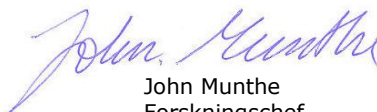


Emissioner från transport av
biodrivmedel och flytande
biobränslen

Beräkningsexempel enligt
STEMFS 2011:2

Jenny Gode, Jenny Arnell, Jonas Höglund, Fredrik Martinsson
B2015
December 2011

Rapporten godkänd:
2011-12-02



John Munthe
Forskningschef

Organisation IVL Svenska Miljöinstitutet AB	Rapportsammanfattning
Adress Box 21060 100 31 Stockholm	Projekttitel Delrapport från projektet ”Emissionsfaktorer för biogas, bioolja och nordisk elmix” Anslagsgivare för projektet Energimyndigheten
Telefonnr 08-598 563 00	
Rapportförfattare Jenny Gode Jonas Höglund Fredrik Martinsson	
Rapporttitel och undertitel Emissioner från transport av biodrivmedel och flytande biobränslen Beräkningsexempel enligt STEMFS 2011:2	
Sammanfattning Rapporten redovisar tre generella beräkningsexempel för utsläpp från transporter av flytande biobränslen, biogas och biodrivmedel. Exempelen omfattar importerad tallbeckolja, biogas från avloppsrenings slam och importerad etanol från sockerrör. Exempelen har valts för att illustrera transporterna för tre bränslen med förhållandevis långa transportkedjor och med hänsyn till användningen i Sverige. Emissionerna omfattar endast e_{td} (utsläpp från transport och distribution) i Energimyndighetens riktlinjer för beräkning av växthusgasemissioner enligt STEMFS 2011:2 (kap 7, §10).	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren Hållbarhetskriterier, beräkningsexempel, biogas, bioolja, biodrivmedel, transportsteg, e_{td} , STEMFS 2011:2	
Bibliografiska uppgifter IVL Rapport B2015	
Rapporten beställs via Hemsida: www.ivl.se , e-post: publicationservice@ivl.se , fax 08-598 563 90, eller via IVL, Box 21060, 100 31 Stockholm	

Förord

Denna rapportering ingår som ett deluppdrag åt Energimyndigheten där syftet är att ta fram tre generella beräkningsexempel för utsläpp vid transporter, ett för respektive flytande biobränslen, biogas och biodrivmedel. Exempelen omfattar importerad tallbeckolja, biogas från avloppsreningsslam och importerad etanol från sockerrör. Exempelen har valts för att illustrera transporterna för tre bränslen med förhållandevis långa transportkedjor och med hänsyn till användningen i Sverige. Emissionerna omfattar alltså endast e_{td} (utsläpp från transport och distribution) i Energimyndighetens riktlinjer för beräkning av växthusgasemissioner enligt STEMFS 2011:2 (kap 7, §10).

Exempelen gäller för transport av 1 MJ av respektive biobränsle/biodrivmedel. Huvudsakliga datakällor är NTM Nätverket för transport och miljö (NTM 2011a, b), varifrån även större delen av metodiken för transportberäkningarna hämtats, och Miljöfaktaboken 2011 (Gode m.fl., 2011).

Sammanfattning

Förnybartdirektivets¹ hållbarhetskriterier anger krav på växthusgasreduktion för biodrivmedel, biogas och flytande biobränslen jämfört med det fossila alternativet. I direktivet anges också hur beräkning ska göras av växthusgasutsläpp i hela produktionskedjan. I Sverige utgår metodiken från Energimyndighetens föreskrifter om hållbarhetskriterier för biodrivmedel och flytande biobränslen (STEMFS 2011:2). Beräkningarna ska omfatta hela livscykeln omfattande flera steg, bland annat utvinning, transport och användning.

IVL Svenska Miljöinstitutet har på uppdrag av Energimyndigheten tagit fram beräkningsexempel för utsläpp från transportsteget för några biobränslen. Exempelen omfattar importerad tallbeckolja, biogas från avloppsrenings slam och importerad etanol från sockerrör. Dessa har valts för att illustrera transporterna för tre bränslen med förhållandevis långa transportkedjor och med hänsyn till användningen i Sverige.

Emissionerna omfattar alltså endast e_{td} (utsläpp från transport och distribution) i Energimyndighetens riktlinjer för beräkning av växthusgasemissioner enligt STEMFS 2011:2 (kap 7, §10). Exempelen gäller för transport av 1 MJ av respektive biobränsle/biodrivmedel. Huvudsakliga datakällor är NTM Nätverket för transport och miljö (NTM 2011a, b), varifrån även större delen av metodiken för transportberäkningarna hämtats, och Miljöfaktaboken 2011 (Gode m.fl., 2011).

¹ Europaparlamentet och rådets direktiv 2009/28/EG om främjande av energi från förnybara energikällor.

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	5
2	Tillvägagångssätt steg-för-steg.....	6
2.1	Avfall/restprodukt.....	8
2.2	Beräkningsavgränsningar.....	8
2.3	Val av fordonstyp för vägtransporter.....	8
2.3.1	Beräkning vägtransport.....	10
2.4	Val av fartygstyp.....	10
2.4.1	Beräkning fartygstyptransport.....	12
2.5	Lagring.....	12
2.5.1	Beräkning lagring.....	14
2.6	Om användning av delnormalvärden i beräkningarna.....	15
3	Transporter av biogas från avloppsrenings slam.....	16
3.1	Antaganden.....	16
3.1.1	Systemgränser.....	17
3.1.2	Transport för uppsamling av substrat till rötningsanläggning (e_{td0}).....	17
3.1.3	Transport från rötning till uppgradering (e_{td1}).....	17
3.1.4	Transport från uppgradering till tankstation (e_{td2}).....	18
3.1.5	Transport – lagring vid tankstationen, e_{td3}	19
3.2	Beräkningar.....	20
3.2.1	Transport från rötning till uppgradering, e_{td1}	20
3.2.2	Transport från uppgradering till tankstation (e_{td2}).....	20
3.2.3	Lagring av biogas vid tankstation, e_{td3}	21
3.2.4	Totala emissioner för transport av 1 MJ biogas från avloppsrenings slam	22
3.2.5	Övriga emissioner.....	23
4	Transporter av tallbeckolja.....	24
4.1	Antaganden.....	24
4.1.1	Systemgränser.....	24
4.1.2	Transport vid utvinning och odling av råvara (e_{td0}).....	25
4.2	Beräkningar.....	25
4.2.1	Vägtransport från raffinaderi till lagring hos producent, e_{td1}	25
4.2.2	Lagring hos producent, e_{td2}	26
4.2.3	Vägtransport till hamn, e_{td3}	26
4.2.4	Sjötransport med tankfartyg, e_{td4}	27
4.2.5	Vägtransport till lagring hos användare, e_{td5}	28
4.2.6	Lagring hos användare, e_{td6}	29
4.2.7	Vägtransport till förbränningsanläggning, e_{td7}	29
4.2.8	Totala emissioner för transport av 1 MJ tallbeckolja.....	29
5	Transporter av etanol från sockerrör.....	30
5.1	Antaganden.....	30
5.1.1	Systemgränser.....	30
5.1.2	Transport vid utvinning och odling av råvara (e_{td0}).....	31
5.1.3	Transportavstånd.....	31
5.1.4	Transportalternativ.....	31

