, enhet kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter.

### 3.2 Känslighetsanalys transport masugnsslagg

Ett alternativ för transport av masugnsslagg från Oxelösund till Trollhättan är att byta ut lastbil mot båttransport. Då databasdata för olika typer av lastbåtar är begränsad har scenarier gjorts dels för pråmar med Ecoinventprocessen [Transport, freight, inland waterways, barge {GLO}| market for | Cut-off, S], dels för stora fraktfartyg med Ecoinventprocessen [Transport, freight, sea, transoceanic ship {GLO}| market for | Cut-off, S]. Då det finns begränsningar för hur stora fartyg som kan ta sig upp till Trollhättan genom Göta älv är det troligt att verklighetens fraktskepp har egenskaper som ligger i spannet mellan de båda ovanstående.





*Bild 9 Relativt resultat för HPC100 i de olika miljöpåverkanskategorierna med olika scenarier för transport av masugnsslagg.*

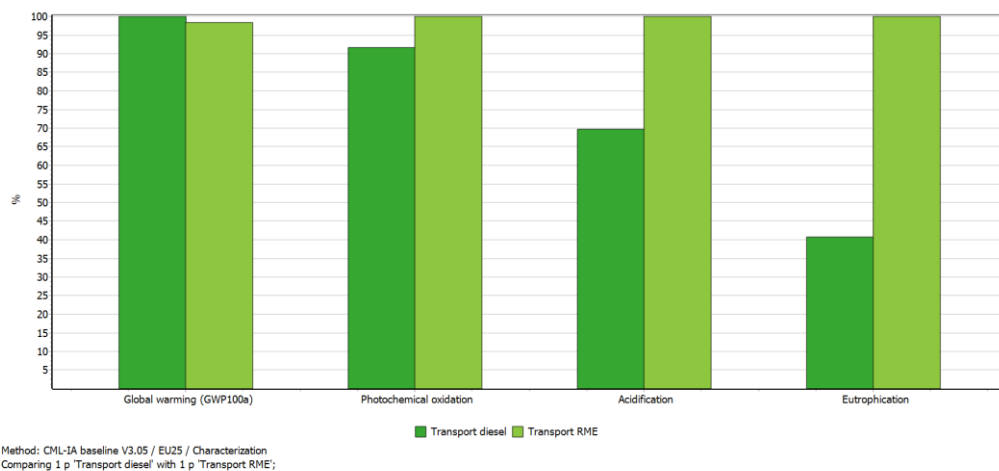
Relativa resultat från känslighetsanalysen av transportavstånd kan ses i Bild 9. Klimatpåverkan minskar med upp till ca 4 % då transporten sker med fraktbåt i stället för med lastbil. Även miljöpåverkan i form av marknära ozon minskar i samma storleksordning. För försurning och övergödning ses vikten av att vid båttransport välja båtar med låga emissioner av kväveoxider.

### 3.2.1 Känslighetsanalys alla lastbilstransporter med RME

En känslighetsanalys där samtliga lastbilstransporter byttes mot en alternativ typ av diesel gjordes också. I Ecoinvent finns data för RME, vilket gjorde att detta bränsle användes, men det bör noteras att utvecklingen på alternativa biobaserade dieselbränslen har gått framåt och att det idag finns andra alternativ. Den Ecoinventprocess som använts för transporten är [Transport, freight, lorry 28 metric ton, vegetable oil methyl ester 100% {GLO}| market for | Cut-off, S].

Resultaten som kan ses i Bild 10 indikerar att klimatpåverkan kan minskas då transporter övergår till att drivas med biobaserat bränsle. Detta beror främst på att de koldioxidemissioner som uppstår vid förbränning av bränslet i fordonet räknas som biogena och därmed inte anses bidra till klimatpåverkan. Dock bör noteras att miljöpåverkan från transporter sammanlagt är små jämfört med övrig miljöpåverkan för produktion av HPC100. För miljöpåverkanskategorin marknära ozon blir miljöpåverkan högre för scenariot med RME än i ursprungsscenario. Detta beror dels på att sammansättningen av bränslet är annorlunda än diesel och att det därmed blir högre emissioner av vissa ämnen vid förbränning av bränsle i lastbilen, dels på emissioner från framställning av rapsolja från raps. Emissioner av t ex nitrat, ammoniak, kväveoxider och svaveloxid från jordbruk bidrar betydligt till försurning och övergödning. Om de nyare biobränslen som kan vara aktuella för att driva lastbilar bidrar mindre till övriga miljöpåverkanskategorier än RME är de intressanta alternativ för transporter av råvaror till HPC100. Detta

skulle t ex kunna vara fallet för diesel baserat på skogsråvara eller rester från massabruk.

