

Ekologiskt fotavtryck för Göteborg Energi AB

- begreppets lämplighet som indikator för
miljöpåverkan

Caroline Johansson

Examensarbete 2007
Institutionen för Teknik och samhälle
Miljö- och Energisystem
Lunds Tekniska Högskola



LUNDS UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

Ekologiskt fotavtryck för Göteborg Energi AB – begreppets lämplighet som indikator för miljöpåverkan

Caroline Johansson

Examensarbete

November 2007

Dokumentutgivare, Dokumentet kan erhållas från LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA vid Lunds universitet Institutionen för teknik och samhälle Miljö- och energisystem Box 118 221 00 Lund Telefon: 046-222 00 00 Telefax: 046-222 86 44	Dokumentnamn
	Examensarbete
	Utgivningsdatum
	November 2007
	Författare
	Caroline Johansson

Dokumenttitel och undertitel

Ekologiskt fotavtryck för Göteborg Energi AB
- begreppets lämplighet som indikator för miljöpåverkan

Sammandrag

Syftet med detta examensarbete har varit att beräkna ett ekologiskt fotavtryck för Göteborg Energi AB samt att analysera metoden både i ett hållbarhetsperspektiv och som kommunikationsmedel för företagets miljöpåverkan. Arbetet har utförts på uppdrag av Göteborg Energi AB.

Det ekologiska fotavtrycket för Göteborg Energi beräknades genom tre olika metoder. För att underlätta framtida jämförelser av fotavtryck mellan energiföretag presenterades resultatet per levererad GWh.

Metoden exkluderar andra föroreningar än koldioxid. Dessa har därför i denna studie presenteras separat i miljöpåverkanskategorier.

Studiens slutsats är att metoden är mindre lämplig för både intern och extern kommunikation av miljöpåverkan. Metoden ger endast en begränsad bild av företagets totala miljöpåverkan och är inte förenlig med begreppet hållbar utveckling i alla aspekter. Den tid och den resursåtgång som krävs för beräkning av ekologiskt fotavtryck kan inte anses försvarbart för ett resultat som varken kan sättas i relation till andra företag på dagens marknad eller är ett verktyg som kommunicerar hållbar utveckling.

Nyckelord

Ekologiskt fotavtryck, Göteborg Energi, hållbar utveckling, globala hektar, kommunikationsverktyg

Sidomfång	Språk	ISRN
95	Svenska Sammandrag på engelska	LUTFD2/TFEM--07/5025--SE + (1-95)

Organisation, The document can be obtained through LUND UNIVERSITY Department of Technology and Society Environmental and Energy Systems Studies Box 118 SE - 221 00 Lund, Sweden Telephone: int+46 46-222 00 00 Telefax: int+46 46-222 86 44	Type of document
	Master thesis
	Date of issue
	November 2007
	Authors
	Caroline Johansson

Title and subtitle

The Ecological Footprint of Göteborg Energi AB
 - the suitability for the concept as indicator of environmental impact

Abstract

The purpose of this master thesis was to calculate the Ecological Footprint of Göteborg Energi AB and to assess the concept from a sustainability perspective. It also examine if Ecological Footprint can be used as a tool for communicating environmental impact. The thesis has been made by commission of Göteborg Energi AB.

The Ecological Footprint of Göteborg Energi was calculated with three different methods. To ease future comparison the result is presented per delivered GWh.

The footprint method exclude all pollutants except carbon dioxide. Therefore, this master's thesis submits the excluded pollutants separately in environmental impact categories.

The conclusion of the study is that the Ecological footprint concept is not suitable for neither internal nor external communication of environmental effects. This method does only give a limited view of the company's environmental impact. Furthermore, the method is not associable with the context of sustainable development considering all aspects. The calculations of the Ecological Footprint are time consuming and resource demanding and can not be said defendable for a result that neither can be compared with other companies on today's market nor is a tool that contributes to a sustainable development.

Keywords

Ecological Footprint, Göteborg Energi, Sustainable Development, global hectare, communication tool

Number of pages	Language	ISRN
95	Swedish, English abstract	LUTFD2/TFEM--07/5025--SE + (1-95)

Förord

Detta examensarbete har utförts på uppdrag av Göteborg Energi AB i samarbete med Avdelningen för miljö- och energisystem på Institutionen för teknik och samhälle på Lunds Tekniska Högskola, LTH. Arbetet utgör den avslutande delen av min civilingenjörsutbildning i Ekosystemteknik på LTH.

Jag vill rikta ett stort tack till mina handledare Ulrika Lundqvist (Fysisk Resursteori, Chalmers Tekniska Högskola), Per Svenningsson (miljö- och energisystem, LTH) samt Maria Blechingberg (Göteborg Energi AB) för ert stöd och engagemang i arbetet.

Ett stort tack riktas även till hela avdelningen för fysisk resursteori på Institutionen för Energi och miljö på Chalmers Tekniska Högskola för det varma välkommandet jag fick hos er samt till Lillemor Lewan för värdefull hjälp under arbetets gång.

Slutligen vill jag tacka samtliga personer som jag varit i kontakt med under arbetets gång.

Lund, 2007-11-14

Caroline Johansson

Sammanfattning

Jordklotets yta är runt 51 miljarder hektar. Av dessa hektar är endast 11,4 miljarder biologiskt produktiva och kan användas till produktion av mat och andra biologiska varor. När ytan delas upp mellan jordens nuvarande befolkning erhålls en areal om runt 1,9 hektar per person. Det är alltså denna yta som kan användas till produktion. Ovanstående resonemang ligger till grund för metoden ekologiskt fotavtryck.

Syftet med detta examensarbete har varit att beräkna ett ekologiskt fotavtryck för Göteborg Energi AB samt analysera metoden både i ett hållbarhetsperspektiv och som kommunikationsmedel för företagets miljöpåverkan. Arbetet har utförts på uppdrag av Göteborg Energi AB.

Begreppet ekologiskt fotavtryck myntades första gången i början av 1990-talet av William Rees som tillsammans med sin student Mathis Wackernagel vidareutvecklade begreppet till ett verktyg för att mäta människans behov och användning av produktiv mark. Ekologiskt fotavtryck definieras som:

Areal av den produktiva mark eller det vatten som krävs för att anskaffa alla energi- och materialresurser som konsumeras av en definierad population eller ekonomi samt för att absorbera avfall och utsläpp som genereras.

Det ekologiska fotavtrycket för Göteborg Energi beräknades genom tre olika metoder. Antingen beräknas den areal växande skog som krävs för att assimilera koldioxidemissioner från förbränning av fossila bränslen eller den areal biomassa i form av ved eller Salix som motsvarar mängden förbrända fossila bränslen i energimängd. Resultatet av beräkningarna visade att:

- assimilering av koldioxid gav ett fotavtryck på 44 012 globala hektar.
- substitution till ved gav ett fotavtryck på 343 550 globala hektar.
- substitution till Salix gav ett fotavtryck på 71 999 globala hektar

Metoden ekologiskt fotavtryck exkluderar andra föroreningar än koldioxid. Dessa har därför i denna studie presenterats separat i miljöpåverkanskategorierna växthuseffekt, försurning, övergödning samt fotokemiska oxidanter.

Inga tidigare utförda fotavtrycksberäkningar finns att tillgå, vilket försvårar en bedömning av resultatets storlek. Det som däremot kan sägas är att Göteborg Energi stod för 2 procent av Göteborg Stads ekologiska fotavtryck. Resultatet i denna studie har presenterats per levererad GWh. Detta underlättar eventuella framtida jämförelser mellan energiföretag samt mellan olika verksamhetsområden.

Studiens slutsats är att metoden är mindre lämplig för både intern och extern kommunikation av miljöpåverkan. Metoden ger endast en begränsad bild av företagets totala miljöpåverkan och är inte förenlig med begreppet hållbar utveckling i alla aspekter. Den tid och den resursåtgång som krävs för beräkning av ekologiskt fotavtryck kan inte anses försvarbar för ett resultat som varken kan sättas i relation till andra företag på dagens marknad eller är ett verktyg som kommunicerar hållbar utveckling.

Summary

The earth has a surface area of 51 billion hectare. Merely 11,4 of these hectares are bioproductive and can be used for production of food and other biological products. Dividing all the bioproductive area on this planet by the actual human population results in an average area of 1,9 hectare per person. This is the area that can be used for biologically production. The reasoning above forms the basis for the concept Ecological Footprint.

The purpose of this master's thesis was to calculate the Ecological Footprint of Göteborg Energi AB and to assess the concept from a sustainable perspective. It also examines if Ecological Footprint can be used as a tool for communicating environmental impact. The thesis has been written on behalf of Göteborg Energi.

The Ecological Footprint concept was introduced by William Rees and Mathis Wackernagel in the beginning of the 1990s. The concept soon developed to become a tool used to measure humans' demand of bioproductive area. The Ecological Footprint is defined as:

The area of biologically productive land and sea area required to provide the resources consumed by a defined population or economy and to absorb the generated waste and emissions.

The Ecological Footprint of Göteborg Energi was calculated with three different methods. One of the methods shows the area of forest needed to assimilate the carbon dioxide emissions formed by fossil fuel combustion. The other two methods calculate the bioproductive land needed to produce the amount of Roundwood or Salix equal to the mass of energy given by fossil fuel combustion. The results show that:

- assimilation of carbon dioxide generates a footprint of 44, 012 global hectare
- roundwood substitution generates a footprint of 343, 550 global hectare
- Salix substitution generates a footprint of 71, 999 global hectare

The footprint method excludes all pollutants except carbon dioxide. Therefore, this master's thesis submits the excluded pollutants separately in environmental impact categories. The chosen categories are green house effect, acidification, eutrophication and photochemical ozone.

The result of this master's thesis is hard to evaluate due to the lack of adequate Ecological Footprint calculations. The results could therefore not be compared to previous performed calculations. Although no specific comparisons can be performed, one generic comparison has been performed between the city of Gothenburg and Göteborg Energi. This indicates that Göteborg Energi contributes with two percent of Gothenburgs total Ecological Footprint. To ease future comparison the result is presented per delivered GWh.

The conclusion of the study is that the Ecological Footprint concept is not suitable for neither internal nor external communication of environmental effects. This method does only give a limited view of the company's environmental impact. Furthermore,

the method is not associable with the context of sustainable development considering all aspects. The calculations of the Ecological Footprint are time consuming and resource demanding and can not be said defendable for a result that neither can be compared with other companies on todays market nor is a tool that contributes to a sustainable development.

Ordlista

Allokering	Fördelning av processers inflöden till, och utflöden från, det studerade produktsystemet.
Avkastningsfaktor	Omvandlingsfaktor som beskriver hur produktiv en area, i en viss markkategori, är jämfört med det globala genomsnittet. Här är hänsyn tagen till områdets jordmån, klimat och odlingsteknik. Faktorn är dimensionslös.
Biobränsle	Bränsle med ursprung i biomassa.
Biokapacitet	Ett områdes biologiska produktionsförmåga. Anges i de globala hektar som området motsvarar i biologisk produktion.
Biomassa	Material med kemiskt eller biologiskt ursprung, som inte eller endast i ringa grad omvandlats kemiskt.
Bärförmåga	Beskriver hur många organismer, av en viss art, som på obestämd tid kan försörjas inom en viss area utan att områdets produktivitet minskar.
Ekologiskt fotavtryck	Den biologiskt produktiva areal som krävs för att producera de energi- och materialresurser som konsumeras samt för att absorbera genererade utsläpp och avfall. Uttrycks i globala hektar.
Ekvivalensfaktor	Utjämningsfaktor för olika markers kvalitet. Faktorn tar hänsyn till de genomsnittliga skillnaderna i produktivitet på global nivå mellan olika markkategorier. Uttrycks i globala hektar per hektar.
Färdig värme	Värme som produceras lokalt för fastigheter som inte är anslutna till fjärrvärmenätet.
Globala hektar (gha)	Ett hektar med den genomsnittliga produktiviteten för jordens biologiskt produktiva ytor.
Grot	Avverkningsrester från skogsbruket, i form av grenar och toppar.
Karakteriseringsfaktor	Faktor som inom en miljöpåverkanskategori viktar samman emissioner till ett gemensamt värde. Begreppet används i livscykelanalyser.
Litosfären	Jordklotets yttre del, omfattande skorpan och övre manteln ner till 100 km djup.

Livscykelperspektiv	Helhetssyn på en produkts miljöpåverkan under sin livslängd.
Marginaler	Den produktion som ligger på marginalen, det vill säga den elproduktion som tillkommer eller försvinner då elanvändningen ökar respektive minskar.
Markkategori	Kategorier av mark med olika biologisk produktivitet. Markkategorier använda i fotavtrycksberäkningar är åkermark, betesmark, skog, bebyggd mark, energiareal samt havsareal.
Miljöpåverkans-kategori	Kategori av sammanställd potentiell miljöpåverkan. Exempel på miljöpåverkanskategorier är växthuseffekt, försurning, övergödning och fotokemiska oxidanter. Begreppet används i livscykelanalyser.
Normalisering	Relativ skalning av resultat genom division med ett valt referensvärde.
Persistens	Ett ämnes motståndskraft mot nedbrytning.

Innehåll

1. Inledning	3
1.1 BAKGRUND	3
1.2 SYFTE OCH MÅL	4
1.3 METOD	4
1.4 AVGRÄNSNINGAR	5
1.5 INNEHÅLL	5
2. Metoden ekologiskt fotavtryck	6
2.1 EKOLOGISKT FOTAVTRYCK	6
2.1.1 Globalt hektar	8
2.1.2 Ekvivalensfaktor	9
2.1.3 Avkastningsfaktor	10
2.2 ETABLERADE MODELLER FÖR EKOLOGISKA FOTAVTRYCK	10
2.3 GRUNDLÄGGANDE METODIK FÖR BERÄKNING AV EKOLOGISKA FOTAVTRYCK	11
2.3.1 Beräkning av fotavtryck för bioenergi	12
2.3.2 Beräkning av fotavtryck för bebyggd mark	12
2.3.3 Beräkningar av fotavtryck för användningen av fossil energi	13
2.3.4 Fotavtryck för vattenanvändning samt kärnkraft	14
2.4 ANTAGANDEN SOM EKOLOGISKA FOTAVTRYCK BYGGER PÅ	14
3. Tillämpning av metoden på Göteborg Energis verksamhet	16
3.1 ANTAGANDEN OCH AVGRÄNSNINGAR FÖR BERÄKNING AV GÖTEBORG ENERGIS FOTAVTRYCK ...	17
3.2 ANDRA FÖRORENINGAR ÄN KOLDIOXID	19
4. Datainventering av Göteborg Energis produktion	21
4.1 FJÄRRVÄRME	21
4.2 FÄRDIG VÄRME	23
4.3 KYLA	23
4.4 PRODUCERAD EL	24
4.5 BEBYGGD MARK	25
4.6 ANVÄND EL I KONTORSLOKALER	25
4.7 FÖRBRUKNING AV DRIVMEDEL FÖR PERSONBIL	25
5. Resultat	26
5.1 EKOLOGISKT FOTAVTRYCK FÖR GÖTEBORG ENERGI	26
5.2 JÄMFÖRELSE AV RESULTAT	30
5.3 MILJÖPÅVERKAN FRÅN ANDRA FÖRORENINGAR ÄN KOLDIOXID	32
6. Diskussion	36
6.1 DISKUSSION AV RESULTAT	36
6.1.1 Datakvalitet och känslighet	37
6.2 ANALYS AV METODEN EKOLOGISKT FOTAVTRYCK	38
6.3 METODENS ANVÄNDBARHET FÖR GÖTEBORG ENERGI	42
7. Slutsatser och rekommendationer	46
Referenser	47
Appendix A - Miljödata för Göteborg Energis produktion	50
A1. OMVANDLINGSFAKTORER	51
A2. FJÄRRVÄRME	52
A2.1 Olja	52
A2.2 Naturgas	53
A2.3 Pellets	54
A2.4 Flis	55
A2.5 Bioolja	56

A2.6 Elenergi	56
A2.7 Total påverkan för fjärrvärmeproduktionen.....	57
A3. FÄRDIG VÄRME.....	58
A3.1 Olja.....	58
A3.2 Naturgas	59
A3.3 Pellets.....	59
A3.4 Elenergi	60
A3.5 Total påverkan för produktionen av färdig värme.....	60
A4. KYLA	61
A4.1 Elenergi.....	61
A5. ELPRODUKTION	62
A5.1 El från vindkraftverk.....	62
A5.2 El från kraftvärmeverk - olja.....	63
A5.3 El från kraftvärmeverk - naturgas.....	63
A5.4 Total påverkan från elproduktionen.....	64
A6. BEBYGGD AREA	64
A7. ENERGIANVÄNDNING I KONTORSLOKALER	64
A8. DRIVMEDEL I BIL	65
A8.1 Bensin.....	65
A8.2 Naturgas	66
A8.3 Diesel.....	66
A8.4 Total påverkan från bränsle i bil.....	67

Appendix B - Beräkning av Göteborg Energis ekologiska fotavtryck..... 68

B1. ALLMÄNNA FAKTORER FÖR EKOLOGISKT FOTAVTRYCK	69
B2. FJÄRRVÄRME	72
B3. FÄRDIG VÄRME	72
B4. KYLA	72
B5. ELPRODUKTION.....	72
B6. BEBYGGD AREA	73
B7. ANVÄND EL I KONTORSLOKALER	73
B8. DRIVMEDEL I BIL.....	73
B9. TOTALT FOTAVTRYCK.....	73

Appendix C – Andra föroreningar än koldioxid..... 75

C1. OMVANDLINGSFAKTORER FÖR ANDRA FÖRORENINGAR ÄN KOLDIOXID	76
C2. FJÄRRVÄRME	77
C3. FÄRDIG VÄRME	77
C4. KYLA	78
C5. ELPRODUKTION.....	78
C6. ENERGIANVÄNDNING I KONTORSLOKALER	79
C7. DRIVMEDEL I BIL.....	79
C8. TOTAL PÅVERKAN FÖR MILJÖPÅVERKANSKATEGORIerna.....	80

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Begreppet hållbar utveckling lanserades första gången i Brundtlandsrapporten 1987 och har sedan dess fått stor genomslagskraft. Konceptet definieras som ”en utveckling som tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov”. Idag råder en bred enighet om att hållbar utveckling måste vara ett övergripande mål för samhällsutvecklingen. Vad som definieras som hållbar utveckling råder det delade meningar om, men en vanlig uppfattning är att dagens råvaru- och energianvändning måste effektiviseras samt att en rättvisare fördelning av naturresurser både mellan dagens samhälle och kommande generationer måste ske.¹

För få en uppfattning om hur hållbar dagens utveckling är har ett stort antal miljöpåverkansindikatorer utvecklats. En av dessa är ekologiskt fotavtryck vilken ska ge en bild av hur hållbar människans konsumtion är genom att jämföra konsumtionsmönster med jordens biokapacitet.²

Människan kräver land för att överleva. Jordklotets yta är runt 51 miljarder hektar varav den största delen är vatten.³ Av dessa hektar är endast 11,4 miljarder biologiskt produktiva och kan användas till produktion av mat och andra biologiska varor.⁴ Människan är dock inte ensam på jorden och denna areal ska även räcka till för andra organismer. Om 12 procent av den produktiva marken avsätts för den biologiska mångfalden, en siffra som föreslås av FN:s Världskommission för miljö och utveckling,⁵ och den återstående ytan delas upp mellan jordens nuvarande befolkning skulle en areal om runt 1,9 hektar per person erhållas. Det är alltså denna yta som kan användas till produktion.⁶ Vanligtvis har dock de industrialiserade länderna ett fotavtryck som ligger mellan 4-10 hektar per person och år, vilket innebär att fotavtrycket överstiger biokapaciteten. Sveriges ekologiska fotavtryck ligger på sex hektar per person och år samtidigt som över nio hektar biologisk produktiv mark finns tillgänglig per person och år. Ett land som Nederländerna har däremot ett mindre fotavtryck än Sverige. Landets befolkning kräver 4,4 hektar per person och år för sin konsumtion. Landets area medför dock att den tillgängliga biokapaciteten knappt uppnår ett hektar per person och år, vilket gör att den tillgängliga arean överskrids flera gånger om.⁷ Det kan anses märkligt att det i metoden är möjligt att använda mer naturresurser än som finns tillgängligt. Detta beror till viss del på att handel med andra delar av världen förekommer. Det beror också på att det inte finns något direkt stopp för utsläpp till luft, mark och vatten utan dessa kan fortgå trots att en degradering av naturresurserna sker. I metoden används dessutom fiktiv mark, då ett ekologiskt fotavtryck beräknas för fossila bränslen. Här beräknas den skogsmark som krävs för att assimilera de koldioxidemissioner som förbränning av fossila bränslen

¹ Nationalencyklopedin, 2007b

² Rees & Wackernagel, 1996

³ Chambers et al., 2000

⁴ Deumling et al., 2004

⁵ Chambers et al., 2000; Holmberg et al, 1999; Rees & Wackernagel, 1996

⁶ Chambers et al., 2000

⁷ WWF, 2006

medför. Då ingen mark finns avsatt för assimilering av koldioxid kommer mer mark än som finns tillgänglig att kunna användas.¹

Göteborg Energi AB är ett helägt dotterföretag till Göteborgs Kommunala Förvaltnings AB. Företaget är Sveriges fjärde största energibolag med över 300 000 kunder. Göteborg Energi tillhandahåller fjärrvärme, färdig värme, kyla, gas, energitjänster, data- och telekommunikation samt elnät.² Den största produkten är fjärrvärme, vilken försörjer drygt 90 procent av Göteborgs flerbostadshus.³ Målet för Göteborg Energi är att vara ett företag där miljötänkande genomsyrar hela verksamheten. Visionen och drivkraften är att skapa långsiktigt stabila lösningar för ett hållbart Göteborgssamhälle.⁴ För att ett effektivt miljöarbete ska kunna utvecklas krävs en god förståelse för den påverkan som företaget har på miljön. Medvetenheten skapas genom en effektiv och tydlig intern kommunikation. Göteborg Energi har tidigare använt sig av olika verktyg så som livscykelanalyser och miljövarudeklarationer för att kommunicera sin miljöpåverkan. Dessa har dock inte fått den genomslagskraft som beräknades och Göteborg Energi har nu för avsikt att istället undersöka hur kommunikativt ekologiskt fotavtryck är som indikator för miljöpåverkan och hållbar utveckling. Företaget vill prova begreppets användbarhet samt få en uppfattning om hur stort det ekologiska fotavtrycket är för verksamhetens produktion.⁵

1.2 Syfte och mål

Syftet med examensarbetet är att undersöka om en användning av indikatorn ekologiskt fotavtryck kan underlätta för Göteborg Energi att kommunicera sin miljöpåverkan internt samt om verktyget kan fungera som en vägledning och ett mätinstrument i Göteborg Energis strävan mot hållbar utveckling. Målet är därför att beräkna Göteborg Energis ekologiska fotavtryck samt att analysera var i produktionen den största belastningen ligger. Vidare skall Göteborg Energis användbarhet av begreppet ekologiskt fotavtryck studeras samt i hur stor utsträckning ekologiskt fotavtryck kan knytas till begreppet hållbar utveckling.

1.3 Metod

För att få en bredare kunskap om begreppet ekologiskt fotavtryck har inledningsvis en litteraturstudie genomförts. Därefter studerades Göteborg Energis verksamhet för att få en uppfattning om vilka delar som skulle behandlas, hur materialflödena ser ut samt hur avgränsningarna behövde sättas. En lämplig beräkningsmetod kunde därmed fastställas. Då somliga föroreningar exkluderas i metoden utfördes även en separat bedömning av miljöpåverkan för dessa. Datainventering för produktionen genomfördes varefter beräkningar utfördes. Slutligen har en analys av beräkningsmetoden utförts där för och nackdelar studerats. Resultatets användbarhet för Göteborg Energi bedöms samtidigt som en analys genomförs över hur bra begreppet ekologiskt fotavtryck är som verktyg för hållbarhetsbedömning. Under studiens gång har sakkunniga personer intervjuats.

¹ van den Bergh & Verbruggen, 1999

² Göteborg Energi, 2006a

³ Göteborg Energi, 2003

⁴ Göteborg Energi, 2006a

⁵ Blechingberg, 2007

1.4 Avgränsningar

Studien utvärderar om ekologiska fotavtryck kan fungera som indikator för Göteborg Energis miljöpåverkan. Därmed har endast Göteborg Energis verksamhet behandlats, med en avgränsning till de delar som anses ha en signifikant miljöpåverkan. Endast produktionen av fjärrvärme, el, kyla, färdig värme har inkluderats samt elanvändningen i lokaler och drivmedel för företagets personbilar. Utöver detta har även den mark som upptas av företagets byggnationer innefattats. Samtliga bränslen har i största möjliga mån hanterats i ett livscykelperspektiv, så att miljöpåverkan från hela produktens livslängd inkluderas. Ingen miljöpåverkan från byggnationer eller rivningar har beaktats. Ekonomiska aspekter exkluderades helt i studien.

