



Carbon Footprint för Ryaverket 2010



Gryaab Rapport 2011:9

Susanne Tumlin

Gryaab AB medverkar till en hållbar samhällsutveckling genom att införa och driva system som kostnadseffektivt samlar in och behandlar avloppsvatten från ägarkommunerna. Bolaget ägs av Ale, Göteborg, Härryda, Kungälv, Lerum, Mölndal och Partille kommuner. Bolaget ska begränsa föroreningarna från avloppsvatten till recipient, samt i möjligaste mån även tillvarata avloppsvattnets innehåll. Sedan Gryaabs tillkomst 1970, har miljövårdssatsningar på över 2 miljarder kronor gjorts i tunnlar och reningsverk. Detta har resulterat i att regionens vattendrag har befriats från utsläpp och att vattenmiljön i skärgården har förbättrats.

Interna rapporter

2005:11	Membransystem som alternativ för NP 2004. Komplement till Gryaab rapport 2003:4
2006:1	Gryaab, Miljörapport 2005
2006:2	Utredning av Nitrifikationskapaciteten på biobäddarna
2006:3	Kalkat slam som markbyggnadsmaterial – lakning och strukturförändring under 16 år. En lysimeterstudie
2006:4	Riskanalys - Mikrobiologiska arbetsmiljöfaktorer. Ryaverket, 2006
2007:1	Gryaab, Miljörapport 2006
2007:2	Energirapport 2006
2007:3	Energisammanställning 2007
2008:1	Miljörapport enligt Miljöbalken 2007, Ryaverket
2008:2	Miljörapport enligt Miljöbalken 2007, Syrhåla
2008:3	Skolinformation 2007. ”Det säger ju sig självt rent vatten = bra”
2008:4	Dimensionering - Efterdenitrifikationsanläggning med nitrifikationszon
2008:5	Konsekvenser av belastningsökningar på Ryaverket
2008:6	Provtagningar i referensområden 2006/2007 Hushållspillvatten Del 1
2008:7	Jämförelse av provtagning i referensområden 1988 och 2006/2007 Hushållspillvatten Del 2
2009:1	Miljörapport enligt Miljöbalken 2008, Ryaverket
2009:2	Miljörapport enligt Miljöbalken 2008, Syrhåla
2009:3	Slamhydrolys på Ryaverket – fullskaleförsök 2005-2006 och slutrapport
2009:4	Energivärde, svavel- och kloridinhåll i Ryaverkets slam
2009:5	Separerade slamuttag från eftersedimenteringsbassänger - pilotförsök
2009:6	Skolinformation 2009 <i>”Jag tycker att det är bra att klasser får besöka Gryaab för då tänker man till när man är vuxen!”</i>
2010:1	Prioriterade spårämnen Kategori 2, Gryaab REVAQ
2010:2	Miljörapport enligt miljöbalken 2009, Ryaverket
2010:3	Miljörapport enligt miljöbalken 2009, Syrhåla
2010:4	Kartläggning av oönskade ämnen REVAQ 2009/210
2010:5	Vattenverksslammets bidrag till föroreningshalterna i Ryaverkets slam
2010:6	Omrörarhastighet på ED
2010:7	Tillskottsvatten påverkar Ryaverket – höga flöden och föroreningar
2010:8	Provtagning mottagning organiskt material, Ryaverket 2010
2010:9	PRIO-ämnen i övriga verksamheter, 2010
2011:1	Miljörapport enligt miljöbalken 2010, Ryaverket
2011:2	Miljörapport enligt miljöbalken 2010, Syrhåla
2011:3	Testlass av matavfallsslurry till Gryaab – innehåll och hanterbarhet
2011:4	Morya 2010 - a modeling project
2011:5	Hushållspillvatten, tillförsel av läkemedelsrester
2011:6	Avgasning av aktivt slam
2011:7	Skolinformation 2011 <i>”Ni hjälper naturen och kämpar för ett renare hav”</i>
2011:8	Nitratbelastningens påverkan på denitrifikationskapaciteten

Sammanfattning

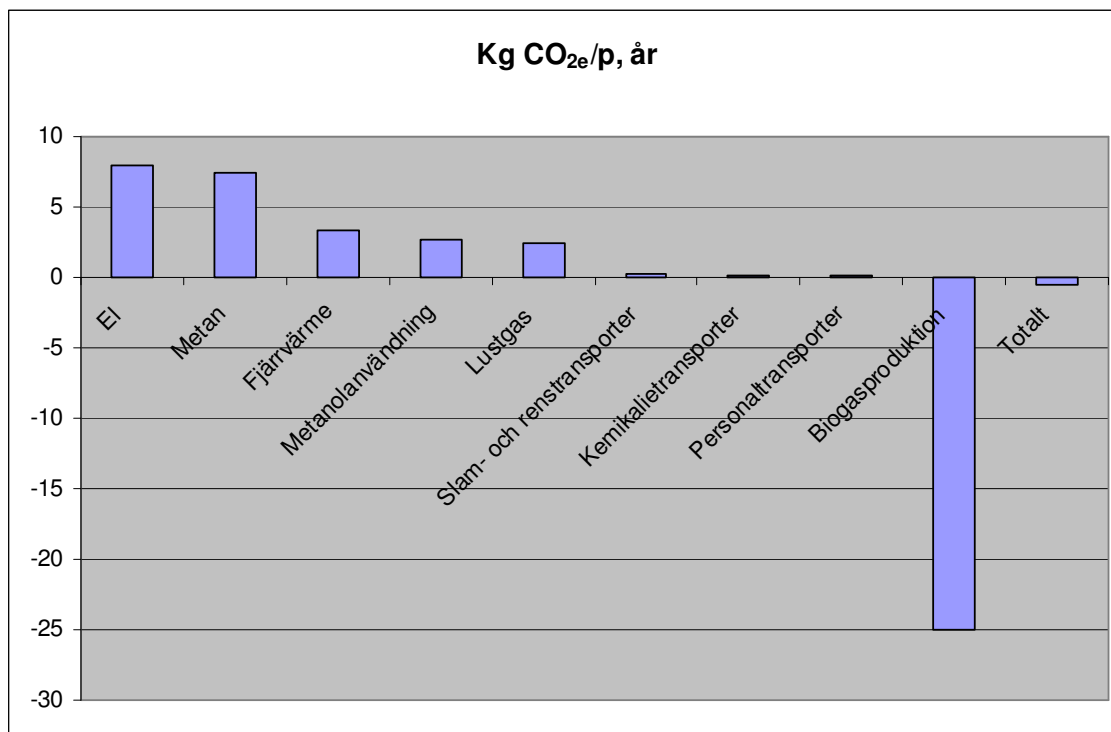
Carbon Footprint för Ryaverket har beräknats utifrån följande antaganden:

- Biogasproduktionen ersätter bensin som drivmedel i personbilar
- För kemikalierna räknas endast transport med utom för metanol där även koldioxidbildning vid denitrifikation inkluderas
- För metanemissioner används de uppmätta värdena
- För lustgasemissioner används de uppmätta värdena + teoretiskt påslag för emissioner från slamlagring i 3 veckor på Ryaverket
- För fjärrvärme räknas med en lokal emissionsfaktor
- För el räknas med en så kallad Göteborgs-mix

Resultatet som har erhållits är att Ryaverkets miljöbelastning är totalt drygt 16000 ton koldioxidekvivalenter (CO_{2e}) per år eller ca 25 kg CO_{2e} per ansluten person och år.

Biogasproduktionen avlastar dock miljön med motsvarande ca 16500 ton CO_{2e} per år vilket ger ett negativt nettoresultat med ca 480 ton CO_{2e} per år eller 0,5 kg CO_{2e} per person och år. Se Figur 1.

El, fjärrvärme och metanemissioner är de största bidragande faktorerna till Ryaverkets miljöpåverkan.



Figur 1. Bidrag till Carbon Footprint på Ryaverket per kategori

Innehållsförteckning

1. Inledning	6
2. Bakgrund	6
2.1 Mål	6
2.2 Begränsningar	6
3. Metod	7
3.1 Elmarknad	7
3.1.1 Marginalel	7
3.1.2 Medelel	7
3.1.3 Göteborgs-mix	7
3.1.4 Miljöel	7
3.1.5 Emissionsfaktorer	8
3.2 Fjärrvärmemarknad	8
3.2.1 Emissionsfaktorer	8
3.3 Luftemissioner	8
3.3.1 Uppmätta emissioner	9
3.3.2 Beräknade emissioner	10
3.4 Kemikalier	11
3.4.1 Järnsulfat	11
3.4.2 PAC	11
3.4.3 Metanol	11
3.4.4 Polymerer	11
3.5 Personal	12
3.6 Slam- och renstransport	12
3.7 Biogasproduktion	12
4. Resultat	13
4.1 Elanvändning	13
4.2 Fjärrvärmeanvändning	13
4.2.1 Lokalt betraktningssätt	13
4.2.2 Globalt betraktningssätt	13
4.2.3 Standardfaktor	14
4.2.4 Jämförelse och resultat	14
4.3 Luftemissioner	14
4.3.1 Uppmätta emissioner på Ryaverket	14
4.3.2 Beräknade lustgasemissioner	15
4.4 Kemikalier	16
4.4.1 Järnsulfat	16
4.4.2 PAC	16
4.4.3 Metanol	17
4.4.4 Polymerer	17
4.4.5 Sammanfattning kemikalier	17
4.5 Personal	18
4.6 Slam- och renstransport	18
4.7 Biogasproduktion	18
4.8 Totalt Carbon Footprint	19
5. Diskussion	21
5.1 Elanvändning	21
5.2 Fjärrvärmeanvändning	22

5.3 Luftemissioner	23
5.4 Kemikalier	23
5.5 Känslighetsanalys	24
5.6.1 Elanvändning	25
5.6.2 Värmeanvändning	26
5.6.3 Biogasproduktion	26
5.6.4 Luftemissioner	27
5.6.5 Slutsatser från jämförelsen med andra avloppsreningsverk	28
6. Slutsatser	29
7. Rekommendationer	30
8. Referenser	31
Elektroniska källor	31
Interna dokument Gryaab	32
Personlig kontakt	32
Bilaga 1 Lustgasemissioner enligt amerikansk metod	33
Bilaga 2 Lustgasemissioner från Ryaverket enligt olika teorier	34
Bilaga 3 Uppmätta luftemissioner från olika reningsverk	35
Bilaga 4 Beräkning av emissioner från slamlagring	36
Slamlagring 6 månader utanför Ryaverket	36
Metanslip	36
Bilaga 5 Emissioner vid denitrifikation	37
Bilaga 6 Transportberäkningar	38
Transport av järnsulfat	38
Transport av PAC	38
Transport av metanol	38
Transport av polymerer	39
SNF Nordic	39
BASF	39
Transport av slam	39
Transporter av rens	39

1. Inledning

Ett "Carbon Footprint" är den totala mängden växthusgaser som orsakas av ett företag, en produkt eller person. Vanligtvis räknas alla växthusgaser om till koldioxidekvivalenter genom så kallade emissionsfaktorer. Carbon Footprint är en del av det mera omfattande begreppet livscykelanalys (LCA).

En standard för klimatdeklarationer (Carbon Footprint) ISO 14067 håller på att utvecklas. Den innehåller två delar, en del som beskriver metodik för att kvantifiera växthusgaser och en del som beskriver metodiken för att kommunicera resultaten. (SIS, 2011)

2. Bakgrund

Denna kartläggning är gjord som en del av Gryaab's mål att reducera miljöbelastningen:

- Förbrukningen av fossila bränslen skall minska
- Minska Ryaverkets utsläpp av miljöstörande ämnen till luft.