5.1.5	Lagring vid tankstation.....	32
5.2	Beräkningar	32
5.2.1	Produktionsspecifika transporter (e_{td0}).....	32
5.2.2	Vägtransport från produktionsanläggning till exporthamn, e_{td1}	32
5.2.3	Sjötransport med tankfartyg.....	33
5.2.4	Vägtransport från importhamn till användare, e_{td4}	35
5.2.5	Lagring vid tankstation (e_{td5}).....	36
5.2.6	Totala emissioner för transport av 1 MJ sockerrörsetanol	36
6	Referenser.....	37
	Bilaga 1. Komprimering av biogas	38
	Bilaga 2. Emissionsfaktorer	39

1 Inledning

I Förnybartdirektivet² anges hur hänsyn skall tas till emissioner i samband med utsläpp av växthusgaser i produktionskedjan för biodrivmedel, biogas och flytande biobränslen. I Sverige utgår metodiken från Energimyndighetens föreskrifter om hållbarhetskriterier för biodrivmedel och flytande biobränslen (STEMFS 2011:2). Enligt kapitel 7 i föreskriften ska växthusgasutsläppen beräknas enligt:

$$E = e_{ec} + e_l + e_p + e_{td} + e_u - e_{sca} - e_{ccs} - e_{ccr} - e_{ee}$$

där

E = totala utsläpp från produktion och användning av bränslet,

e_{ec} = utsläpp från utvinning eller odling av råvaror, e_l = på år fördelade utsläpp från förändringar av kollagret till följd av ändrad markanvändning,

e_p = utsläpp från bearbetning,

e_{td} = utsläpp från transport och distribution,

e_u = utsläpp från användning av bränslet,

e_{sca} = utsläppsminskningar genom beständig inlagring av kol i marken genom förbättrade jordbruksmetoder,

e_{ccs} = utsläppsminskningar genom avskiljning av koldioxid och geologisk lagring,

e_{ccr} = utsläppsminskningar genom avskiljning och ersättning av koldioxid, och

e_{ee} = utsläppsminskningar genom överskottsrel vid kraftvärmeproduktion.

Denna rapport beskriver endast metodiken för ingående transportsteg (e_{td} i formeln ovan, kap 7, §10) och ger tre exempel på hur transporter kan hanteras. Enligt Energimyndighetens föreskrift (kap 7, §10) ska transportsteget omfatta "utsläpp från transport och lagring av råvaror och halvfabrikat samt lagring och distribution av färdigt material". Utsläpp från transporter och distribution som inte redan behandlats i steget e_{ec} , utvinning och odling av råvaror (kap 7, §4), ska också ingå i e_{td} .

² Europaparlamentet och rådets direktiv 2009/28/EG om främjande av energi från förnybara energikällor.