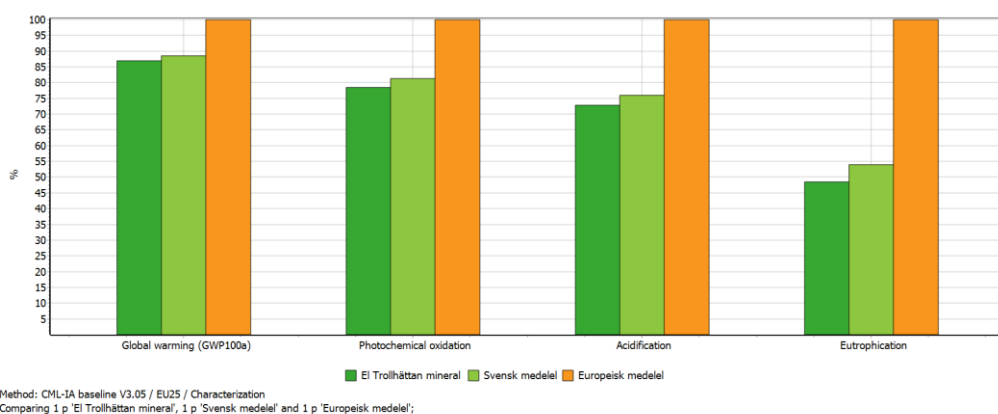


*Bild 10 Relativt resultat för HPC100 i de olika miljöpåverkanskategorierna där transporten av råmaterial sker med lastbil som drivs antingen på diesel eller på RME.*

### 3.2.2 Känslighetsanalys elmix

Processen i Trollhättan använder el vid produktion av Monofill och även vid produktion av HPC100. I nuläget köper Trollhättan mineral in ursprungsdeklarerad el som producerats via vatten-, vind- eller solkraft.

För att undersöka hur miljöpåverkan från HPC100 påverkas av en ändring i elmixen gjordes en känslighetsanalys där antingen svensk eller europeisk medel-el användes vid produktionsprocesser i Trollhättan, Ecoinventprocesserna [Electricity, medium voltage {SE}| market for |Cut-off, S] respektive [Electricity, medium voltage {Europe without Switzerland}| market group for |Cut-off, S]. Resultaten kan ses i Bild 11 och visar att miljöpåverkan från processen i samtliga miljöpåverkanskategorier är lägre på grund av det aktiva valet av elmix som Trollhättan mineral gjort jämfört med den svenska elmixen. Jämförelsen visar också att den svenska elmixen har låg miljöpåverkan jämfört med den europeiska.



*Bild 11 Relativt resultat för HPC100 i de olika miljöpåverkanskategorierna där den el som används på Trollhättan mineral är antingen verklig elmix, svensk medelel eller europeisk medelel.*

### 3.2.3 Jämförelse med annan betong

Att jämföra miljöpåverkan från en betongprodukt tillverkad med HPC100 med en konventionellt tillverkad betongprodukt är inte helt lätt. Hållfastheten hos HPC100 är betydligt högre än hos de flesta andra betongsorter, vilket gör att en mindre mängd betong behöver användas för att uppnå samma funktion som med en betong med lägre hållfasthet. Då en mindre mängd betong behöver användas minskar även behovet av transporter av betong till byggsplatser, vilket även det bidrar till en minskad miljöpåverkan. Det finns ett fåtal produkter på marknaden med liknande funktion som HPC100, men för dessa har inte hittats några LCA-data.