Utöver detta så finns även relaterade frågor omnämnda i Göteborgs stads budget för 2012: att minska användningen av fossila bränslen, öka energieffektiviteten och minska metanutsläppen.

Rapporten är likaledes underlagsmaterial till strategisk utveckling där det ingår att se över kemikalie- och energianvändning nu och i framtida anläggningar.

2.1 Mål

Att kartlägga Carbon Footprint på Ryaverket för året 2010 och försöka identifiera kostnadseffektiva åtgärder för att minska detta.

2.2 Begränsningar

Denna kartläggning inkluderar energianvändning, kemikalieanvändning, transport av kemikalier och personaltransporter. Tillverkning av kemikalier har inte inkluderats. Gällande transporter har det antagits att de *till* Gryaab släpper ut lika mycket växthusgaser som de *från* Gryaab.

Slamlagringen i 6 månader utanför Ryaverket har inte tagits med i beräkningen av den totala miljöbelastningen. Dock får det stor påverkan om man skulle välja att inkludera det.

Miljönyttan när slam ersätter gödsel eller annat material har inte tagits med

I rapporten har värden från år 2010 använts om inte annat anges.

Systemgränserna kan och bör diskuteras vid användande av detta material.

3. Metod

I detta kapitel presenteras först hur antaganden har gjorts för elmarknad och fjärrvärmemarknad. Därefter följer luftemissioner, kemikalier, personal, slam- och renstransporter och biogasproduktion.

3.1 Elmarknad

Vid en klimatvärdering av den använda energin vid Ryaverket finns det olika principer för hur denna ska värderas. Många begrepp så som marginalet, medelel, nordisk elmix, EU-medelmix finns att använda sig av tillsammans med olika perspektiv: historiskt perspektiv, nutidsbild och framåtblickande perspektiv. Beroende på vilka systemgränser som väljs kommer det få vitt skilda konsekvenser för hur stora emissionsfaktorerna för elanvändningen blir. Till exempel är elproduktionen i Norden till 60 % förnybar vilket kommer att ge en lägre emissionsfaktor än motsvarande produktion i Europa (EU27) där endast 15 % av elproduktionen är förnyelsebar. (Gode m.fl., 2009)

3.1.1 Marginalet

Den sist producerade kWh i ett system kallas driftsmarginal och har flexibilitet att öka eller minska produktionen när efterfrågan ändras på elmarknaden. Denna el kallas marginalet och det är produktionen av denna som avgör priset på elmarknaden. Det är även detta ”sista” produktionslag som först kommer att stängas av vid en minskad efterfrågan. Marginalet bör användas vid analys av förändrad elanvändning. Vid bokföring av emissioner bör däremot det som bäst speglar verkligheten just nu användas. (Gode m.fl., 2009; Engström m.fl., 2009) I de jämförande beräkningarna i föreliggande rapport har det antagits att marginalet är kolkondens som produceras i ett kraftverk med 44,2 % verkningsgrad och 10 % distributionsförluster. (Miljöfaktaboken 2011)

3.1.2 Medelel

Medelel betraktas här som EU-medelmix, dvs. en mix av elproduktion som är till ca 15 % förnyelsebar och resterande del produceras genom fossila bränslen.

3.1.3 Göteborgs-mix

I Göteborg består elmixen (GBG-mix) av ca 70 % ”koldioxidneutrala” bränslen, då inkluderas kärnkraft. (DinEl, 2011) Se Tabell 1.

Tabell 1. Elmixen i Göteborg

Energibärare	Andel (%)
Fossila bränslen	30
Kärnkraft	16
Förnybart	54

3.1.4 Miljöel

Miljöel antas här vara 100 % förnyelsebar el. Anledningen till att det ändå redovisas en emissionsfaktor för miljöel är att det till viss del uppstår en miljöpåverkan vid produktion och distribution.

3.1.5 Emissionsfaktorer

I denna rapport har GBG-mix används som standard vid beräkningar då det anses bäst spegla verkligheten vid en *kartläggning* av Carbon Footprint för Ryaverket i dagsläget. Marginaler bör användas vid analys av *förändrad* elanvändning. (Gode m.fl., 2009) De emissionsfaktorer som har använts för olika sätt att betrakta elanvändningen presenteras i samband med beräkningar i kapitel 4.1 *Elanvändning*.

3.2 Fjärrvärmemarknad

I fjärrvärmenätet i Göteborg är de största värmekällorna spillvärme från industrier och en bränslmix som till största delen består av naturgas. (EMAS-redovisning 2009) Se Tabell 2.

Tabell 2. Fjärrvärmemix i Göteborg.

Värmekälla	Andel (%)
Spillvärme	40
Naturgas	52
Biobränslen	7
Olja	0,05

Göteborg Energi redovisar varje år i en så kallad EMAS-redovisning de totala koldioxidutsläppen från deras anläggningar. I ett större perspektiv kan det antas att den el som produceras i samband med fjärrvärmeproduktion på kraftvärmeverken ersätter annan el i systemet som skulle ha producerats på ett sämre sätt, t.ex. kolkondensel. Detta betraktningssätt innebär alltså att elproduktionen i ett fjärrvärmeverk räknas som avlastning för miljön. Det finns även standardvärden för emissionsfaktorer från Naturvårdsverket vad gäller fjärrvärme som producerats genom sopförbränning. Denna faktor har också tagits med som ett tredje alternativ till de lokala och globala betraktningssätten för fjärrvärmeproduktion.

3.2.1 Emissionsfaktorer

Emissionsfaktorer för fjärrvärmenätet i Göteborg har räknats fram och redovisas i kapitel 4.2. Där jämförs de även med Naturvårdsverkets standardemissionsfaktor.

3.3 Luftemissioner

De vanligaste växthusgasemissionerna ut från reningsverk är metan och lustgas. Dessa kan räknas om till koldioxidekvivalenter genom emissionsfaktorer. Det vill säga hur stark påverkan gaserna har på växthuseffekten jämförs genom så kallade GWP-värden.¹ Enligt Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/28/EG (som bl.a. innefattar direktiv om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor) ska värden enligt Tabell 3 användas vid beräkning av koldioxidekvivalenter.

I Tabell 3 listas 100-årspotentialer, vilket är det vanligaste beräkningssättet. Det bör dock uppmärksammas att för framför allt metangas är emissionsfaktorn mycket större i ett 20-års perspektiv, 72 istället för 23.

Tabell 3. Omvandlingsfaktorer

Ämne	Namn	GWP ₁₀₀
CO ₂	Koldioxid	1
N ₂ O	Lustgas	296
CH ₄	Metangas	23

¹ GWP = Global Warming Potential

3.3.1 Uppmätta emissioner

Mätningar av metan- och lustgasemissioner har gjorts av DGE Mark & Miljö under maj-september 2010. Metanmätningar har utförts med FID-instrument (flamjonisationsdetektor) kombinerat med uttag av stickprover för analys på GC (gaskromatograf). Mätning av lustgas har utförts genom uttag av stickprover för analys, dels med FTIR-instrument (FTIR = Fourier Transform Infrared Spectroscopy) och dels på GC. (Mars, 2010)

Metanemissioner

Mätning av metanemissioner gjordes vid 20 olika positioner. De klart största källorna är ventilationen av inloppstunneln i Bräcke, slamsilon och slamlagret som förvaras på Ryaverket. Tillsammans svarar dessa tre källor för nära 90 % av det totala utsläppet av metan. Det bör dock påpekas att mätosäkerheten uppskattats till ± 20 %. (Mars, 2010)

En jämförelse har även gjorts med uppmätta metanemissioner från Henriksdal och Bromma reningsverk. Metanmätningarna vid Henriksdal reningsverk har gjorts vid 5 punkter:

1. Samlat ventilationsutlopp: grovrening, försedimentering, biosteg och sandfilter
2. Slamtank 1+2
3. Slamtanksläckage
4. Biogasuppgradering
5. Sicklaanläggningen – grovrening, slamförtjockare och slamavvattning

Metanmätningar vid Bromma reningsverk har gjorts vid 3 punkter, i den fjärde punkten har ett värde antagits som är proportionellt mot Henriksdals motsvarande punkt:

1. Biosteg och sandfilter
2. Försedimentering
3. Slamtank
4. Biogasuppgradering

En jämförelse har också gjorts med uppmätta metanemissionerna vid Himmerfjärdsverket. De har mätt med ett kontinuerligt IR-instrument, MIRAN 1B. Gasflöden från bassängytor samlades i en 10 l mätbuv med genomströmning till MIRAN. Metansonderna var placerade i mätkoner med självdug. (Syvab miljörapport 2010)

Lustgasemissioner

Lustgasmätningar på Ryaverket genomfördes i 6 av de 20 positioner som ingick i kontrollen för metan. Provtagning skedde endast under en dag (9 december 2010) och i gaspåse för analys med GC-ECD (Electron Capture Detector). Vid provtagning över vattenytan användes istället en uppsamlande huv. Analysosäkerheten för lustgas i de låga koncentrationer som påträffades är dock relativt hög. Anlitat laboratorium anger en analysosäkerhet på upp till ± 50 %. De sex positionerna som kontrollerades avseende lustgas ger heller inte en heltäckande bild av det totala utsläppet från Ryaverket. (Mars, 2010)

Uppmätta lustgasemissioner har jämförts med Henriksdal, Bromma och Himmerfjärdsverket. Mätningar har gjorts vid samma punkter som vid metanemissionsmätningarna ovan och med samma instrument. Lustgashalten påverkas av koldioxidhalten och korrigeras för detta utfördes.

3.3.2 Beräknade emissioner

En jämförelse mellan uppmätta metanemissionerna från slamlagret på Ryaverket med litteratur (Flodman, 2002), har gjorts. Även metanemissioner från slamlagring i 6 månader *utanför* Ryaverket har beräknats. Se Bilaga 4 Beräkning av emissioner från slamlagring.

Lustgasemissioner har för Ryaverket beräknats på flera sätt enligt tre olika studier. Dessa studier presenteras nedan.

1. I USA har lustgasberäkningar gjorts baserat på metodik från IPCC (2006) och inkluderar kväve som tas bort genom slam, konsumtion av protein och emissioner från biosteget i reningsverket. (US GHG Inventory, 2011) De har använt sig av den övergripande formeln:

$$N_2O_{TOTAL} = N_2O_{PLANT} + N_2O_{EFFLUENT}$$
 Närmare beskrivning finns i Bilaga 1.
2. Westling (2011) har gjort en litteraturstudie över beräkningar av lustgasemissioner från avloppsreningsverk och dragit slutsatsen att spridningen är stor mellan olika typer av system, belastningar samt betingelser. I studien visas att 0-2 % av avlägsnat kväve försvinner som lustgas till atmosfären. Tre olika värden har applicerats på Ryaverket utifrån denna studie: 0,15 %, 1,1 % och 1,8 % av avlägsnat kväve:
 - a. Det förstnämnda kommer från ett amerikanskt schablonvärde där hänsyn tas till antal personer som är anslutna till verket och inkludering av eventuell lustgasbildning i utgående vatten. Dock är detta en liten del av de totala lustgasemissionerna.
 - b. Det andra från mätningar utförda på Viikinmäki avloppsreningsverk i Finland, som mätt lustgasemissioner och räknat fram denna faktor. Reningsverket är dimensionerat för 820 000 personekvivalenter och helt täckt under jord. Man har efterdenitrifikation med BioStyr® och tillsats av metanol. All ventilationsluft från avloppsreningsverket samlas upp i en enda punkt vilket gör det enkelt att mäta emissioner till luft som ventileras ut från reningsverket.
 - c. Det sista kommer från ett teoretiskt maxvärde enligt WERF.² De fann stora skillnader i N₂O-emissioner, efter normalisering varierade mängden N₂O-emissioner mellan 0,01 – 1,8 % av inkommande totalt Kjeldahl-N. I deras studie har ett standardiserat protokoll använts som endast tar hänsyn till kväveemissioner från aktivslamprocesser i avloppsreningsverk. (Westling, 2011)
3. I en rapport av Flodman (2002) beskrivs mätningar av bl.a. lustgas och metan vid lagring av avvattnat slam. Mätningarna utfördes från maj-augusti och halterna uppmätt i mg/m²,h varierar relativt mycket, men ingen avtagande trend kunde ses. De lustgasvärden som uppmättes har applicerats på Ryaverket (inga egna lustgasmätningar har utförts på slamlagret). Systemgränsen har satts till de 3 veckor slammet lagras på Ryaverket, men även ett fall där emissionerna från hygieniseringen i 6 månader utanför Ryaverkets gränser presenteras.