1.5 Innehåll

Arbetet inleds med ett kapitel som behandlar begreppet ekologiska fotavtryck. Här beskrivs fotavtryckets historik, antaganden som metodiken grundar sig på samt tillvägagångssättet för beräkningarna. Kapitel tre skildrar hur metoden tillämpas på Göteborg Energis verksamhet och det följande kapitlet är en datainventering av Göteborg Energis verksamhet. Kapitel fem presenterar resultatet av beräkningarna. Därefter följer ett kapitel där metodikens användbarhet bedöms samt en utvärdering om hur förenligt begreppet ekologiskt fotavtryck är med hållbar utveckling. I kapitlet diskuteras även hur användbar metoden är för Göteborg Energi. Slutligen presenteras slutsatser och rekommendationer till företaget.

2. Metoden ekologiskt fotavtryck

För beräkning av Göteborg Energis ekologiska fotavtryck krävs en metod som både enkelt kan användas som indikator för företagets miljöpåverkan samt går att jämföra med tidigare utförda fotavtrycksberäkningar på framförallt nationell och lokal nivå. För att få en uppfattning om vilken metod som är lämpligast att använda i denna studie, inleds kapitlet med en kort beskrivning av begreppet ekologiska fotavtryck. Därefter följer en redogörelse om de redan utvecklade och etablerade modellerna för begreppet samt antaganden som metoden bygger på.

2.1 Ekologiskt fotavtryck

Begreppet ekologiskt fotavtryck myntades första gången i början av 1990-talet av William Rees som tillsammans med sin student Mathis Wackernagel vidareutvecklade begreppet till ett verktyg för att mäta människans behov och användning av produktiv mark.¹ Ekologiskt fotavtryck grundar sig i uttrycket bärförmåga, vilket beskriver hur många organismer av en viss art, som på obestämd tid kan försörjas på en viss areal utan att produktiviteten minskar. Begreppet bärförmåga är dock svårt att applicera på människor då vårt livsmönster är något mer komplicerat än andra organismers. Vi människor bor ofta i byar eller städer där stora landareal för produktion saknas. Istället transporteras varor från andra delar av världen för att tillgodose stadens respektive byns behov. Därtill genereras en stor mängd avfall och föroreningar som naturen måste ta hand om. För att få ett bättre och mer användbart verktyg vände Rees på begreppet och fick istället ett mått på hur stor produktiv areal som krävs för att försörja människan.²

Ekologiskt fotavtryck definieras som:³

Areal av den produktiva mark eller det vatten som krävs för att anskaffa alla energi- och materialresurser som konsumeras av en definierad population eller ekonomi samt för att absorbera avfall och utsläpp som genereras.

Fotavtrycken beräknas i hektar per antingen individ eller befolkningsgrupp.⁴ Begreppet behandlar endast den biologiskt produktiva marken på jorden och bortser från annan mark så som klippor och öknar. I och med den omfattande handel som sker i världen har en befolkningsgrupp sällan endast ett lokalt fotavtryck utan ett som är utspritt runt om i världen.⁵

Tanken är att ekologiska fotavtryck ska fungera som verktyg för att översätta hållbarhet till mänskliga handlingar. Upphovsmännens ambition med verktyget var att visa att människans ekonomi är ett fullt beroende undersystem av ekosfären samt att uppmärksamma hur vi ska säkerställa att jordens kapacitet ska räcka till människan i all framtid.⁶ Beräkningarna ska kunna användas som en koppling mellan konsumtion och biokapacitet, där biokapacitet definieras som ett områdes biologiska

¹ Rees & Wackernagel, 1996

² Boverket & Naturvårdsverket, 2000

³ Rees & Wackernagel, 1996

⁴ Ibid.

⁵ Ibid.

⁶ Ibid.

produktionsförmåga. Biokapaciteten motsvarar alltså den produktiva mark som finns att tillgå medan fotavtrycket beskriver den mark som krävs för konsumtionen. Biokapacitet beräknas ofta, liksom fotavtryck, i globala hektar per person.¹

Fotavtrycket beräknas för olika markkategorier med varierande avkastning. Kategorierna är åkermark, skog, betesmark, fiskevatten, bebyggd area samt energiareal. Figur 1 visar en schematisk bild över de olika markkategorier som används vid beräkningarna. Biodiversiteten beräknas inte som en egen kategori i denna studie utan subtraheras istället från den tillgängliga produktiva ytan. Med bioproduktiv mark menas kategorierna åkermark, betesmark och skog.



Figur 1 Markkategorier som används vid beräkningar av ekologiska fotavtryck.²

Nedan följer en närmare beskrivning av respektive markkategori.³

Åkermark

Åkermarken är den bördigaste marken och på denna mark beräknas bland annat produktionen av mat, djurfoder, fibrer och vegetabilisk olja. Åkermarken delas upp i primär och marginell beroende på kvaliteten på marken.

Skogsmark

Skogsmark är något mindre produktiv än åkermark. Kategorin används bland annat till att producera träprodukter i form virke och timmer, träfibrer, pappersmassa samt biobränslen.

Betesmark

Betesmarken används till bete för djur samt för att producera kött, mjölk, djurhudar och garn. Betesmark är mindre produktiv än åkermark och skogsmark.

¹ Boverket & Naturvårdsverket, 2000

² Stepping forward, 2007

³ Deumling et al., 2005

Fiskevatten

Fiskevattnet producerar fisk och skaldjur.

Bebyggd mark

Produktiviteten på bebyggd mark likställs med den för åkermark då bebyggelse globalt sätt vanligtvis ligger på den bördigaste marken i dalgångar och vid flodmynningar. Detta är en stor förenkling och ett antagande som inte är helt korrekt i ett land som Sverige där stora delar av landytan består av skogsmark och fjällmark.

Energiareal

Energiarealen är en form av tilläggskategori för att åskådliggöra den mark som krävs för att hantera användningen av fossila bränslen. Här beräknas antingen den areal växande skog som krävs för att assimilera koldioxidemissioner från förbränning av fossila bränslen eller den areal biomassa i form av ved som motsvarar mängden förbrända fossila bränslen i energimängd. Vid beräkningar genom assimilering av koldioxid antas i allmänhet att en tredjedel av utsläppen tas upp av haven och denna mängd subtraheras därför bort. Energiarealen är endast hypotetisk då ingen mark finns avsatt endast för detta ändamål.

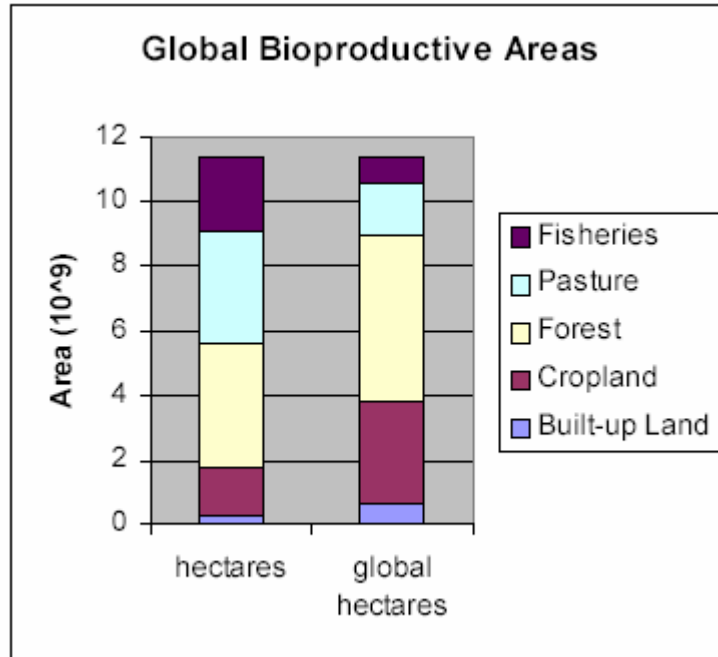
Då markens kvalitet samt avkastningen för den produktiva marken varierar mellan olika regioner och marktyper varierar även biokapaciteten. För att fotavtryck över hela världen ska gå att jämföra med varandra krävs en gemensam enhet. Med hjälp av avkastningsfaktorer och ekvivalensfaktorer kan alla arealer uttryckas i samma enhetsort, globala hektar, gha. Omräkningen från verkliga hektar till globala hektar utförs för att en jämförelse mellan lokala, nationella och internationella fotavtryck ska vara möjlig.¹ För en närmare beskrivning av ekvationer för denna omräkning se kapitel 2.3.

2.1.1 Globalt hektar

Den biologiskt produktiva arean på jorden uppskattas till 11,4 miljarder ha. Ett globalt hektar motsvarar ett hektar med den genomsnittliga produktiviteten för jordens samtliga biologiskt produktiva ytor. Varje hektar innebär en lika stor mängd biologisk produktivitet. Med produktiviteten för globala hektar menas dock inte mängd producerad biomassa utan den maximalt användbara jordbruksproduktion som potentiellt kan erhållas med bestämda ingångsvärden utifrån geografisk zon. Alltså kommer ett hektar på en mark med hög produktivitet vara lika med fler globala hektar än ett hektar på en mark med låg produktivitet. De globala hektaren är normaliserade så att de ska vara lika många till antalet som jordens verkliga biologiskt produktiva hektar. Varje hektar för en viss markkategori omvärderas till globala hektar genom att vikta deras produktivitet mot det globala genomsnittet.² I Figur 2 visas denna viktning.

¹ Deumling et al., 2004

² Deumling et al., 2005



Figur 2 Kvantiteten av globala hektar samt verkliga hektar för olika markkategorier.¹

Metodens definition av globala hektar är något oklar. Framförallt är definitionen av produktivitet svårförståelig då en närmare förklaring av utgångspunkter samt antaganden för begreppet saknas.

2.1.2 Ekvivalensfaktor

Ekvivalensfaktorerna är utjämningsfaktorer för olika markkategoriers kvalitet, se kapitel 2.1. Den produktiva marken delas upp i olika kategorier med ekvivalensfaktorer beroende på vilken sorts mark som behandlas.² Dessa ekvivalensfaktorer tar hänsyn till de genomsnittliga skillnaderna i produktivitet som finns på global nivå för de olika markkategorierna.³ Ekvivalensfaktorer för de olika markkategorierna presenteras i Tabell 1 nedan.

Tabell 1 Ekvivalensfaktorer för olika markkategorier för år 2003⁴

Ekvivalensfaktorer	gha/ha
Åkermark (primär)	2,21
Åkermark (marginell)	1,79
Betesmark	0,49
Skog	1,34
Bebyggt	2,21
Energiareal (skog)	1,34
Fiskevatten	0,39

¹ Deumling et al., 2005

² Boverket & Naturvårdsverket, 2000

³ Ibid.

⁴ WWF, 2006

Energiarealen likställs med ekvivalensfaktorn för skog då beräkningarna för fossila bränslen utgår från den yta av skogsplantering som krävs för assimilering av koldioxidemissionerna.¹

2.1.3 Avkastningsfaktor

Avkastningsfaktorn beskriver hur produktiv en area i en viss region är jämfört med det globala genomsnittet och används således till att räkna om den produktiva marken till det globala genomsnittet. Varje markkategori har en avkastningsfaktor som tar hänsyn till områdets biologiska produktivitet på grund av jordmån, klimat och odlingsteknik. I Sverige finns en mängd olika avkastningsfaktorer beroende på vilken region och markkategori som studeras.² Tabell 2 visar avkastningsfaktorer för Sverige.

Tabell 2 Avkastningsfaktorer för Sverige från 1990-talet³

Avkastningsfaktorer	(-)
Åkermark (primär)	1,6
Åkermark (marginell)	1,6
Betesmark	7,7
Skog	2,1
Bebyggd mark	1,6
Energiareal (skog)	2,1
Fiskevatten	1,0

2.2 Etablerade modeller för ekologiska fotavtryck

Två etablerade metoder för beräkning av ekologiska fotavtryck är compound- respektive komponentmetoden. Metoderna grundar sig i samma metodik men använder olika sorts data. Skillnaden ligger i att compoundmetoden utgår från nationell eller global nivå och arbetar sig nedåt medan komponentmetoden utgår från komponenter och arbetar sig uppåt.⁴ Nedan beskrivs de två etablerade metoderna och i följande kapitel beskrivs sedan de grundläggande beräkningarna för metoderna.

Compoundmetoden

Metoden är utvecklad av Mathis Wackernagel⁵ och användes för de allra första fotavtrycksberäkningarna för länder.⁶ Metoden har vidareutvecklats sedan de första beräkningarna och ligger nu till grund för de årliga fotavtrycksberäkningar för världens länder, vilka utförs av Världsnaturfonden i samarbete med organisationen Global Footprint Network.⁷

I metoden beräknas konsumtionen genom att studera handelsflöden och energidata. Grunden ligger i internationell statistisk data över länders konsumtion. Uträkningarna

¹ Deumling et al., 2005

² Ibid.

³ Boverket & Naturvårdsverket, 2000

⁴ Chambers et al., 2000

⁵ Ibid.

⁶ Boverket & Naturvårdsverket, 2000

⁷ WWF, 2006

består av tre delar där första delen är en analys av de biologiska naturresurser som konsumeras. Genom att beräkna produktionen, addera importen och subtrahera exporten erhålls ett värde på konsumtionen. Den andra delen är en beräkning av energibalansen och här inkluderas både den direkta energin som används för den bebyggda arean samt den indirekta energi som används vid tillverkning av varor. Den tredje delen av beräkningen summerar ihop fotavtrycken från de sex olika kategorierna av produktiv area med hjälp av avkastningsfaktorer och ekvivalensfaktorer. Därmed erhålls ett totalt ekologiskt fotavtryck. Metoden anses vara något mer omfattande och beräkningsmässigt krävande än komponentmetoden. Den används för fotavtrycksberäkningar på nationell eller global nivå.¹

Komponentmetoden

Metoden har utvecklats av organisationen Best Foot Forward,² som startades av Craig Simmons och Nicky Chambers.³ Målet med metoden är att i beräkningarna få med stora delar av konsumtionen genom en serie av komponentanalyser. När alla relevanta komponenter av en befolknings resurskonsumtion och avfallsproduktion kartlagts samt mängden av dem definierats beräknas det ekologiska fotavtrycket för varje komponent. För beräkningarna används livscykeldata för komponenterna.⁴ Varje komponent kan sedan summeras ihop till ett gemensamt fotavtryck. Resultatets kvalitet beror framförallt på hur väl alla komponenter behandlats samt hur tillförlitliga livscykelberäkningarna är.⁵

Komponentmetoden används främst för att beräkna ekologiskt fotavtryck på regional nivå samt för organisationer och aktiviteter. Tidigare jämförelser mellan de båda metoderna har visat att komponentmetoden anses mer instruktiv samt lättare att kommunicera. Resultaten för denna metod kan dock vara svårare att jämföra nationellt och internationellt då antaganden, dataunderlag och beräkningssätt kan skilja sig åt betydligt, framförallt då det gäller de livscykelanalyser som metoden bygger på.⁶

2.3 Grundläggande metodik för beräkning av ekologiska fotavtryck

Nedan beskrivs metodiken för att beräkna det ekologiska fotavtrycket för olika konsumtionskategorier. Den grundläggande beräkningen för ekologiskt fotavtryck är omräkningen från verkliga hektar till globala. Beräkningen sker genom att multiplicera den aktuella arean med dess avkastningsfaktor och ekvivalensfaktor.⁷ Vilken faktor som används beror på vilken markkategori den aktuella arean tillhör.

$$EF = A_{mk} \cdot F_{ekv} \cdot F_{avk} \quad (1)$$

EF = ekologiskt fotavtryck (gha)

A_{mk} = Använd area för markkategorin (ha)

F_{ekv} = Ekvivalensfaktor för markkategorin (gha/ha)

¹ Chambers et al., 2000

² Billett et al., 2000

³ Best foot forward, 2007

⁴ Chambers et al., 2000

⁵ Deumling et al., 2005

⁶ Ibid.

⁷ Ibid.

F_{avk} = avkastningsfaktor för markkategorin (-)

När en konsumtionskategori däremot inte uttrycks i verkliga hektar krävs först en omräkning innan de grundläggande fotavtrycksberäkningarna kan utföras. Beräkningar för de olika konsumtionskategorierna finns beskrivna i kapitel 2.3.1 – 2.3.4 nedan.

2.3.1 Beräkning av fotavtryck för bioenergi

Vid fotavtrycksberäkningar för bioenergi samt för konsumtion av andra biologiska produkter delas produkterna upp i primära och sekundära. Primära produkter är de produkter som direkt kan knytas till den area där de producerats och därmed inte kräver någon större bearbetning av råvaran. Exempel på en primär produkt är rundvirke. De sekundära produkterna produceras från de primära. Exempel på sekundära produkter är biprodukter i form av bioolja, flis från skogsbruk eller pellets.¹

*Primära produkter*²

$$EF = F_{ekv} \cdot A_{prod} \cdot F_{avk} \quad (2)$$

A_{prod} = Produktionsarea för markkategorin (ha)

Arean för produktionen beräknas genom att dividera den använda mängden bioenergin med den möjliga skörden.

$$A_{prod} (ha) = \frac{\text{använd bioenergi (MWh)}}{\text{avkastning för markkategorin (MWh / ha, år)}} \quad (3)$$

*Sekundära produkter*³

För beräkning av de sekundära produkterna såsom bioolja och pellets måste hänsyn tas till verkningsgraden för förädlingsprocessen, dvs. förluster av biomassa i förhållande till total mängd biomassa.

$$EF = F_{ekv} \cdot F_{avk} \cdot \frac{A_{prod}}{\text{verkningsgrad}} \quad (4)$$

Arean för produktion beräknas på samma sätt som tidigare, se ekvation 2.

2.3.2 Beräkning av fotavtryck för bebyggd mark

Den faktiska ytan av bebyggelsen räknas om till globala hektar genom ekvivalens- och avkastningsfaktor för åkermark.⁴

$$EF = A_{bebyggd} \cdot F_{ekv} \cdot F_{avk} \quad (5)$$

$A_{bebyggd}$ = bebyggd area (ha)

¹ Deumling et al., 2005

² Ibid.

³ Ibid.

⁴ Ibid.

2.3.3 Beräkningar av fotavtryck för användningen av fossil energi

Den här kategorin kan beräknas från två olika perspektiv. Antingen läggs vikten på assimileringen av den koldioxid som genereras vid förbränningen eller på en substitution till biobränsle.¹

Assimilering av koldioxid

I metoden beräknas den biologiskt produktiva mark i form av skogsplantering som krävs för att assimilera koldioxidemissioner från förbränning av fossila bränslen. Utgångspunkten är att beräkna den area av växande skog som krävs för att koldioxidhalten i atmosfären inte skall öka. En växande skog antas assimilera 5,2 ton koldioxid per hektar varje år under en period på 40 till 100 år beroende på klimat och art. Ytan för assimileringen är fiktiv då det inte existerar någon signifikant avsatt yta för detta ändamål.²

Att beräkna den yta som krävs för assimilering av fossil koldioxid är det vanligaste sättet att beräkna användningen av fossila bränslen och är den metod som ger det minsta fotavtrycket.³ Vanligtvis brukar en tredjedel av den utsläppta mängden koldioxid dras bort från den totala emissionen, vilket motsvarar den mängd antropogen koldioxid som historiskt sätt har assimilerats i haven.⁴ Mängden koldioxid assimilerad i havet antas även i denna studie vara en tredjedel.

$$EF = \text{Koldioxidemission (ton)} \cdot \frac{(1 - \text{koldioxid assimilerad i havet})}{A_{\text{assimilerande}}} \cdot F_{\text{ekv}} \quad (6)$$

$A_{\text{assimilerande}}$ = Assimilerande bioproduktiv area (ton/ha, år)

Då ytan för assimilering av koldioxid är hypotetisk och det inte spelar någon roll var på jorden upptaget sker är denna area inte bunden till något land och en avkastningsfaktor är inte nödvändig.⁵ Den assimilerande förmågan för skog visas i Tabell 3.

Tabell 3 Den assimilerande förmågan för skog.⁶

Markkategori	Assimilerande förmåga Ton CO ₂ /ha, år
Skog	5,208

Substitution till biobränsle

I denna metod beräknas den area som krävs för att ersätta det fossila bränslet med biobränsle. I metoden antas biobränslet vara ved. Detta för att ved genom tiderna varit ett av de viktigaste bränslen för många samhällen samt att ved är ett bränsle som naturen tillhandahåller utan att någon modifiering krävs från människan. Andra varianter på beräkningarna är möjliga såsom substitution till etanol eller Salix. Vid dessa beräkningar används i princip samma formel som för ved men andra

¹ Deumling et al., 2005

² Ibid.

³ Holmberg et al., 1999

⁴ Deumling et al., 2005

⁵ Ibid.

⁶ Ibid.

markkategorier kan krävas. För framställning av etanol krävs dock industriella processer vilka kan medföra ett ökat fotavtryck.¹

$$EF = F_{ekv} \cdot F_{avk} \cdot \frac{\text{använd energi (MWh)}}{\text{avkastning för rundvirke (MWh / ha, år)}} \quad (7)$$

I Tabell 4 visas avverkningsmängden för rundvirke per hektar och år i regionen Göteborg och Bohus.

Tabell 4 Avverkningsmängd för rundvirke och Salix i regionen Göteborg och Bohus.²

Avkastning	Ton Ts/ha, år	MWh/ha, år
Rundvirke	1,70	8,31
Salix	-	50

För närmare beskrivning av avverkningsmängder för rundvirke se Appendix B1.

2.3.4 Fotavtryck för vattenanvändning samt kärnkraft

För det vatten som används för industriell produktion eller hushållskonsumtion inkluderas endast energin för pumpning och rening i fotavtrycket samt den area som krävs för vattenreservoarer. Överkonsumtion av vatten tas med indirekt genom att biokapaciteten minskar.³

I de etablerade modellerna beräknas kärnkraftens fotavtryck som den mängd fossilt bränsle som skulle krävas för att producera samma mängd energi som kärnkraften genererar. Detta motiveras med att om kärnkraften skulle behöva ersättas skulle detta troligtvis ske med fossila bränslen.⁴

2.4 Antaganden som ekologiska fotavtryck bygger på

Beräkningar för ekologiska fotavtryck grundar sig på ett antal antaganden. Det mest grundläggande antagandet är att de flesta resursflöden kan knytas till en bioproduktiv area, vilken krävs för att generera resurserna samt för att absorbera avfallet. Begreppet innefattar endast den produktiva marken och de aspekter som inte kan knytas till en bioproduktiv area kan därmed inte inkluderas i beräkningarna.⁵ Metoden bygger också på att markkategorier som har olika produktivitet kan vikts till ett globalt genomsnitt genom ekvivalensfaktorer och avkastningsfaktorer.⁶ Även antagandet att fotavtryck och biokapacitet går bra att direkt jämföra med varandra samt att fotavtrycket kan överstiga områdets biokapacitet är en viktig del av metoden.⁷ Om föroreningar emitteras eller jordens resurser nyttjas i större utsträckning än naturen kan hantera samt återproducera sker en degradering, vilket inte är förenligt med hållbarhet. En degradering av jordens biologiska produktivitet betyder att det ekologiska fotavtrycket är större än biokapaciteten.⁸

¹ Deumling et al., 2005

² Edlund, 2007

³ WWF, 2006

⁴ Deumling et al., 2005

⁵ Deumling et al., 2004

⁶ van den Bergh & Verbruggen, 1999

⁷ Ibid.

⁸ Chamber et al., 2000

Beräkningarna utgår från den teknik och de ekonomiska processer som finns idag samt antagandet att dagens teknik och skördningspraxis är hållbar. Ekologiskt fotavtryck avser endast det mänskliga nyttjandet av resurser som potentiellt kan vara hållbart. Ackumulerande toxiska material behandlas därmed inte utan måste fasa ut för att en hållbar utveckling ska vara möjlig.¹ I fotavtrycken inkluderas inte heller den framtida minskning av markens kapacitet som kan uppstå vid för hård brukning utan bara den mark som krävs för de primära och sekundära produkterna.²

Behovet av grus, sand, metaller etc. inkluderas inte i ekologiska fotavtryck. Dock brukar den energi som krävs för utvinning, bearbetning och transport av resurserna räknas med samt miljöpåverkan från maskinerna.³

Inga resursflöden som tas med i det ekologiska fotavtrycket har produceras på samma area. Detta för att ingen mark ska räknas med mer än en gång. Då marken har flera användningsområden räknas endast den primära aktiviteten med, vilken vanligtvis är den som kräver störst area. Vid två olika grödor kan dock båda räknas med, då krävs dock att en allokering mellan dem utförs.⁴

¹ Deumling et al., 2004

² WWF, 2006

³ Ibid.

⁴ Deumling et al., 2004

3. Tillämpning av metoden på Göteborg Energis verksamhet

För beräkning av Göteborg Energis fotavtryck krävs en enkel men tillförlitlig metod som företaget även fortsättningsvis kan använda som ett verktyg för att mäta sin miljöpåverkan samt sin hållbara utveckling. Att utgå från en av de etablerade metoderna gör resultatet mer jämförbart med andra beräknade fotavtryck på lokal och nationell nivå vilket underlättar vid bedömningen av den egna miljöprestandan. I denna uppsats har komponentmetoden valts som beräkningsunderlag då den framförallt inriktar sig på fotavtrycksberäkningar på lokal nivå samt för organisationer och enskilda aktiviteter. Den utgår från komponentanalyser vilket även kommer vara fallet i beräkningarna för Göteborg Energi. Metoden tar också i större utsträckning med ett livscykelperspektiv samt sägs vara instruktiv och lätt att kommunicera. Compoundmetoden däremot utgår från nationell nivå och arbetar sig neråt vilket inte passar i Göteborg Energis fall.