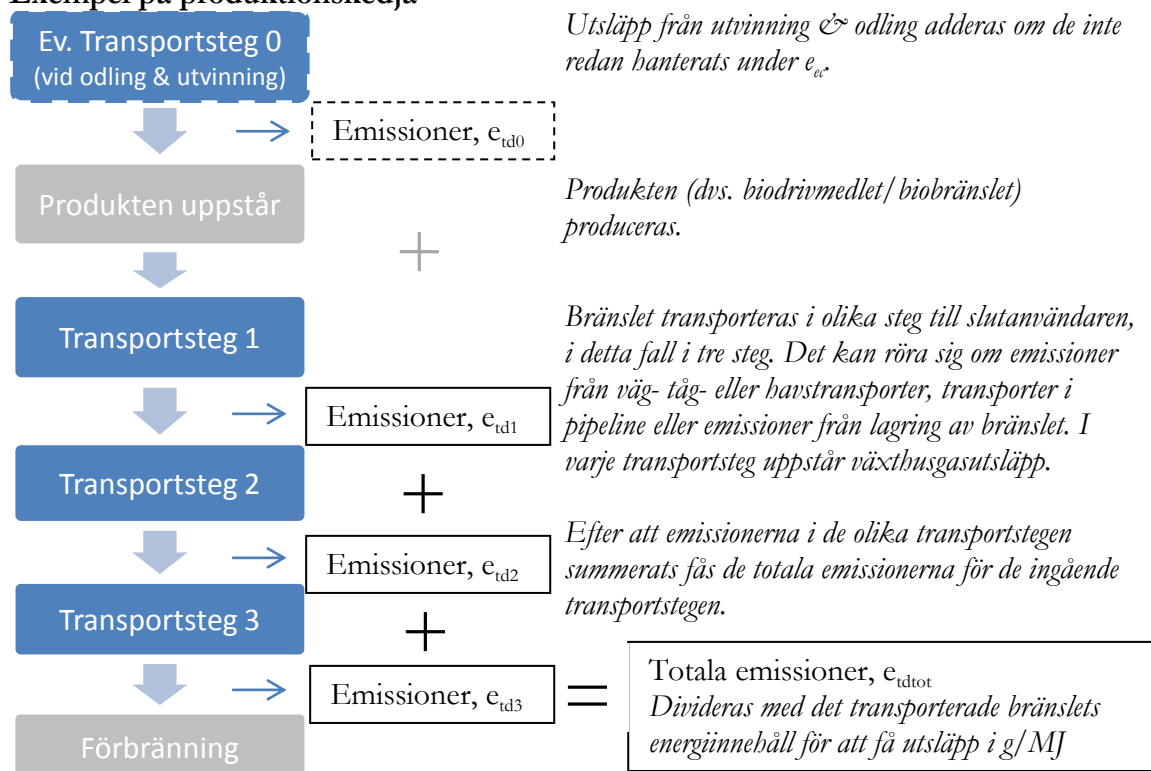
2 Tillvägagångssätt steg-för-steg

I detta avsnitt presenteras övergripande tillvägagångssätt för beräkning av utsläpp från transportsteget för biodrivmedel och flytande biobränslen. Avgränsningar beskrivs samt antaganden och aspekter som generellt är viktiga att ta hänsyn till vid beräkning av utsläpp från några olika tänkbara transporter.

I Figur 1 illustreras en generell produktionskedja för biobränslen/biodrivmedel och exempel på transportsteg som kan omfattas i produktionskedjan.

För läsanvisning och kort sammanfattning av viktiga aspekter och antaganden, se Tabell 1.

Exempel på produktionskedja



Figur 1. Exempel på generell produktionskedja för biobränslen och biodrivmedel. Observera att "Transportsteg 0" ej ska ingå om det omfattats av steget e_{cc} (utsläpp från utvinning och odling av råvaror).

Tabell 1. Läsanvisning och sammanfattning av viktiga aspekter.

Typ av bränsle	Förekommande transportsteg & lagring	Övriga frågor	Kommentarer och/eller viktiga frågor/antaganden/beräkningar som krävs	Hänvisning till avsnitt
Flytande biobränsle	Vägtransport		<ul style="list-style-type: none"> • Representativt fordon • Fyllnadsgrad • Transportavstånd • Bränsleförbrukning vid tom och full last • Biobränslets massa och värmevärde 	2.3
	Sjötransport		Se ovan under vägtransport	2.4
	Lagring		<ul style="list-style-type: none"> • Bränsle/energislag för varmhållning • Cisternernas storlek och isolering • Utetemperatur • Lagringstid 	2.5
Biogas	Pipeline			3.2
	Vägtransport		Se ovan under vägtransport	2.3
	Sjötransport			2.4
Samtliga bränslen		Avfall eller restprodukt?	Utsläpp = 0 fram till insamling	2.1
		Beräkningsavgränsningar (när kan emissioner försummas?)	< 0,1 CO _{2eq} /MJ bränsle kan försummas	2.2

2.1 Avfall/restprodukt

Hur transporter behandlas beror till stor del på om biobränslet som studeras är ett primärt bränsle, ett avfall³ eller en restprodukt⁴, det vill säga vilken kategori bränslet tillhör. Hur avfall och restprodukter definieras och behandlas enligt STEMFS 2011:2 beskrivs utförligt i Energimyndighetens rapport ”Vägledning till regelverket om hållbarhetskriterier för biodrivmedel och flytande biobränslen” (Energimyndigheten 2011). Om ett biobränsle klassas som en restprodukt eller ett avfall anses utsläppen vara 0 fram till det att materialen insamlas. Klassas biobränslet varken som avfall eller restprodukt ska även emissionerna förknippade med odling eller framställning av råvaran ingå. Utsläpp från transport och distribution i samband med utvinning och odling ska inkluderas i beräkningarna av växthusgasutsläpp – antingen under e_{cc} eller e_{td} .

2.2 Beräkningsavgränsningar

Enligt STEMFS 2011:2 behöver emissionsposter som har liten eller ingen påverkan på bränslets totala växthusgasutsläpp inte räknas med. Med ”liten eller ingen påverkan” menas att bidrag från processer/transportsteg som understiger 0,1 g CO_{2eq}/MJ kan uteslutas. Som exempel kan nämnas emissioner förknippade med lagring av bioolja där emissionerna under vissa förutsättningar understiger 0,1 g CO_{2eq}/MJ. För att avgöra detta utan en beräkning med emissionsfaktorer kan även andra mått användas⁵ (Energimyndigheten 2011).

2.3 Val av fordonstyp för vägtransporter

För vägtransporter, och även andra typer av transporter, ska ett för ändamålet representativt fordon väljas som i så stor utsträckning som möjligt avspeglar verkligheten med avseende på emissioner av växthusgaser, vikt, lastkapacitet osv. I de exempel som återges i denna rapport har data och metodik från Nätverket för transporter och miljö (NTM) använts. Representativa data för beräkning av vägtransporter finns att tillgå från NTM (NTM 2011b) och kompletterande emissionsdata från Miljöfaktaboken 2011 (Gode m.fl. 2011).

Som utgångsvärde har en tung lastbil valts för att representera de tankbilar som används för transport av bioolja och etanol (och även fossila drivmedel) på väg samt de emissionsfaktorer och antaganden som är satta av NTM för denna fordonstyp.

³ Avfall definieras enligt Hållbarhetslagen (HBL) som ”ett ämne eller ett föremål som innehavaren gör sig av med eller anser eller är skyldig att göra sig av med.”

⁴ Restprodukt definieras enligt Hållbarhetslagen (HBL) som ”material som kvarstår efter en slutförd process vars huvudsyfte inte är att producera detta material och där processen inte avsiktligt ändrats för att producera materialet.”