² The Water Environment Research Foundation USA

3.4 Kemikalier

De kemikalier som används i stor utsträckning på Ryaverket listas i Tabell 4.

Tabell 4. Kemikalieanvändning på Ryaverket i ton (2010)

Ämne	Antal ton
Järnsulfat (Quickfloc)	3483
Metanol	1269
Polyaluminiumklorid (PAC)	930
Etanol	345
Polymerer för ES, DF, FT och SA	211
Totalt	6238

Många faktorer skiljer kemikalierna åt, så som miljöbelastning, produktion och transport till Ryaverket. När det gäller ovan listade kemikalier finns inga färdiga emissionsfaktorer att direkt applicera för att få fram koldioxidekvivalenter. Istället har endast transport till och från Ryaverket inkluderats i denna kartläggning av Carbon Footprint för Ryaverket, med ett undantag för metanol där även koldioxidemissioner vid denitrifikationen har inkluderats.

3.4.1 Järnsulfat

Järnsulfat köps in från Kronos Titan A/S i Fredrikstad i Norge. På ett år levererar de 3483 ton järnsulfat fördelat på 117 gånger, dvs. ca 30 ton/gång.

3.4.2 PAC

Köps in från två leverantörer:

Ciba Speciality Chemicals Sweden AB (Feralco Nordic AB) och Akzo Nobel. Ciba levererar polymerer från Sölvesborg. Akzo Nobel kör sina polymerer till Ryaverket från produktionsanläggningen i Vetlanda.

3.4.3 Metanol

Beträffande metanol kan beräkningar göras för att se hur stor påverkan det ger på växthuseffekten vid denitrifikation på Ryaverket (Mattsson, 2008). Vid dessa beräkningar har det antagits att metanolen är av fossilt ursprung. Även hur mycket energi som går åt vid framställning av metanol kan beräknas. Uppgifter finns också gällande transport av metanol till Ryaverket. Metanolen köps in ifrån företaget Helm i Danmark, de har ett lager i Køge. På ett år levererar de metanol ungefär 54 gånger med ca 33 ton per gång. (Hansson, 2011)

3.4.4 Polymerer

Vad gäller polymerer har Gryaab avtal med tre leverantörer: BASF, Kemira³ och SNF Nordic. Dessa kan komma från både England, Tyskland, Finland, Frankrike och Helsingborg vid olika tillfällen. (Männistö, 2011) Hur långt polymerer transporteras för att komma till Ryaverket kan därför vara svårt att fastställa, antaganden som gjorts presenteras i resultatdelen av rapporten.

³ Kemira levererade inga polymerer till Ryaverket 2010, avtalet gäller för 2011.

3.5 Personal

Personalens påverkan till Ryaverkets Carbon Footprint har beräknats genom att göra antaganden om hur långt varje anställd kör bil till jobbet per dag. 80 anställda som kör 2 mil per dag har använts i beräkningar. Utöver detta har det lagts på hur mycket varje anställd kör bil och flyger i tjänsten enligt Gryaab's klimatredevision för 2009.⁴

3.6 Slam- och renstransport

Gryaab anlitar två entreprenörer vid uttransport av slam, Veolia och Kuskatorpet. Hälften av slammet körs av Veolia till Vallhamn på Tjörn – 60 km enkel väg, och andra hälften körs av Kuskatorpet till Halmstad – 145 km enkel väg. De lastbilar som används har miljöklass Euro V. Bränsleförbrukningen är ca 3 liter/km för en 40 tons lastbil (Andersson, 2005).

Under 2010 kördes det ut slam enligt följande:

503 ggr Kuskatorpet

502 ggr Veolia

10 gånger till bör räknas med som inte är registrerade. (Männistö, 2011)

Rens körs till Renova i Sävenäs. Dit är det ca 12 km enkel väg. Under 2010 kördes det ut rens 121 gånger, totalt 802 ton. (Hansson, 2011)

3.7 Biogasproduktion

Vid beräkning av Carbon Footprint kan biogasproduktion anses vara en avlastning för miljön genom att ett bränsle med icke-fossilt ursprung ersätter ett fossilt bränsle. I beräkningarna för Ryaverket har det antagits att biogas ersätter bensin som drivmedel. En jämförelse har dock även gjorts om biogasen beräknas ersätta naturgas istället. Det finns färdiga emissionsfaktorer att använda sig av och dessa skiljer sig relativt lite mellan naturgas och bensin:

Naturgas: $69 \text{ kg/GJ}^5 = 248,4 \text{ kg/MWh}$

Bensin⁶: $77 \text{ kg/GJ} = 277,2 \text{ kg/MWh}$

De ovan angivna emissionsfaktorerna inkluderar produktion och distribution. (Miljöfaktaboken 2011)

⁴ Material från Fredrik Davidsson, kvalitets- och miljöansvarig, Gryaab 2011-05-20

⁵ 1 GJ = 3,6 MWh

⁶ Bensin med 5 % etanol

4. Resultat

Presenterade resultat baseras på värden från år 2010 om inte annat anges.

4.1 Elanvändning

Emissionsfaktorer inkluderar produktion och distribution av el. De emissionsfaktorer som har använts för olika sätt att betrakta elanvändningen presenteras i Tabell 5. (Miljöfaktaboken, 2011; DinEl, 2011)

Tabell 5. Emissionsfaktorer

Benämning på el	Emissionsfaktor [ton CO _{2e} /GWh]
Marginalel	ca 1000
Medelel	ca 400
GBG-mix	143
Miljöel	ca 1,3

Totala elanvändningen på Ryaverket är ca 36 GWh/år. I Tabell 6 presenteras denna användning i koldioxidekvivalenter beroende på vilken emissionsfaktor som används.

Tabell 6. CO_{2e} för olika betraktningssätt för elanvändning

El	Ton CO _{2e} /år	Kg CO _{2e} /p ⁷ , år
Marginalel	35044	53,2
Medelel	14472	22,0
GBG-mix	5174	7,9
Miljöel	47	0,07

Utifrån värdena i Tabell 6 kan slutsatsen dras att beroende på betraktningssätt spelar elanvändningen en avgörande roll för det totala Carbon Footprint för Ryaverket. I denna kartläggning har det dock beslutats att GBG-mix är att föredra eftersom detta är en bokföring av nuvarande miljöbelastning och inte en analys av hur eventuell framtida förändrad elanvändning påverkar Ryaverkets miljöbelastning.

4.2 Fjärrvärmeproduktion

Nedan presenteras olika sätt att betrakta fjärrvärmeproduktion och användning samt vad dessa får för konsekvenser vid beräkning av koldioxidekvivalenter. Observera att det är det lokala betraktningssättet som används vid beräkningar av totalt Carbon Footprint, de övriga används endast som jämförelse.

4.2.1 Lokalt betraktningssätt

Den lokala fjärrvärmemixen ger upphov till ca 565 kton CO₂/år vid produktion, inklusive spillvärme, av 4158 GWh (år 2009). Detta innebär ca 136 ton CO₂/GWh. (EMAS-redovisning 2009)

4.2.2 Globalt betraktningssätt

Det globala betraktningssättet innebär att elen som produceras ersätter annan el i systemet som producerats på marginalen. Antalet GWh som producerades vid samtidig el- och fjärrvärmeproduktion uppgick 2009 till 3090 GWh. Med en emissionsfaktor på 1000 g CO_{2e}/kWh, enligt betraktningssättet för marginalel, fås totalt 3090 kton CO₂ som kan dras ifrån den totala belastningen. Totalt -2500 kton CO₂ vilket innebär -480 g CO_{2e}/kWh. Alltså, enligt resonemanget ovan, en avlastning för miljön med -480 g CO_{2e}/kWh genom ersättande av el som skulle ha producerats på ett sämre sätt någon annanstans.

⁷ p = fysisk person. Anslutningar till Ryaverket motsvarade 658114 personer år 2010.

Detta betraktningssätt används inte vid beräkning av Carbon Footprint för Gryaab utan redovisas endast som jämförelse i Tabell 8.

4.2.3 Standardfaktor

Naturvårdsverkets standardemissionsfaktor är 90 g CO_{2e}/kWh vid fjärrvärmeproduktion genom söföförbränning. (Naturvårdsverkets hemsida, 2011)

4.2.4 Jämförelse och resultat

I Tabell 7 redovisas emissionsfaktorerna för olika betraktningssätt för fjärrvärmeproduktion. Det är det lokala betraktningssättet som har valts i föreliggande rapport.

Tabell 7. Emissionsfaktorer

Fjärrvärme	g CO_{2e}/kWh
Standard	90
Lokala utsläpp	136
Globala utsläpp	-480

Fjärrvärmeanvändningen uppgår till ca 16 GWh/år på Ryaverket. Detta motsvarar koldioxidekvivalenter enligt Tabell 8.

Tabell 8. CO_{2e} för fjärrvärmeanvändning

Fjärrvärme	Ton CO_{2e}/år	Kg CO_{2e}/p, år
Standard	1440	2,2
Lokala utsläpp	2177	3,3
Globala utsläpp	-7680	-11,7

Utifrån värdena i Tabell 8 kan slutsatsen dras att beroende på betraktningssätt varierar antalet ton koldioxidekvivalenter stort.

4.3 Luftemissioner

Detta kapitel redogör först för uppmätta luftemissioner och därefter beräknade luftemissioner.

4.3.1 Uppmätta emissioner på Ryaverket

I Tabell 9 sammanfattas metan och lustgasemissionerna som uppmättes av DGE Mark & Miljö 2010. Inga teoretiska beräkningar för metan har gjorts, de för lustgas presenteras i nästa kapitel.

Metan

Värdena i Tabell 9 är osäkra med ca ± 20 % för metan. För metan kommer emissionerna till 90 % ifrån 3 av de 20 punkterna: Bräcke inloppstunnel, slamsilon och slamlagret på Ryaverket. 73 % av metanemissionerna kommer från slambehandling och slamsilon utgör 47 % av dessa.

Enligt DGE Mark & Miljös mätningar är metanemissionerna från slamlagret på Ryaverket ca 61 ton CH₄/år. Beräkningar utefter Flodman (2002) visar att de teoretiska emissionerna från slamlagringen i 3 veckor på Ryaverket innebär 1,8 ton CH₄/år. Hur mätningar ska gå till från ett slamlager är omdiskuterat och det har inte varit lätt att utföra mätningarna på Ryaverket.