Göteborg Energis ekologiska fotavtryck omfattar endast produktion av energibärare samt företagens bebyggda area då övriga delar av ett traditionellt fotavtryck så som produktion av mat inte är aktuella för ett energiföretag. Att beräkna ett företags ekologiska fotavtryck per person, likt de avtryck som beräknas för länder, är problematiskt och kommer därför inte utföras i denna studie. Däremot kommer fotavtrycket presenteras per GWh för att möjliggöra jämförelser mellan produkter och verksamheter.

Det ekologiska fotavtrycket för Göteborg Energi beräknas på tre olika sätt för fossila bränslen. De olika beräkningssätten är:

- assimilering av koldioxid i skog, se ekvation 6.
- substitution till bibränslet ved, se ekvation 7.
- substitution till bibränslet Salix producerad på jordbruksmark, se ekvation 7.

De två första beräkningssätten används i etablerade modeller och bör därför även användas för att beräkna Göteborg Energis ekologiska fotavtryck. Det tredje alternativet används enbart i denna studie för att jämföra hur stort fotavtrycket blir då jordbruksprodukten Salix används som substitution istället för ved. Salix används som alternativ för att utreda hur det ekologiska fotavtrycket skulle påverkas om ett bränsle med en högre avkastning än skogsbränsle skulle användas. Avkastningen för Salix antas vara 50 MWh/ha, år, vilket är representativt för svenska odlingar i dagsläget.¹

De antaganden och avgränsningar som utförts i fotavtrycksberäkningarna för Göteborg Energi diskuteras i kapitel 3.1. Därefter följer ett kapitel med beskrivning om hur andra föroreningar än koldioxid behandlas i studien.

¹ Statens offentliga utredningar, 2007

3.1 Antaganden och avgränsningar för beräkning av Göteborg Energis fotavtryck

För att verktyget ska bli användbart för Göteborg Energi krävs att systemet avgränsas på ett sådant sätt att det möjliggör för fortsatta undersökningar och utvärderingar av företagets hållbara utveckling samt går att jämföra med andra verktyg som redan används internt.

Göteborg Energi tillhandahåller fjärrvärme, kyla, färdig värme, el, gas, elnät, energitjänster samt kommunikation.¹ I denna studie behandlas endast de verksamhetsområden som bedöms ha en signifikant påverkan på miljön. Dessa är:

- Fjärrvärme
- Färdig värme
- Kyla
- El

Energitjänster, kommunikation och elnät inkluderas därmed inte. Inte heller gas inkluderas då företaget endast fungerar som en mellanhand för denna produkt och därmed inte bör belastas med någon miljöpåverkan. Utöver företagets produktion innefattas även:

- Bebyggd area
- Energianvändning i kontorslokaler
- Bränslekonsumtionen för företagets bilar

Systemet inkluderar alla råvaror som Göteborg Energi själva använder för sin produktion, inklusive den el som behöver köpas in för att driva produktionen, samt de emissioner som detta genererar. De bränslen som används i produktionen ska i så stor utsträckning som möjligt beräknas i ett livscykelperspektiv. Här tas miljöpåverkan från produktion och distribution med samt från användningen av bränslet. Den största delen av livscykeldata är hämtad från IVL:s rapport *Miljödata för bränslen* från 2001. Rapporten har valts då den är vanligt förekommande i tidigare beräkningar hos Göteborg Energi.² De bränslen som används i produktionen är:

- Olja
- Naturgas
- Pellets
- Flis
- Bioolja
- Elenergi

Företagets bilar drivs med:

- Naturgas
- Bensin

¹ Göteborg Energi, 2006a

² Blechingberg, 2007

- Diesel

Två olika typer av olja används av Göteborg Energi: Eldningsolja 1 och Eldningsolja 5. Då tillförlitlig data för Eldningsolja 5 saknas antas all olja vara Eldningsolja 1.

Vid produktionen av fjärrvärme och kyla används en stor del spillvärme. Miljöpåverkan från genereringen av spillvärmen samt från avfallsförbränning allokeras till den produktionen där uppkomsten sker och tas inte med i beräkningarna. Att allokera spillvärme till den produktionen där uppkomsten sker är vedertaget och ett tillvägagångssätt som tidigare använts vid beräkningar på Göteborg Energi.¹ Biobränslen så som flis, pellets och bioolja kan behandlas på olika sätt. I studien har dessa bränslen behandlats som biprodukter och markanvändningen för uttaget av bränslena har exkluderats. Tillvägagångssättet är rimligt då det i dagsläget inte finns mark endast avsatt till produktion av flis, pellets eller bioolja. Andra allokeringar är möjliga men behandlas inte i denna studie. Pellets tillverkas framförallt av spånrester från sågverk och flis av spillprodukter, i form av grot, från skogsbruket. Den bioolja som används är en industriell biprodukt från biodieseltillverkning och allokeras helt till biodieseln, som även det är ett förnyelsebart bränsle.² Därmed kommer ingen miljöpåverkan att behandlas för detta bränsles produktion. För flis, pellets och bioolja kommer dock emissioner från förädlingsprocesser och från förbränningen av bränslet att inkluderas samt transport av bränslet. Förbränningen av dessa bränslen kommer inte att bidra med någon fossil koldioxid till atmosfären men kan orsaka andra emissioner som inkluderas. På grund av bristande data antas emissionerna från förbränning av bioolja vara lika stora som för förbränningen av skogsbränsle. För dessa tre bränslen antas dessutom att inga förluster av biomassa sker vid förädlingsprocesserna. Verkningsgraden för dessa processer kommer därför vara ett och inte ha någon inverkan på resultatet.

I studien kommer inte verksamhetens avfall att inkluderas. Detta då merparten av produktionens avfall går till återvinning. Avfallet består framförallt av spillolja och annat oljeskräp men även avfall så som järn, aluminium och koppar förekommer. Då den största delen av detta avfall återvinns kommer en mycket liten del hamna i naturen och ha en miljöpåverkan.³ Inte heller utsläpp från de kemikalier som används i processerna innefattas i studien då miljöpåverkan till följd av kemikalieanvändningen har varit svårkvantifierad.

Den elenergi som används antas vara marginalet. Med marginalet menas den elproduktion som ligger på marginalen och därför tillkommer eller försvinner då elanvändningen ökar respektive minskar. Då den nordiska elproduktionen i huvudsak baseras på vattenkraft och kärnkraft kommer kolkraft endast in på marginalen.⁴ Valet av marginalet har gjorts då Göteborg Energi alltid använder sig av marginalet vid miljöbedömning av el.⁵ Detta då Statens Energimyndighet rekommenderar att miljövärdering av el i alla sammanhang beräknas med marginalet.⁶ Enligt Energimyndigheten är det den elproduktion med högst rörliga kostnader som ligger på

¹ Blechingberg, 2007

² Johansson, 2007

³ Lindgren, 2007

⁴ Elforskningsperspektiv, 2007

⁵ Blechingberg, 2007

⁶ Blechingberg, 2007; Energimyndigheten, 2006b

marginalen och som minskar eller ökar vid en förändring av elanvändningen. I Norden brukar marginalet på kort sikt beräknas som kolkondens från Danmark eller Finland, vilket även är fallet i denna studie. Visserligen finns det anläggningar med högre rörliga kostnader men dessa är inte konkurrenskraftiga i normalfallet.¹

I studien exkluderas kontorens och de anställdas påverkan på miljön. Endast arealen av kontoren medräknas samt elanvändningen för kontorslokalerna. Inte heller vattenförbrukningen och den energi som krävs för vattenkonsumtionen inkluderas, då uppgifter om detta saknas.

För att få ett resultat som kan jämföras med andra fotavtrycksresultat på lokal, nationell och internationell nivå exkluderas andra föroreningar än koldioxid i fotavtrycksberäkningarna. Dessa föroreningar rapporteras separat, se kapitel 3.2, för att Göteborg Energi ska få en helhetsbild över sin miljöpåverkan.

3.2 Andra föroreningar än koldioxid

Vanligtvis inkluderas inga andra föroreningar än koldioxid i ekologiska fotavtryck. Ett fåtal historiska försök till inkludering har dock gjorts. Exempelvis har ytor av dammar och våtmarker som krävs för att minska belastningen av näringsämnen beräknats. Även den kritiskt belastade ytan för försurning har bedömts. Ämnen som inte kan förknippas med hållbar utveckling så som persistenta ämnen har dock inte tagits med i det ekologiska fotavtrycket. För en hållbar utveckling krävs att dessa ämnen fasas ut.²

För att inte miljöpåverkan från andra föroreningar än koldioxid ska missas krävs att dessa följs upp på annat sätt. Föroreningarna kommer att behandlas i olika miljöpåverkanskategorier likt en livscykelanalys. De kategorier som används är:

- Växthuseffekt
- Försurning
- Övergödning
- Fotokemiska oxidanter

För att en jämförelse inom de olika kategorierna ska vara möjlig räknas föroreningarna om med hjälp av karakteriseringsfaktorer. Dessa faktorer presenteras i Tabell 5 nedan.

¹ Energimyndigheten, 2006b

² Holmberg et al., 1999

Tabell 5 Karakteriseringsfaktorer för de olika miljöpåverkanskategorierna.¹

Emission	Växthuseffekt	Förurning	Övergödning	Fotokemiska oxidanter
	GWP g CO ₂ -ekv/g	AP g SO ₂ -ekv/g	EP g PO ₄ ³⁻ -ekv/g	POCP g C ₂ H ₄ -ekv/g
CO ₂	1	-	0	-
CO	3	-	-	0,032
NO _x	7	0,696	0,130	-
CH ₄	21	-	-	0,007
N ₂ O	310	-	-	-
HC	11	-	-	0,416
HCFC-22	1700	-	-	-
NH ₃	-	1,88	0,350	-
SO _x , SO ₂	-	1	-	-
HCl	-	0,880	-	-
N	-	-	0,420	-
PO ₄ ³⁻	-	-	1	-
BOD	-	-	0,022	-
COD	-	-	0,022	-
P	-	-	3,06	-

I kategorin växthuseffekt inkluderas inte koldioxidemissioner då dessa redan innefattas i det ekologiska fotavtrycket. Beräkningar över miljöpåverkan för andra föroreningar än koldioxid finns i Appendix C.

¹ Baumann & Tillman 2004; Lindahl et al., 2002

4. Datainventering av Göteborg Energis produktion

För att beräkna det ekologiska fotavtrycket krävs en noggrann inventering av Göteborg Energis produktion. I följande kapitel beskrivs varje produkt samt använda bränslemängder. Närmare beskrivning av beräkningarna finns i Appendix A2-A8. Miljöpåverkan som undersökts kommer från 2006 års produktion. Den energi som under detta år levererades till kund av respektive produkt ses i Tabell 6 nedan.

Tabell 6 Levererad energi på Göteborg Energi AB under år 2006

Produkt	Levererad energi (GWh)
Fjärrvärme	3644
Färdig värme	50,2
Kyla	50,6
El	167,6

För samtliga använda bränslen används livscykeldata för produktion, distribution och förbränning. Oljan och naturgasen antas komma från Nordsjön. Flisen består framförallt av grot och kommer från Göteborgs närområde medan pellets tillverkas av sågspån och köps från västra Kanada.¹ Bioolja köps in från en leverantör belägen i Kalmar.

Då både el och värme produceras i kraftvärmeverken krävs en allokering av bränslena mellan de båda produkterna. Allokeringen har skett genom förhållandet mellan mängden producerade energibärare av respektive energislag, se Appendix A2. Andra allokeringar är möjliga men har inte använts i denna studie.

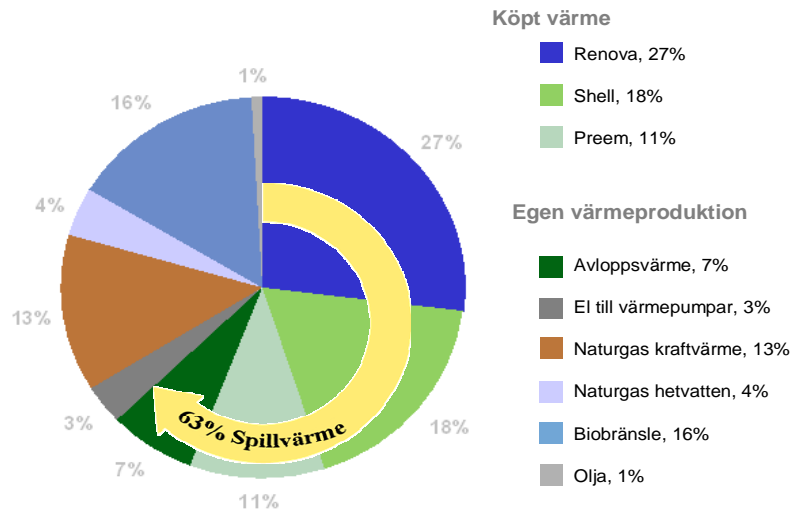
4.1 Fjärrvärme

Fjärrvärme är Göteborg Energis största produkt. Nätet är över 100 mil långt och år 2006 levererades 3644 GWh värme i nätet. Fjärrvärmerna består till största delen av tillvaratagande av spillvärme från industri men även förbränningsanläggningar för egen produktion används, se Figur 3. I studien behandlas endast den egna produktionen av värme och spillvärmerna bortses helt ifrån. Anläggningarna använder sig framförallt av olja och naturgas men även el, pellets, flis och bioolja förekommer.²

¹ Pettersson, 2007

² Göteborg Energi AB, 2006 b-n

Bränslemix för fjärrvärmeproduktion



Figur 3 Omarbetad bild som beskriver bränslemix för fjärrvärmeproduktionen på Göteborg Energi under år 2006.¹ Renova är ett återvinnings- och avfallsföretag verksam i Göteborgs kommun.²

Den mängd bränsle som används i den egna fjärrvärmeproduktionen presenteras i Tabell 7. Omvandling till energienheter sker med hjälp av energiinnehåll, se Appendix A1

Tabell 7 Mängd bränsle för fjärrvärmeproduktionen under år 2006.³

Bränsle	Använd mängd	Använd mängd, MWh
Olja (Eo1)	2806 m ³	27 961
Naturgas	57 691,074 kNm ³	623 783
Pellets	43 071 ton	200 998
Flis	126 991 ton	296 312
Bioolja	9 828 m ³	93 906
Elenergi	129 478 MWh	129 478

För en närmare beskrivning av emissioner för fjärrvärmeproduktionen se Appendix A2.

¹ Göteborg Energi AB, 2006a

² Renova, 2007

³ Göteborg Energi AB, 2006 b-n

4.2 Färdig värme

Färdig värme innebär att värme produceras lokalt för fastigheter som inte är anslutna till fjärrvärmenätet. För att producera färdig värme används bränsle i form av olja, naturgas och pellets. En viss mängd elenergi används också i produktionen.¹ Den mängd bränsle som användes för färdig värme under år 2006 presenteras i Tabell 8.

Tabell 8 Mängd bränsle för produktionen av färdig värme år 2006²

Bränsle	Använd mängd, MWh
Naturgas	25 595
Olja	5 763
Pellets	30 619
Elenergi	549

För närmare beskrivning av emissioner som produktionen av färdig värme ger upphov till se Appendix A3.

4.3 Kyla

Den kyla som tillhandahålls av Göteborg Energi produceras med elenergi samt fjärrvärme. Produktionen är störst under sommarhalvåret då utetemperaturen är som högst och det är därmed under denna del av året som den största miljöbelastningen finns. Kylan produceras på tre olika sätt, genom en absorptionskylmaskin, kompressorkylmaskin samt genom frikyla, se Figur 4.³

Frikyla innebär att kallt vatten från hav, sjöar och vattendrag används för att producera fjärrkyla. Här krävs en mindre mängd energi för pumpning av vattnet.⁴ Frikyla används under vinterhalvåret då temperaturen är låg i vattendragen samtidigt som endast en mindre mängd kyla efterfrågas från kunder. Vid en större efterfrågan används kompressorkylmaskiner som producerar kyla genom energitillförsel i form av el. Då efterfrågan på kyla är som störst används absorptionskylmaskiner som drivs av värmeenergi. Värmeenergin kommer från Göteborg Energis fjärrvärmeproduktion och består framförallt av spillvärme. Absorptionskyla används mest under sommarhalvåret då det finns tillgång på överflödigt fjärrvärme.⁵ Miljöbelastningen för produktion av fjärrvärme redovisas inte i samband med kylan utan belastas helt på fjärrvärmeproduktionen. Vattenförbrukningen är som störst för absorptionskylmaskinen, något mindre för kompressormaskinen samt minst för frikyla.⁶

En sammanställning av mängden levererad kyla under 2006 samt förbrukningen av el visas i Tabell 9.

¹ Carlsson, 2007

² Ibid.

³ Ericsson, 2007

⁴ Svensk Fjärrvärme, 2007

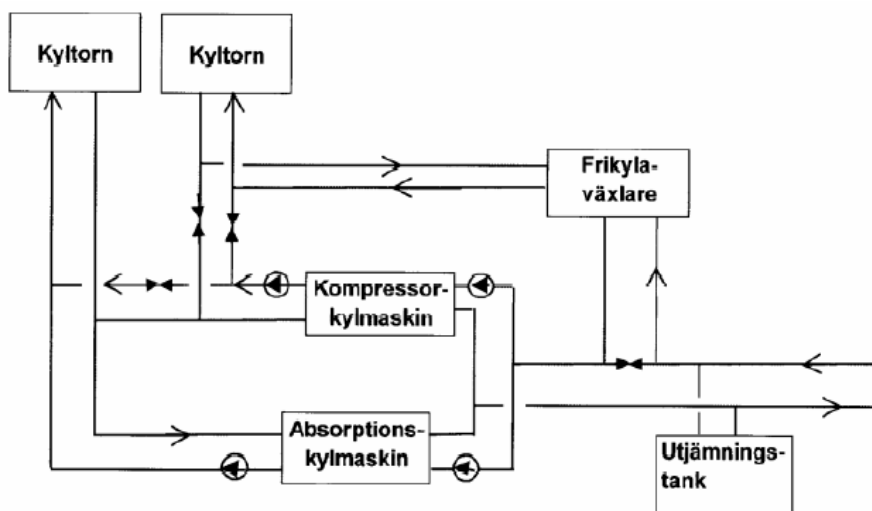
⁵ Ericsson, 2007

⁶ Ibid.

Tabell 9 Data för produktionsanläggningarna för kyla år 2006¹

Produktionsanläggningar för kyla, 2006	
Levererad kyla, MWh kyla	50 617
Elförbrukning, MWh el	7 878

I Figur 4 ses den kylproduktionsanläggning med frikyla som används av Göteborg Energi.



Figur 4 Göteborg Energis kylproduktionsanläggning med frikyla.²

I kyltornen tillsätts tre olika kemikalier för att undvika bakterietillväxt samt för att förhindra korrosion. De tre kemikalierna är Biosperse 48L och Biosperse 535EMD samt Enviroplus 3505. Utsläpp till följd av kemikalieanvändningen behandlas inte i denna studie.

4.4 Producerad el

Den el som tillhandahålls av Göteborg Energi produceras i företagets sju vindkraftverk samt i de tre verken: Högsbo kraftvärmeverk, Rosenlundsverket och Rya kraftvärmeverk. I kraftvärmeverken används olja och naturgas som bränsle. Dessa bränslen allokeras mellan el och värme. Mängden producerad el presenteras i Tabell 10. För Rya kraftvärmeverk bör observeras att endast driftperioden 15 till 30 december är medräknad för år 2006. Verket har en hög produktionskapacitet, vilket säkerligen kommer att öka elproduktionen på Göteborg Energi betydligt kommande tid.

¹ Ericsson, 2007

² Ibid.

Tabell 10 Göteborg Energis elproduktion under 2006¹

Göteborg Energis elproduktion under 2006, MWh	
Vindkraft	7774
Högsbo kraftvärmeverk	33 900
Rosenlundsverket	82 000
Rya Kraftvärmeverk (drift mellan 15-31 december)	50 000
Totalt under 2006	173 674

I Tabell 11 beskrivs använd mängd bränsle för produktion av el i kraftvärmeverk under 2006.

Tabell 11 Använd mängd bränsle för produktionen av el år 2006

Använd mängd bränsle	MWh
Olja	4 579
Naturgas	175 304

För en närmare beskrivning av emissioner från elproduktionen se Appendix A5.

4.5 Bebyggd mark

Den totala markanvändningen för Göteborg Energis lokaler och produktionsbyggnader uppgick till runt 77 ha under år 2006.²

4.6 Använd el i kontorslokaler

År 2006 användes 9582 MWh el i Göteborg Energin kontorslokaler.³ Den använda elen beräknas som marginalet.

4.7 Förbrukning av drivmedel för personbil

De bilar som används av företaget drivs på bensin, gas eller diesel. Tabell 12 visar bränslekonsumtionen år 2006. För beräkning av bilarnas miljöpåverkan inkluderas endast påverkan från bränslet, vilket dock behandlas i ett livscykelperspektiv. Data för denna påverkan är hämtad från IVLs rapport – *Miljöfaktabok för bränslen* från 2001.

Tabell 12 Bränslekonsumtion för Göteborg Energis bilar under år 2006⁴

Bränslekonsumtion för bil år 2006	
Bensin, l	94 630
Naturgas, kNm ³	207 022
Diesel, l	12 696

För närmare beskrivning av emissioner från bränsleförbrukningen i företagets bilar se Appendix A8.

¹ Göteborg Energi AB, 2007e; Göteborg Energi AB, 2007h; Göteborg Energi AB, 2007i; Göteborg Energi AB, 2007n

² Ekström, 2007

³ Blechingberg, 2007

⁴ Göteborg Energi AB, 2006o

5. Resultat

I kapitel 5 presenteras resultatet från beräkningarna av Göteborg Energis ekologiska fotavtryck samt från kalkyleringarna av miljöpåverkan från andra föroreningar än koldioxid. Resultatet diskuteras sedan närmare i kapitel 6.

5.1 Ekologiskt fotavtryck för Göteborg Energi

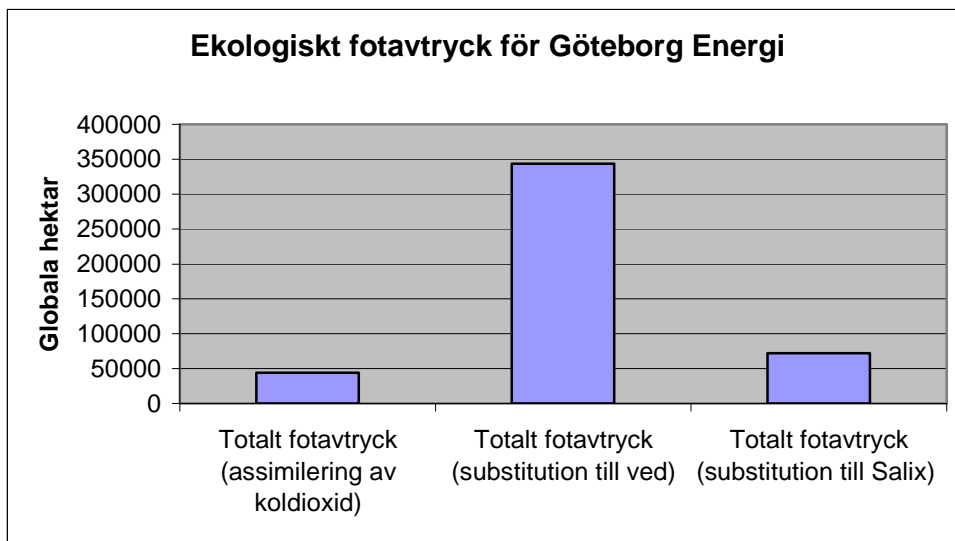
Det ekologiska fotavtrycket för Göteborg Energi har beräknats på tre olika sätt för det fossila bränslet, se kapitel 3. Detta medför att tre olika alternativa resultat kommer att presenteras.

Det totala fotavtrycket för hela verksamheten presenteras i Tabell 13 tillsammans med siffror för samtliga studerade delar av företagets verksamhet. Tabellen visar att det verksamhetsområde som hade det största bidraget till Göteborg Energis totala fotavtryck var fjärrvärme, vilket var väntat då detta är företagets största produkt. Det ekologiska fotavtrycket för kyla, bebyggd area, använd el i kontorslokaler samt för drivmedel i bil visade sig vara betydligt mindre än avtrycket för produktionen av fjärrvärme, färdig värme samt el. Drivmedel i bil hade det minsta fotavtrycket av samtliga behandlade områden. Den mängd bränsle som använts för denna del av verksamheten är också betydligt mindre än för andra delar. För närmare beskrivning av fotavtrycksberäkningar se Appendix B2-B9.

Tabell 13 Ekologiskt fotavtryck för Göteborg Energis verksamhet, presenterad för tre olika beräkningssätt.