⁵ ”Om en insatsvara är mindre än 0,005 g per MJ bränsle, 0,2 kJ per MJ bränsle, 0,3 kg per hektar och år eller 10 MJ per hektar och år kan växthusgasbidraget från denna insatsvara uteslutas från beräkningen.” enligt Energimyndighetens vägledning (Energimyndigheten 2011)

Fyllnadsgraden, det vill säga hur stor del av fordonets maximala lastkapacitet som utnyttjas under transporten, har antagits vara full last enkel väg (100% lastgrad) och tom returlast (0% lastgrad). Emissionsprofilen motsvarar transporter på motorväg vilket innebär följande emissioner:

CO ₂	2615 g/l	(källa: NTM, tung lastbil med släp ⁶ , Euro II-motor, diesel ⁷)
CH ₄	0,0206 g/l	(källa: NTM, tung lastbil med släp ⁶ , Euro II-motor, diesel ⁷)
N ₂ O	0,037 g/l	(källa: Miljöfaktaboken 2011)

Ovanstående ger en emissionsfaktor vid förbränning per liter diesel på 2626 g CO_{2eq} (se även bilaga 2).

Vid produktion av diesel, innan användningen, tillkommer emissioner från raffinaderiet och transporten (uppströmsemissioner):

CO ₂	205 g/l	(källa: Miljöfaktaboken 2011)
CH ₄	1,19 g/l	(källa: Miljöfaktaboken 2011)
N ₂ O	0,0019 g/l	(källa: Miljöfaktaboken 2011)

Ovanstående ger en emissionsfaktor för uppströmsemissioner per liter diesel på 233 g CO_{2eq} (se även Bilaga 2. Emissionsfaktorer).

Totalt under livscykeln uppgår emissionsfaktorn för växthusgaser således till 233+ 2626 = 2859 g CO_{2eq}/l diesel

För att kunna beräkna emissionerna behöver även transportavståndet, fordonets bränsleförbrukning vid tom och full last, vikten transporterat biobränsle på fordonet och värmeverket på det transporterade biobränslet vara känt. Vikten transporterat biobränsle antas vara densamma som fordonets maximala lastkapacitet. Data för detta finns i beräkningsexemplen i denna rapport, nedan återges enbart beräkningsstegen.

Följande indata behövs för att beräkna emissionerna från vägtransport:

1. Ta reda på emissionsfaktorn för det drivmedel som används av fordonet (vanligen diesel). Detta varierar något beroende på fordonstyp och bränsleklass. Är det fråga om en tankbilstransport med Euro-II-motor, som körs på europeisk lågsavlig diesel kan värdet 2859 g CO_{2eq}/l användas, oberoende av lastgrad. Om transporten sker med annat fordonsbränsle kan detta tas med i beräkningen om data finns att tillgå. Eftersom detta har en marginell effekt på slutresultatet har värdet 2859 g CO_{2eq}/l använts i exemplen i denna rapport både för transporter i Sverige och utomlands. Då 5 % inblandning av RME används kan värde hämtas från Miljöfaktaboken 2011. Emissionerna skiljer sig något åt beroende på lastbilstyp⁸, men för tung lastbil kan emissionsfaktorn 2458 g CO_{2eq}/l användas. För att inkludera produktionen och distributionen av diesel inklusive 5 % RME ska 260 g/l

⁶ Fordonstyp 9 enligt NTM (2011b), tung lastbil med släp, varierad körning stads- och landsväg

⁷ Europeisk lågsavlig diesel

⁸ Det beror på att emissionerna av lustgas och metan skiljer sig lite grand.

adderas till den tidigare siffran, som alltså ger total emissionsfaktor på 2718 g/l. Utan RME ger produktionen och distributionen ett bidrag på 233 g/l (se Bilaga 2).

2. Uppskatta transportavståndet för den aktuella transporten. Transportavståndet är specifikt för den aktuella transporten.
3. Ta reda på det aktuella fordonets bränsleförbrukning vid tom respektive full last. Är detta okänt kan en bränsleförbrukning på 0,35 l/km användas vilket motsvarar medelförbrukningen för en stor tankbil (NTM 2011b). Det är också möjligt att beräkna utsläppen som en funktion av transporterad vikt (enligt NTM 2011b), detta har dock en försumbar effekt på slutresultatet ($< 0,1 \text{ g CO}_{2\text{eq}}/\text{MJ}$) och är därför inte nödvändigt.
4. Uppskatta vikten transporterat biobränsle. Är detta okänt kan ett riktvärde på hälften av fordonets maximala lastkapacitet (i ton) användas istället.
5. Ta reda på värmevärdet för det transporterade biobränslet (MJ/ton). Denna information kan i de flesta fall inhämtas från Miljöfaktaboken 2011.

2.3.1 Beräkning vägtransport

Beräkningen sker med följande formel (för exempel när data används, se avsnitt 0-0):

$$e_{td} = \frac{EF_{v,fordonsbränsle} \times B_{förbr} \times S}{m_{biobränsle} \times q_{biobränsle}}$$

där

e_{td} = Emissioner för aktuellt transportsteg [g CO_{2eq}/MJ]

$EF_{v,fordonsbränsle}$ = Emissionsfaktor för fordonsbränslet [g CO_{2eq}/l]

$B_{förbr}$ = Fordonets bränsleförbrukning [l/km]

S = Transportavstånd [km]

$m_{biobränsle}$ = Vikten transporterat biobränsle [ton]

$q_{biobränsle}$ = Värmevärdet för transporterat biobränsle [MJ/ton]

2.4 Val av fartygstyp

Från användarens synvinkel är det svårt att specificera i detalj vilken typ av tankfartyg som används, eftersom inköparen vanligen inte har egna fartyg som fraktar produkten. Istället köps en viss mängd produkt upp, och kan även omlastas i till exempel Rotterdam innan vidare transport. Inköparen har sällan kunskap om den exakta rutten eller typen av fartyg, och den egentliga transportsträckan är därför vanligen längre än från "A till B". Detta faktum gäller även fartygens fyllnadsgrad som baseras på snittvärden enligt NTM för denna

typ av fartygstransporter (NTM 2011a). Fartygens kapacitetsutnyttjande (fyllnadsgrad) varierar kring 50 % i normal trafik. Exakt fyllnadsgrad är svår att erhålla då fartygen angör flera hamnar och transporterar olika typer av gods. Den bränsleförbrukning som används i beräkningsexemplen är framtagen av NTM som ett representativt värde för snittlast enligt resonemanget ovan samt normal sjögång.