Totalt metanslip från anläggningen har beräknats till 3,6 %. Se Bilaga 4 Beräkning av emissioner från slamlagring.

Lustgas

Värdena i Tabell 9 är osäkra med ca $\pm 50\%$ för lustgas. De största emissionerna kommer från Bräcke inloppstunnel, slamsilon och slambyggnaden.

Tabell 9. CO_{2e} för metan- och lustgasemissioner

Gas	Ton CO _{2e} /år	Kg CO _{2e} /p, år	Osäkerhetsintervall (ton CO _{2e} /år)	Osäkerhetsintervall (kg CO _{2e} /år)
Metan	4968	7,5	4000 - 6000	6,1 - 9,1
Lustgas	888	1,3	450 - 1350	0,68 - 2,1

4.3.2 Beräknade lustgasemissioner

På grund av osäkerheten i mätningar av lustgas utfördes även teoretiska beräkningar för att jämföra med dem uppskatta värdena från mätningarna på Ryaverket.

1. Enligt den amerikanska metoden blir de totala emissionerna 3 kg CO_{2e}/p år. Se tabell 10. Se bilaga 1 för beräkningar.
2. Slutsatserna om lustgasemissioner från Westling (2011) har applicerats på Ryaverket och tre beräkningar har gjorts:
 - a. En för lustgasemissioner som är 1,8 % av avlägsnat kväve enligt WERF.⁸ (Westling, 2011)
 - b. Det andra värdet 1,1 % av avlägsnat kväve är hämtat från Viikinmäki avloppsreningsverk. (Westling, 2011)
 - c. Det tredje värdet, ett schablonvärde på 0,15 % av avlägsnat kväve har också redovisats i tabell 10 som jämförelse.

För beräkningar av applicering av 0,15 %, 1,1 % respektive 1,8 % av avlägsnat kväve på Ryaverket⁹, se Bilaga 2.

3. Eftersom inga lustgasmätningar gjorts på slamlagret på Ryaverket har teoretiska beräkningar gjorts baserat på Flodman (2002) som mätte lustgasemissioner från avvattnat slam. Detta gav att 1,1 kg CO_{2e}/p år ska läggas på övriga emissioner från anläggningen.

Sammanfattning av teoretiska och uppmätta värden av lustgasemissioner görs i Tabell 10. I sista kolumnen inkluderas även påslag av emissioner från slam enligt Flodman (2002). Ur tabell 10 kan ses att stora variationer föreligger vid applicering av olika teoretiska metoder på Ryaverket. Från totalt ca 700 ton CO_{2e}/år till 8500 ton CO_{2e}/år, vilket motsvarar ca 2-14 kg CO_{2e}/p, år.

Sammanfattning av totala luftemissioner presenteras i Tabell 11.

⁸ The Water Environment Research Foundation USA

⁹ Avlägsnat kväve på Ryaverket är ca 1600 ton/år

Tabell 10. Lustgasemissioner enligt olika studier

Källa	Kommentar	Ton CO _{2e} /år	Kg CO _{2e} /p, år	Inklusive påslag för emissioner från slamlagring 3 veckor
Flodman (2002)	Slamlagring <u>3 veckor</u> på Ryaverket	755	1,1	
Flodman (2002)	Slamlagring <u>6 månader</u> hos entreprenör	7214	11	
DGE Mark & Miljö	Uppmätt på Ryaverket i 6 olika punkter	888	1,3	2,4
Applicerat på Ryaverket				
Westling (2011)	Baserat på mätningar vid Viikinmäki avloppsreningsverk ¹⁰	5328	8,1	9,2
US GHG Inventory Report (2011)	Totala utsläpp teoretiskt, tar hänsyn till antal anslutna personer	1979	3,0	4,1
Westling (2011)	Amerikansk schablon (0,15 % av avlägsnat kväve)	710	1,1	2,2
Westling (2011)	Teoretiskt max. värde enl. WERF ⁸ (1,8 % av avlägsnat kväve)	8584	13	14,1

Tabell 11. Totala luftemissioner från Ryaverket i koldioxidekvivalenter

Gas	Ton CO _{2e} /år	Kg CO _{2e} /p, år	Osäkerhetsintervall (kg CO _{2e} /p, år)
Metan	4968	7,5	6,1 - 9,1
Lustgas	888	1,3	0,68 – 2,1
Påslag lustgas från slanhög 3 veckors förvaring	755	1,1	
Totalt	6611	9,9	7,88 – 12,3
Slamlagring utanför Gryaab 6 månader	7923	13,4	
Totalt inkl. lagring	14534	23,3	

4.4 Kemikalier

Endast transporten av kemikalierna till och från Ryaverket har inkluderats, förutom för metanol då även koldioxidemissioner vid denitrifikationen ingår.

4.4.1 Järnsulfat

Leveranserna till Ryaverket innebär ca 37 ton CO₂/år. Se Bilaga 6 Transportberäkningar.

4.4.2 PAC

Leveranserna till Ryaverket innebär koldioxidutsläpp motsvarande 8,8 ton/år. Se Bilaga 6 Transportberäkningar.

¹⁰ Mätningar resulterade i slutsatsen att 1,1 % av avlägsnat kväve avgår som lustgas

4.4.3 Metanol

Användning

Metanol används på Ryaverket vid denitrifikationen. En emissionsfaktor för metanol på Ryaverket är beräknad till 1,375 kg CO_{2e}/kg metanol. Se bilaga 5.

Total användning på Ryaverket är 1269 ton, totala utsläpp av CO_{2e} blir då 1745 ton. Per person innebär det 2,7 kg CO_{2e}/år.

Framställning

Framställning av metanol sker oftast från naturgas, då går det åt 77 kg CO₂/GJ MeOH. (Dong & Steinberg, 1997)

Totala utsläpp vid framställning av 1269 ton metanol = 2218 ton CO_{2e}

Per person: 3,4 kg CO_{2e}/år. Observera att framställningen av metanol inte har tagits med i sammanställningen då det inte har kunnat beräknas för de andra kemikalierna som används på Ryaverket och därmed inte kan jämföras med samma förutsättningar.

Transport

Metanolen transporteras från Køge i Danmark med lastbil. Detta görs 54 gånger per år, vilket innebär ca 28,2 ton CO_{2e}/år. (Hansson, 2011) Se Bilaga 6 Transportberäkningar.

Utsläppen från transporten av metanol är alltså en relativt liten del jämfört med de koldioxidutsläpp som sker vid denitrifikation av metanol.

Standardemissionsfaktor

I en studie av Aarsrud m.fl. (2010) har en standardfaktor för metanol använts. Denna faktor baseras på livscykelanalys av metanol. De konstaterar att metanol har en klimatpåverkan med 0,50 kg CO_{2e}/kg. Det skulle innebära totalt 635 ton CO_{2e}/år vilket är mindre än de beräknade emissionerna vid denitrifikation på Ryaverket. Denna faktor har inte tagits med i sammanställningen i Tabell 12.

4.4.4 Polymerer

Koldioxidutsläpp vid framställning och användning av polymerer har exkluderats. Transport av polymerer uppgår totalt till ca 2,7 ton CO_{2e}/år. För beräkningar se Bilaga 6 Transportberäkningar.

4.4.5 Sammanfattning kemikalier

En sammanställning av alla kemikaliers bidrag till Carbon Footprint vad gäller transport tur och retur till Ryaverket presenteras i Tabell 12.

Tabell 12. Kemikalietransporternas koldioxidutsläpp

Kemikalier	Ton CO _{2e} /år	Kg CO _{2e} /p, år
Järnsulfat	36,6	
PAC	8,8	
Metanol	28,2	
Polymerer	2,7	
Totalt	76,3	0,12

Vid användning av metanol genom denitrifikation blir koldioxidutsläppen 1745 ton/år vilket alltså är en mycket större bidragande del till Carbon Footprint än transporten av alla de andra kemikalierna sammanslaget.

4.5 Personal

Enligt antagna transporter till och från arbetet samt Gryaabss klimatredovisning för 2009 med avseende på transporter i tjänsten⁴, blir den totala påverkan på Carbon Footprint 108 ton CO_{2e}/år, dvs. 0,16 kg CO_{2e}/p år.

4.6 Slam- och renstransport

Transport av avvattnat slam med lastbil till Tjörn och Halmstad motsvarar 156 ton CO_{2e} per år, dvs. 0,24 kg CO_{2e}/p år.

Renstransporter till Sävenäs motsvarar 22 ton CO_{2e} per år, dvs. 0,03 kg CO_{2e}/p år.

Se Bilaga 6 Transportberäkningar.

4.7 Biogasproduktion

På Ryaverket produceras ca 60 GWh biogas per år. När detta ersätter ett annat bränsle i systemet reduceras koldioxidutsläppen enligt Tabell 13.

Tabell 13. Biogasproduktion

	Ton CO _{2e} /år	Kg CO _{2e} /p, år
Ersätter naturgas	-14829	-23
Ersätter bensin	-16549	-25

4.8 Totalt Carbon Footprint

Sammanställning av alla ingående bidrag till Carbon Footprint på Ryaverket har gjorts i Tabell 14. De antaganden som har gjorts för att få fram detta är följande:

- Biogasproduktionen ersätter bensin som drivmedel i personbilar
- För kemikalierna räknas endast transport med utom för metanol där även koldioxidbildning vid denitrifikation inkluderas
- För metanemissioner används de uppmätta värdena
- För lustgasemissioner används de uppmätta värdena + teoretiskt påslag för emissioner från slamlagring i 3 veckor på Ryaverket
- För fjärrvärme räknas med en lokal emissionsfaktor
- För el räknas med GBG-mix

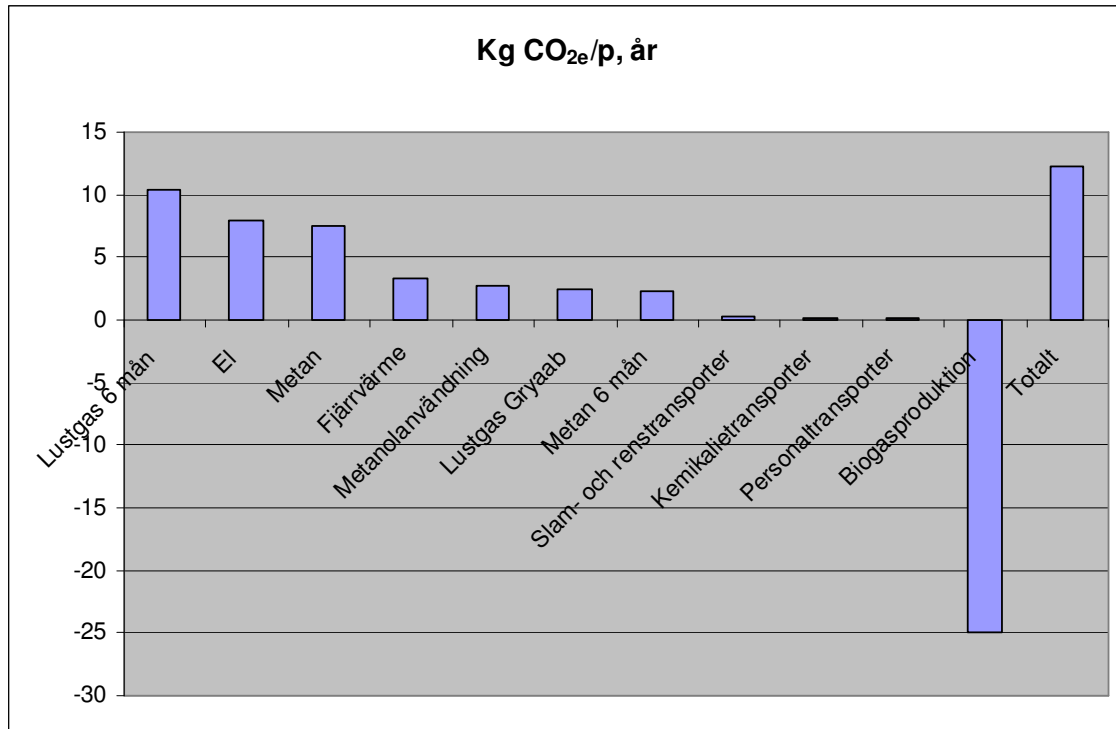
Tabell 14. Sammanställning av Carbon Footprint på Ryaverket