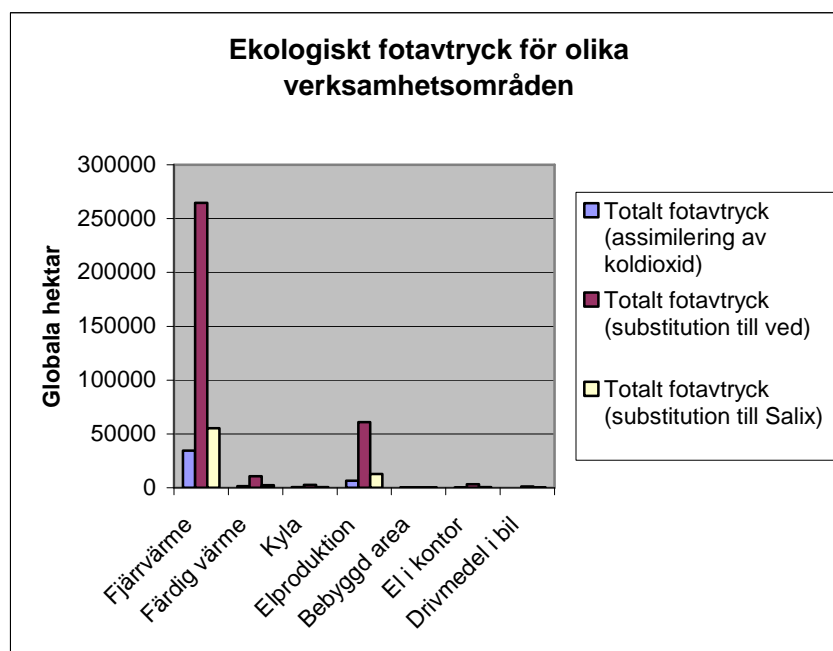
Fotavtryck för Göteborg Energi	gha (assimilering av koldioxid)	gha (substitution till ved)	gha (substitution till Salix)
Fjärrvärme	34 538,09	264 543,83	55 248,03
Färdig värme	1 619,20	10 804,42	2 256,42
Kyla	458,25	2 667,66	556,12
Elproduktion	6 583,81	60 913,48	12 721,33
Bebyggd area	273,47	273,47	273,47
Använd el i kontorslokaler	415,96	3 244,74	677,64
Drivmedel i bil	123,18	1 102,27	230,20
Totalt	44 011,96	343 549,87	71 999,21

Tabell 13 visar också en avsevärd skillnad i resultat beroende på vilket beräkningssätt som används för fossila bränslen. Substitution till biobränslet ved ger i samtliga fall det största fotavtrycket. De övriga två beräkningssätten följer varandra åt i storleksordning men substitution till Salix ger i samtliga fall ett något större fotavtryck än assimilering av koldioxid. Att Salix har ett något större fotavtryck än assimilering av koldioxid beror framförallt på att denna produceras på åkermark som värderas högre än skogsmark i metoden ekologiskt fotavtryck. Skillnaden mellan metoderna åskådliggörs även i Figur 5 där det totala fotavtrycket presenteras för de tre olika beräkningsmetoderna.



Figur 5 Det totala ekologiska fotavtrycket för Göteborg Energi presenterat för tre olika beräkningsmetoder.

I Figur 6 visas fotavtrycket uppdelat mellan de olika verksamhetsområdena. Bilden visar tydligt att fjärrvärme har det största avtrycket vid samtliga beräkningsätt. Figuren visar också att skillnaden i fotavtryck mellan olika områden är mycket stor.



Figur 6 Det ekologiska fotavtrycket för olika verksamhetsområden.

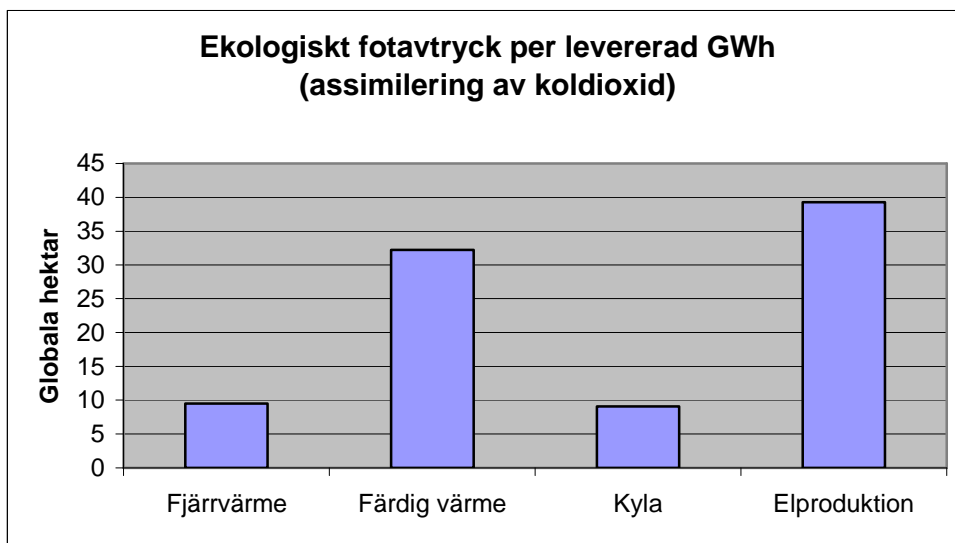
I Göteborg Energis verksamhet används en mängd olika bränslen. För att åskådliggöra vilket bränsle som har det största bidraget till det ekologiska fotavtrycket presenteras siffror på hur stort fotavtryck varje MWh bränsle ger, se Tabell 14. Då bränslena flis, pellets och bioolja ses som biprodukter får de inget ekologiskt fotavtryck.

Tabell 14 Fotavtryck per varje MWh bränsle.

Bränsle	gha/MWh (assimilering av koldioxid)	gha/MWh (substitution till ved)	gha/MWh (substitution till Salix)
Olja	0,05	0,34	0,06
Naturgas	0,04	0,34	0,06
Elenergi	0,06	0,34	0,06
Bensin	0,05	0,34	0,06
Diesel	0,05	0,34	0,06

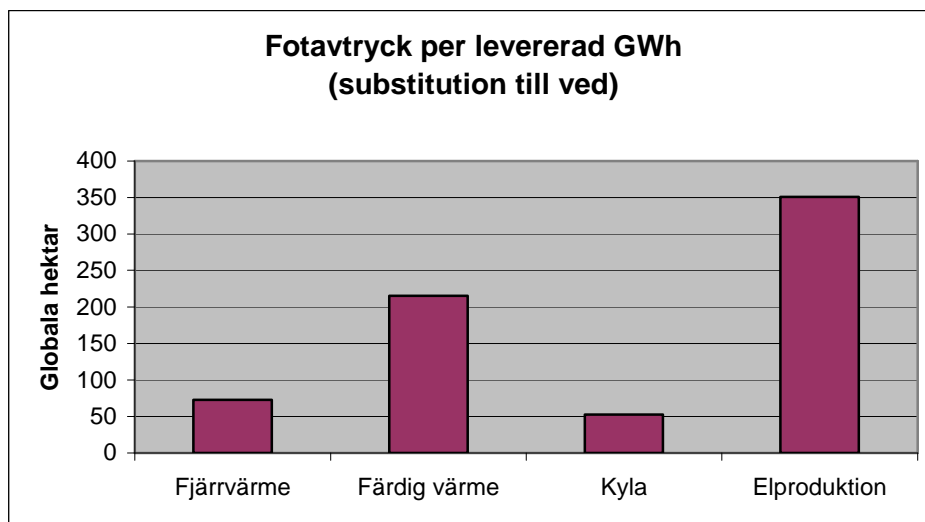
Tabell 14 visar att elenergi har det största ekologiska fotavtrycket med 0,058 gha per MWh då assimilering av koldioxid använts som metod. Alltså krävs runt 580 globala m² per varje använd MWh elenergi. Naturgas hade det minsta fotavtrycket av de studerade bränslena med runt 0,036 gha per MWh.

Då skillnaden i levererad energi är så pass stor mellan de olika verksamhetsområdena är det intressant att beräkna fotavtrycket per levererad GWh energi. Beräkningarna berör dock endast produktionen av fjärrvärme, färdig värme, el samt kyla vilket är viktigt att beakta. I Figur 7 visas fotavtrycket per levererad GWh då fossila bränslen behandlas genom assimilering av koldioxid. Resultatet visar att fjärrvärme och kyla har de lägsta fotavtrycken per GWh medan produktionen av el och färdig värme har de två största.



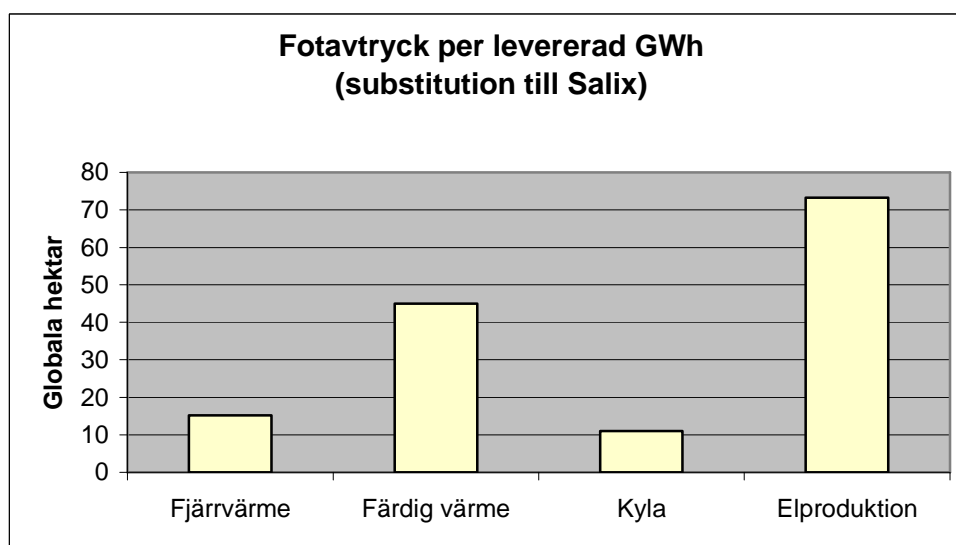
Figur 7 Totalt fotavtryck per levererad GWh då fossila bränslen beräknas genom assimilering av koldioxid.

Figur 8 nedan visar skillnaden i fotavtryck per GWh mellan olika produkter då de fossila bränslena istället beräknats genom substitution till ved. Resultatet visar att produktionen av el och färdig värme har de två största fotavtrycken per GWh även med denna metod samt fjärrvärme och kyla har de två lägsta.



Figur 8 Totalt fotavtryck per levererad GWh då fossila bränslen beräknas genom substitution till ved.

I Figur 9 åskådliggörs fotavtrycket per levererad GWh då de fossila bränslena beräknats genom substitution till Salix. Denna metod följer övriga metodernas mönster på resultatet.



Figur 9 Totalt fotavtryck per levererad GWh då fossila bränslen beräknas genom substitution till Salix.

Resultatet från samtliga beräkningar av fotavtryck per levererad GWh visar att de tre metoderna ger en likartad fördelning mellan produkterna men annorlunda resultat. Fjärrvärme och kyla har de minsta fotavtrycken per levererad GWh och färdig värme och el har de två största. En anledning till att fjärrvärme har ett litet fotavtryck i jämförelse med andra produkter är de stora mängder spillvärme som används i produktionen av värme och som inte belastar systemet. En annan bidragande orsak är att flis, pellets och bioolja behandlas som biprodukter och därmed får ett relativt litet fotavtryck. Även vid produktionen av kyla används spillvärme vilket kan vara en bidragande orsak till att även denna produkt har ett litet fotavtryck i förhållande till övriga. Trots att vindkraft används i produktionen av el hade denna produkt det största ekologiska fotavtrycket per levererad GWh. Detta beror till stor del på den mängd naturgas som även används för att producera el.

5.2 Jämförelser av resultat

För att få en uppfattning om storleken på Göteborg Energis ekologiska fotavtryck görs en jämförelse med ett ekologiskt fotavtryck för Göteborg Stad, beräknad av Göteborgs kommun. Fotavtrycket är beräknat till 5,4 globala hektar per person för den genomsnittliga göteborgaren.¹ Då denna beräkning, liksom de flesta utförda fotavtrycksberäkningar för regioner och länder, är presenterad i globala hektar per person blir en jämförelse med Göteborg Energis ekologiska fotavtryck svår. Genom att multiplicera Göteborg Stads ekologiska fotavtryck med de 490 949 personer som, enligt kommunens statistik, bor i staden kan en uppfattning om Göteborg Energis påverkan i förhållande till resten av staden erhållas.² Jämförelsen visas i Tabell 15.

Tabell 15 En jämförelse mellan Göteborg Stads ekologiska fotavtryck och fotavtrycket för Göteborg Energi.

Ekologiskt fotavtryck, gha	
Göteborg Stad	2 651 125
Göteborg Energi (assimilering av koldioxid)	44 012

I det ekologiska fotavtrycket för Göteborg Stad har de fossila bränslena beräknats med metoden assimilering av koldioxid i skog. Resultatet av jämförelsen visar att Göteborg Energi står för runt 2 procent av Göteborg Stads totala fotavtryck.

För att få en uppfattning om den yta som Göteborg Energi kräver för sin verksamhet kan resultatet jämföras med ytan för hela Göteborg Stad. Den totala ytan som Göteborg Stad upptar är enligt kommunen 450 km², vilket motsvarar 45 000 hektar.³ Om denna yta jämförs med Göteborg Energis ekologiska fotavtryck inses att företaget använder mellan 98 procent till 760 procent av den tillgängliga marken i Göteborg beroende på vilket beräkningssätt som används. Här bör dock observeras att globala hektar direkt jämförs med verkliga hektar. Hur stor skillnaden mellan verkliga och globala hektar blir beror i detta fall på vilken produktivitet som marken i Göteborg har. Denna har dock inte studerats närmare i denna studie. Göteborg stad innebär en befolkningkoncentration på en liten yta, vilket gör en jämförelse med den tillgängliga ytan för staden mindre rättvis. Istället jämförs med den biokapacitet på 9,6 globala hektar per person som beräknats finnas tillgänglig för en genomsnittlig svensk.⁴ Siffran multipliceras med Göteborg stads invånare för att få den tillgängliga biokapaciteten för Göteborgs hela befolkning. Denna biokapacitet jämförs sedan med Göteborg Energis ekologiska fotavtryck, se Tabell 16.

¹ Miljöförvaltningen i Göteborg, 2007

² Göteborg Stad, 2007

³ Ibid.

⁴ WWF, 2006

Tabell 16 En jämförelse mellan tillgänglig biokapacitet för Göteborgs invånare och det ekologiska fotavtrycket för Göteborg Energi.

Biokapacitet	gha
Tillgänglig biokapacitet för Göteborgs invånare*	4 713 110
Ekologiskt fotavtryck för Göteborg Energi	
Assimilering av koldioxid i skog	44 012
Substitution till ved	343 550
Substitution till Salix	71 999

* Siffran 9,6 gha/person, vilket är den tillgängliga biokapaciteten per person i Sverige, multiplicerad med Göteborg Stads invånarantal på 490 949.

Tabell 16 visar att det ekologiska fotavtrycket för Göteborg Energi inte överstiger den tillgängliga biokapaciteten för Göteborgs invånare.

Genom att studera det ekologiska fotavtrycket för fjärrvärmeproduktionen kan ett fotavtryck för uppvärmningen av en bostad fastställas. Utifrån detta kan en uppfattning fås om hur stort ekologiskt fotavtryck en person har för sin årliga uppvärmning av bostaden. Fotavtrycket per person beror då på hur många personer som antas bo i bostaden. I Tabell 17 beskrivs de två olika bostadsvarianter som studerats och i Tabell 18 presenteras det ekologiska fotavtrycket för den årliga uppvärmningen av bostaden.

Tabell 17 Årlig uppvärmning för de två studerade bostadsalternativen.¹

Bostad	Årlig uppvärmning kWh/m²	Yta m²	Total uppvärmning kWh
Småhus	145	138	20 010
Flerbostadshus	138	73	10 074

I Tabell 18 kan utläsas att det ekologiska fotavtrycket för uppvärmningen av de båda bostadsalternativen låg på mellan 0,1 och 1,5 globala hektar. Om det antas bo fyra personer i ett småhus och två personer i lägenheten kommer fotavtrycket per person ligga på mellan 0,05 och 0,4 globala hektar per person vilket är en mycket liten del av det totala fotavtrycket på 5,4 globala hektar per person för den genomsnittliga göteborgaren. Uppvärmningen står därmed för mellan 2 till 4 procent av en persons totala fotavtryck. Siffrorna kan även jämföras med standardmättet för en fotbollsplan som ligger på 0,7 hektar.

Tabell 18 Ekologiskt fotavtryck per bostad för den årliga uppvärmningen.

Bostad	Fotavtryck, gha/bostad (assimilering av koldioxid)	Fotavtryck, gha/bostad (substitution till ved)	Fotavtryck, gha/bostad (substitution till Salix)
Småhus, 138 m ²	0,19	1,45	0,30
Flerbostadshus, 73 m ²	0,10	0,73	0,15

¹ Statistiska centralbyrån, 2007

5.3 Miljöpåverkan från andra föroreningar än koldioxid

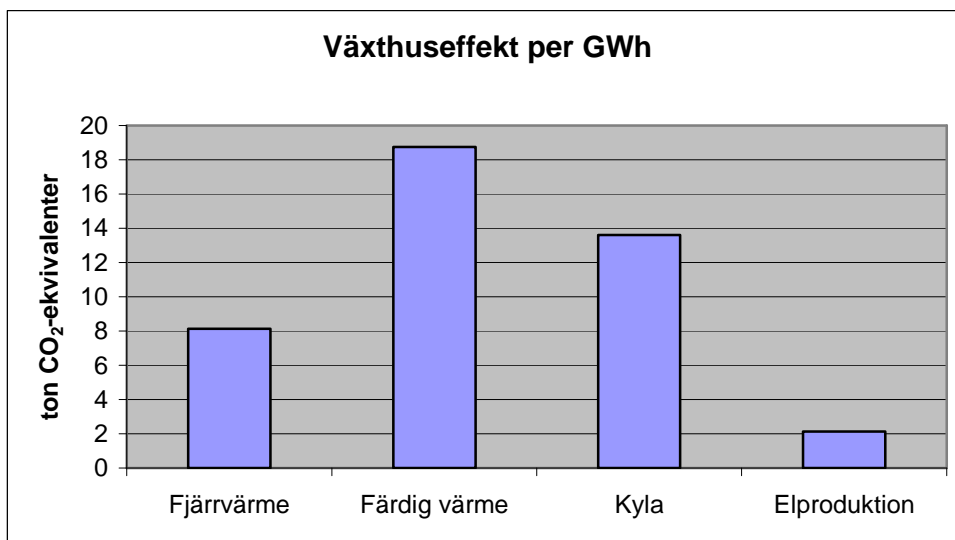
I det ekologiska fotavtrycket behandlas inga andra föroreningar än koldioxid. Några av dessa uteslutna föroreningar följs istället upp genom att delas in i miljöpåverkanskategorier. Detta för att försöka ge en uppfattning om kvantiteten av de delar som inte inkluderas i metoden ekologiskt fotavtryck. De behandlade kategorierna är växthuseffekt, försurning, övergödning samt fotokemiska oxidanter. I kategorin växthuseffekt har koldioxid helt uteslutits då dessa emissioner redan inkluderas i det ekologiska fotavtrycket.

Tabell 19 visar miljöpåverkan för respektive kategori. För samtliga kategorier har fjärrvärmens den klart största påverkan medan drivmedel i bil har den lägsta. Att fjärrvärmeproduktionen har den klart största påverkan beror framförallt på att denna produkt är så pass mycket större än övriga men också på de bränslen som används. Vidare ses att många av de verksamhetsområden som hade de största fotavtrycken även är de som har störst miljöpåverkan i behandlade kategorier.

Tabell 19 Miljöpåverkan för de olika verksamhetsområdena uppdelade i miljöpåverkanskategorier. I kategorin växthuseffekt exkluderas koldioxidemissionerna då dessa redan finns inkluderade i det ekologiska fotavtrycket för Göteborg Energi.

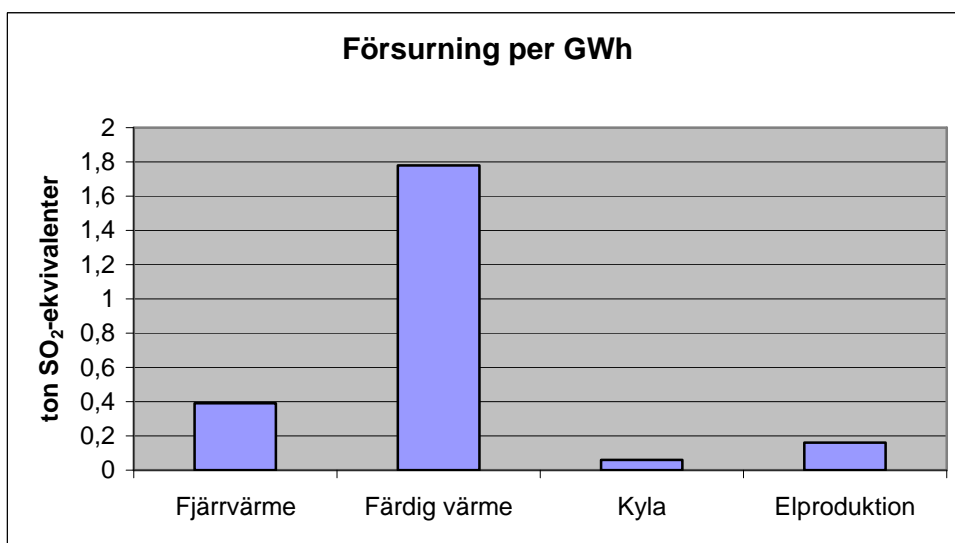
Verksamhets- område	Växthuseffekt ton CO ₂ -ekv	Försurning ton SO ₂ -ekv	Övergödning ton PO ₄ ³⁻ -ekv	Fotokemiska oxidanter ton C ₂ H ₄ -ekv
Fjärrvärme	29 622,40	1 417,24	197,31	34,82
Färdig värme	940,65	89,44	8,93	2,1
Kyla	689,40	2,92	0,15	0,25
Elproduktion	367,77	27,16	4,40	0,74
Energianvändning i kontorslokaler	826,24	3,54	0,18	0,31
Drivmedel i bil	25,12	0,35	0,05	0,03
Totalt	32 471,58	1 540,65	211,02	38,25

Då skillnaden i produktionsmängd är så stor beräknas miljöpåverkan även här per GWh för att få en bättre bild över miljöpåverkan för de olika produkterna. I dessa beräkningar utesluts energianvändningen i kontorslokaler samt drivmedel i bil. Figur 10 visar miljöpåverkanskategorin växthuseffekt per levererad GWh. Resultatet visar att produktionen av färdig värme har de största emissionerna av växthusgaser följt av kyla. Fjärrvärmeproduktionen har något lägre emissioner medan produktionen av el bidrar minst till växthuseffekten per levererad GWh.



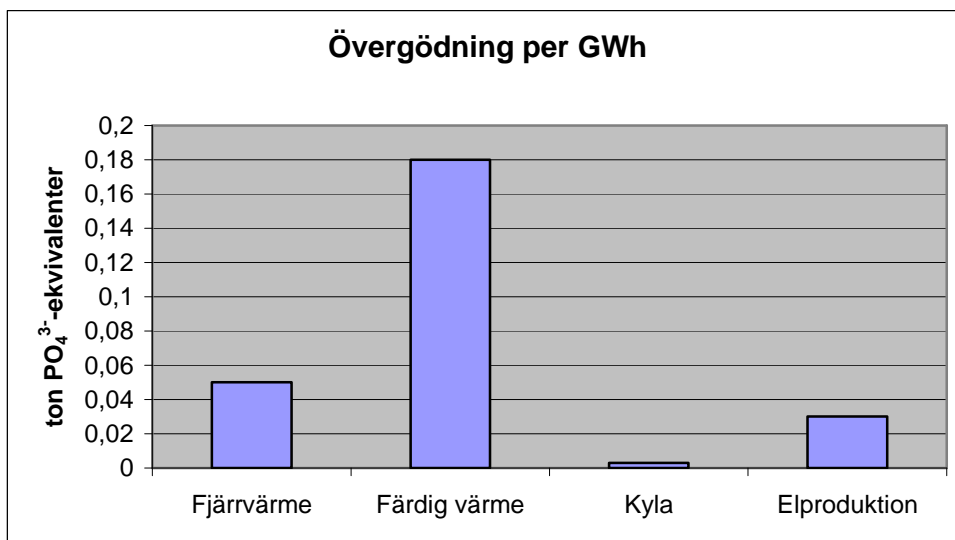
Figur 10 Miljöpåverkan per GWh för olika produkter i kategorin växthuseffekt. I kategorin exkluderas koldioxidemissioner.

Figur 11 visar att produktionen av färdig värme genererade mer än tre gånger så mycket försurande ämnen per GWh som fjärrvärmeproduktionen under år 2006. Produktionen av kyla gav minst försurande ämnen per GWh.