I ett grovt räkneexempel där vatten tillsatts till HPC100 för att bilda färdig betong jämfördes 1 m<sup>3</sup> av den färdiga produkten med 1 m<sup>3</sup> av några av de betongtyper som finns i Ecoinventdatabasen. Resultatet där blev 1 m<sup>3</sup> betong producerad med HPC100 har 15–40 % av klimatpåverkan från 1 m<sup>3</sup> av de andra betongtyperna. De betongtyper som var med i jämförelsen var [Concrete, 50MPa {GLO}] market for | Cut-off, S], [Concrete, 30-32MPa {GLO}] market for | Cut-off, S], [Concrete, 20MPa {GLO}] market for | Cut-off, S], [Concrete, high exacting requirements {CH}] market for | Cut-off, S] och [Concrete, normal {CH}] market for | Cut-off, S]. Denna jämförelse bör endast ses som en grov uppskattning eftersom funktion hos de olika typerna av betong skiljer sig åt.

HPC100 innehåller också en stor andel råvaror som är restmaterial från industrin (ca 90 %), vilket gör att en mindre mängd jungfruliga råvaror behöver användas. Detta är fördelaktigt ur ett resursanvändningsperspektiv.

## 4 Slutsatser

Utifrån resultaten kan följande slutsatser dras:

- Total klimatpåverkan för produktion av 1000 ton HPC100 är  $1,6 \cdot 10^5$  kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter.
- Störst bidrag till klimatpåverkan kommer från produktion av råmaterial, där cement står för en dominerande del av klimatpåverkan.
- Transporter av råmaterial till Trollhättan mineral har relativt låg miljöpåverkan.
- Tillverkningsprocessen på Trollhättan mineral har också en betydande klimatpåverkan, framförallt genom förbränning av olja för torkning av råmaterial.
- För övriga miljöpåverkanskategorier liknar resultatet det för klimatpåverkan, med den skillnaden att tillverkningsprocessen på Trollhättan mineral får något större relativ betydelse än cementen.
- Känslighetsanalyser visar att klimatpåverkan kan minskas något genom att välja båttransport av råvaror i stället för lastbilstransport samt genom att välja biobaserade bränslen till de lastbilar som transporterar råvarorna.
- Känslighetsanalyser visar också att den elmix som används på Trollhättan mineral bidrar till att miljöpåverkan från produktion av HPC100 blir lägre än vad som skulle ha varit fallet om svensk eller europeisk medel-el hade använts.
- Det är svårt att på ett rättvist sätt jämföra HPC100 med andra betongtyper. En grov uppskattning och jämförelse med databasdata visar dock att miljöpåverkan från produktion av HPC100 blir betydligt lägre än för konventionella betongalternativ.

## 5 Referenser

1. ISO - International Organization for Standardization *Environmental management - life cycle assessment - principals and framework. International standard ISO 14040*; Geneva, 2006;
2. ISO - International Organization for Standardization *Environmental management - life cycle assessment - requirements and guidelines. International Standard ISO 14044*; Geneva, 2006;
3. EC – European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance*; 1st ed.; Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2010;
4. The international EPD system *Product Category Rules Construction Products and Construction Services 2012:01, Version 2.2*; Stockholm, 2017;
5. EPD-Norge *Product Category Rules Part A: Construction products and services*; Oslo, 2017;
6. Guinee, J.B.; Gorree, M.; Heijungs, R.; Huppes, G.; Kleijn, R.; van Oers, L.; Wegener Sleeswijk, A.; Suh, S.; de Haes, U.; de Bruijn, H.; et al. *Handbook on Life Cycle Assessment, Operational guide to the ISO standards Volume 1, 2a, 2b and 3*; 2001;
7. Wernet, G.; Bauer, C.; Steubing, B.; Reinhard, J.; Moreno-Ruiz, E.; Weidema, B. The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. *Int. J. Life Cycle Assess.* **2016**, *21*, 1218–1230.
8. ASTM International *PRODUCT CATEGORY RULES FOR PREPARING AN ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION FOR SLAG CEMENT*; 2014;
9. The engineering toolbox Fuels - higher and lower calorific values Available online: [https://www.engineeringtoolbox.com/fuels-higher-calorific-values-d\\_169.html](https://www.engineeringtoolbox.com/fuels-higher-calorific-values-d_169.html) (accessed on Nov 16, 2018).
10. Naturvårdsverket *Konsumtionens klimatpåverkan*; Stockholm, 2008;
11. European Environment Agency *The European Environment, State and Outlook 2005*; Copenhagen, 2005;
12. European Environment Agency *The European Environment, State and Outlook 2010: synthesis*; Copenhagen, 2010;

## Appendix 1 - Miljöpåverkanskategorier

### Klimatpåverkan

Klimatpåverkan mäts i kilogram koldioxidekvivalenter ( $\text{CO}_2\text{-eq}$ ). Klimatpåverkan (eller växthuseffekten) innebär en gradvis förhöjning av medeltemperaturen av jordens atmosfär och oceaner vilket kan starta förändringar av klimatet på jorden. Temperaturökningen beror på ökade utsläpp av växthusgaser såsom koldioxid ( $\text{CO}_2$ ), metan, vattenånga, lustgas och CFC från antropogena källor, främst från förbränning av fossila bränslen.