Bidrag	Ton CO _{2e} /år	Kg CO _{2e} /p, år	% av total miljöbelastning
El	5174	8	32 %
Metanemissioner	4968	7,5	31 %
Fjärrvärme	2177	3,3	14 %
Metanolanvändning	1745	2,7	11 %
Lustgas 3 veckor på Gryaab	1643	2,5	10 %
Personaltransporter	108	0,16	0,5 %
Slam- och renstransporter	178	0,27	1,1 %
Kemikalietransporter	76	0,12	0,4 %
Total miljöbelastning	16069	25	100 %
Lustgas- och metanemissioner från hygienisering 6 månader utanför Gryaab	7267	13	31 %
Total miljöbelastning inklusive hygienisering 6 mån	23336	37	
Biogasproduktion	-16549	-25	-103 %
Totalt	-480	-0,5	

Den totala miljöbelastningen uppgår till drygt 16000 ton CO_{2e}/år exklusive slamlagringen utanför Gryaab och nästan 24000 ton CO_{2e}/år inklusive slamlagringen i 6 månader. Det är avgörande om slamlagringen ska räknas med i Gryaabs Carbon Footprint eller inte. De största bidragande faktorerna till miljöbelastningen är elanvändning och metanemissioner.

Biogasproduktionen räknas som en avlastning för miljön vilket resulterar i ett netto Carbon Footprint som är negativt.

Fördelningen av de olika bidragande faktorerna illustreras Figur 2, där även lustgas- och metanbildning vid lagring i 6 månader har inkluderats. Då blir netto Carbon Footprint istället ca 12 kg CO_{2e}/p, år.



Figur 2. Bidrag till Carbon Footprint på Ryaverket per kategori

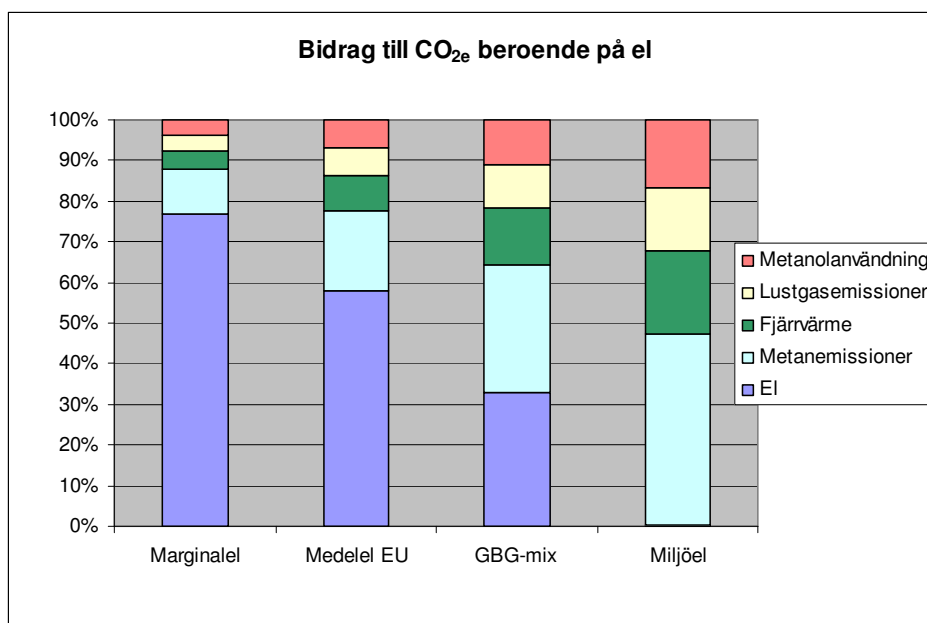
5. Diskussion

I föreliggande rapport har det valts att göra denna kartläggning av Carbon Footprint på Ryaverket genom att inkludera elanvändning, fjärrvärmeanvändning, slamhantering, kemikalieanvändning och kemikalietransporter samt personaltransporter. Biogasproduktion har inkluderats och betraktats som en avlastning för miljön då denna ersätter ett annat bränsle (bensin) i systemet. Det kan diskuteras om även t.ex. produktion av kemikalierna som används kan inkluderas och att slam som läggs ut på åker kan ersätta handelsgödsel som inte behöver produceras osv. Vid denna första ansats till kartläggning har dock nämnda systemgränser ansetts rimliga.

5.1 Elanvändning

Som tidigare nämnts har betraktningssättet för elens påverkan på det totala Carbon Footprint för Ryaverket stor betydelse. Detta illustreras i Figur 3 genom att visa de fyra största faktorerna som bidrar till miljöbelastningen tillsammans med olika betraktningssätt för elproduktionen. Om marginalet används vid beräkningar kommer detta att vara den klart största och avgörande faktorn för Ryaverket miljöpåverkan. Om miljöel istället används så är det metanemissioner som är den största delen av Carbon Footprint. Eftersom föreliggande rapport är en kartläggning av Ryaverkets nuvarande miljöpåverkan för det existerande verket snarare än en analys av framtida alternativ för elanvändning så har ett lokalt betraktningssätt valts, dvs. GBG-mix. Inför framtida val mellan olika åtgärder eller investeringar bör däremot marginalet-perspektivet övervägas. (Gode m.fl., 2009; Engström m.fl., 2009)

När åtgärdsförslag diskuteras för att minska det nuvarande Carbon Footprint kan de olika staplarna jämföras. T.ex. att gå över till lokal vindel skulle göra stor skillnad för Ryaverkets miljöbelastning. Detta skulle kosta ca 0,92 öre mer per kWh (Idehall, 2011), totalt alltså ca 330000 kr/år för Gryaab att reducera drygt 5000 ton CO_{2e}¹¹.



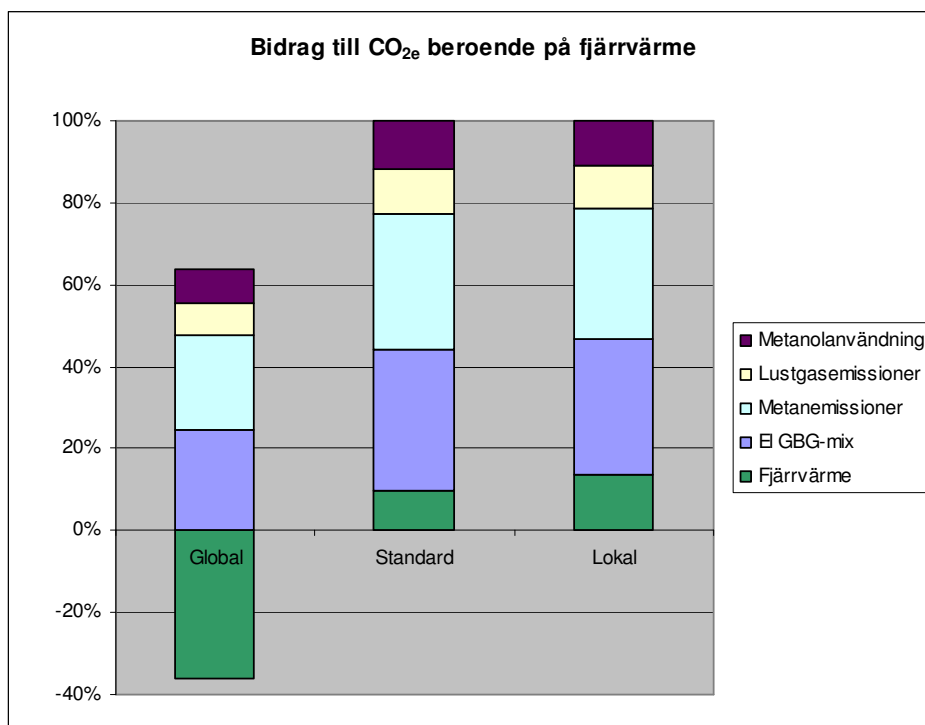
Figur 3. Elanvändningens bidrag till Carbon Footprint beroende på betraktningssätt.

¹¹ Se Tabell 14. Sammanställning av Carbon Footprint på Ryaverket

5.2 Fjärrvärmeanvändning

Fjärrvärmeanvändningen kan illustreras på samma sätt som elanvändningen genom att jämföra dess bidrag till Carbon Footprint beroende på hur systemet betraktas. I Figur 4 presenteras konsekvenserna av detta. Anledningen till att det globala betraktningssättet ger en negativ stapel i Figur 4 beror på att det antas att den el som produceras i samband med fjärrvärmeproduktion på kraftvärmeverken ersätter annan el i systemet som skulle ha producerats sämre, t.ex. kolkondensel. Detta betraktningssätt innebär alltså att elproduktionen som sker i ett kombinerat el- och kraftvärmeverk räknas som avlastning för miljön på marginalen. Enligt samma resonemang som i kapitel 5.1 *Elanvändning* har det i befintlig rapport använts ett lokalt betraktningssätt även för fjärrvärmeproduktionen. Vid ett resonemang om förändrad fjärrvärmeanvändningen kan Figur 4 användas för att diskutera de lokala och globala effekterna av detta.

Det bör nämnas att Ryaverket har sin del i produktionen av fjärrvärme genom värmen i utgående avloppsvatten tas till vara i värmepumpar, 2,9 % av Göteborg Energis totala fjärrvärmeproduktion. (Göteborg Energi Fjärrvärme, 2011) Göteborg Energi äger dock pumparna och detta bidrag har därför inte tagits med i denna kartläggning.



Figur 4. Fjärrvärmeanvändningens bidrag till Carbon Footprint beroende på betraktningssätt.

5.3 Luftemissioner

De uppmätta metanemissionerna på Ryaverket anses relativt tillförlitliga, till skillnad från lustgasmätningarna. 34 % av de uppmätta metanemissionerna kommer från slamsilon, 28 % från slamlagret och 22 % från inloppstunneln. Att täcka slamsilon är därför en god åtgärd för att minska metanemissionerna med ca 74 ton/år vilket motsvarar ca 1700 ton CO_{2e}.

Det bör påpekas att de sex positionerna som kontrollerades avseende lustgas inte ger en heltäckande bild av det totala utsläppet från Ryaverket. Som en jämförelse står metanutsläppet från dessa positioner för cirka en tredjedel av det totala utsläppet av metan från anläggningen. Utförda mätningar på Ryaverket där metan och lustgas analyserats på samma prover visar att höga metanhalter inte behöver innebära höga lustgashalter. (Mars, 2010) Emissionsmätningar på Henriksdal och Bromma reningsverk visar dock god samvariation mellan lustgas och metan (Björleinius, 2011).