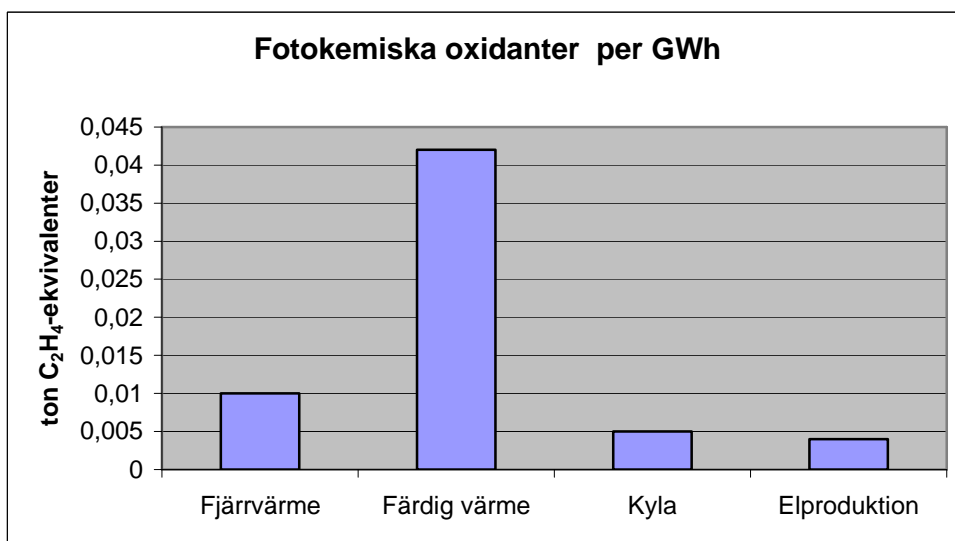
Figur 11 Miljöpåverkan per GWh för olika produkter i kategorin försurning.

Då kategorin övergödning studeras urskiljs ett liknande scenario som för försurningen. Även här genererades runt tre gånger så mycket föroreningar från produktionen av färdig värme som från fjärrvärme medan produktionen av kyla hade den minsta påverkan av samtliga studerade verksamhetsområden, se Figur 12



Figur 12 Miljöpåverkan per GWh för olika produkter i kategorin övergödning.

Genereringen av potentiella fotokemiska oxidanter var störst i produktionen av färdig värme vilket ses i Figur 13. Vid produktionen av fjärrvärme bildades runt hälften så mycket som för färdig värme. Därefter kom produktionen av kyla som hade något större utsläpp än produktionen av el.



Figur 13 Miljöpåverkan per GWh för olika produkter i kategorin fotokemiska oxidanter.

De viktade värden som erhålls i miljöpåverkanskategorierna kan relateras till andra utsläpp för att ge en bättre uppfattning om resultatet. När kategorin växthuseffekt studeras kan konstateras att de växthusgaser som behandlas står för runt 10 procent av de totala emissionerna av växthusgaser, inklusive koldioxid, för hela verksamheten. Hela 10 procent av företagets utsläpp av växthusgaser exkluderas följaktligen i det ekologiska fotavtrycket. För övriga kategorier är denna jämförelse inte möjlig. Därför jämförs kategorierna även med totala utsläppen i Göteborg Stad. År 2005 stod emissionerna av växthusgaser från kategorin växthuseffekt för runt 1 procent av de totala utsläppen från hela staden. Det är därmed 1 procent av Göteborgs totala utsläpp av växthusgaser som inte inkluderas i Göteborg Energis ekologiska fotavtryck. Här

bör dock observeras att koldioxid inte är inkluderad i siffrorna för Göteborg Energi men för Göteborg Stad. Liknande jämförelser för övriga miljöpåverkanskategorier har inte heller här varit möjlig då inga data för liknande kategorier har funnits att tillgå i Göteborg Stad.¹

¹ Svärd, 2007

6. Diskussion

I kapitel 6 diskuteras inledningsvis resultatet av beräkningarna samt datakvalitet och känslighet. Därefter analyseras ekologiskt fotavtryck som metod samt om den kan fungera som indikator för hållbar utveckling. Slutligen diskuteras hur bra metoden är som indikator och kommunikationsmedel för Göteborg Energis miljöpåverkan.

6.1 Diskussion av resultat

Utförda beräkningar ger ett ekologiskt fotavtryck för hela Göteborg Energis verksamhet under år 2006 samt ett fotavtryck uppdelat på varje enskilt verksamhetsområde. Det viktade värde som Göteborg Energis ekologiska fotavtryck ger kan dock vara svårt att tolka. Därför har ett försök gjorts att relatera resultatet till den totala yta som Göteborg har att tillgå samt det ekologiska fotavtryck som beräknats för den genomsnittliga göteborgaren. Jämförelsen visade att Göteborg Energi stod för 2 procent av det totala fotavtrycket för Göteborg Stad. För ett vidare resonemang om den nämnda jämförelsen krävs tidigare utförda fotavtrycksberäkningar för energibolag i relation till städer. Detta finns ej att tillgå, vilket omöjliggör direkta jämförelser. En bedömning av resultatets storlek är därför svår.

Göteborg Energis ekologiska fotavtryck var lika stort som hela ytan för Göteborg Stad alternativt över sju gånger större beroende på använd metod. Detta ger en fingervisning om att markanvändningen för Göteborg Energi är större än den tillgängliga marken i Göteborg Stad. Samtidigt skall påpekas att Göteborg är en region med hög befolkningstäthet vilket minskar den disponibla ytan per person. När Sveriges tillgängliga biokapacitet per person istället studerades för invånarantalet i Göteborg Stad visade det sig att Göteborg Energis ekologiska fotavtryck var långt ifrån att överstiga den tillgängliga ytan. Jämförelsen är något mer rättvis men förutsätter att resurser används på ett hållbart sätt och fördelat över Sverige. Dock bör observeras att Göteborg Energis ekologiska fotavtryck endast står för "energiavtrycket" av en persons totala fotavtryck. Biokapaciteten ska således även räckas för de 98 återstående procenten av Göteborg Stads ekologiska fotavtryck.

Resultatet av beräkningarna visar att substitution till ved är den beräkningsmetod som ger det största fotavtrycket. Detta beror på att det krävs mindre markyta för att assimilera koldioxid än för att producera ved samt på att avkastningen för ved är betydligt lägre än avkastningen för Salix. Substitution till Salix gav ett något större fotavtryck än assimilering av koldioxid vilket beror på att Salix produceras på jordbruksmark vilket ger ett större ekologiskt fotavtryck.

Fjärrvärme är företagets största produkt och har därför det största ekologiska fotavtrycket. När resultatet presenteras per producerad GWh hade dock produktionen av fjärrvärme ett av de lägsta fotavtrycken. Detta beror framförallt på att spillvärme samt bränslena flis, pellets och bioolja har behandlats som biprodukter. Dessa ger en stor mängd energi utan att bidra till det ekologiska fotavtrycket. Hade dessa behandlats på annat sätt hade säkerligen resultatet sett annorlunda ut, se vidare resonemang i kapitel 6.3. Likaså i produktionen av kyla används spillvärme vilket kan vara en bidragande orsak till att även denna produkt hade ett mindre fotavtryck per levererad GWh än övriga produkter. I produktionen av färdig värme behandlas pellets som en biprodukt vilket minskar denna produkts fotavtryck något.

Produktionen av el hade det största fotavtrycket per levererad GWh, trots att vindkraft används i produktionen. Andelen el producerad av vindkraft är dock mycket liten och har därför ingen betydande påverkan på resultatet. Då fjärrvärme har det lägsta fotavtrycket per GWh bör denna produkt enligt metoden vara mest hållbar medan produktionen av el är minst hållbar. Valet, att behandla spillvärme och biobränsle som biprodukter som inte inkluderas, är avgörande för fjärrvärmens lägre fotavtryck. Tillvägagångssättet medför att de produkter som använder mest biobränslen och spillvärme för sin produktion också är de produkter som är mest hållbara. Hade inga bränslen behandlats som biprodukter hade resultatet dock sett annorlunda ut och en bedömning om vilken produkt som är mest hållbar hade försvårats. De delar som exkluderats från fotavtrycket kan ha en avgörande betydelse för hur hållbar en produktion är vilket medför att en produkt med ett litet fotavtryck inte behöver vara mest hållbar. Följaktligen är även ett fotavtryck som presenteras per GWh svårt att tolka.

Då Göteborg Energis utsläpp av andra föroreningar än koldioxid studeras ses att en ansevärd mängd emissioner exkluderas från metoden ekologiskt fotavtryck. Hela 10 procent av de totala utsläppen av växthusgaser från verksamheten bortses från i det ekologiska fotavtrycket, vilket är en brist i metoden. För vidare resonemang se 6.3. Övriga kategorier har inte varit möjliga att jämföra med emissioner i kommunen. Att få en uppfattning om resultatet är därmed svårt.

6.1.1 Datakvalitet och känslighet

Av data använd i studien kommer stora delar från Göteborg Energi och bör ses som tillförlitlig. Att skillnader kan förekomma i dokumentation mellan olika enheter bör dock tas i beaktande då resultatet studeras. Uppgifter angående avkastningsmängder har erhållits från sakkunniga på Skogsstyrelsen och kan också anses som representativa, även om faktisk virkesavkastning kan variera kraftigt i tid och rum. Fakta om ekologiska fotavtryck som metod kommer mestadels från böcker och artiklar publicerade i vetenskapliga tidskrifter. Dessa antas därmed vara vetenskapligt korrekta.

Metoden kräver stora mängder livscykeldata. Hur systemgränser och generaliseringar har gjorts i de livscykelanalyser som används är svårt att uppskatta vilket medför att felmarginerna blir svårkvantifierade. Antaganden och generaliseringar kan skilja sig betydligt mellan olika data vilket påverkar det slutgiltiga resultatet. I studien har dock endast två olika källor till livscykeldata används vilket gör skillnaderna i data mindre frekvent. De använda källorna är *The Hitch Hiker's guide to LCA*¹ samt rapporten *Miljöfaktabok för bränslen* utgiven av IVL, Svenska miljöinstitutet. Rapporten från Svenska miljöinstitutet är från år 2001.² Data för miljöpåverkan från bränslens livscykel kan ha ändrats något sedan rapporten utförts, vilket bör beaktas då resultatet studeras. Den stora mängden behandlad data ökar även risken för felberäkningar vilket kan ha en viss påverkan på resultatet.

Trots att studien utförs för en specifik verksamhet har generell data använts för förbränning av bränslen. Detta för att specifik miljödata endast varit tillgänglig för enstaka delar av verksamheten. Genom att använda samma sorts livscykeldata i

¹ Baumann och Tillman, 2004

² Almemark et al., 2001

samtliga fall görs studien mer homogen. Livscykeldata kan skilja sig något från dokumenterad emissionsdata beroende på hur mätningarna har utförts samt vilka avgränsningar som gjorts. Skillnaden antas endast ha en marginell inverkan på det slutgiltiga resultatet.

Resultatet av fotavtrycksberäkningen beror till stor del på koldioxidemissionernas storlek, assimilering förmågan i skog samt avkastningen för rundvirke och Salix. Dessa tre faktorer är väldefinierade och välbelagda vilket minskar risken för stora fel i resultatet. Dock kan faktorerna variera något i tid och rum. Även antagandet att använd elenergi ska beräknas som marginalel har betydelse för det slutgiltiga resultatet. Då kolkraft är en energiform som medför ansenliga koldioxidutsläpp kommer antagandet med marginalel att ha en stor effekt på resultatet. Hade exempelvis en svensk elmix istället antagits i beräkningarna hade utsläppen minskat betydligt. Valet av marginalel diskuteras i kapitel 6.4. Att Eldningsolja 5 beräknas som Eldningsolja 1 i denna studie är också ett antagande som kan ha en viss påverkan på resultatet. Denna påverkan antas dock vara liten.

Valet att behandla flis, pellets och bioolja som biprodukter har en avgörande betydelse för Göteborgs Energis ekologiska fotavtryck. Ett närmare resonemang om betydelsen förs i kapitel 6.3. För flis och pellets har däremot emissioner från framställningen av produkterna inkluderats. Dessa emissioner finns inte inkluderade för framställningen av bioolja utan dessa allokeras helt till den biodiesel där bioolja är biprodukt. För förbränningen av bioolja används dessutom data för förbränning av skogsbränsle. Utsläppsmängderna kan skilja sig något från den verkliga påverkan men vid förbränningen av bioolja i fjärrvärmeverk emitteras endast icke-fossil koldioxid vilket inte inkluderas i fotavtrycket. Här kommer därför antagandet inte ha någon inverkan. För andra föroreningar än koldioxid finns risk för något missvisande värden men dessa antas endast ha en marginell inverkan på resultatet.

6.2 Analys av metoden ekologiskt fotavtryck

Metoden ekologiskt fotavtryck har både för- och nackdelar. En styrka med metoden är att den utgår från att markyta är en naturlig begränsning och uttrycker därför resultatet i hektar. Måttet är konkret, vilket kan medföra att fler personer kan relatera till resultatet. Indikatorn kan därmed enklare kommuniceras till personer som är mindre insatta i miljöfrågor. Ekologiskt fotavtryck är dock en förenkling av ett komplext system vilket medför att inte hela bilden klargörs och att somliga aspekter exkluderas i metoden. För att få en bredare uppfattning om metodens styrkor och brister analyseras grunderna i dess tillvägagångssätt.

En av grundtankarna med metoden är att den ska vara ett verktyg för att kartlägga konsumtion av energi- och materialresurser. Denna aspekt följs till viss del upp i praktiken då bland annat konsumtion av energi, skogsprodukter samt av vegetarisk och animalisk föda sammanställs. Att det ekologiska fotavtrycket lyckas knyta stora delar av konsumtionen till en konkret yta ökar förståelsen för de naturliga begränsningar som finns på jorden samt i vårt konsumtionsmönster. Dock förbises exempelvis konsumerade naturresurser i form av grus, sand och metaller. Att dessa inte inkluderas är en brist i metoden framförallt då uttaget kan knytas till en direkt markanvändning. En fördel med metoden är att den inkluderar bebyggd mark som en form av miljöpåverkan vilket få andra miljöpåverkansindikatorer gör. Denna mark beräknas dock som åkermark vilket kan bli något missvisande i ett land som Sverige.

Trots att stora delar av Sveriges befolkning bor i områden med bördig åkermark är en ansevärd mängd bosatta i områden med exempelvis skogsmark. För att få en verklig bild av den bebyggda markens påverkan skulle dock omfattande bedömningar av markens riktiga värden krävas. Kritik har även riktats mot att helt olika sorters miljöpåverkan viktas ihop till ett gemensamt värde i metoden. Att dessutom vissa konsumtionskategorier viktas på exakt samma sätt trots att miljöpåverkan för dem ser väldigt olika ut anses som en stor nackdel. Kritiker menar exempelvis att bebyggd area inte borde beräknas som åkermark trots att bosättningar vanligtvis sker i områden med god produktiv mark. Bebyggd mark kan anses mer destruktivt för naturen än odling på åkermark, då marken efter byggnation inte kan användas till biologisk produktion. Därmed torde denna mark ha ett större fotavtryck.¹ Metoden ekologiskt fotavtryck bygger på att olika markkategorier värderas genom dess produktivitet. Definitionen av globala hektar och produktivitet är dock något otydlig. En bättre förklaring om vilka antaganden som definitionen bygger på hade underlättat för användare av begreppen.

Definitionen av begreppet säger att det ekologiska fotavtrycket ska innehålla den mark och det vatten som krävs för att absorbera genererat avfall och utsläpp. Detta stämmer mindre bra då endast föroreningar i form av koldioxid inkluderas i det ekologiska fotavtrycket. Detta medför att en ansevärd mängd andra föroreningar utelämnas. Dessa kan ge upphov till miljöpåverkan så som försurning, övergödning, eko-toxicitet, fotokemiska oxidanter och ozonförbrukning. Utsläpp av dessa icke inkluderade föroreningar kan alltså ha en inverkan på den hållbara utvecklingen. Genom att inte inkludera alla aspekter i metoden undervärderas det ekologiska fotavtrycket i beräkningarna. Därtill beräknas påverkan från fossila bränslen vanligtvis genom assimilering av koldioxid i skog vilket är den metod som ger det lägsta fotavtrycket av förekommande metoder. Grundarna till begreppet menar att värderingen säkerställer att människans miljöpåverkan inte överdrivs och att resultatet inte framställer den ekologiska situationen som värre än vad den egentligen är.² Tanken med tillvägagångssättet kan vara att öka trovärdigheten samt acceptansen för indikatorn. Förenklingar är i princip nödvändigt då komplexa system ska studeras. Att däremot så pass många aspekter utelämnas är en svaghet. En förutsättning för att resultatet ska gå att tolka är därför kunskap om tillvägagångssättet samt en medvetenhet om vilka avgränsningar och antaganden som metoden bygger på.

Tanken är också att metoden ska översätta begreppet hållbar utveckling till mänskliga handlingar. Därmed bör ekologiskt fotavtryck kunna användas som indikator på hållbar utveckling samt mänskliga åtgärder utvecklas utifrån metodens resultat. För att utvärdera hur väl denna aspekt stämmer studeras fyra principer för hållbar utveckling framställda av Holmberg och Robert.³ Definitionen beskrivs nedan.

Naturens funktionalitet och mångfald ska inte systematiskt:⁴

- utsättas för en ökad koncentration av substanser utvunna från litosfären.
- utsättas för en ökad koncentration av substanser producerade av människan.

¹ van den Bergh & Verbruggen, 1999

² Rees & Wackernagel, 1996

³ Holmberg et al., 1999

⁴ Ibid.

- utarmas genom överbrukande av marken eller andra former av hantering av ekosystemet.

Samt att

- resurser ska användas rättvist och effektivt för att möta människans behov över hela världen.

Principerna visar att ekologiskt fotavtryck kan knytas till hållbar utveckling i vissa aspekter men inte i alla. Indikatorn ger en översiktlig bild av hur stor påverkan människan har genom sin konsumtion av naturens resurser. Om fotavtrycken jämförs över världen samt med den produktiva yta som finns tillgänglig ges även en bild av hur stort överbrukandet av jordens resurser är samt hur rättvist vi använder oss av resurserna. En detaljerad bild av situationen ger metoden dock inte. När ekologiska fotavtryck studeras med ovanstående definition av hållbar utveckling i åtanke blir det tydligt att vissa aspekter som utesluts i indikatorn borde vara inkluderade. De exkluderade delarna av systemet kommer medföra att betydande miljöpåverkan utelämnas i resultatet, så som exempelvis markdegradering vid försurning. Följden blir att det slutgiltiga fotavtrycket inte åskådliggör hela bilden. Att bedöma resultatet utifrån ett hållbart perspektiv blir därmed svårt.

Att uppskatta det ekologiska fotavtrycket för fossila bränslen genom kalkylering av den skogsareal som krävs för assimilering av koldioxid är en metod med både för- och nackdelar. Metodens upphovsmän menar att det mindre fotavtryck som uppstår med denna metod i jämförelse med andra metoder säkerställer att människans påverkan på naturen inte överdrivs.¹ Metoden kan dock vara svår att genomföra i praktiken. En växande skog kan fungera som kolsänka i 40 – 100 år beroende på klimat och skogssort.² Därefter krävs att denna mark lämnas ifred utan att skördas för att koldioxid inte ska frigöras. Om assimilering av koldioxid fortfarande ska fungera som fotavtryck för fossila bränslen måste därför ny mark ständigt avsättas för assimilering samtidigt som den gamla marken lämnas orörd. Denna metod kräver alltså stora landområden. Tillvägagångssättet medför tveksamheter över hur väl metoden ekologiskt fotavtryck är förenlig med begreppet hållbar utveckling då både reell och hypotetisk mark används.³ Till största delen används reell mark men någon mark endast avsedd till att assimilera koldioxid finns inte i dagsläget utan denna mark är helt hypotetisk.⁴ Användandet av fiktiv mark försvårar bedömningen om hur hållbar konsumtionen är. Detta då metodiken medför en risk för att hypotetisk mark felaktigt översätts till verklig. Detta kan i sin tur leda till att överutnyttjande av resurser inte upptäcks.⁵ Metoden kan även medföra en acceptans för att använda fossila bränslen då koldioxidemissionerna beräknas tas upp av skogen. Detta trots att ingen skog finns avsatt till att assimilera dessa emissioner. Att använda sig av hypotetisk mark i metoden medför därför att det ekologiska fotavtrycket kan överstiga biokapaciteten samt att inget övre stopp finns för hur stort fotavtrycket kan bli.⁶

¹ Rees & Wackernagel, 1996

² Ibid.

³ van den Bergh & Verbruggen, 1999

⁴ Holmberg et al., 1999

⁵ van den Bergh & Verbruggen, 1999

⁶ Holland, 2003

De fossila bränslena kan i etablerade metoder beräknas genom substitution till ved, vilket är ett scenario som troligtvis inte skulle ske i praktiken fullt ut. Ett rimligare scenario är att ett fossilt bränsle skulle ersättas med sekundära produkter så som pellets, flis eller ett bränsle producerad genom energiodling.¹ För en sekundär produkt tillkommer den miljöpåverkan som uppstår vid omvandlingen till bränslena vilket kommer att göra att detta fotavtryck blir större än om ved används som substitution. Om en övergång från förbränning av fossila bränslen till förbränning av biobränslen sker i praktiken kan det bli problematiskt att använda ekologiskt fotavtryck som indikator för hållbar utveckling. En övergång från fossila bränslen till biobränslen är en utveckling i riktning mot hållbarhet då utsläppen av fossil koldioxid minskas (under förutsättning att biodiversiteten samt skogens förnyelsebara förmåga och produktivitet bevaras). Det ekologiska fotavtrycket bör därmed, vid en sådan övergång, bli lägre än tidigare om indikatorn ska vara förenlig med hållbar utveckling. Genom de nuvarande metoderna kan dock denna övergång medföra ett ökat eller oförändrat fotavtryck. Detta beror på att den vanligaste beräkningsmetoden för fotavtryck av fossila bränslen är assimilering av koldioxid i skog vilket ger det lägsta avtrycket i jämförelse med andra metoder. Då övergången till biobränslen sker kan större arealer behöva tas i anspråk beroende på vilket biobränsle som används. Ett primärt bränsle som Salix kan exempelvis medföra att det ekologiska fotavtrycket ökar något vid en ökad användning av detta bränsle.

I denna studie har flis, pellets och bioolja behandlas som biprodukter vilket har gjort att de har ett mycket litet bidrag till det ekologiska fotavtrycket. En ökning av liknande bränslen kan alltså minska det ekologiska fotavtrycket beroende på hur de definieras i beräkningarna. Om substitutionen till biobränsle skulle ske i praktiken kan stora markytor krävas för produktionen vilket kan komma att konkurrera med produktionen av föda. Om en storskalig substitution sker skulle mark därmed kunna bli en bristvara. Att hela världens konsumtion av fossila bränslen skulle ersättas med biobränslen inom en snar framtid är dock ett mindre sannolikt scenario. Användningen av icke-förnyelsebara resurser bedöms på ett liknande sätt som användningen av förnyelsebara resurser vilket försvårar en uppskattning om den hållbara utvecklingen.² För att få en bättre överblick över vad det är som orsakar fotavtrycken kan beräkningarna behöva delas upp i olika kategorier där ytor för förnyelsebara bränslen respektive icke-förnyelsebara bränslen presenteras var för sig.³

Metoden ekologiskt fotavtryck ska hjälpa människor att utveckla en hållbar strategi, vilket kräver att den är tillgänglig och lätt att implementera i det dagliga arbetet. Ekologiska fotavtryck har dock visat sig vara relativt svårtillgängliga och faktorer att använda i beräkningarna kan vara komplicerade att hitta samt beräkna. Vissa delar av beräkningsmetoden samt konstanter är inte öppna för allmänheten. Vid en öppnare process kan standardiserade faktorer och värden på exempelvis avkastningar bli vanligare och underlätta beräkningarna. En mer tillgänglig metod skulle kunna medföra en större popularitet och användning av begreppet.

Det ekologiska fotavtrycket avser endast människans konsumtion av naturens resurser medan andra arters fotavtryck inte bedöms. Att inte inkludera andra organismer i fotavtrycket kan göra en bedömning om den hållbara utvecklingen svår. Dock avsätts

¹ Holmberg et al., 1999

² Holland, 2003

³ Ibid.

12 procent av den bioproduktiva ytan, som människan beräknas ha att tillgå, till den biologiska mångfalden. Åtagandet är inte nämnvärt ambitiöst med tanke på att över 15 miljoner arter lever på jorden. Att avsätta 25 procent för den biologiska mångfalden är, enligt Chambers et al (2000), något mer realistiskt vilket medför att den tillgängliga produktiva arean på jorden minskar till 1,6 globala hektar per person.¹

Om metoden ekologiskt fotavtryck ska användas som indikator på hållbar utveckling bör emissioner som inte inkluderas i metoden dokumenteras separat. Därmed missas inte viktig miljöpåverkan och en bättre överblick av systemet fås. Detta gäller även toxiska substanser producerade av människan. Toxiska substanser är ofta svåra eller omöjliga för naturen att assimilera vilket medför ett oändligt fotavtryck.² Detta är en anledning till att dessa ämnen inte inkluderas i fotavtrycken. Ämnena kan inte förenas med hållbar utveckling och måste fasas ut. Denna förklaring är funktionell och förenlig med princip två i Holmberg och Roberts definition av hållbar utveckling, att koncentrationen av ämnen producerade av människan inte ska öka i naturen. Dock kan en exkludering medföra en risk att substanserna glöms bort istället för att åtgärder för utfasning vidtas.