En normalsvensk släpper ut i genomsnitt 10 ton koldioxidekvivalenter per år [10].

### Försurning

De viktigaste antropogena emissionerna av försurande gaser är svaveldioxid ( $\text{SO}_2$ ) och kväveoxider ( $\text{NO}_x$ ) från förbränningsprocesser. Försurning, eller surt regn, mäts i kilogram svaveldioxidekvivalenter och är mest känt för skogsskador och försurade sjöar. Mindre känt är att surt regn också ger avsevärda skador på byggnader och historiska monument och att det sura nedfallet hjälper till att frigöra tungmetaller som hamnar i grundvattnet.

Europas emissioner 2005 motsvarade 57 kg  $\text{SO}_2$ -ekvivalenter per person [11].

### Övergödning

Övergödning mäts i kilogram fosforekvivalenter (P). Utsläpp av gödningsämnen som fosfor eller kväve i en sjö leder till ökad tillväxt av biologiskt material som alger. När algerna dör och sjunker till botten förbrukas syret på botten i nedbrytningsprocessen vilket leder till döda bottnar utan fisk eller växlighet. De största källorna till övergödningen är användning av gödselmedel i jordbruket, kväveoxidutsläpp från energiproduktion och avloppsvatten från hushållen och industrier.

Under 1995 tog Bottenhavet emot 761 000 ton kväve och 38 000 ton fosfor från land [12]. De antropogena bidragen till kväveutsläppen uppskattas till 79% (en tredjedel av kvävet ifrån jordbruket). För fosfor kunde ingen sådan uppskattning göras.

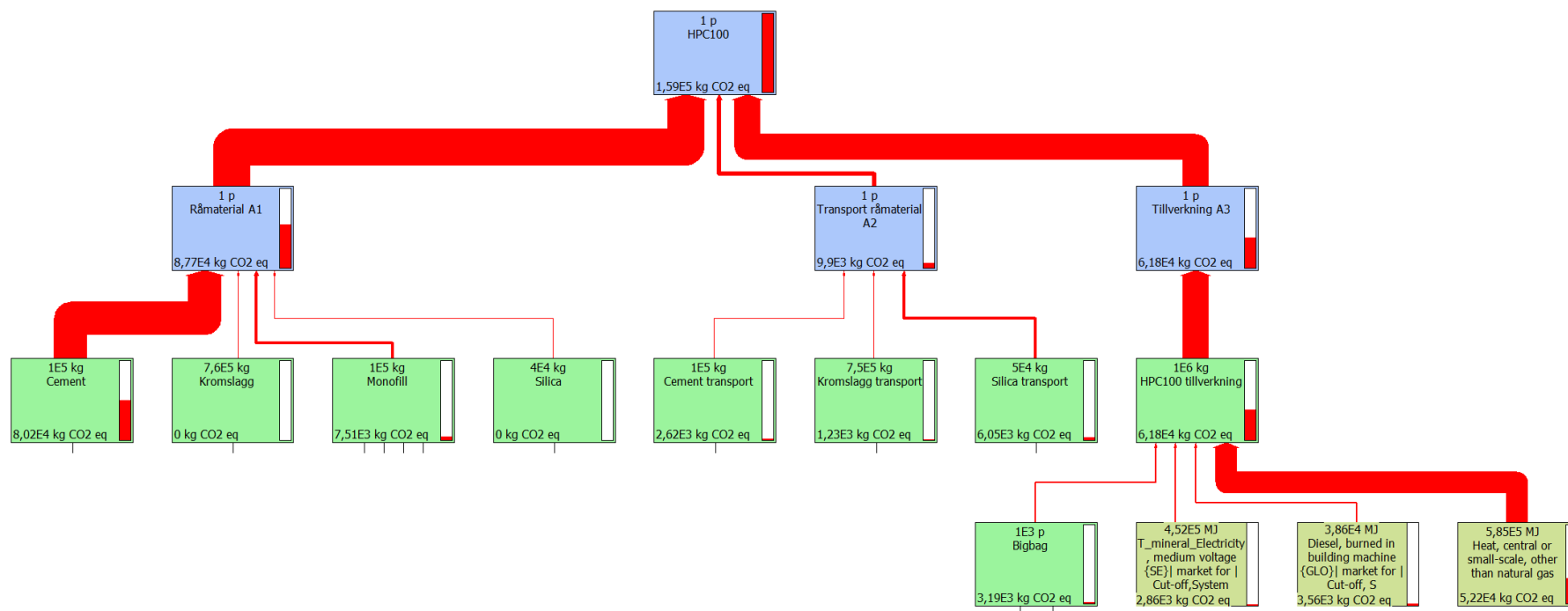
### Fotokemisk oxidation (marknära ozon)