För fartygstransporter gäller samma förutsättning som för vägtransporter, dvs. att valet av fartyg i så stor utsträckning som möjligt ska överensstämma med det aktuella fallet. Det är dock nödvändigt att göra generaliseringar eftersom en fullständig beräkning av alla ingående faktorer som påverkar emissionerna knappast är praktiskt möjlig. Merparten av det flytande biobränsle som importerats omlastas i Europa (Rotterdam) för vidare transport till Sverige. Transport från ursprungslandet och fram till omlastningen sker ofta med stora tankfartyg. Det transporterade biobränslet lastas därefter om till ett mindre fartyg för vidare transport till Sverige. Emissionerna förknippade med själva omlastningen har i sammanhanget ansetts vara marginella (dvs. mindre än 0,1 g CO_{2eq}/MJ, se avsnitt 2.2) och har därför uteslutits. Detsamma gäller för eventuell energiåtgång för uppvärmning av bioolja under sjötransport och under lastning och lossning (dessa system utgörs av en panna som producerar ånga för uppvärmning av fartygets lagringstankar).

Följande indata behövs för att beräkna emissionerna från fartygstransport:

1. I vissa fall samlas biobränslet/biodrivmedlet i fråga upp från flera olika leverantörer längs kusten i ursprungslandet, innan vidaretransport till Europa. Dessa sträckor kan vara svåra att uppskatta för den som utför beräkningen. I de fall sådana uppsamlingstransporter förekommer kan schablonvärdet 0,26 g CO_{2eq}/MJ transporterat bränsle användas och adderas till transportkedjans totala emissioner (detta motsvarar transport av ett biobränsle med genomsnittligt värmevärde⁹ 500 km med ett mindre fartyg).
2. Ta reda på emissionsfaktorn för fartygsbränslet. I de absolut flesta fall används brännolja (heavy fuel oil), men även andra bränslen kan förekomma. Brännolja har en emissionsfaktor på 88,5 g CO_{2eq}/MJ, inklusive emissioner i hela livscykeln. Används marin gasolja kan ett värde på 83,9 g CO_{2eq}/MJ användas och används flytande naturgas som bränsle kan värdet 72,5 g CO_{2eq}/MJ användas (Miljöfaktaboken 2011). Samtliga siffror inklusive emissioner i hela livscykeln.
3. Uppskatta transportavståndet från exporthamn till omlastning, alternativt omlastning till importhamn i Sverige, eller i fall med direkt transport utan omlastning avståndet från exporthamn till importhamn i Sverige. Är avståndet okänt kan avstånd hamn-hamn beräknas, t.ex. via SeaRates¹⁰. Följande schablonvärde kan också användas (data från SeaRates):

⁹ Som genomsnittligt värmevärde för det transporterade biobränslet har använts 27 400 MJ/ton.

¹⁰ www.searates.com: <http://www.searates.com/reference/portdistance/>. Observera att sträckorna som anges där är i nautiska mil (nm). 1 nm = 1,852 km.

Sydamerika-Rotterdam	8 440 km
Nordamerika-Rotterdam	6 070 km
Asien-Rotterdam	14 780 km
Brasilien-Rotterdam	10 040 km
Afrika-Rotterdam	11 380 km
Rotterdam-Sverige (Stockholm)	1 430 km

4. Ta reda på fartygets bränsleförbrukning. Gäller transporten transport till omlastning i Europa med stort tankarfartyg kan en bränsleförbrukning på 0,145 ton/km användas. Gäller transporten mindre fartyg, t.ex. efter omlastning eller kusttransporter i Sverige kan en bränsleförbrukning på 0,024 ton/km användas (NTM, 2011).
5. Ta reda på värmevärdet för det transporterade biobränslet (MJ/ton). Denna information kan till exempel inhämtas från Miljöfaktaboken 2011.

2.4.1 Beräkning fartygstransport

Beräkningen sker med följande formel (för exempel när data används se avsnitt 0-0):

$$e_{td} = \frac{B_{f\ddot{o}rbr} \times q_{fartygsbr\ddot{a}nsle} \times EF_{fartygsbr\ddot{a}nsle} \times S}{m_{fartyg} \times q_{biobr\ddot{a}nsle}}$$

där

e_{td} = Emissioner för aktuellt transportsteg [g CO_{2eq}/MJ]

$B_{f\ddot{o}rbr}$ = Fartygets bränsleförbrukning [ton/km]

$q_{fartygsbr\ddot{a}nsle}$ = Värmevärdet för fartygets drivmedel [MJ/ton]

$EF_{fartygsbr\ddot{a}nsle}$ = Emissionsfaktor för fartygsbränslet [g CO_{2eq}/MJ]

S = Transportavstånd [km]

m_{fartyg} = Fartygets vikt inkl bränsle [ton]

$q_{biobr\ddot{a}nsle}$ = Värmevärde för transporterat biobränsle [MJ/ton]

2.5 Lagring

De flesta biodrivmedel och flytande biobränslen lagras på något sätt från produktion till slutanvändning, antingen i depå vid hamn eller i cisterner hos användaren. Lagringen i sig behöver inte ge upphov till relevanta emissioner såvida inte en större mängd energi behöver tillföras under lagringen. Vissa biooljor kräver dock varmhållning där energiåtgången behöver beaktas. Hur mycket energi som åtgår beror på faktorer såsom cisternernas storlek, isolering (U-värde), ute-temperatur, lagringstid etc.

I Tabell 2 visas hur mycket emissionerna påverkas av olika faktorer.

Tabell 2. Emissioner (g CO_{2eq}) per månad för lagring av bioolja för olika cisternstorlekar, utetemperatur, isolering och uppvärmningsalternativ. En medelstor cistern uppvärmd med svensk medelfjärrvärme och lagringstid 4 månader är alltså $4 * 0,017 = 0,07$ g CO_{2eq}.