Angående lustgasutsläppen från slamlagret så har Flodman (2002) använts som enda litteraturkälla. SLU har dock precis startat upp ett försök där fyra olika typer av slam ska lagras under ett års tid och under den tiden kommer växthusgasemissioner att mätas. Slammen som testas är mesofilt rötat slam med och utan täckning, termofilt rötat slam med täckning samt ureabehandlat slam med täckning. Slammet ligger i plastcylindrar som är två meter höga och 168 cm breda. Runtom cylindrarna ligger mesofilt rötat slam så att hela upplägget ska påminna om ett större slamlager. Höjden på slammet är ungefär 140 cm. Några mätningar är gjorda hittills, men det finns inga siffror på emissionerna ännu. Lagringen och mätningarna kommer fortgå under ett års tid. (Willén, 2011)

Även teoretiska ansatser att beräkna lustgasemissioner från Ryaverket ger mycket olika värden beroende på vald metod. Därför bör angivna värden i sammanställningen användas med stor försiktighet och utveckling av metoder för att mäta lustgasemissioner bör följas noggrant.

Efter transport från Ryaverket fortsätter slammet att avge metan och lustgas. Detta har presenterats som ett alternativ till systemgränsdragningen. Resultatet varierar stort beroende på om detta inkluderas eller ej.

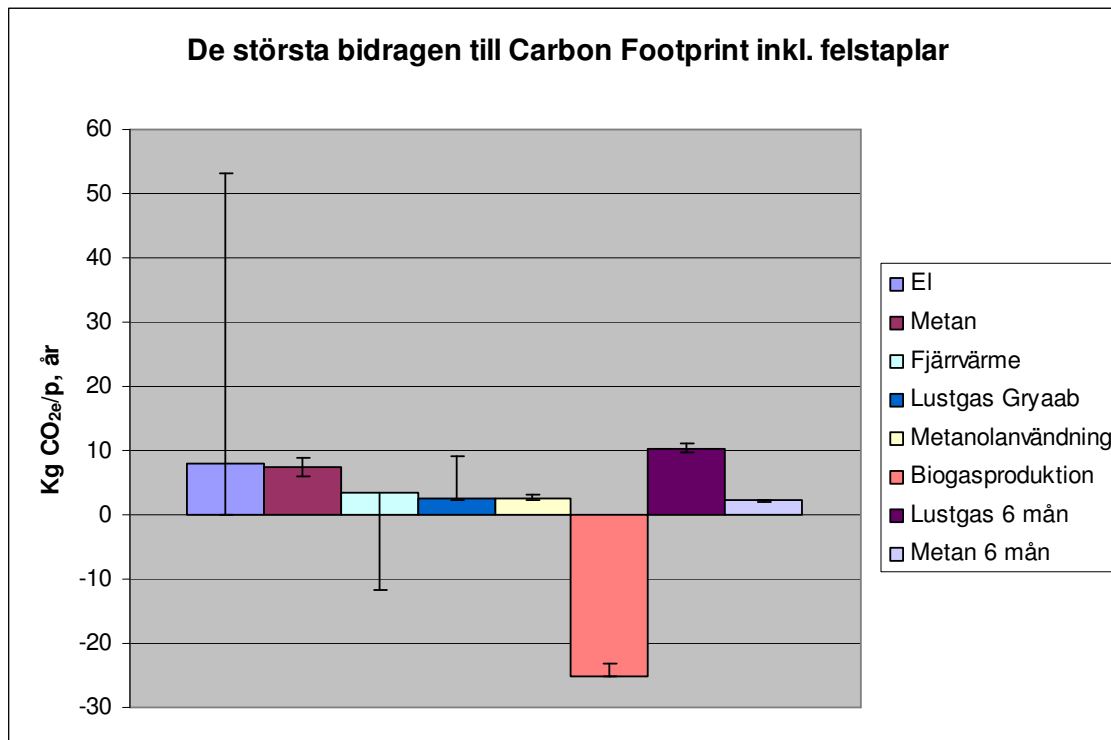
5.4 Kemikalier

Eftersom stor osäkerhet ansågs föreligga kring klimatpåverkan vid produktion av de kemikalier som används på Ryaverket exkluderades detta i denna kartläggning. Produktionen ligger utanför Ryaverkets ”grindar” men eftersom det produceras (till viss del) för Ryaverkets användning så valdes att i alla fall inkludera transport av kemikalierna till och från Ryaverket. Ovanstående gäller alla kemikalier utom för metanol då även koldioxidemissioner från denitrifikationen inkluderats.

Metanolen som används vid denitrifikation har antagits ha fossilt ursprung. Om däremot ett förnybart ursprung antas blir koldioxidemissionerna från denitrifikationen noll. Därför kan det diskuteras om spårning av metanol ska göras om man går över till metanol från förnyelsebar råvara eller om leverantör överhuvudtaget kan garantera spårning av tillverkningsförhållanden.

5.5 Känslighetsanalys

I Figur 5 har osäkerheter kring beräkningarna för de viktigaste faktorerna presenterats genom användande av felstaplar.



Figur 5. De största bidragen till Carbon Footprint på Ryaverket

Den högsta nivån för el representerar marginalel, och den lägsta miljöel.

För metanemissionerna har osäkerheter som angetts av DGE Mark & Miljö inkluderats, dvs. 20 %. Jämfört med de teoretiska värdena ligger de uppmätta lustgasemissioner bland de absolut lägsta. Maxvärdet i figuren är taget från mätningarna på Viikinmäki, se kapitel 4.3.2 Beräknade lustgasemissioner och tabell 10. (DGE Mark & Miljö angav en osäkerhet för lustgasmätningarna på $\pm 50\%$).

För fjärrvärme innebär den lägsta nivån på felstapeln det globala betraktningssättet.

Vad gäller metanolanvändningen har en godtycklig felmarginal på 20 % lagts på. Observera att metanolanvändningsstapeln kommer att försvinna helt om metanol av förnybart ursprung används, alltså metanol som inte framställts av fossilt bränsle.

Angående felstapeln för biogas innebär den mindre negativa nivån att biogasproduktionen ersätter naturgas istället för bensin.

5.6 Jämförelse med andra avloppsreningsverk

Av Tabell 14 framgår att el, metanemissioner och fjärrvärme är de största bidragen till Carbon Footprint på Ryaverket. Biogasproduktionen reducerar dock miljöbelastningen med hela 103 % och ger ett netto Carbon Footprint som är negativt. En enkel omvärldsanalys har gjorts genom att jämföra resultaten för Ryaverket med Sjölunda, Himmerfjärdsverket, Käppala samt Bromma och Henriksdal reningsverk. All data för de olika verken kommer från respektive miljörapport för år 2010, utom för Sjölunda reningsverk där data är hämtat från 2009 års miljörapport. Storlek på verken i form av anslutna personer och personekvivalenter framgår av Tabell 15.

Tabell 15. Anslutna personer och personekvivalenter till olika avloppsreningsverk

Avloppsreningsverk	Antal anslutna personer	Anslutna personekvivalenter
Ryaverket	658 114	865 326
Himmerfjärdsverket	284 000	355 000
Käppala	440 000	480 000
Sjölunda ¹²	300 000	308 000
Bromma	186 000	311 900
Henriksdal	622 000	752 700

5.6.1 Elanvändning

Eftersom det är stora skillnader och i vissa fel oklart vilka emissionsfaktorer och vilken elmix de olika verken har använt vid beräkning av sin miljöpåverkan, så har skillnaderna i elanvändning presenteras i antal kWh istället för CO_{2e} per person och år. Se Tabell 16.

Tabell 16. Jämförelse mellan verk med avseende på elanvändning och produktion

	Ryaverket	Himmerfjärds- verket	Käppala	Sjölunda ¹²	Bromma	Henriksdal
Elanvändning (kWh/person, år)	55	88	73	52	81	51
Elanvändning (kWh/pe, år)	42	70	67	62	48	43
Total elanvändning (GWh/år)	36	25	32	19	15	32
Producerad el (GWh/år)	0,02	-	-	4,1	-	3,1
Inköpt el (GWh/år)	36	25	32	15	15	29

Elanvändningen skiljer sig stort mellan verken, från 51 kWh till 88 kWh per person och år. Det är endast Sjölunda och Henriksdal som producerar egen el, men inget av dessa verk har under 2010 sålt något av denna produktion. Henriksdal och Ryaverket är de mest eleffektiva räknat per personekvivalent. Himmerfjärdsverket använder mest el både per person och personekvivalent per år.

¹² 2009 års värden

5.6.2 Värmeanvändning

Även kring värmeanvändningen så föreligger oklarheter kring använda emissionsfaktorer så skillnaderna illustreras genom att ange antal kWh istället för CO_{2e} per ansluten person och år. Se Tabell 17.

Tabell 17. Jämförelse mellan verk med avseende på värmeanvändning och produktion

	Ryaverket	Himmerfjärds- verket	Käppala	Sjölunda ¹²	Bromma	Henriksdal
Värmebehov (kWh/person, år)	24	35	16	40	25	25
Värmeanvändning (kWh/pe, år)	18	28	15	39	25	25
Total värmeanvändning (GWh/år)	16	10	7,2	12	7,8	19
Producerad fjärrvärme (GWh/år)	-	6,9	21	14	0,35	6,7
Såld fjärrvärme (GWh/år)	-	-	14	1,9	-	-

Värmeanvändningen skiljer sig väsentligt mellan verken, från 16 kWh till 40 kWh per person och år. Käppala använder minst värme och Sjölunda klart mest.

5.6.3 Biogasproduktion

Alla andra verk i denna jämförelse använder sin biogas internt, till skillnad från Ryaverket som säljer det mesta vidare. Ryaverket är också det verk som facklar mest gas procentuellt sett av producerad gas. Se Tabell 18.

Tabell 18. Jämförelse mellan verk med avseende på biogasanvändning

	Ryaverket	Himmerfjärds- verket	Käppala	Sjölunda ¹²	Bromma	Henriksdal
Biogasproduktion (kWh/person, år)	91	102	91	63	80	90
Totalt producerad biogas (GWh/år)	60	29	40	19	25	68
Såld biogas (GWh/år)	51	12	9	8	24	55
Använd biogas internt (GWh)	-	15 ¹³	27 ¹⁴	9,6 ¹⁵	0,93 ¹⁶	10 ¹⁷
Facklats (% av produktion)	8,8 %	2,0 %	0,22 %	0,6 %	0,088 %	1,4 %

¹³ Panna (23 %), tork och motor

¹⁴ Gaspanna

¹⁵ 8 GWh till gasmotorer och 1,6 GWh till gaspanna

¹⁶ Gaspanna

¹⁷ Gaspannor och gasmotorer

5.6.4 Luftemissioner

Metan

Metanemissioner från de olika verken presenteras i CO_{2e} i Tabell 19. Se Bilaga 3 för beräkningar.

Tabell 19. CO_{2e} för metanemissioner

Källa	Ton CO _{2e} /år	Kg CO _{2e} /p, år
Ryaverket	4968	7,6
Himmerfjärdsverket	1519	5,4
Käppala ¹⁸	1651	3,8
Sjölunda	3335	11
Henriksdal	3417	5,5
Bromma	636	3,4

På Himmerfjärdsverket kommer ca 60 % av metanemissionerna från slamtanken. (SYVABs Miljörapport 2010) I Sjölundas miljörapport framgår att, citat: ”Inga mätningar har utförts under året. Värdet uppskattas till samma som föregående år då värden togs fram enligt modell framtagen av Helsinki Water baserat på mätningar i slutet avloppsrenings verk”. (Sjölunda Miljörapport 2009) På Käppala mättes metanemissioner vid skrubber och i kulvert år 2008. Emissionerna var ungefär 50/50 från respektive mätpunkt. (Nordahl, 2008; Davidsson, 2011)

42 % av metanemissionerna från Henriksdal reningsverk kommer från slamtank 1+2. 30 % kommer från slamtanksläckage. Alltså står slamlagring för över 70 % av de totala metanemissionerna vid Henriksdal. Även vid Bromma reningsverk kommer majoriteten av metanemissionerna (56 %) från slamtanken.