6.3 Metodens användbarhet för Göteborg Energi

Metoden ekologiskt fotavtryck är något tveksam som kommunikationsmedel för miljöpåverkan då den inte är förenlig med begreppet hållbar utveckling i alla aspekter. Indikatorn kan ge en förenklad bild av systemet genom att visa den minsta yta som verksamheten kräver. Metoden är dock en förenkling av verkligheten vilket medför att inget precist värde kan ges utan endast riktlinjer för hur situationen ser ut. Beräkningarna bygger dessutom på en mängd antaganden och avgränsningar vilket gör att en gedigen kunskap krävs för att resultatet inte ska misstolkas eller missbrukas. Därtill kan antaganden och generaliseringar tillkomma genom använd livscykeldata, vilket kan påverka resultaten ytterligare. Att använda sig av indikatorer i ett företag är dessutom ofta tid- och resurskrävande samt innefattar stora mängder data. Därför är det viktigt med motivation och kunskap. I allmänhet använder sig företag av flera olika indikatorer i sin verksamhet vilket i vissa fall kan skapa förvirring hos anställda. En klar och tydlig förklaring över de olika indikatorernas betydelse samt användningsområde är därmed viktig.³

Användbarheten för Göteborg Energis ekologiska fotavtryck beror på flertalet olika faktorer. En förutsättning för att resultatet ska vara användbart är att det går att jämföra med andra beräknade fotavtryck samt med andra verksamheter. Ekologiskt fotavtryck för länder presenteras per person, vilket möjliggör en jämförelse mellan länder. Denna jämförelse är dock svårare att utföra mellan företag. Resultatet i denna studie har därför presenterats per levererad GWh. Detta underlättar jämförelser mellan energiföretag samt mellan olika verksamhetsområden. För att kunna jämföra med andra verksamheter krävs dock att liknande studier utförs av andra företag och helst företag inom samma bransch. Om fotavtrycksberäkningar utförs av andra företag kan jämförelser trots allt vara svåra att utföra beroende på fastställda avgränsningar och antaganden. Att endast utifrån resultatet bedöma om företaget har ett stort eller litet fotavtryck är dock svårt.

¹ Chambers et al., 2000

² Holland, 2003

³ Holland, 2003

Tanken med att använda ekologiska fotavtryck som kommunikationsmedel för Göteborgs Energis miljöpåverkan var att skapa ett verktyg där fler aspekter behandlas än i mer frekvent använda metoder så som livscykelanalys och miljövarudeklarationer. En förhoppning fanns om att aspekter så som markanvändning och materialförbrukning skulle få större betydelse. Efter att modellen har studerats konstateras att vissa nya aspekter behandlas. I metoden tas den bebyggda marken exempelvis upp som en stor belastning på miljön, genom att den värderas som åkermark. Dock ligger fokus även i denna metod på användningen av fossila bränslen samtidigt som förbrukningen av flertalet andra resurser exkluderas. För en verksamhet som Göteborgs Energi har detta en mindre avgörande betydelse så länge verksamhetens största miljöbelastning är just förbränning av fossila bränslen. Emellertid bedöms produktionen av biobränsle som en form av miljöpåverkan i metoden vilket sällan är fallet i andra indikatorer. Detta kan vara intressant om Göteborgs Energi bestämmer sig för en storskalig satsning på biobränsle. Då mark faktiskt är en ändlig resurs kan beräkningar över hur stor yta som går åt till produktion av biobränslen vara viktig. För att det ska bli lättare att bedöma hur hållbar företagets utveckling är kan det ekologiska fotavtrycket delas upp i två kategorier, en förnyelsebar och en icke förnyelsebar. Att fotavtrycket inte delats upp i dessa kategorier i denna studie beror på att endast de fossila bränslena inkluderats samt den bebyggda arean. Den största delen av Göteborgs Energis ekologiska fotavtryck är därmed en del av den icke förnyelsebara kategorin. Den bebyggda arean tillhör ingen av dessa två kategorier. Ett alternativ till att beräkna ekologiskt fotavtryck är att istället utgå från en indikator som bedömer konkret mark istället för produktiv mark. I en sådan indikator kan den verkliga yta av exempelvis Salix eller grot som skulle krävas som substitut till fossila bränslen beräknas, utan att värdera marken utifrån dess produktivitet. Salix skulle i en indikator likt denna kräva en mindre yta än i metoden ekologiskt fotavtryck, då värderingen av jordbruksmark inte längre påverkar resultatet. Här undviks också användandet av de något otydliga begreppen globala hektar och produktivitet.

I studien har tre olika metoder använts för att beräkna ett ekologiskt fotavtryck för fossila bränslen. Metoden assimilering av koldioxid i skog är vanligt förekommande i fotavtrycksberäkningar vilket medför att metoden är att föredra om resultatet ska jämföras med andra fotavtryck. Metoden är dock mindre genomförbar i praktiken då stora skogsarealer måste avsättas endast för upptag av koldioxid. Metoden substitution till Salix är då mer praktiskt genomförbar vilket ger den fördelar gentemot de övriga. Ett resultat beräknat genom substitution till Salix kan emellertid bli svårt att jämföra med studier utförda med en etablerad metod, då skillnaden i beräkningar och resultat är så pass stor. Substitution till ved är något mindre förekommande i fotavtrycksberäkningar än assimilering av koldioxid samt har en lägre avkastning än Salix. Detta ger den minst fördelar av de tre använda metoderna.

Flis, pellets och bioolja har behandlats som biprodukter, vilket har minskat det ekologiska fotavtrycket för fjärrvärme avsevärt. Detta då ingen markanvändning för uttag av den biomassa som används för att tillverka bränslena inkluderats. Om biprodukter som dessa ska inkluderas eller inte kan diskuteras men i denna studie har detta antagande gjorts för att alla spillprodukter ska behandlas lika. En möjlighet är att istället allokera mellan de producerade produkterna. Nedan utförs en känslighetsanalys över hur stor inverkan markanvändningen för uttag av den grot som

används till att producera flis skulle ha på det totala fotavtrycket för fjärrvärme. Det ekologiska fotavtrycket för denna markanvändning beräknas genom ekvation 2 och 3, se Kapitel 2.3.1. För avkastningen används summan för rundvirke och grot då båda dessa produkter erhålls på varje hektar. Resultatet av analysen ses i Tabell 20.

Tabell 20 Det ekologiska fotavtrycket för markanvändning vid uttag av grot jämförs med det ekologiska fotavtrycket för fjärrvärme då flis inte har inkluderats. För närmare beskrivning av beräkningar för fjärrvärmeproduktionens ekologiska fotavtryck se Appendix B2.

Avkastning¹	MWh/ha, år
Avkastningen för grot	2,31
Avkastningen för rundvirke	8,31
Ekologiskt fotavtryck, EF	gha
EF för markanvändning vid uttag av grot använd i fjärrvärmeproduktionen*	78 514
EF för fjärrvärmeproduktionen då flis, pellets och bioolja inte är inkluderade. (assimilering av koldioxid i skog)	34 538
EF för fjärrvärmeproduktionen då flis, pellets och bioolja inte är inkluderade. (substitution till ved)	264 544
EF för fjärrvärmeproduktionen då flis, pellets och bioolja inte är inkluderade. (substitution till Salix)	55 248

* Det ekologiska fotavtrycket för uttag av grot beräknas genom ekvation 2 och 3 och inkluderar endast den mark som krävs för att erhålla använd mängd flis.

Resultatet visar att markanvändningen för uttag av grot skulle öka det ekologiska fotavtrycket för fjärrvärme till det tredubbla, om assimilering av koldioxid i skog används som beräkningsmetod. Även för övriga beräkningssätt visade sig den exkluderade markanvändningen ha en stor betydelse. Ett liknande scenario kan antas ske om även de två bränslena bioolja och pellets skulle inkluderas. Att inte inkludera pellets, flis och bioolja i studien visade sig alltså vara avgörande för utseendet på Göteborg Energis ekologiska fotavtryck. Om bränslen behandlas som biprodukter kommer det ekologiska fotavtrycket att bli något mindre vid användning av förnybara resurser jämfört med icke förnybara resurser. Metoden blir därmed en bättre indikator på hållbar utveckling. Dock medför tillvägagångssättet att de fossila bränslena blir dominerande för det ekologiska fotavtryckets utseende. Detta väcker frågan om inte en indikator som endast bedömer andelen förnybar respektive icke förnybar energi lika väl kan användas.

Enligt Göteborg Energis detaljerade miljömål ska företaget ha en fossilfri produktion senast år 2050. Målet ska framförallt nås genom att öka användningen av biogas och vindkraft. Detta mål kan komma att minska företagets ekologiska fotavtryck då vindkraft ger ett förhållandevis litet ekologiskt fotavtryck. Om biogas behandlas som en biprodukt kan detta också minska fotavtrycket. En storskalig produktion av biogas kan dock medföra att produkten inte längre kan behandlas som en biprodukt. Denna bör då inkluderas i fotavtrycket som därmed kan öka något beroende på hur gasen produceras. Vidare finns detaljerade mål om att 70 procent av den totala bränsleförbrukningen hos koncernens bilar ska vara fordonsgas, att

¹ Edlund, 2007

miljökommunikationen med kunder ska öka samt att miljömedvetenheten på företaget ska bli större.¹ Att använda sig av ekologiskt fotavtryck i företagets miljöarbete skulle teoretiskt sätt kunna bidra till att de två sistnämnda målen blir enklare att uppfylla om det ekologiska fotavtrycket fungerar som ett effektivt kommunikationsmedel för miljöpåverkan. Att metoden skulle ha en funktion som ett effektivt kommunikationsmedel är dock mindre troligt. Då företagets mål är ett steg i riktning mot hållbar utveckling bör åtgärderna medföra att företagets fotavtryck minskar. Detta ska dock inte tas för givet då metoden ser ut som den gör, vilket är viktigt att ta i beaktande vid användningen av indikatorn.

Det ekologiska fotavtrycket påverkas av att marginalet används i beräkningarna. Att använda sig av marginalet enligt dagens definition medför en stor miljöpåverkan. Definitionen kan medföra en fientlighet mot elanvändning trots att el kan produceras med relativt bra miljöprestanda. Att använda sig av medelel kan medföra en närmare beskrivning av den faktiska miljöbelastningen då den nordiska elproduktionen till stor del baseras på vattenkraft och kärnkraft.² På lång sikt bedömer emellertid Energimyndigheten att gaskraft kommer vara den billigaste källan till marginalet. Även förnybar energi kan delvis komma att fungera som marginalet under förutsättning att elcertifikat finns. Om marginalet i kommande beräkningar utgörs av gas eller förnybar energi kommer fotavtrycket för Göteborg Energis elanvändning att kunna minska.

Göteborg Energis verksamhetsavfall har exkluderats ur studien då merparten går till återvinning. Dock kan delar av avfallet påverka miljön och det är därför önskvärt att även få med dessa i systemet. Försök bör därför göras till att få med avfallet samt andra exkluderade delar av verksamheten i verktyget. Även de föroreningar som utesluts i metoden, det vill säga samtliga emissioner förutom koldioxid, bör komma med i systemet. Mängden växthusgaser som utelämnas i det ekologiska fotavtrycket står för 10 procent av Göteborg Energis totala emissioner av växthusgaser samt 1 procent av växthusgasemissioner från Göteborg stad. Ovanstående aspekter kan vara viktiga att påpeka om framtida jämförelser mellan företag skall ske. Bristen gör att metodens exakthet kan ifrågasättas. Ekologiskt fotavtryck torde därför ej kunna utgöra en helhetsmetod vid beräkning av miljöpåverkan utan flertalet kompletterande miljöstudier. De föroreningar som inte innefattas i metoden har i denna studie presenterats separat. Tillvägagångssättet bör behållas vid framtida beräkningar för att inte viktig miljöpåverkan ska försummas. De exkluderade föroreningarna bör bearbetas på ett sätt som möjliggör en bedömning om utsläppens storlek samt hur de ska begränsas. Om företaget redan har en fungerande indikator eller ett verktyg för emissioner kan detta förslagsvis användas även för dessa föroreningar. Mål för att begränsa utsläppen bör tillkomma, vilka kan relateras till miljö kvalitetsmål för Sverige och för Göteborg Stad.

¹ Göteborg Energi AB, 2007

² Elforskperspektiv, 2007

7. Slutsatser och rekommendationer

Syftet med studien var att undersöka om ekologiskt fotavtryck kan underlätta för Göteborg Energi att kommunicera sin miljöpåverkan internt. Studiens slutsats är att metoden är mindre lämplig för både intern och extern kommunikation av miljöpåverkan. Metoden ger endast en begränsad bild av företagets totala miljöpåverkan och är inte förenlig med begreppet hållbar utveckling i alla aspekter. Den tid och den resursåtgång som krävs för beräkning av ekologiskt fotavtryck kan inte anses försvarbart för ett resultat som inte kan sättas i relation till traditionellt beräknade fotavtryck samt andra företag på dagens marknad.

Som internt kommunikationsmedel kan metoden fungera för att identifiera inom vilka verksamhetsområden de största fotavtrycken finns. Detta kan ge företaget insikt om hur det ekologiska fotavtrycket ska minskas. Ett ekologiskt fotavtryck behöver dock inte ge en korrekt bild av företagets miljöpåverkan.

Möjligen bör utvärderas om en enklare indikator för hållbar utveckling kan användas på Göteborg Energi, såsom faktisk markanvändning (utan produktivetsbedömning) eller andelen förnybar energi i förhållande till icke förnybar. Den sistnämnda indikatorn kan dock inte knyta an till den naturliga begränsningen.

Vid ett eventuellt tillämpande av resultatet från denna studie samt framtida beräkningar av ekologiskt fotavtryck rekommenderas följande:

- För ett ej missvisande resultat bör fortsättningsvis resultatet delas upp i förnyelsebara och icke-förnyelsebara resurser. På så sätt kan verktyget vara användbart även då en större mängd biobränsle används.
- Separat behandling av andra föroreningar än koldioxid är ett tillvägagångssätt som bör behållas. För framtida beräkningar rekommenderas att fler miljöpåverkanskategorier studeras samt att mål upprättas för hur stora utsläppen får vara.
- Resultatet från denna studie bör användas med viss försiktighet och med en fördjupad kunskap om begreppets avgränsningar och antaganden för att undvika misstolkningar.

Referenser

Almemark M., Brandel M., Lindfors L-G., Marcus H-O., Strippe H., Uppenbergs S, Wachtmeister A., Zetterberg L., 2001, *Miljöfaktabok för bränslen; del 2 Bakgrundsinformation och teknisk bilaga*, IVL Svenska miljöinstitutet AB, Framtaget av Svenska Petroleum Institutet, Stockholm

Baumann H. & Tillman A-M., 2004, *The Hitch Hiker's Guide to LCA, An orientation in life cycle assessment methodology and application*, Studentlitteratur, Lund

Best foot forward, 2007, About us, Overview
www.bestfootforward.com hämtad 2007-08-27

Billett E., Frey S.D., Harrison D.J., 2000, *Review of Ecological footprint(EF) approaches*, Brunel University, Faculty of Technology. Cleaner Electronics Research Group, Runnymede Campus, Egham, Surrey, Storbritannien

Blechingberg M., 2007, Miljöcontroller, Göteborg Energi AB, personlig kontakt

Boverket & Naturvårdsverket, 2000, *Ekologiska fotavtryck och biokapacitet: verktyg för planering och uppföljning av hållbar utveckling i ett internationellt perspektiv*

Carlsson H., 2007, Enhetschef EFF, Göteborg Energi AB, personlig kontakt

Chamber N., Simmons C., Wackernagel M., 2000, *Sharing Nature's interest, Ecological footprints as an indicator of sustainability*, Earthscan Publications Ltd, London

Deumling D., Goldfinger S., Monfreda C., Moran D., Murray M., Wackernagel M., Wermer P., 2005, *National Footprint and Biocapacity Accounts 2005: The underlying calculation method*, Global footprint network, Advancing the Science of Sustainability, Oakland, USA

Deumling D., Monfreda C., Wackernagel M., 2004, *Establishing national natural capital accounts based on detailed Ecological Footprint and biological capacity assessments*, Land use policy 21: 231-246.

Edlund S., 2007, Skogsstyrelsen, Skog Nord, Östersund, personlig kontakt

Ekström C., 2007, Göteborg Energi AB, personlig kontakt

Elforskperspektiv, 2007, *Marginaler eller medel - det är frågan...*, ett nyhetsmagasin från elforsk, nummer 1, 2007.
http://www.elforsk.se/elforsk/elforskperspektiv_2.pdf hämtad 2007-09-13

Energimyndigheten, 2006a, *Energiläget 2006*
[http://www.energimyndigheten.se/web/biblshop.nsf/FilAtkomst/ET2006_43.pdf/\\$FILE/ET2006_43.pdf?OpenElement](http://www.energimyndigheten.se/web/biblshop.nsf/FilAtkomst/ET2006_43.pdf/$FILE/ET2006_43.pdf?OpenElement) hämtad 2007-10-01

Energimyndigheten, 2006b, *Miljövärdering av el, Marginaler och medel, underlagsrapport*
http://www.energiradgivningen.se/Miljo/miljovardering_av_el.pdf hämtad 2007-09-25

Ericsson A., 2007, Göteborg Energi AB, personlig kontakt

Göteborg Energi AB, 2006a, *Göteborg Energi 2006*, Informationsblad

Göteborg Energi AB, 2006b, *Miljörapport 2006 – Angeredscentralen*,

Göteborg Energi AB, 2006c, *Miljörapport 2006 – Backa panncentral och PUP:ar*,

Göteborg Energi AB, 2006d, *Miljörapport 2006 – Bergrum*,

Göteborg Energi AB, 2006e, *Miljörapport 2006 – Högsbo kraftvärmeverk*,

Göteborg Energi AB, 2006f, *Miljörapport 2006 – Marconicentralen*,

Göteborg Energi AB, 2006g, *Miljörapport 2006 – Panncentralen Volvo Tuve*

Göteborg Energi AB, 2006h, *Miljörapport 2006 – Rosenlundsverket*,

Göteborg Energi AB, 2006i, *Miljörapport 2006 – Rya kraftvärmeverk*,

Göteborg Energi AB, 2006j, *Miljörapport 2006 – Rya värmecentral*,

Göteborg Energi AB, 2006k, *Miljörapport 2006 – Rya värmepumpverk*,

Göteborg Energi AB, 2006l, *Miljörapport 2006 – Sisjöns panncentral*,

Göteborg Energi AB, 2006m, *Miljörapport 2006 – Sävenäsverket*,

Göteborg Energi AB, 2006n, *Miljörapport 2006 – Vindkraftverken*,

Göteborg Energi AB, 2006o, *Gas i bil 06*, Bränsleförbrukning under 2006

Göteborg Energi AB, 2007, *Miljöplan Göteborg Energi koncernen 2008-2010 (2050)*

Göteborg Stad, 2007, *Om Göteborg - Göteborg i siffror – statistik*
<http://www.goteborg.se/statistik> hämtad 2007-09-27

Holland L., 2003, *Can the principle of the ecological footprint be applied to measure the environmental sustainability of Business?*, Corporate Social Responsibility and Environmental Management 10, 224-232 (2003)

Holmberg J., Lundqvist U., Robért K-H., Wackernagel M., 1999, *The ecological footprint from a systems perspective of sustainability*, International Journal of Sustainable Development and World Ecology 6 (1999) 17-33

Johansson M., 2007, Energilotsen, personlig kontakt

Kretsloppsdelegationen, 1998, *Biomassa – en nyckelresurs*, Miljödepartementet, Stockholm.

Lindahl M., Rydh C-J., Tingström J., 2002, *Livscykelanalys – en metod för miljöbedömning av produkter och tjänster*, Studentlitteratur, Lund

Lindgren P., Göteborg Energi AB, personlig kontakt

Miljöförvaltningen i Göteborg, 2007, *Ekologiskt fotavtryck. Vad är det och hur beräknas det?* R 2007:18

Nationalencyklopedin, 2007a, Hektar

Nationalencyklopedin, 2007b, Hållbar utveckling

Norén O., 1994, Eldning med kallpressad rapsolja, Jordbrukstekniska Institutet, teknik för lantbrukare, Uppsala

Pettersson G., 2007, Göteborg Energi AB, personlig kontakt.

Rees W. & Wackernagel M., 1996, *Our Ecological footprint: Reducing Human Impact on the Earth*, New Society Publishers, Gabriola Island, Canada

Renova, 2007

www.renova.se hämtad 2007-11-12

Statens offentliga utredningar, 2007, *Bioenergi från jordbruket – en växande resurs*, Bilagedel, SOU 2007:36, Stockholm

Statistiska centralbyrån, 2007, Energi, Tillförsel och användning av energi
http://www.scb.se/templates/Amnesomrade____6058.asp hämtad 2007-09-27

Stepping forward, 2007, Technical reports, Ecological footprint analysis methodology, What is an ecological footprint?
<http://www.steppingforward.org.uk/tech/footprint.htm> hämtad 2007-08-30

Svensk Fjärrvärme, 2007, Om fjärrkyla
www.svenskfjarrvarme.se hämtad 2007-07-03

van den Bergh J.C.J.M & Verbruggen H., 1999, *Spatial sustainability, trade and indicators; an evaluation of the 'ecological footprint'*, Ecological Economics 29 (1999) 61-72

WWF, 2006, *Living Planet Report 2006*, Gland, Schweiz

Appendix A - Miljödata för Göteborg Energis produktion

- A1. Omvandlingsfaktorer
- A2. Fjärrvärme
- A3. Färdig värme
- A4. Kyla
- A5. Elproduktion
- A6. Bebyggd area
- A7. Använd el i kontorslokaler
- A8. Drivmedel i bil

A1. Omvandlingsfaktorer

Omvandlingsfaktorer¹

1 kWh	3,6 MJ
1 MJ	0,28 kWh
1 ha	10 000 m ²

Tabell A1.1 visar energiinnehållet samt densiteten för bränslen använda i Göteborg Energis produktion.

Tabell A1.1 Effektivt värmevärde och densitet för olika bränslen. För flis och pellets är det angivna värdet energiinnehållet vid aktuell fukthalt.²

Bränsle	Energiinnehåll (MJ/kg)	Densitet (kg/m ³)
Eldningsolja1	42,7	840
Naturgas	51,9	0,75
Pellets	16,8	-
Flis	7,9	-
Bioolja	37,8	910

Energiinnehållet för bränsle som används i bil presenteras i Tabell A1.2.

Tabell A1.2 Energiinnehåll för bränslen i bil.³

Bränsle	Energiinnehåll	
	11,1 kWh/Nm ³	39,96 MJ/Nm ³
Gas	8,8 kWh/dm ³	31,68 MJ/dm ³
Bensin	9,8 kWh/dm ³	35,28 MJ/dm ³
Diesel		

¹ Energimyndigheten, 2006a; Nationalencyklopedin, 2007a

² Almemark et al., 2001; Norén, 1994

³ Göteborg Energi, 2006o

A2. Fjärrvärme

Från fjärrvärmeverken levererades runt 3 644 GWh värme under år 2006. Stora delar av värmen bestod av spillvärme. Använt bränsle för egen produktion åskådliggörs i Tabell A2.1.

Tabell A2.1 Bränslemängd för fjärrvärmeproduktionen år 2006¹

Bränsle	Använd mängd	Använd mängd, MJ
Olja (Eo1)	2806 m ³	100 659 919
Naturgas	57 691,074 kNm ³	2 245 619 056
Pellets	43 071 ton	723 592 800
Flis	126 991 ton	1 066 724 440
Bioolja	9 828 m ³	338 063 544
Elenergi	129 478 MWh	466 120 800

I vissa verk produceras både el och värme. Här antas att de båda bränslena fördelas genom mängden producerad energi för respektive energislag. Allokeringen berör endast Högsbo Kraftvärmeverk, Rosenlundverket och Rya kraftvärmeverk. Tabell A2.2 visar bränslen allokerad mellan el respektive värme.

Tabell A2.2 Allokering av bränslen mellan el och värme.

	Högsbo Kraftvärmeverk	Rosenlundverket	Rya Kraftvärmeverk
Avgiven energi (GWh):			
Värme	38,4	334	59
El	33,9	82	50
Bränsle (MJ):			
Olja till värme	-	67 195 075,3	-
Olja till el	-	16 484 968,7	-
Naturgas till värme	171 657 498,4	1 157 750 946	230 358 111,1
Naturgas till el	151 614 626,6	284 031 054	195 442 463,9

Nedan beskrivs miljöpåverkan för använda bränslen i ett livscykelperspektiv. I beräkningarna inkluderas både påverkan från produktion, distribution och förbränning. För omräkning till MJ används bränslenas energiinnehåll som presenteras i Tabell A1.1 i Appendix A1.

A2.1 Olja

För fjärrvärmeproduktionen användes år 2006 olja till en mängd av runt 100 659 919 MJ. I Tabell A2.1.1 visas miljöpåverkan från denna mängd bränsle. I produktionen används både eldningsolja 1 och eldningsolja 5. Då tillförlitlig data för eldningsolja 5 saknas antas all olja vara eldningsolja 1. Transporterna finns inkluderade i produktion och distribution.

¹ Göteborg Energi AB, 2006b-n

Tabell A2.1.1 Miljöpåverkan för oljas livscykel samt påverkan för Göteborg Energis användning av bränslet i produktionen av fjärrvärme år 2006.