Alternativ	Svensk medel- fjärrvärme 2009	Industriell spillvärme	Fjärrvärme - biokraftvärme	Oljepanna
Grundfall, lagring i cisterner av olika storlek, värmeförlust 0,3 W/m²K, T_{ute} = 4 °C				
Liten cistern, 2000 m ³	0,029	0,006	0,009	0,099
Stor cistern, 30 000 m ³	0,012	0,003	0,004	0,040
Medelstor cistern, 9000 m ³	0,017	0,004	0,006	0,059
Känslighetsanalys medelstor cistern, olika utetemperatur				
T _{ute} = 20 °C	0,011	0,002	0,004	0,038
T _{ute} = -10 °C	0,022	0,005	0,007	0,076
Känslighetsanalys medelstor cistern, sämre isolering (värmeförlust 0,55 W/m²K), T_{ute} = 4 °C				
Sämre isolering	0,031	0,007	0,010	0,107

Enligt Energimyndighetens rapport "Vägledning till regelverket om hållbarhetskriterier för biodrivmedel och flytande biobränslen" (Energimyndigheten, 2011) bör emissioner som överstiger 0,1 CO_{2eq}/MJ ingå i beräkningen. Vid 4 månaders lagring är det med denna avgränsning endast uppvärmning med eldningsolja som behöver ingå i den totala sammanställningen (se bilaga 2)

Följande indata behövs för att beräkna emissionerna förknippade med lagring:

1. Ta reda på den aktuella lagringstankens isoleringsförmåga. Om information saknas kan värdet 0,3 W/m²K användas.
2. Ta reda på vilken temperatur bränslet håller under lagringen (anges i kelvin, K). Om information saknas kan 323 K utgöra ett riktvärde. Detta motsvarar 50 grader Celsius.
3. Uppskatta genomsnittlig utetemperatur. Sker lagringen i Sverige kan 277 K (4 grader Celsius) antas¹¹ (Sker lagringen på plats med högre årsmedeltemperatur används denna istället).

¹¹ Källa SMHI. Medelvärdet för åren 2005 till 2009 var 4,4 grader Celsius.

4. Beräkna arean på lagringscisternens cylinderskal. Detta beräknas enligt:
$$A_{\text{rean}} = 2 \times \pi \times r \times h + 2 \times \pi \times r^2$$
där r = radien och h = höjden.
5. Uppskatta det lagrade biobränslets genomsnittliga uppehållstid i lagringstanken.
6. Beräkna energiinnehållet på det bränsle som lagras i tanken.
7. Ta reda på emissionsfaktorn för det bränsle som används för att värma det lagrade biobränslet (g/MJ värme). I Sverige kan detta antas vara svensk fjärrvärmemix (28,1 g CO_{2eq}/MJ värme). Utomlands där fjärrvärme inte är lika vanligt förekommande kan uppvärmningen antas ske med olja (96,2 g CO_{2eq}/MJ värme). Emissionsfaktorer för dessa samt andra uppvärmningsformer redovisas i bilaga 2.

2.5.1 Beräkning lagring

Beräkningen sker med följande formel (för exempel när data används se avsnitt 0-0):

$$e_{td} = \frac{U \times T_{olja} - T_{ute} \times A \times t_{span} \times 0,0036 \times EF_{fv}}{E_{olja}}$$

där

e_{td} = Emissioner för aktuellt lagringssteg [g CO_{2eq}/MJ]

U = Lagringstankens isoleringsförmåga [W/m²K]

T_{olja} = Temperaturen på lagrat bränsle [K]

T_{ute} = Genomsnittlig utetemperatur [K]

A = Arean på lagringscisternens cylinderskal [m²]

t_{span} = Det lagrade bränslets uppehållstid i lagringstanken [timmar]

E_{olja} = Energiinnehållet på det biobränsle som lagras i tanken [MJ]

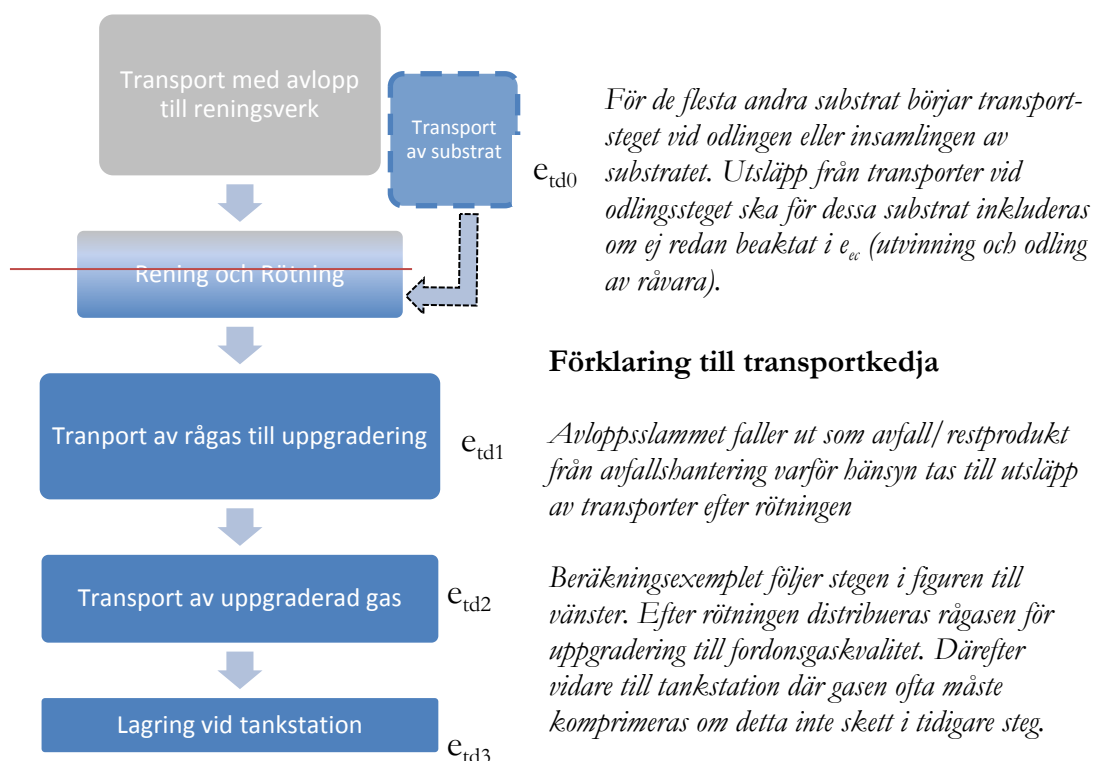
EF_{fv} = Emissionsfaktor för aktuell fjärrvärmemix [g/MJ värme]