Lustgas

Lustgasemissioner från de olika verken presenteras i CO_{2e} i Tabell 20. Tabell 19Se Bilaga 3 för beräkningar. Siffrorna är hämtade från respektive reningsverks miljörapport.

Tabell 20. CO_{2e} för lustgasemissioner

Källa	Ton CO _{2e} /år	Kg CO _{2e} /p, år
Ryaverket	1643	2,5
Himmerfjärdsverket	998	3,5
Sjölunda	7104	24
Käppala	6512	15
Henriksdal	2354	3,8
Bromma	4451	24

Utifrån Tabell 20 kan man se att uppmätta lustgasemissioner på Henriksdal och Brommas reningsverk är mycket större än för Ryaverket. På Sjölunda beror det antagligen på deras nitritation i SBR som avger mycket lustgas, uppmätt ca 3,8 % av ammonium-kvävebelastningen (Gustavsson och la Cour Jansen, 2011).

Björleinius (2011) konstaterar att på Henriksdal är utsläppet av lustgas det lägsta under alla år som mätningar genomförts. Lustgasemissioner har endast detekterats vid biostegen både för Henriksdal och för Bromma.

Bromma är uppdelat i två anläggningar, Åkeshov och Nockeby, det är vid Nockeby biosteget finns. Nockeby är insprängt i berg till största delen, vilket också Henriksdals reningsverk är. Skillnaden mellan biostegen är bland annat att vid Henriksdal är uppehållstiden 13 timmar och vid Nockeby 3,6

¹⁸ Baserat på mätningar som utfördes år 2008 av ÅF

timmar vid dimensionerat flöde. Syrebörvärdet är högre vid Nockeby (2-4 mg O₂/l) än vid Henriksdal (1-3 mg O₂/liter). (Stockholm Vatten 2010) Möjligtvis beror de högre lustgasemissionerna från Nockeby på att det är lägre DO-koncentration vid nitrifikationen på grund av den korta uppehållstiden, vilket innebär lokal syrebrist och ökad lustgasproduktion. För hög luftning vid nitrifikationen kan också leda till ökad mängd syre i denitrifikationen vilket kan resultera i högre lustgasemissioner. (Kampschreur, 2009)

Att Käppala också har högre lustgasutsläpp kan bero på sämre definierade nitrifikation-denitrifikationszoner (Mattsson, 2008).

Lustgasemissionerna varierar stort mellan verken. Hur mätningarna har gjorts varierar och är i vissa fall uppskattade, men samma instrument har använts vid mätningarna vid Himmerfjärdsverket, Bromma och Henriksdal reningsverk. Att mäta lustgasemissioner verkar inte helt enkelt, utvecklingen på den fronten bör följas.

5.6.5 Slutsatser från jämförelsen med andra avloppsreningsverk

Ryaverket står sig bra i jämförelse med andra verk vad gäller effektiv el- och värmeanvändning. Även biogasproduktionen per ansluten person ligger Rya bra till jämfört med andra reningsverk. Vad gäller luftemissioner så är mätningförfarandet mycket osäkert och att dra slutsatser från jämförelser mellan olika reningsverk görs därför inte i denna rapport. Däremot är det intressant att följa metodutvecklingen vid luftemissionsmätningar och att studera andra verk för att få indikationer om vad som påverkar metan- och lustgasemissioner med avseende på styr- och reglertekniker.

6. Slutsatser

- Ryaverkets miljöpåverkan uppgår till 16000 ton CO₂/år och de största bidragande faktorerna till denna är el, metanemissioner och fjärrvärme.
- Netto Carbon Footprint blir negativt med ca 500 ton/år eller 0,5 kg/person vid givna förutsättningar eftersom biogasproduktionen räknas som en avlastning för miljön.
- Elanvändningen står för 32 % av Ryaverkets miljöpåverkan. Vilken el som används får stor betydelse. Att gå över till lokal vindel skulle kosta ca 330000 kr/år för Gryaab och skulle innebära en reduktion av drygt 5000 ton CO₂/år.
- Fjärrvärmeanvändningen står för 14 % av Ryaverkets miljöpåverkan. Vilka förutsättningar som antas för fjärrvärmeproduktion får stor betydelse. I ett större perspektiv hjälper emellertid Ryaverket till att producera fjärrvärme genom att värmen i utgående avloppsvatten tas till vara i värmepumpar. Dessa ägs dock av Göteborg Energi och har därför inte tagits med i denna kartläggning.
- Ryaverket står sig bra i jämförelse med andra verk vad gäller effektiv el- och värmeanvändning.
- Av emissionerna till luft är metan den största bidragande faktorn till utsläpp räknat i koldioxidekvivalenter, motsvarande 31 % av miljöpåverkan. Källorna till emissionerna är framförallt slamsilon, slamlagret och inloppstunneln vid Bräcke. Att minska metanemissionerna (genom att t.ex. täcka slamsilon) skulle ge en stor miljöavlastning.
- Lustgasemissioner står för ca 10 % av den totala påverkan. Men mätningarna är mycket osäkra och resultaten bör användas med försiktighet.
- Metanolanvändningen står för ca 11 % av miljöpåverkan, då det antagits att metanolen har ett fossilt ursprung.
- Kemikalietransporter har en mycket liten del av den totala miljöpåverkan, ca 0,5 %. Produktionen av kemikalier har inte räknats med, påverkan från denna kan vara betydelsefull.
- Miljönyttan när slam ersätter gödsel eller annat material har inte tagits med.
- Frakt av slam och personaltransporter har en försumbar påverkan på Ryaverkets miljöbelastning, 1,1 % respektive 0,7 %.
- Biogasproduktionen reducerar miljöbelastningen med 103 % och är alltså orsaken till att netto Carbon Footprint blir negativt. Jämfört med andra reningsverk är biogasproduktionen per ansluten person god.

7. Rekommendationer

Efter denna första kartläggning av Ryaverkets miljöpåverkan rekommenderas det att arbeta vidare med följande områden:

Punkter där arbete pågår:

- Undersöka hur biogasproduktionen kan ökas utan högre insatsmedel (el, fjärrvärme, kemikalier)
- Arbeta med energieffektivisering
- Täcka slamsilon
- Beräkna förändring av koldioxidbidrag vid framtida processändringar
- Transporter till och från Gryaab

Förbättringsområden:

- Minska utsläpp från tunnlar och slamhantering
- Undersöka att köpa in metanol av förnybart ursprung
- Undersöka att köpa in grön el, t.ex. lokal vindel, som alternativ till den elmix som köps in av DinEl i dagsläget
- Minimera slammängd på tomten

Övriga åtgärder:

- Kartlägga metan- och lustgasemissioner. Utvecklingen på lustgasfronten bör noggrant följas för att minska osäkerheten vad gäller hur mätningar ska utföras och kvantifieras, hur lustgasemissioner förhindras, hur och var de uppkommer etc.
- Kartlägga klimatpåverkan vid produktion av de kemikalier som används på Ryaverket
- Ta reda på miljönyttan när slam ersätter gödsel eller annat material

8. Referenser

- Andersson M. (2005) *Tunga lasbilars koldioxidutsläpp, en kartläggning av tillståndet i Sverige*. Examensarbete vid Högskolan i Dalarna inom programmet Miljöteknik.
- Björleinius, B. (2011) *Växthusgaser i Henriksdals och Bromma reningsverk 2010*. Mätningar inför emissionsdeklarationen 2010. AP. Stockholm Vatten.
- Dong, Y., & Steinberg, M. (1997). Hynol - an economical process for methanol production from biomass and natural gas with reduced co2 emission. *International Journal of Hydrogen Energy*, 22(10-11), 971-977.
- EMAS-redovisning 2009. Göteborg Energi Fjärrvärmeproduktion. Publicerad 2010-05-30.
- Gode J. m.fl. (2011) *Miljöfaktaboken 2011 Uppskattade emissionsfaktorer för bränslen, el, värme och transporter*. Värmeforsk, Anläggnings- och förbränningsteknik 1183.
- Gustavsson D. och la Cour Jansen, J. (2011) *Dynamics of nitrogen oxides emission from a full-scale sludge liquor treatment plant with nitrification*. Water Science and Technology volume 63, nr 12, s. 2838-2845.
- Kampschreur M.J. m.fl. (2009) *Nitrous oxide emission during wastewater treatment*. Water research 43 (2009) 4093–4103
- Käppala Miljörapport 2010. Käppalaförbundet Lidingö. Publicerad 2011-03-24
- Mars J. (2011) *Mätning av luftemissioner från Ryaverket*. Rapport Gryaab, Göteborg. DGE Mark & Miljö.
- Nordahl A. (2008) *Bestämning av emissioner till luft från skorsten, Käppalaverket Lidingö*. ÅF-Consult AB, Göteborg.
- Sjölunda Miljörapport 2009. Sjölunda avloppsreningsverk i Malmö. Publicerad 2010-03-31.
- Stockholm Vatten Miljörapport 2010. Miljörapport för Henriksdal och Bromma reningsverk.
- Systemstudie Avlopp 2007. *En studie av framtida hållbara system för hantering av avlopp och bioavfall i Göteborgsregionen*. Göteborgs Stad, Gryaab, Urban Water. Kapitel 4.3 s. 93.
- Westling K. (2011) *Lustgasemissioner från avloppsreningsverk – en litteraturstudie*. IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Elektroniska källor

DinEl, elens ursprung. Hämtat 2011-06-20
[<http://dinel.se/Om-din-el/Miljo/Elens-ursprung/>]

EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2009/28/EG av den 23 april 2009 om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor och om ändring och ett senare upphävande av direktiven 2001/77/EG och 2003/30/EG. Hämtat 2011-06-20 [<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:sv:PDF>]

Göteborg Energi, Fjärrvärme Broschyr – företag. Hämtat 2011-06-20.

[http://www.goteborgenergi.se/Om_oss/Informationsmaterial/Broschyler?GeneralInfoListCategory=8826]

Naturvårdsverkets hemsida, Emissionsfaktorer. Hämtat 2011-05-03
[<http://www.naturvardsverket.se/sv/Start/Klimat/Utslappsminskning/Berakna-utslapp/Emissionsfaktorer-koldioxid/>]

SIS Swedish Standard Institute. Uppdaterad 2011-03-29. Hämtat 2011-06-22.
[<http://www.sis.se/ledningssystem/ledningssystem-för-miljö/sis-tk-312>]

Stockholm Vatten 2010. Broschyler om Henriksdal och Bromma reningsverk. Hämtat 2011-06-01
[<http://www.stockholmvatten.se/sv/Vattnets-vag/Avloppsvatten/Reningsverk/>]

US Greenhouse Gas Inventory Report (2011). *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2009*. Hämtat 2011-05-12
[<http://epa.gov/climatechange/emissions/usinventoryreport.html>]

Interna dokument Gryaab

Enkät *Klimatkompensation i Göteborg* på uppdrag av Göteborgs Stad Trafikkontoret 2009. Material finns hos Fredrik Davidsson, kvalitets- och miljöansvarig, Gryaab.

Gryaab rapport 2011:1 Miljörapport 2010 Ryaverket

Mattsson A. (2008) *PM om metanbildning*. Internt PM Gryaab.