Utsläpp till luft	Produktion och distribution av Olja (mg/MJ) ¹	Användning i fjärrvärmeverk (mg/MJ) ²	Total miljöpåverkan från användningen av olja i produktionen av fjärrvärme (ton)
CO ₂	5900	76 000	8 244,05
NO _x	25	98	12,38
SO _x	10	180	19,13
CO	2,7	15	1,78
N ₂ O	0,04	0,50	0,05
CH ₄	3,4	0,50	0,17
NMVOC	3,6	3,0	0,66
NH ₃	0,00017	0,60	0,06
Stoft	1,5	-	0,15
HCl	0,0057	-	5,74·10 ⁻⁴
CFC/HCFC	7,6·10 ⁻⁷	-	7,65·10 ⁻⁸
CHCl ₃	2,7·10 ⁻⁸	-	2,72·10 ⁻⁹
H ₂ SO ₄	7,6·10 ⁻⁷	-	7,65·10 ⁻⁸
HC	7,3	-	0,73
HCFC-22	0,00033	-	3,32·10 ⁻⁵
HF	0,0050	-	5,03·10 ⁻⁴
HFC-134a	0,00012	-	1,21·10 ⁻⁵
VOC	1,3	-	0,13

A2.2 Naturgas

För fjärrvärmeproduktionen användes runt 2 245 619 056 MJ naturgas under år 2006. I Tabell A2.2.1 visas miljöpåverkan från denna mängd bränsle. Transporterna är inkluderade i produktion och distribution.

¹ Almemark et al., 2001

² Ibid.

Tabell A2.2.1 Miljöpåverkan för naturgas livscykel samt påverkan för Göteborg Energis användning av bränslet i produktionen av fjärrvärme år 2006.

Utsläpp till luft	Produktion och distribution Norsk naturgas 2005 (mg/MJ) ¹	Användning i fjärrvärmeverk Norsk naturgas 2005 (mg/MJ) ²	Total miljöpåverkan från användningen av naturgas i produktionen av fjärrvärme (ton)
CO ₂	2600	56 000	131 593,28
NO _x	4,3	49	119,69
SO _x	0,59	0,0	1,32
CO	0,63	10	23,87
N ₂ O	0,0083	0,50	1,14
CH ₄	2,1	0,10	4,94
NMVOC	0,11	1,0	2,49
Stoft	0,15	-	0,34
HCl	0,0042	-	0,01

A2.3 Pellets

I fjärrvärmeverken användes 43 071 ton pellets år 2006, vilket motsvarar 723 592 800 MJ. Miljöpåverkan för produktion, distribution och transport från Kanada av denna mängd pellets ses i Tabell A2.3.1 nedan. Den pellets som används av Göteborg Energi kommer från västra Kanada och transporten antas ske med båt. I företagets miljövarudeklaration har avståndet satts till 1400 mil, vilket den därför också görs i denna studie. Då sträckan är grovt skattad räknas de sju sista milen med lastbil in i båttransporten. I data för transporten inkluderas påverkan för framställning av båtbränslet.

Tabell A2.3.1 Miljöpåverkan för pellets livscykel samt påverkan för Göteborg Energis användning av bränslet i produktionen av fjärrvärme år 2006.

Utsläpp till luft	Produktion och distribution av pellets (mg/MJ) ³	Användning av pellets i stort fjärrvärmeverk (mg/MJ) ⁴	Båttransport av pellets från västra Kanada till Göteborg, stort fartyg (mg/t km) ⁵	Total påverkan från användningen av pellets i produktionen av färdig värme (ton)
CO ₂	1221	0,0	22 000	14 149,37
NO _x	44	52	540	1 209,12
SO _x	0,60	40	-	29,38
CO	52	300	25	269,78
N ₂ O	0,84	5,0	-	4,23

¹ Almemark et al., 2001

² Ibid.

³ Ibid.

⁴ Ibid.

⁵ Baumann & Tillman 2004

CH ₄	17	5,0	-	15,92
NMVOC	-	20	-	14,47
Stoft	3,6	-	-	2,61
NH ₃	0,84	2,5	-	2,42
SO ₂	-	-	360	217,08
HC	-	-	18	10,85
Partiklar	-	-	20	12,06

A2.4 Flis

Flisen består framförallt av grot och stamved och benämns som skogsbränsle.¹ År 2006 användes 126 991 ton flis i produktionen av fjärrvärme.² Detta motsvarar 1 066 724 440 MJ. I Tabell A2.4.1 nedan visas miljöpåverkan från produktion och distribution av flis. Flisen har en fukthalt på runt 50 procent. Flisen hämtas från närområdet med en maxradie på 10 mil.³ I beräkningarna används denna maxdistans som sträcka för distribution av flis. Transporterna antas ske med medelstor lastbil av klassen Euro 2. I data för transporterna inkluderas påverkan från framställning av transportbränslet.

Tabell A2.4.1 Miljöpåverkan från flis livscykel samt påverkan för Göteborg Energis användning av bränslet i produktionen av fjärrvärme år 2006.

Utsläpp till luft	Produktion och distribution av skogsbränsle (mg/MJ) ⁴	Användning av skogsbränsle i stort fjärrvärmeverk (mg/MJ) ⁵	Lastbils-transport av flis (mg/t km) ⁶	Total påverkan från användningen av flis i produktionen av fjärrvärme (ton)
CO ₂	1221	0,0	136 000	3 029,55
NO _x	44	52	1 200	117,60
SO _x	0,60	40	-	43,31
CO	52	300	-	377,14
N ₂ O	0,84	5,0	-	6,23
CH ₄	17	5,0	-	23,47
NMVOC	-	20	-	21,33
Stoft	3,6	-	-	3,84
NH ₃	0,84	2,5	-	3,56
HC	-	-	120	1,52
Partiklar	-	-	19	0,24
SO ₂	-	-	34	0,43
tot-N	0,0035	-	-	0,004

¹ Pettersson, 2007

² Göteborg Energi AB, 2007m

³ Pettersson, 2007

⁴ Almemark et al., 2001

⁵ Ibid.

⁶ Baumann & Tillman, 2004

A2.5 Bioolja

År 2006 användes 8973 ton bioolja i produktionen av fjärrvärme.¹ Biooljan är en industriell biprodukt från biodieseltillverkningen och miljöpåverkan från dess tillverkning kommer inte inkluderas i studien. Däremot kommer miljöpåverkan från förbränning samt transporter för att leverera oljan att inkluderas. På grund av bristande data beräknas utsläppen från förbränningen av oljan vara lika stora som för förbränningen av skogsbränsle. Biooljan levereras från Kalmar till Göteborg med lastbil runt 350 kilometer.² Transporterna antas ske med medelstor lastbil av klassen Euro 2. För emissioner från bioolja se Tabell A2.5.1.

Tabell A2.5.1 Miljöpåverkan från förbränning och transport av bioolja samt den totala miljöpåverkan från Göteborg Energis användning av bränslet i produktionen av fjärrvärme år 2006.

Utsläpp till luft	Förbränning av bioolja (skogsbränsle) i stort fjärrvärmeverk (mg/MJ) ³	Lastbilstransport av bioolja från Kalmar till Göteborg (mg/t km) ⁴	Total påverkan för användning av skogsbränsle i produktionen av fjärrvärme (ton)
CO ₂	0,0	136 000	427,11
NO _x	52	1 200	21,35
CO	300	130	101,83
SO ₂	-	34	0,11
HC	-	120	0,38
Partiklar	-	19	0,06
SO _x	40	-	13,52
N ₂ O	5,0	-	1,69
CH ₄	5,0	-	1,69
NMVOC	20	-	6,76
NH ₃	2,5	-	0,85

A2.6 Elenergi

År 2006 användes 466 120 800 MJ elenergi i fjärrvärmeproduktionen på Göteborg Energi.⁵ Elenergin beräknas som marginalet och livscykeldata för kol används i beräkningarna. Den totala påverkan från elenergin ses i Tabell A2.6.1.

¹ Göteborg Energi AB, 2007m

² Johansson, 2007

³ Almemark et al., 2001

⁴ Baumann & Tillman, 2004

⁵ Göteborg Energi AB, 2007k

Tabell A2.6.1 Miljöpåverkan för kols livscykel samt påverkan för Göteborg Energis användning av bränslet i produktionen av fjärrvärme år 2006.

Utsläpp till luft	Produktion och distribution Kol (mg/MJ) ¹	Användning kraftverk (mg/MJ) ²	Total påverkan från användning av elenergi i produktionen av fjärrvärme (ton)
CO ₂	3200	91 000	43 908,58
NO _x	13	30	20,04
SO _x	20	50	32,62
CO	0,59	40	18,92
N ₂ O	-	1,5	0,70
CH ₄	1100	0,50	512,97
NMVOC	-	2,0	0,93
Stoft	26	-	12,12
NH ₃	-	2,4	1,12

A2.7 Total påverkan för fjärrvärmeproduktionen

I Tabell A2.7.1 visas den totala påverkan för fjärrvärmeproduktionen. Här inkluderas både produktion, distribution, transporter samt förbränning av bränslen.

Tabell A2.7.1 Total miljöpåverkan för fjärrvärmeproduktionen.

Utsläpp till luft	Total miljöpåverkan för hela fjärrvärmeproduktionen (ton)
CO ₂	201 351,93
NO _x	1 500,18
SO _x	139,28
CO	793,32
NH ₃	8,01
Stoft	19,06
NMVOC	46,65
N ₂ O	14,04
CH ₄	558,92
HCl	0,010
CFC/HCFC	$7,65 \cdot 10^{-8}$
CHCl ₃	$2,72 \cdot 10^{-9}$
H ₂ SO ₄	$7,65 \cdot 10^{-8}$
HC	13,49
HCFC-22	$3,32 \cdot 10^{-5}$
HF	$5,03 \cdot 10^{-4}$
HFC-134a	$1,21 \cdot 10^{-5}$
VOC	0,13
SO ₂	217,62
Partiklar	12,36
tot-N	0,004

¹ Almemark et al., 2001

² Ibid.

A3. Färdig värme

Vid produktion av färdig värme används naturgas, olja och pellets som bränsle. Även en viss mängd elenergi konsumeras. I Tabell A3.1 nedan visas mängden använt bränsle under år 2006. Därefter presenteras miljöpåverkan för respektive bränsle. Livscykeldata som används är hämtad från IVLs rapport *Miljöfaktabok för bränslen*.

Tabell A3.1 Bränslemängd för produktion av färdig värme år 2006

Bränsle	Använd mängd, MWh	Använd mängd, MJ
Olja	5 763	20 745 000
Naturgas	25 595	92 141 280
Pellets	30 619	110 228 760
Elenergi	549	1 976 922
Summa	62 526	225 091 962

A3.1 Olja

I Tabell A3.1.1 nedan visas livscykeldata för produktion och distribution samt användning av olja i fjärrvärmeverk. Även den totala påverkan för användning av 20 745 000 MJ olja i Göteborg Energis produktion av färdig värme under 2006 presenteras i tabellen. I produktion och distribution är transportererna inkluderade.

Tabell A3.1.1 Miljöpåverkan för oljas livscykel samt påverkan för Göteborg Energis användning av bränslet i produktionen av färdig värme år 2006.

Utläpp till luft	Produktion och distribution av Olja (mg/MJ) ¹	Användning av olja i Fjärrvärmeverk (mg/MJ) ²	Total påverkan från användningen av olja i produktion av färdig värme (ton)
CO ₂	5900	76000	1 699,02
NO _x	25	98	2,55
SO _x	10	180	3,94
CO	2,7	15	0,367
N ₂ O	0,044	0,50	0,01
CH ₄	3,4	0,50	0,04
NM VOC	3,6	3,0	0,14
NH ₃	0,00017	0,60	0,01
Stoft	1,5	-	0,03
HCl	0,0057	-	1,18·10 ⁻⁴
CFC/HCFC	7,6·10 ⁻⁷	-	1,58·10 ⁻⁸
CHCl ₃	2,7·10 ⁻⁸	-	5,60·10 ⁻¹⁰
H ₂ SO ₄	7,6·10 ⁻⁷	-	1,58·10 ⁻⁸
HC	7,3	-	0,15
HCFC-22	0,00033	-	6,85·10 ⁻⁶
HF	0,0050	-	1,04·10 ⁻⁴
HFC-134a	0,00012	-	2,49·10 ⁻⁶
VOC	1,3	-	0,03

¹ Almemark et al., 2001

² Ibid.

A3.2 Naturgas

Under år 2006 användes 92 141 280 MJ naturgas i Göteborg Energis produktion av färdig värme. Den totala påverkan för denna naturgas presenteras i Tabell A3.2.1 nedan tillsammans med livscykeldata för produktion, distribution och förbränning. I produktion och distribution är transportererna inräknade.

Tabell A3.2.1 Miljöpåverkan för naturgas livscykel samt påverkan för Göteborg Energis användning av bränslet i produktionen av färdig värme år 2006.

Utsläpp till luft	Produktion och distribution Norsk naturgas 2005 (mg/MJ) ¹	Användning i värmeverk Norsk naturgas 2005 (mg/MJ) ²	Total miljöpåverkan från användningen av naturgas i produktionen av färdig värme (ton)
CO ₂	2600	56000	5 399,48
NO _x	4,3	49	4,91
SO _x	0,59	0,0	0,05
CO	0,63	10	0,98
N ₂ O	0,0083	0,50	0,05
CH ₄	2,1	0,10	0,20
NMVOC	0,11	1,0	0,01
Stoft	0,15	-	0,01
HCl	0,0042	-	3,87·10 ⁻⁴

A3.3 Pellets

Under år 2006 användes 6561 ton pellets i produktionen av färdig värme. Detta motsvarar runt 110 228 760 MJ. Miljöpåverkan för detta bränsle ses i Tabell A3.3.1 nedan. Båttransporten från Kanada har fastställts till 1400 mil, se A2.3.

Tabell A3.3.1 Miljöpåverkan från pellets livscykel samt påverkan för Göteborg Energis användning av bränslet i produktionen av färdig värme år 2006.

Utsläpp till luft	Produktion och distribution av pellets (mg/MJ) ³	Användning av pellets i stort fjärrvärmeverk (mg/MJ) ⁴	Båttransport av pellets från västra Kanada till Göteborg, stort fartyg (mg/t km) ⁵	Total påverkan för användning av pellets i produktionen av färdig värme (ton)
CO ₂	1221	0,0	22 000	2 155,45
NO _x	44	52	540	60,18
SO _x	0,60	40	-	4,48
CO	52	300	25	41,10
N ₂ O	0,84	5,0	-	0,64
CH ₄	17	5,0	-	2,43
NMVOC	-	20	-	2,20

¹ Almemark et al. 2001

² Ibid.

³ Ibid.

⁴ Ibid.

⁵ Baumann & Tillman 2004

Stoft	3,6	-	-	0,40
NH ₃	0,84	2,5	-	0,37
SO ₂	-	-	360	33,07
HC	-	-	18	1,65
Partiklar	-	-	20	1,84

A3.4 Elenergi

För färdig värme används en liten mängd elenergi till processerna. År 2006 användes runt 1 976 922 MJ elenergi för produktionen. Elenergin beräknas som marginalel och presenteras i Tabell A3.4.1 nedan.

Tabell A3.4.1 Miljöpåverkan för kols livscykel samt påverkan för Göteborg Energis användning av bränslet i produktionen av färdig värme år 2006.

Utsläpp till luft	Produktion och distribution Kol (mg/MJ) ¹	Användning kraftverk (mg/MJ) ²	Total påverkan från användning av elenergi i produktionen av färdig värme (ton)
CO ₂	3200	91 000	186,23
NO _x	13	30	0,09
SO _x	20	50	0,14
CO	0,59	40	0,08
N ₂ O	-	1,5	0,03
CH ₄	1100	0,50	2,18
NMVOC	-	2,0	0,004
Stoft	26	-	0,05
NH ₃	-	2,4	0,005

A3.5 Total påverkan för produktionen av färdig värme

I Tabell A3.5.1 presenteras den totala påverkan för produktionen av färdig värme.

Tabell A3.5.1 Den totala miljöpåverkan från hela produktionen av färdig värme.

Utsläpp till luft	Total miljöpåverkan för hela produktionen av färdig värme (ton)
CO ₂	9 440,17
NO _x	67,74
SO _x	8,61
CO	42,52
N ₂ O	0,73
NH ₃	0,38
Stoft	0,05
NMVOC	2,36
CH ₄	4,84
HCl	$5,05 \cdot 10^{-4}$
CFC/HCFC	$1,58 \cdot 10^{-8}$

¹ Almemark et al., 2001

² Ibid.

CHCl ₃	5,60·10 ⁻¹⁰
H ₂ SO ₄	1,58·10 ⁻⁸
HC	1,80
HCFC-22	6,85·10 ⁻⁶
HF	1,04·10 ⁻⁴
HFC-134a	2,49·10 ⁻⁶
VOC	0,03
SO ₂	33,07
Partiklar	1,84

A4. Kyla

Vid produktion av kyla används elenergi. I Tabell A4.1 nedan visas mängden använd el samt levererad kyla under år 2006.

Tabell A4.1 Produktionsanläggningarna för kyla år 2006¹

Produktionsanläggningar för kyla, 2006	
Levererad kyla, MWh kyla	50 617
Elförbrukning, MWh el	7 877, 85

A4.1 Elenergi

Elenergin beräknas som marginalet och livscykeldata för kol har därmed används. År 2006 använd sig Göteborg Energi av 28 360 245 MJ elenergi i produktionen av kyla. I Tabell A4.1.1 visas miljöpåverkan för produktion, distribution samt användning i kraftverk.

Tabell A4.1.1 Miljöpåverkan från bränslecykeln för kol samt påverkan för Göteborg Energis användning av bränslet i produktionen av kyla år 2006.

Utsläpp till luft	Produktion och distribution Kol (mg/MJ) ²	Användning kraftverk (mg/MJ) ³	Total miljöpåverkan för Göteborg Energis produktion av kyla under år 2006 (ton)
CO ₂	3200	91 000	2671,53
NO _x	13	30	1,22
SO _x	20	50	1,99
CO	0,59	40	1,15
N ₂ O	-	1,5	0,04
CH ₄	1100	0,50	31,21
NMVOC	-	2,0	0,57
Stoft	26	-	0,74
NH ₃	-	2,4	0,07

¹ Ericsson 2007

² Almemark et al., 2001

³ Ibid.

A5. Elproduktion

I produktionen av el används olja och naturgas i kraftvärmeverk. El produceras även genom vindkraft. Använt bränsle i kraftvärmeverk presenteras i Tabell A5.1 Den utförda allokeringen mellan el och värme beskrivs i A2.

Tabell A5.1 Använd mängd bränsle för produktionen av el under år 2006.

Använd mängd bränsle	MWh	MJ
Olja	4 579,158	16 484 968,7
Naturgas	175 303,929	631 094 144,5

A5.1 El från vindkraftverk

Under år 2006 genererades 7774 MWh el till Göteborg Energi från vindkraft. Detta motsvarar 27 886 400 MJ. I Tabell A5.1.1 nedan presenteras utsläppsmängder per MJ för vindkrafts livscykel.

Tabell A5.1.1 Miljöpåverkan för produktion och distribution av vindkraft samt påverkan från produktion och distribution av den vindkraft som produceras av Göteborg Energi år 2006.

Utsläpp till luft	Utsläpp för produktion och distribution (mg/MJ) ¹	Göteborg Energis påverkan från vindkraft under år 2006 (ton)
CO ₂	1800	50,38
NO _x	5,0	0,14
SO _x	4,2	0,12
CO	14	0,39
N ₂ O	0,008	2,24·10 ⁻⁴
CH ₄	1,8	0,05
NMVOC	1,2	0,03
Partiklar	1,4	0,04
NH ₃	0,002	5,60·10 ⁻⁴
Utsläpp till vatten		
COD	0,61	0,02
Tot-N ²	0,12	0,003
Tot-P	0,0005	1,39·10 ⁻⁵

¹ Almemark et al., 2001

A5.2 El från kraftvärmeverk - olja

År 2006 användes runt 16 484 968,7 MJ olja för produktion av el. Miljöpåverkan för denna olja ses i Tabell A5.2.1.

Tabell A5.2.1 Miljöpåverkan för oljas livscykel samt för Göteborg Energis användningen av bränslet i sin produktion av el under år 2006.

Utsläpp till luft	Produktion och distribution av Olja (mg/MJ) ¹	Användning av olja i Fjärrvärmeverk (mg/MJ) ²	Total påverkan från användningen av olja vid produktion av el (ton)
CO ₂	5900	76 000	1 350,12
NO _x	25	98	0,02
SO _x	10	180	3,13
CO	2,7	15	0,29
N ₂ O	0,044	0,50	0,01
CH ₄	3,4	0,50	0,06
NMVOC	3,6	3,0	0,11
NH ₃	0,00017	0,60	0,01
Stoft	1,5	-	0,02
HCl	0,0057	-	9,40·10 ⁻⁵
CFC/HCFC	7,6·10 ⁻⁷	-	1,25·10 ⁻⁸
CHCl ₃	2,7·10 ⁻⁸	-	4,45·10 ⁻¹⁰
H ₂ SO ₄	7,6·10 ⁻⁷	-	1,25·10 ⁻⁸
HC	7,3	-	0,12
HCFC-22	0,00033	-	5,44·10 ⁻⁶
HF	0,0050	-	8,24·10 ⁻⁵
HFC-134a	0,00012	-	1,98·10 ⁻⁶
VOC	1,3	-	0,02

A5.3 El från kraftvärmeverk - naturgas

År 2006 användes 631 094 144,5 MJ naturgas till elproduktion. Miljöpåverkan för detta bränsle ses i Tabell A5.3.1.

Tabell A5.3.1 Miljöpåverkan för naturgas livscykel samt för Göteborg Energis användningen av bränslet i sin produktion av el under år 2006.

Utsläpp till luft	Produktion och distribution Norsk naturgas 2005 (mg/MJ) ³	Användning i värmeverk Norsk naturgas 2005 (mg/MJ) ⁴	Miljöpåverkan från användning av naturgas i produktionen av el (ton)
CO ₂	2 600	56 000	36 982,12
NO _x	4,3	49	33,64
SO _x	0,59	0,0	0,37
CO	0,63	10	6,71
N ₂ O	0,0083	0,50	0,32

¹ Almemark et al., 2001

² Ibid.

³ Ibid.

⁴ Ibid.

CH ₄	2,1	0,10	0,13
NMVOC	0,11	1,0	0,70
Stoft	0,15	-	0,09
HCl	0,0042	-	0,003

A5.4 Total påverkan från elproduktionen

Den totala påverkan från 2006 år produktion av el beskrivs i Tabell A5.4.1.

Tabell A5.4.1 Total miljöpåverkan från Göteborg Energis produktion av el under år 2006.

Utsläpp till luft	Total miljöpåverkan för hela produktionen av el år 2006 (ton)
CO ₂	38 382,61
NO _x	33,79
SO _x	3,62
CO	7,39
N ₂ O	0,33
NH ₃	0,01
Stoft	0,12
NMVOC	0,84
CH ₄	0,25
HCl	0,003
CFC/HCFC	$1,25 \cdot 10^{-8}$
CHCl ₃	$4,45 \cdot 10^{-10}$
H ₂ SO ₄	$1,25 \cdot 10^{-8}$
HC	0,12
HCFC-22	$5,44 \cdot 10^{-6}$
HF	$8,24 \cdot 10^{-5}$
HFC-134a	0,02
VOC	0,02
Partiklar	0,04
Utsläpp till vatten	
COD	0,02
Tot-N ²	0,003
Tot-P	$1,39 \cdot 10^{-5}$

A6. Bebyggd area

Den totala markytan som Göteborg Energis lokaler och anläggningar upptar är runt 773 396 m².¹ Detta motsvarar 77 ha.

A7. Energianvändning i kontorslokaler

Använd elenergi i kontorslokaler uppgick till 9582 MWh vilket motsvarar 34 495 560 MJ. Miljöpåverkan från denna elanvändning presenteras i Tabell A7.1 nedan.

¹ Ekström, 2007

Tabell A7.1 Miljöpåverkan från kols livscykel samt för Göteborg Energis användning bränslet för min energianvändning i kontorslokaler under år 2006.

Utsläpp till luft	Produktion och distribution Kol (mg/MJ) ¹	Användning kraftverk (mg/MJ) ²	Total påverkan från energianvändning i kontorslokaler (ton)
CO ₂	3200	91 000	3249,48
NO _x	13	30	1,48
SO _x	20	50	2,41
CO	0,59	40	1,40
N ₂ O	-	1,5	0,05
CH ₄	1100	0,50	37,96
NMVOC	-	2,0	0,07
Stoft	26	-	0,90
NH ₃	-	2,4	0,08

A8. Drivmedel i bil

Göteborg Energi använder både bensen, naturgas och dielse som bränsle i sina bilar. Den totala bränslekonsumtionen under 2006 visas i Tabell A8.1 nedan.

Tabell A8.1 Bränslekonsumtion för Göteborg Energis bilar under år 2006³

Bränslekonsumtion för bil under år 2006	
Bensin, l	94 629,68
Naturgas, kNm ³	207 022,10
Diesel, l	12 696,16

Tabell A8.2 visar det konsumerade bränslet i MJ.

Tabell A8.2 Total konsumtion av drivmedel i bil på Göteborg Energi under 2006

Bränslekonsumtion 2006	MJ
Bensin	2 997 868,26
Naturgas	8 272 603,10
Diesel	447 920,50
Totalt	11 718 391,86

A8.1 Bensin

År 2006 användes 2 997 868 MJ bensin som drivmedel i Göteborg Energis bilar. Miljöpåverkan för användningen av bensin som drivmedel under år 2006 visas i Tabell A8.1.1.

¹ Almemark et al. 2001

² Ibid.

³ Göteborg Energi 2006o

Tabell A8.1.1 Miljöpåverkan från bränslecykeln för bensin samt påverkan för Göteborg Energis användning av bränslet under år 2006.