2.6 Om användning av delnormalvärden i beräkningarna

Enligt STEMFS 2011:2 kan delnormalvärden användas för delar av den totala växthusgasberäkningen, eller normalvärden för hela kedjan. Beräkningssteget för transport och distribution (e_{td}) som behandlas i denna rapport kan ersättas med delnormalvärden enligt bilagorna i STEMFS 2011:2 där så är tillämpligt, eller om data saknas för att utföra beräkningar av det aktuella fallet. Delnormalvärdena omfattar transporter i hela produktionskedjan, dvs. transporter av råvaror, halvfabrikat och slutprodukt.

3 Transporter av biogas från avloppsrenings- slam

Biogas kan framställas från många olika substrat. Beräkningsexemplet som presenteras här gäller transporter vid framställning av biogas från avloppsrenings slam. Det specifika exemplet är baserat på en biogasanläggning i Västerås. De steg i transportkedjan som studerats illustreras i Figur 2. För en generell transport av biogas ska transportsteget innan rötningen också ingå.



Figur 2. Generella systemgränser för transport av fordonsbiogas från avloppsrenings slam. Blåmarkerade boxar ingår i exemplet.

I Västerås finns ett lokalt isolerat biogasnät där distributionen av både rågas och uppgraderad gas sker. Biogasen produceras vid både Kungsängens avloppsreningsverk och Gryta avfallsanläggning. I transportexemplet är det transport av gasen från avloppsreningsverket som avses.

3.1 Antaganden

Nedan beskrivs de antaganden som gjorts för exemplet med transport av biogas i enlighet med exemplet i Västerås.

3.1.1 Systemgränser

Det uppstår en svårighet att skilja på vilken energi som åtgår vid uppgraderingen och trycksättning och vilken som åtgår för transporten då gasen distribueras i lokala biogasnät. Trycksättningen vid tankstationen har i detta fall ansetts tillhöra en del av transporten medan uppgraderingen är en separat process och alltså inte ingår i GHG-beräkningar för transporterna utan ingår istället i bearbetningssteget, e_p .

Emissionsfaktorn för el är 126 gram CO_{2eq} per kWh el¹² (Martinsson m.fl., 2011). Den baseras på ett medelvärde av nordisk elmix 2005-2009.

3.1.1.1 Avfall

Avloppsslam är klassat som avfall enligt avfallsdirektivet. Enligt STEMFS 2011:2 § 7 ska beräkningen av växthusgaser från ett avfall ta sin början då avfallet samlas in. I ”Vägledning till regelverket om hållbarhetskriterier för biodrivmedel och flytande biobränslen” (Energimyndigheten, 2011) ingår rötningen inom systemgränserna (dvs. röttningssteget skall tas med i beräkningen av utsläpp från fordonsgas). Det första transportsteget som inkluderas blir därför transporten av rågasen som faller ut från rötningen. Detta kan sägas vara ett specialfall för avloppsrenings slam eftersom de flesta andra biogassubstrat har ett transportsteg innan för uppsamling av gröda eller avfall.

3.1.2 Transport för uppsamling av substrat till röttningsanläggning (e_{td0})

För biogas som framställs från exempelvis grödor eller matavfall ska transportsteget för insamlingen av grödan eller matavfallet ingå i transportberäkningarna. Denna post har inte inkluderats här. Värt att notera är att för grödor är transportsträckan relativt enkel att ta reda på medan den för matavfall kan vara svårare att uppskatta då sådant avfall ofta insamlas från en mängd olika platser. Mer information om de uppgifter som behövs och de antaganden som kan göras presenteras i avsnitt 2.

3.1.3 Transport från rötning till uppgradering (e_{td1})

I Benjaminsson och Nilsson (2009) redogörs för fem olika distributionsvägar för fordonsgas. De huvudsakliga alternativen är transport med lastbil eller distribution i ett biogas-/naturgasnät.

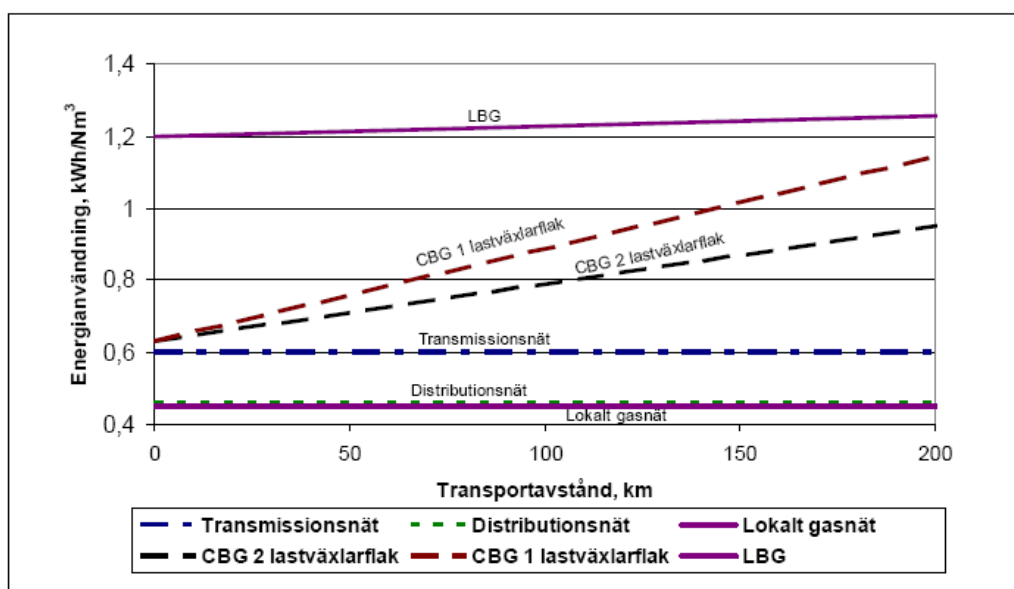
I Västerås finns ett exempel på ett lokalt isolerat biogasnät där distributionen av både rågas och uppgraderad gas sker via biogasnätet. Längden på ledningen från rötningen vid avloppsreningsverket till uppgraderings anläggning är 8,5 km (Växtkraft, 2011)