Fotokemisk oxidation kallas vanligen för bildande av marknära ozon eller sommarsmog. Detta mäts i kilogram eten-ekvivalenter ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ). Marknära ozon bildas genom en reaktion av flyktiga kolväten, till exempel eten, eller kväveoxider under inverkan av solljus. Effekterna på människor är främst irritation av ögon och slemhinnor samt försämrad andningsfunktion. Ozon har också en kraftig inverkan på växter genom minskad tillväxt; produktionsbortfallet inom det

svenska jordbruket på grund av marknära ozon beräknas till en miljard per år. Den främsta orsaken till bildningen av marknära ozon är utsläpp från trafiken men även energiproduktion bidrar. Europas emissioner 2005 motsvarade 29 kg NMVOC-ekvivalenter per person [11]. Förbränning av 1000 liter bensin i en modern bil genererar omkring 2,4 kg NMVOC-ekvivalenter som jämförelse.

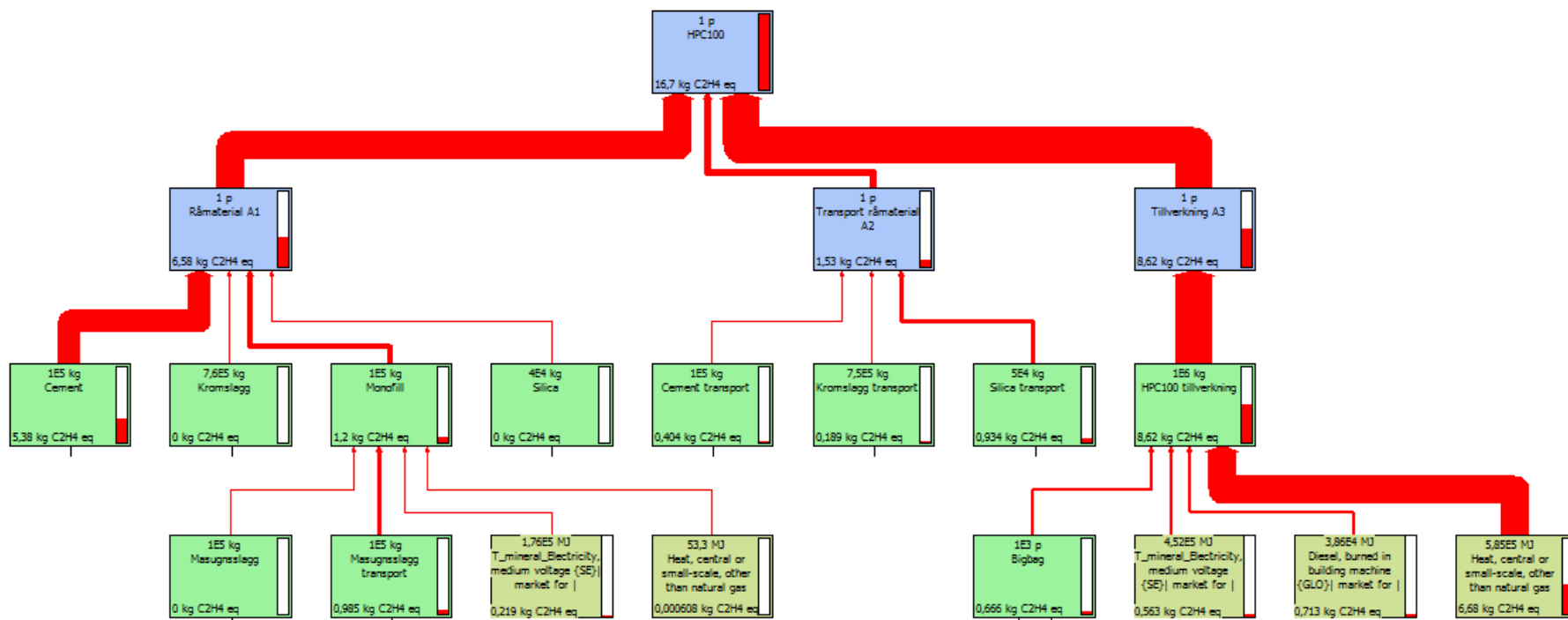
## Appendix 2 Resultat

### Klimatpåverkan, 1000 ton HPC100

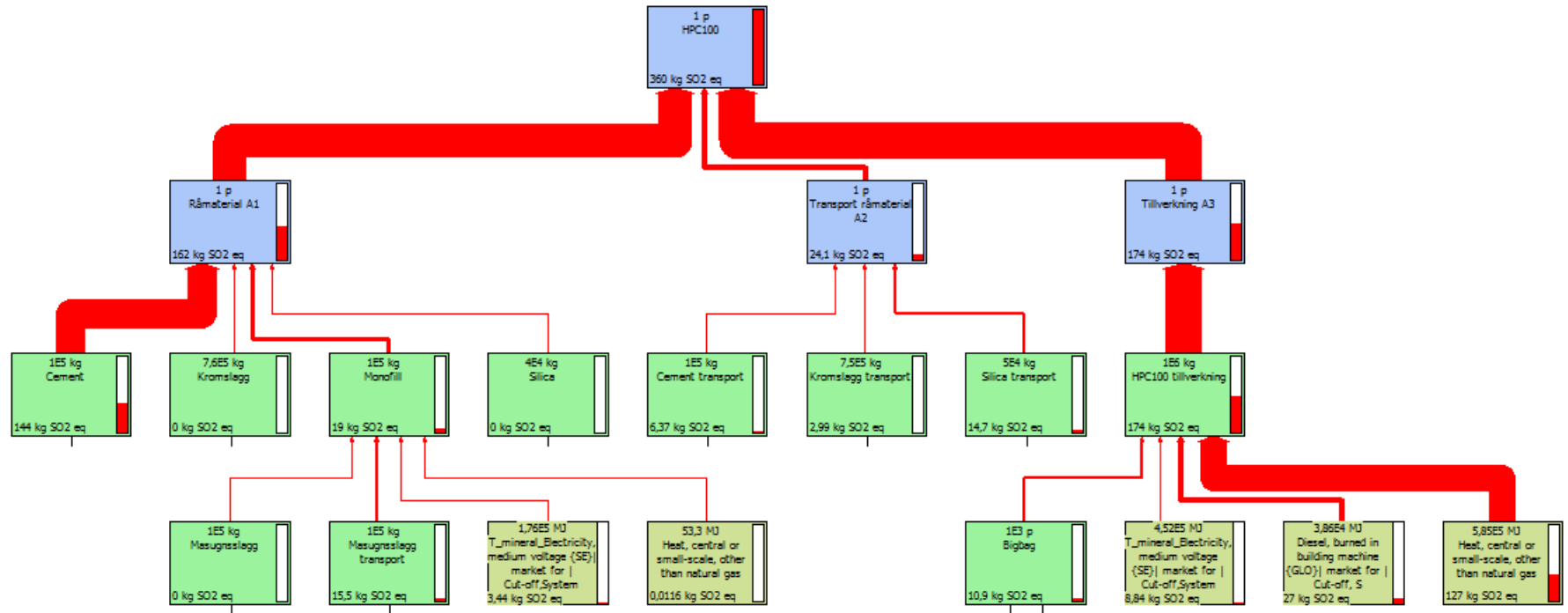




Marknära ozon, 1000 ton HPC100



Förurning, 1000 ton HPC100



Övergödning, 1000 ton HPC100