Personlig kontakt

Fredrik Davidsson, kvalitets- och miljöansvarig, Gryaab (2011)

Ola Fredriksson, utvecklingsingenjör, Gryaab (2011)

Christer Hansson, driftingenjör, Gryaab (2011)

Rolf Idehall, försäljare, DinEl (2011-02-24)

Håkan Jönsson, professor i energi och teknik, kretsloppsteknik, SLU (2011-09-29)

Ann Mattsson, utvecklingschef, Gryaab (2011)

Kari Männistö, driftingenjör, Gryaab (2011)

Mona Olsson Öberg, Göteborg Energi (2011-06-20)

Agnes Willén, doktorand SLU (2011-09-29)

Bilaga 1 Lustgasemissioner enligt amerikansk metod

$$N_2O_{TOTAL} = N_2O_{PLANT} + N_2O_{EFFLUENT}$$

$$N_2O_{PLANT} = N_2O_{NIT/DENIT} + N_2O_{WOUT NIT/DENIT}$$

$$N_2O_{NIT/DENIT} = [(US_{POPND}) \times EF_2 \times F_{IND-COM}] \times 1/10^9$$

$$N_2O_{EFFLUENT} = \{ [((US_{POP} - (0.9 \times US_{POPND})) \times Protein \times F_{NPR} \times F_{NON-CON} \times F_{IND-COM}) - N_{SLUDGE}] \times EF_3 \times 44/28 \} \times 1/10^6$$

N_2O_{TOTAL} = Annual emissions of N_2O (Gg)

N_2O_{PLANT} = N_2O emissions from centralized wastewater treatment plants (Gg)

$N_2O_{NIT/DENIT}$ = N_2O emissions from centralized wastewater treatment plants with nitrification/denitrification (Gg)

$N_2O_{WOUT NIT/DENIT}$ = N_2O emissions from centralized wastewater treatment plants without nitrification/denitrification (Gg)

$N_2O_{EFFLUENT}$ = N_2O emissions from wastewater effluent discharged to aquatic environments (Gg)

US_{POP} = U.S. population

US_{POPND} = U.S. population that is served by biological denitrification (from CWNS)

$WWTP$ = Fraction of population using WWTP (as opposed to septic systems)

EF_1 = Emission factor (3.2 g N_2O /person-year) – plant with no intentional denitrification

EF_2 = Emission factor (7 g N_2O /person-year) – plant with intentional denitrification

Protein = Annual per capita protein consumption (kg/person/year)

F_{NPR} = Fraction of N in protein, default = 0.16 (kg N/kg protein)

$F_{NON-CON}$ = Factor for non-consumed protein added to wastewater (1.4)

$F_{IND-COM}$ = Factor for industrial and commercial co-discharged protein into the sewer system (1.25)

N_{SLUDGE} = N removed with sludge, kg N/yr

EF_3 = Emission factor (0.005 kg N_2O -N/kg sewage-N produced) – from effluent

0.9 = Amount of nitrogen removed by denitrification systems

44/28 = Molecular weight ratio of N_2O to N_2

Bilaga 2 Lustgasemissioner från Ryaverket enligt olika teorier

Avlägsnat kväve på Ryaverket	Ton/år	Ton CO ₂ /år (emissionsfaktor = 296)
Inkommande kväve	3415	
Utgående vatten	1239	
Utgående slam	568	
Denitrifierat (avlägsnat) kväve	1608	
0,15 % av denitrifierat kväve	2,4	710
1,8 % av denitrifierat kväve	29	8584
1,1 % av denitrifierat kväve	18	5328

Bilaga 3 Uppmätta luftemissioner från olika reningsverk

	Sjölunda	Himmerfjärds- verket	Henriksdal	Bromma	Käppala	Ryaverket
PE	308000	355000	752700	311900	480000	865326
Personer	300000	284000	622000	186000	440000	658114
Lustgas (ton/år)	24	3,37	79,53 ¹⁹	15,037 ²⁰	22	3 ²¹
kg CO _{2e} /p, år	23,7	3,51	3,78	23,9	14,8	1,35
Metan (ton/år)	145	66	148,548	27,648	71,8	216
kg CO _{2e} /p, år	11,1	5,35	5,49	3,42	3,75	7,55

¹⁹ Innefattar grovrening, försedimentering, biosteg och sandfilter. Lustgas har bara detekterats i frånluften från biosteget.

²⁰ Även på Bromma har lustgas bara detekterats från biosteget.

²¹ Mättes vid 3 punkter vid aktivslam, inloppstunnel Bräcke, slambyggnad och inloppskanal till slamsilon. Högsta uppmätta värden vid aktivslam.

Bilaga 4 Beräkning av emissioner från slamlagring

Förutsättningar lustgas

Räknat per ton TS slam:	Gryaab	Enhet
• 3,3 kg N ₂ O/ton TS, år	14770	ton slam TS/år
Emissionsfaktor lustgas = 296	296	kg CO _{2e} /kg N ₂ O
Slammet lagras i 3 veckor på Ryaverket	2804	kg N ₂ O 3 veckor
Referens: Flodman (2002) korrigerat av Jönsson & Willén (2011)	0,00	kg N ₂ O/p, år
CO_{2e}	1,26	kg CO_{2e}/p, år

Förutsättningar metan

Räknat per ton TS slam:	Gryaab	Enhet
• 2,09 kg N ₂ O/ton TS, år	14770	ton slam TS/år
Emissionsfaktor metan = 23	30810	kg CO _{2e} /kg CH ₄
Slammet lagras i 3 veckor på Ryaverket	1941	kg CH ₄ 3 veckor
Referens: Flodman (2002) korrigerat av Jönsson & Willén (2011)	0,00	kg CH ₄ /p, år
CO_{2e}	0,06	kg CO_{2e}/p, år

Slamlagring 6 månader utanför Ryaverket

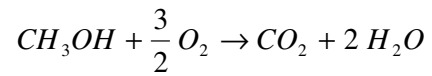
Lustgas	Metan		Totalt metan + lustgas
14770	14770	ton slam TS/år	
48741	30810,22	kg/år	
24371	15405	kg vid 6 mån. lagring	
7214	709	ton CO _{2e} /år vid 6 mån	7923 ton CO _{2e} /år
0,04	0,105	kg N ₂ O(CH ₄)/p, år	
11,0	2,4	kg CO_{2e}/p, år	13,4 kg CO_{2e}/p, år

Metanslip

	Enligt Driftdata	
Biogas	6,3	kWh/m ³
Tot prod. 2010	9 534 681	Nm ³ /år
Andel metan	63,8	% CH ₄
Volym metan	6083126	m ³ CH ₄ /år
Densitet	0,72	kg/m ³
Mängd metan	4379851	Kg/år
	4380	Ton/år
Slip från slambehandling enligt DGE:s mätningar	156,7	ton CH ₄ /år
Metanslip	3,6	%

Bilaga 5 Emissioner vid denitrifikation

COD som bas



$$MV \quad 32 \quad \frac{3}{2} \times 32 \quad 44 \quad 2 \times 18$$

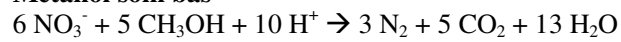
1 g MeOH \rightarrow 1,5 g COD

Molviktsförhållande: $44/32 = 1,375$

$1,375/1,5 = 0,92$

0,92 kg CO_{2e}/kg COD

Metanol som bas



$$MV \quad 6 \cdot 62 \quad 5 \cdot 32 \quad 10 \cdot 1 \quad 3 \cdot 28 \quad 5 \cdot 44 \quad 13 \cdot 18$$

1 g MeOH \rightarrow 1 g CO₂

$44/32 = 1,375$

1,375 kg CO_{2e}/kg MeOH

Använt på Gryaab 2010: 1745 ton CO_{2e} vid denitrifikation

$\rightarrow 1,375 \cdot 1269 = 1745$ ton

Bilaga 6 Transportberäkningar

För alla kemikalie-, rens- och slamtransporter antas:

- Euro V lastbil som kan lasta 30 ton
- Diesel MK1
- Bränsleförbrukning ca 3 liter/10 km (Andersson, 2005)
- Värmevärde: 35,28 GJ/m³
- Emissioner: 72 kg CO_{2e}/GJ (Naturvårdsverket 2011)

$$\rightarrow 35,28 * 72 \text{ kg CO}_2\text{e/m}^3 = 2540 \text{ kg CO}_2\text{e/m}^3$$

$$1 \text{ liter} = 1 \text{ dm}^3 = 0,001 \text{ m}^3$$

$$\rightarrow 2,5 \text{ kg CO}_2\text{e/liter}$$

Använt värde för beräkning av emissioner \rightarrow **7,5 kg CO_{2e}/10 km**

Transport av järnsulfat

Köps in från Kronos Titan A/S i Fredrikstad i Norge. År 2010 levererades 3483 ton järnsulfat fördelat på 117 gånger. Dvs. ca 30 ton/gång.

Fredrikstad \rightarrow Göteborg = 214 km

Totalt per år 214*114 = 24396 km

Enligt beräkning ovan ca **36,6 ton CO_{2e}/år (tur och retur)**

Transport av PAC

Köps in från Ciba Speciality Chemicals Sweden AB och även från Akzo Nobel

Ciba: 13 leveranser

Akzo Nobel: 9 leveranser

Ciba transporterar från Sölvesborg. Avståndet dit är 297 km.

Totalt per år 297*13 = 3861 km

Akzo Nobel kör ifrån Vetlanda. Avstånd dit är 222 km.

Totalt per år 222*9 = 1998 km

Totalt PAC-leveranser: 5859 km

Enligt beräkning ovan **totalt ca 8,8 ton CO_{2e}/år (tur och retur)**

Transport av metanol

Metanolen transporteras från Køge i Danmark, 348 km.

Detta görs 54 gånger per år, vilket innebär 140940 kg CO_{2e}/år.

\approx **28,2 ton CO_{2e} per år (tur och retur)**

Transport av polymerer

Köps in från 2 olika företag:

SNF Nordic

Produktion i Svaneholm 68 km.

Leveranser 5 gånger under 2010. Totalt 37,5 ton

Totalt $68 * 5 = 340$ km

Totala emissioner: **0,5 ton CO_{2e}/år (tur och retur)**

BASF

Leverans från Sölvesborg 297 km.

Leverans 5 gånger under 2010. Totalt 85,4 ton

Totalt per år $297 * 5 = 1485$ km

Totala emissioner: **2,2 ton CO_{2e}/år (tur och retur)**

Totala emissioner från transport av polymerer: **2,7 ton CO_{2e}/år (tur och retur)**

Transport av slam

50 % till Vallhamn på Tjörn – 60 km enkel väg

50 % till Halmstad – 145 km enkel väg

2010:

503 ggr kuskatorpet

502 ggr veolia

10 till ej registrerade

20-25 % mer tidigare (andra leverantörer som kunde lasta mindre)

Enligt beräkningar ovan med 7,5 kg CO_{2e}/10 km

$6 * 7,5 * (503 + 5) + 14,5 * 7,5 * (502 + 5) = 22860 + 55136 \approx 77996$ kg CO_{2e}

≈ 78 ton CO_{2e} per år (enkel väg)

= 156 ton CO_{2e} per år (tur och retur)

Transporter av rens

Renova Sävenäs - 12 km enkel väg

2010:

121 ggr, totalt 802 ton

$1,2 * 7,5 * 121 = 1089$ kg CO_{2e}

≈ 11 ton CO_{2e} per år (enkel väg)

= 22 ton CO_{2e} per år (tur och retur)