Utsläpp till luft	Produktion och distribution Bensin (mg/MJ) ¹	Användning av lätta fordon Bensin (mg/MJ) ²	Total miljöpåverkan från användningen av bensin i bil (ton)
CO ₂	5300	74 000	231,74
NO _x	33	35	0,20
SO _x	21	9,2	0,09
CO	2,0	180	0,55
N ₂ O	0,0	20	0,06
CH ₄	2,0	7,0	0,03
NMVOC	41	28	0,21
Partiklar	1,0	3,5	0,01

A8.2 Naturgas

År 2006 användes 8 272 603 MJ naturgas som bränsle i bil. Miljöpåverkan från denna användning visas i Tabell A8.2.1 nedan.

Tabell A8.2.1 Miljöpåverkan från bränslecykeln för naturgas samt påverkan för Göteborg Energis användning av bränslet under år 2006.

Utsläpp till luft	Produktion och distribution Norsk naturgas 2005 (mg/MJ) ³	Användning av lätta fordon Norsk naturgas (mg/MJ) ⁴	Total miljöpåverkan från användningen av naturgas i bil (ton)
CO ₂	2600	52 000	451,68
NO _x	4,3	28	0,03
SO _x	0,59	-	0,005
CO	0,63	35	0,29
N ₂ O	0,0083	-	6,87·10 ⁻⁵

A8.3 Diesel

År 2006 användes runt 447 920 MJ diesel som drivmedel i Göteborg Energis bilar. Miljöpåverkan för användningen av diesel under år 2006 visas i Tabell A8.3.1.

¹ Almemark et al. 2001

² Ibid.

³ Ibid.

⁴ Ibid.

Tabell A8.3.1 Miljöpåverkan från bränslecykeln för diesel samt påverkan för Göteborg Energi år 2006.

Utsläpp till luft	Produktion och distribution Diesel (mg/MJ) ¹	Användning av lätta fordon Diesel (mg/MJ) ²	Miljöpåverkan från användningen av diesel i bil (ton)
CO ₂	3500	74 000	34,71
NO _x	31	250	0,12
SO _x	19	0,48	0,01
CO	2,0	160	0,07
N ₂ O	0,0	4,0	0,002
CH ₄	2,0	2,0	0,02
NMVOC	33	21	0,02
Partiklar	1,0	25	0,01

A8.4 Total påverkan från bränsle i bil

Total miljöpåverkan under år 2006 för Göteborg Energis bilar visas i Tabell A8.4.1 nedan.

Tabell A8.4.1 Total miljöpåverkan från användning av drivmedel till bil under år 2006

Utsläpp till luft	Göteborg Energis påverkan 2006 Bensin (ton)	Göteborg Energis påverkan 2006 Diesel (ton)	Göteborg Energis påverkan 2006 Naturgas (ton)	Total miljöpåverkan från drivmedel i bil under år 2006 (ton)
CO ₂	231,74	34,71	451,68	718,13
NO _x	0,20	0,12	0,03	0,35
SO _x	0,09	0,01	0,005	0,10
CO	0,55	0,07	0,29	0,91
N ₂ O	0,06	0,002	$6,87 \cdot 10^{-5}$	0,06
CH ₄	0,03	0,002	0,02	0,05
NMVOC	0,21	0,02	0,15	0,38
Partiklar	0,01	0,01	-	0,03
Stoft	-	-	0,02	0,02
HCl	-	-	$3,47 \cdot 10^{-5}$	$3,47 \cdot 10^{-5}$

¹ Almemark et al., 2001

² Ibid.

Appendix B - Beräkning av Göteborg Energis ekologiska fotavtryck

- B1. Allmänna faktorer för ekologiskt fotavtryck
- B2. Fjärrvärme
- B3. Färdig värme
- B4. Kyla
- B5. Elproduktion
- B6. Bebyggd area
- B7. Använd el i kontorslokaler
- B8. Drivmedel i bil
- B9. Totalt fotavtryck

B1. Allmänna faktorer för ekologiska fotavtryck

I Appendix B presenteras inledningsvis viktiga beräkningsfaktorer för ekologiska fotavtryck. Därefter följer beräkningar av fotavtryck för respektive verksamhetsområde. Endast fotavtryck för användningen av fossila bränslen och bebyggd area kommer att beräknas, då det enbart är dessa två delarna av produktionen som berörs i de etablerade modellerna. Fotavtrycken kommer att presenteras på tre olika sätt:

- då de fossila bränslena beräknas genom assimilering av koldioxid i skog,
- då de beräknas genom substitution till biobränslet ved
- då de substitueras till biobränslet Salix.

För de tre presenterade fotavtrycken kommer även övriga fotavtryck att vara inkluderade.

Tabell B1.1 Omvandlingsfaktorer mellan olika enheter¹

Till	ton TS	MWh
Från		
ton TS	-	4,9
MWh	0,21	-

I Tabell B1.2 presenteras avverkningsmängder för rundvirke. Den summerade mängden presenteras även i Tabell B1.3 tillsammans med avkastningen för Salix. Omloppstiden för den skog som avverkas till rundvirke antas vara 80 år. Avverkningsmängderna används då fossila bränslen omräknas till ekologiskt fotavtryck genom substitution till biobränslena ved och Salix.

Tabell B1.2 Avverkningsmängder för rundvirke²

Avverkning	Göteborg/Bohus (Ton Ts/ha, år)	Praktiskt uttag (procent av total avverkning)	Totalt uttag (Ton Ts/ha, år)
Föryngringsavverkning rundvirke	1,49	90	1,34
Gallring, rundvirke	0,38	95	0,36
Summa, rundvirke	1,87	-	1,7

Tabell B1.3 Avverkningsmängd per hektar och år i Göteborg/Bohus³

Avkastning	Ton Ts/ha, år	MWh/ha, år
Rundvirke	1,70	8,31
Salix	-	50

Tabell B1.4 visar den assimilerande förmågan för skog per hektar och år.

¹ Kretsloppsdelegationen, 1998

² Edlund, 2007

³ Edlund, 2007; Statens offentliga utredningar, 2007

Tabell B1.4 Assimilerande förmåga för skog.¹

Markkategori	Assimilerande förmåga Ton CO ₂ /ha, år
Skog	5,208

Avkastningsfaktorer för olika markkategorier åskådliggörs i Tabell B1.5.

Tabell B1.5 Avkastningsfaktorer för olika markkategorier²

Avkastningsfaktorer	(-)
Åkermark (primär)	1,6
Åkermark (marginell)	1,6
Betesmark	7,7
Skog	2,1
Bebyggt	1,6
Energiareal (skog)	2,1
Fiskevatten	1

Ekvivalensfaktorer för olika markkategorier visas i Tabell B1.6.

Tabell B1.6 Ekvivalensfaktorer för olika markkategorier³

Ekvivalensfaktorer	gha/ha
Åkermark (primär)	2,21
Åkermark (marginell)	1,79
Betesmark	0,49
Skog	1,34
Bebyggt	2,21
Energiareal (skog)	1,34
Fiskevatten	0,39

Ekvationer för beräkning av ekologiskt fotavtryck

Grundläggande ekvation

$$EF = A_{mk} \cdot F_{ekv} \cdot F_{avk} \quad (1)$$

EF = ekologiskt fotavtryck (gha)

A_{mk} = Area för markkategorin (ha)

F_{ekv} = Ekvivalensfaktor för markkategorin (gha/ha)

F_{avk} = avkastningsfaktor för markkategorin (-)

Bioenergi

¹ Chambers et al, 2000

² Boverket & Naturvårdsverket, 2000

³ WWF, 2006

Beräkningar för primära produkter:¹

$$EF = F_{ekv} \cdot A_{prod} \cdot F_{avk} \quad (2)$$

A_{prod} = Produktionsarea för markkategorin (ha)

$$A_{prod} (ha) = \frac{\text{använd bioenergi (MWh)}}{\text{avkastning för markkategorin (MWh / ha, år)}} \quad (3)$$

Beräkningar för sekundära produkter:²

$$EF = F_{ekv} \cdot F_{avk} \cdot \frac{A_{prod}}{\text{verkningsgrad}} \quad (4)$$

Bebyggd mark

$$EF = A_{bebyggd} \cdot F_{ekv} \cdot F_{avk} \quad (5)$$

$A_{bebyggd}$ = bebyggd area (ha)

Fossila bränslen

Genom assimilering av koldioxid:

$$EF = \text{Koldioxidemission (ton)} \cdot \frac{(1 - \text{koldioxid assimilerad i havet})}{A_{assimilerande}} \cdot F_{ekv} \quad (6)$$

$A_{assimilerande}$ = Assimilerande bioproduktiv area (ton/ha, år)

Genom substitution till biobränsle:

$$EF = F_{ekv} \cdot F_{avk} \cdot \frac{\text{använd energi (MWh)}}{\text{avkastning för rundvirke (MWh / ha, år)}} \quad (7)$$

¹ Deumling et al., 2004

² Ibid.

B2. Fjärrvärme

I Tabell B2.1 visas det uträknade ekologiska fotavtrycket för fjärrvärmeproduktionen. Då markanvändningen för uttag av flis, pellets och bioolja exkluderas kommer fotavtrycket endast bero på fossila bränslen. Fotavtrycken beräknas genom ekvation 6 och 7.

Tabell B2.1 Fotavtryck för de fossila bränslena i produktionen av fjärrvärme.

Emissioner från fjärrvärme	Mängd	Fotavtryck genom assimilering i skog (gha)	Fotavtryck genom substitution till ved (gha)	Fotavtryck genom substitution Salix(gha)
Koldioxid (ton)	201 351,93	34 538,09	-	-
Använd fossil energi (MWh)	781 222,16	-	264 543,83	55 248,03

B3. Färdig värme

Det ekologiska fotavtrycket för färdig värme visas i Tabell B3.1. I produktionen av färdig värme används naturgas, olja och pellets som bränsle. Fotavtrycken för dessa bränslen beräknas genom ekvation 6 och 7.

Tabell B3.1 Ekologiskt fotavtryck för den totala produktionen av färdig värme

Emissioner från färdig värme	Mängd	Fotavtryck genom assimilering i skog (gha)	Fotavtryck genom substitution ved (gha)	Fotavtryck genom substitution Salix (gha)
Koldioxid (ton)	9 440,17	1 619,28	-	-
Använd fossil energi (MWh)	31 906,45	-	10 804,42	2 256,42

B4. Kyla

Fotavtrycket för kyla kommer endast att bero på användningen av kol då hela produktionen drivs av elenergi. Det ekologiska fotavtrycket för produktionen av kyla beräknas genom ekvation 6 och 7 och resultatet presenteras i Tabell B4.1.

Tabell B4.1 Ekologiskt fotavtryck för den totala produktionen av kyla

Emissioner från kyla	Mängd	Fotavtryck genom assimilering i skog (gha)	Fotavtryck genom substitution till ved (gha)	Fotavtryck genom substitution till Salix (gha)
Koldioxid (ton)	2 671,53	458,25	-	-
Använd fossil energi (MWh)	7 877, 85	-	2 667,66	557,12

B5. Elproduktion

I Tabell B5.1 visas det ekologiska fotavtrycket för elproduktionen. Beräkningarna har utförts genom ekvation 6 och 7.

Tabell B5.1 Ekologiskt fotavtryck för den totala elproduktionen

Emissioner från elproduktionen	Mängd	Fotavtryck genom assimilering i skog (gha)	Fotavtryck genom substitution till ved (gha)	Fotavtryck genom substitution till Salix (gha)
Koldioxid (ton)	38 382,61	6 583,81	-	-
Använd fossil energi (MWh)	179 883,09	-	60 913,48	12 721,33

B6. Bebyggd area

Det ekologiska fotavtrycket för Göteborg Energis bebyggda area presenteras i Tabell B6.1. Fotavtrycket har beräknats genom ekvation 5.

Tabell B6.1 Det ekologiska fotavtrycket från Göteborg Energis bebyggda area.

Bebyggd area (ha)	Fotavtryck för bebyggd area (gha)
77,34	273,47

B7. Använd el i kontorslokaler

Det ekologiska fotavtrycket för använd el i kontorslokaler visas i Tabell B7.1. Fotavtrycket har beräknats genom ekvation 6 och 7.

Tabell B7.1 Ekologiskt fotavtryck för den totala elproduktionen

Emissioner från använd el kontorslokaler	Mängd	Fotavtryck genom assimilering i skog (gha)	Fotavtryck genom substitution till ved (gha)	Fotavtryck genom substitution till Salix (gha)
Koldioxid (ton)	3 249,48	415,96	-	-
Använd fossil energi (MWh)	9 582	-	3 244,74	677,64

B8. Drivmedel till bil

I Tabell B8.1 presenteras det ekologiska fotavtrycket för använd mängd drivmedel i bil under år 2006. Beräkningen har utförts genom ekvation 6 och 7.

Tabell B8.1 Ekologiskt fotavtryck för den använda mängden drivmedel i bil

Emissioner från drivmedel i bil	Mängd	Fotavtryck genom assimilering i skog (gha)	Fotavtryck genom substitution till ved (gha)	Fotavtryck genom substitution till Salix (gha)
Koldioxid (ton)	718,13	123,18	-	-
Använd fossil energi (MWh)	3 255,11	-	1 102,27	230,20

B9. Totalt fotavtryck

Det totala fotavtrycket presenteras nedan för två olika scenarier. Då fossila bränslen beräknas genom assimilering av koldioxid samt genom substitution till biobränsle.

Tabell B9.1 visar det totala fotavtrycket för Göteborg Energi samt presenterat för respektive verksamhetsområden.

Tabell B9.1 Totalt fotavtryck för Göteborg Energi samt för respektive verksamhetsområden.

Fotavtryck för Göteborg Energi	gha (assimilering av koldioxid)	gha (substitution till ved)	gha (substitution till Salix)
Fjärrvärme	34 538,09	264 543,83	55 248,03
Färdig värme	1 619,20	10 804,42	2 256,42
Kyla	458,25	2 667,66	556,12
Elproduktion	6 583,81	60 913,48	12 721,33
Bebyggd area	273,47	273,47	273,47
Använd el i kontorslokaler	415,96	3 244,74	677,64
Drivmedel i bil	123,18	1 102,27	230,20
Totalt	44 011,96	343 549,87	71 999,21

Då skillnaden i mängd levererad energi är stor mellan olika produkter beräknas även det ekologiska fotavtrycket per levererad GWh. I Tabell B9.2 visas levererad energi under år 2006.

Tabell B9.2 Levererad energi på Göteborg Energi under år 2006.

Produkt	Levererad energi (GWh)
Fjärrvärme	3644,0
Färdig värme	50,2
Kyla	50,6
El	167,6

Det ekologiska fotavtrycket beräknas sedan per GWh med de olika beräkningssätten, se Tabell B9.3

Tabell B9.3 Ekologiskt fotavtryck per GWh för Göteborg Energi.

Fotavtryck för Göteborg Energi	gha/GWh (assimilering av koldioxid)	gha/GWh (substitution till ved)	gha/GWh (substitution till Salix)
Fjärrvärme	9,48	72,60	15,16
Färdig värme	32,25	215,23	44,95
Kyla	9,06	52,70	11,01
Elproduktion	39,28	363,46	75,90
Totalt	90,07	703,99	147,02

Appendix C – Andra föroreningar än koldioxid

- C1. Omvandlingsfaktorer för andra föroreningar än koldioxid
- C2. Fjärrvärme
- C3. Färdig värme
- C4. Kyla
- C5. Elproduktion
- C6. Användningen av el i kontorslokaler
- C7. Drivmedel i bil
- C8. Total miljöpåverkan från andra föroreningar än koldioxid

C1. Omvandlingsfaktorer för andra föroreningar än koldioxid

Andra föroreningar än koldioxid följs upp genom indelning i olika miljöpåverkanskategorier. Dessa kategorier är:

- Växthuseffekt
- Försurning
- Övergödning
- Fotokemiska oxidanter

I kategorin växthuseffekt exkluderas koldioxidemissioner. För att få en sammanfattande överblick av miljöpåverkan för varje kategori används lämpliga karakteriseringsfaktorer, se Tabell C1.1.

Tabell C1.1 Karakteriseringsfaktorer för respektive miljöpåverkanskategori.¹

Emission	Växthuseffekt	Försurning	Övergödning	Fotokemiska oxidanter
	GWP g CO ₂ -ekv/g	AP g SO ₂ -ekv/g	EP g PO ₄ ³⁻ -ekv/g	POCP g C ₂ H ₄ -ekv/g
CO ₂	1	-	0	-
CO	3	-	-	0,032
NO _x	7	0,696	0,130	-
CH ₄	21	-	-	0,007
N ₂ O	310	-	-	-
HC	11	-	-	0,416
HCFC-22	1700	-	-	-
NH ₃	-	1,88	0,350	-
SO _x , SO ₂	-	1	-	-
HCl	-	0,880	-	-
N	-	-	0,420	-
PO ₄ ³⁻	-	-	1	-
BOD	-	-	0,022	-
COD	-	-	0,022	-
P	-	-	3,06	-

¹ Baumann & Tillman, 2004; Lindahl et al., 2002

C2. Fjärrvärme

I Tabell C2.1 visas miljöpåverkan från produktionen av fjärrvärme uppdelad i olika miljöpåverkanskategorier.

Tabell C2.1 Miljöpåverkan från produktionen av fjärrvärme uppdelad i miljöpåverkanskategorier.

Emission	Växthuseffekt ton CO₂-ekv	Försurning ton SO₂-ekv	Övergödning ton PO₄³⁻-ekv	Fotokemiska oxidanter ton C₂H₄-ekv
CO ₂	-	-	-	-
CO	2 379,96	-	-	25,38
NO _x	10 501,26	1 044,13	195,02	-
CH ₄	11 737,36	-	-	3,9
N ₂ O	4 876,30	-	-	-
HC	127,49	-	-	4,82
HCFC-22	0,06	-	-	-
NH ₃	-	16,66	3,10	-
SO _x	-	356,36	-	-
HCl	-	0,088	-	-
N	-	-	0,002	-
PO ₄ ³⁻	-	-	0	-
BOD	-	-	0	-
COD	-	-	0	-
P	-	-	0	-
Totalt	29 622,43	1 417,24	198,12	34,1

C3. Färdig värme

I Tabell C3.1 visas miljöpåverkan från produktionen av färdig värme uppdelad i olika miljöpåverkanskategorier.

Tabell C3.1 Miljöpåverkan från produktionen av färdig värme uppdelad i miljöpåverkanskategorier.

Emission	Växthuseffekt ton CO₂-ekv	Försurning ton SO₂-ekv	Övergödning ton PO₄³⁻-ekv	Fotokemiska oxidanter ton C₂H₄-ekv
CO ₂	-	-	-	-
CO	127,54	-	-	1,35
NO _x	474,10	47,14	8,80	-
CH ₄	101,59	-	-	0,03
N ₂ O	217,56	-	-	-
HC	19,85	-	-	0,75
HCFC-22	0,012	-	-	-
NH ₃	-	0,72	0,13	-
SO _x	-	41,58	-	-
HCl	-	4,45·10 ⁻⁴	-	-
N	-	-	0	-
PO ₄ ³⁻	-	-	0	-
BOD	-	-	0	-
COD	-	-	0	-

P	-	-	0	-
Totalt	940,65	89,44	8,93	2,1

C4. Kyla

I Tabell C4.1 visas miljöpåverkan från produktionen av kyla uppdelad i olika miljöpåverkanskategorier.

Tabell C4.1 Miljöpåverkan från produktionen av kyla uppdelad i miljöpåverkanskategorier.

Emission	Växthuseffekt ton CO ₂ -ekv	Försurning ton SO ₂ -ekv	Övergödning ton PO ₄ ³⁻ -ekv	Fotokemiska oxidanter ton C ₂ H ₄ -ekv
CO ₂	-	-	-	-
CO	3,45	-	-	0,03
NO _x	8,14	0,81	0,15	-
CH ₄	665,41	-	-	0,22
N ₂ O	12,4	-	-	-
HC	0	-	-	0
HCFC-22	0	-	-	-
NH ₃	-	0,13	0,02	-
SO _x	-	1,99	-	-
HCl	-	0	-	-
N	-	-	0	-
PO ₄ ³⁻	-	-	0	-
BOD	-	-	0	-
COD	-	-	0	-
P	-	-	0	-
Totalt	689,4	2,92	0,15	0,25

C5. Elproduktion

I Tabell C5.1 visas miljöpåverkan från produktionen av el uppdelad i olika miljöpåverkanskategorier.

Tabell C5.1 Miljöpåverkan från produktionen av el uppdelad i miljöpåverkanskategorier.

Emission	Växthuseffekt ton CO ₂ -ekv	Försurning ton SO ₂ -ekv	Övergödning ton PO ₄ ³⁻ -ekv	Fotokemiska oxidanter ton C ₂ H ₄ -ekv
CO ₂	-	-	-	-
CO	22,39	-	-	0,24
NO _x	236,56	23,52	4,39	-
CH ₄	5,19	-	-	0,002
N ₂ O	102,30	-	-	-
HC	1,32	-	-	0,05
HCFC-22	0,01	-	-	-
NH ₃	-	0,02	0,004	-
SO _x	-	3,62	-	-
HCl	-	0,002	-	-
N	-	-	2,35·10 ⁻⁴	-
PO ₄ ³⁻	-	-	0	-
BOD	-	-	0	-

COD	-	-	$1,23 \cdot 10^{-5}$	-
P	-	-	0,002	-
Totalt	367,77	27,16	4,40	0,74

C6. Energianvändning i kontorslokaler

I Tabell C6.1 visas miljöpåverkan från energianvändningen i kontorslokaler uppdelad i olika miljöpåverkanskategorier.

Tabell C6.1 Miljöpåverkan från användningen av el i kontorslokaler uppdelad i miljöpåverkanskategorier.

Emission	Växthuseffekt ton CO₂-ekv	Försurning ton SO₂-ekv	Övergödning ton PO₄³⁻-ekv	Fotokemiska oxidanter ton C₂H₄-ekv
CO ₂	-	-	-	-
CO	3,68	-	-	0,04
NO _x	9,90	0,98	0,18	-
CH ₄	797,16	-	-	0,27
N ₂ O	15,5	-	-	-
HC	0	-	-	0
HCFC-22	0	-	-	-
NH ₃	-	0,15	0,03	-
SO _x	-	2,41	-	-
HCl	-	0	-	-
N	-	-	0	-
PO ₄ ³⁻	-	-	0	-
COD	-	-	0	-
P	-	-	0	-
Totalt	826,24	3,54	0,18	0,31

C7. Drivmedel i bil

I Tabell C7.1 visas miljöpåverkan från drivmedel i bil uppdelad i olika miljöpåverkanskategorier.

Tabell C7.1 Miljöpåverkan från användningen av drivmedel i bil uppdelad i miljöpåverkanskategorier.

Emission	Växthuseffekt ton CO₂-ekv	Försurning ton SO₂-ekv	Övergödning ton PO₄³⁻-ekv	Fotokemiska oxidanter ton C₂H₄-ekv
CO ₂	-	-	-	-
CO	2,74	-	-	0,03
NO _x	2,25	0,25	0,05	-
CH ₄	0,97	-	-	$3,23 \cdot 10^{-4}$
N ₂ O	19,16	-	-	-
HC	0	-	-	0
HCFC-22	0	-	-	-
NH ₃	-	0	0	-
SO _x	-	0,10	-	-
HCl	-	$3,06 \cdot 10^{-5}$	-	-
N	-	-	0	-

PO ₄ ³⁻	-	-	0	-
COD	-	-	0	-
P	-	-	0	-
Totalt	25,12	0,35	0,05	0,03

C8. Total påverkan för miljöpåverkanskategorierna

I Tabell C8.1 visas den totala miljöpåverkan från andra föroreningar än koldioxid. Miljöpåverkan presenteras i de olika kategorierna samt för respektive verksamhetsområde.

Tabell C8.1 Total miljöpåverkan för Göteborg Energis verksamhet uppdelad i miljöpåverkanskategorier. I kategorin växthuseffekt exkluderas koldioxidemissioner.

Verksamhets- område	Växthuseffekt ton CO₂-ekv	Försurning ton SO₂-ekv	Övergödning ton PO₄³⁻-ekv	Fotokemiska oxidanter ton C₂H₄-ekv
Fjärrvärme	29 622,40	1 417,24	197,31	34,82
Färdig värme	940,65	89,44	8,93	2,1
Kyla	689,40	2,92	0,15	0,25
Elproduktion	367,77	27,16	4,40	0,74
Energianvändning i kontorslokaler	826,24	3,54	0,18	0,31
Drivmedel i bil	25,12	0,35	0,05	0,03
Totalt	32 471,58	1 540,65	211,02	38,25

Påverkan för de olika kategorierna beräknas även per GWh. Resultatet visas i Tabell C8.2.

Tabell C8.2 Total miljöpåverkan per GWh för Göteborg Energis verksamhet uppdelad i olika kategorier. I kategorin växthuseffekt exkluderas koldioxidemissioner.

Verksamhets- område	Växthuseffekt ton CO₂-ekv	Försurning ton SO₂-ekv	Övergödning ton PO₄³⁻-ekv	Fotokemiska oxidanter ton C₂H₄-ekv
Fjärrvärme	7,930	0,380	0,050	0,010
Färdig värme	18,700	1,780	0,180	0,040
Kyla	13,370	0,030	0,003	0,005
Elproduktion	2,190	0,160	0,030	0,004