Trycket vid distribution till uppgradering är knappt 1 bars övertryck (Växtkraft, 2011). Det innebär att energigtången för att komprimera gasen blir relativt låg. Enligt beräkningar

¹² Export och import av el har hanterats som netto i beräkningen

med 50 % antagen verkningsgrad¹³ blir den 0,06 kWh per Nm³ (se bilaga1). Transport från uppgradering till tankstation (e_{td2})

Trycket i detta steg är något högre, 4 bars övertryck, vilket medför att el-insatsen blir något högre. Enligt Benjaminsson och Nilsson (2009) åtgår 0,45 kWh el per Nm³ gas vid uppgradering och distribution. Dock har gasen redan trycksatts till ett högre tryck vid uppgradering i en vattenskrubberanläggning och i princip åtgår inget extra arbete för att distribuera gasen (Benjaminsson och Nilsson 2009). Det arbete som åtgår bör därför ligga på uppgraderingsprocessen och inte på distributionen. Den energiförlust (trycksänkning) som sker vid distributionen är i princip försumbar (Carl-Magnus Petterson, pers kom). Detta illustreras även av Benjaminsson och Nilsson (2009) som har ansatt ett konstant arbete, 0,45 kWh el/ Nm³ oberoende av transportens längd, för gas som distribueras i ett lokalt nät med 4 bars övertryck.



Figur 3. Energianvändningen för olika distributionssätt av biogas som funktion av transportavståndet. Som framgår av figuren är energianvändningen oberoende av transportavståndet vid transport i distributions- och transmissionsnät, medan den ökar med transportavståndet vid vägtransport. LBG = flytande biogas, CBG = komprimerad biogas. Källa: Benjaminsson & Nilsson, 2009.

I Palm & Ek (2010) anges en elanvändning på 0,43 kWh el per Nm³ för uppgraderingen (vattenskrubberanläggning) baserat på att 60 % åtgår vid uppgraderingen och att den totala energianvändning för uppgradering och trycksättning vid tankstation är 0,72 kWh el per Nm³ (0,29 kWh åtgår vid trycksättningen, 250 bar, vid tankstationen).

För distribution av biogas till tankstationer som inte är anknutna till ett rörgasnät eller en egen produktionsanläggning används lastbilsflak så kallade lastväxlarflak, containrar som transporteras med tung lastbil. I normala fall körs bilar med lastväxlarflak ett och ett med lastkapacitet 2000 eller 3000 Nm³ gas. Det finns även möjlighet att ta med flak på släp. Tre

¹³ Antagandet baseras på jämförelser mellan teoretiska och praktiska data i Benjaminsson & Nilsson (2009).

mindre flak eller två större kan i så fall lastas sammanlagt på ekipaget. Maximalt kan 4,2 ton gas distribueras med lastväxlarflak om flaken är av stål (Benjaminsson & Nilsson 2009). Används kompositmaterial kan upp till 8,4 ton transporteras. I Figur 3 ingår två fall där gas transporteras med lastväxlarflak, CBG¹⁴ 1 och CBG 2 där skillnaden är ett eller två lastväxlarflak. Det konstanta arbetet i början av transporten är elarbetet för att komprimera gasen till 200 bar, 0,18 kWh/Nm³. Den distansberoende energimängden är diesel vid transporten. För ett lastväxlarflak åtgår 0,0026 kWh/Nm³*km och för två lastväxlarflak åtgår 0,0016 kWh diesel/Nm³*km (Benjaminsson & Nilsson 2009). Tom återtransport antas då.

3.1.4 Transport – lagring vid tankstationen, e_{td3}

Vid tankstationen har man i Västerås tankar med 250- 350 bars tryck beroende på driftsituationen (Carl-Magnus Petterson, pers komm). I Benjaminsson och Nilsson (2009) anges att det åtgår 0,3 kWh per Nm³ för att öka trycket vid tankstationen från 4 bar till 200 bar. Teoretiskt optimalt åtgår 0,12 kWh per Nm³ enligt beräkningsformel i bilaga1. Detta utgör 39 % av det angivna 0,3 kWh per Nm³. Det verkar fullt rimligt eftersom temperaturhöjning av gasen och verkningsgraden på kompressormotorn inverkar. Benjaminsson och Nilsson (2009) anger i princip samma storleksordning på elanvändning som Palm & Ek (2010). Läckage av metan under vid själva distributionen är inte känd och därmed inte medräknad i exemplet (Carl-Magnus Petterson, pers komm).

¹⁴ CBG = compressed biogas

3.2 Beräkningar

3.2.1 Transport från rötning till uppgradering, e_{td1}

Distribution i 8,5 km långt gasnät med mindre än 1 bars övertryck. Enligt preliminära beräkningar åtgår 0,06 kWh per Nm³ fordonsgas (se bilaga 1).

Indata

Elanvändning, W_{el}	0,06 kWh per Nm ³ fordonsgas
Värmevärde per volym E_{eff}	9,7 kWh per Nm ³ fordonsgas → 34,92 MJ per Nm ³
Emissionsfaktor för el, EF_{el} :	126 g CO _{2e} per kWh el

Beräkning

$$e_{td1} = (W_{el}/E_{eff}) * EF_{el} = (0,06 \text{ [kWh}_{el}/\text{Nm}^3] / 34,9 \text{ [MJ}/\text{Nm}^3]) * 126 \text{ [g}/\text{kWh}_{el}] = 0,22 \text{ [g CO}_{2e}/\text{MJ fordonsgas]}$$

3.2.2 Transport från uppgradering till tankstation (e_{td2})

Distribution 8 km i gasnät med 4 bars övertryck. Elanvändningen sker vid uppgraderingssteget.

Indata

Elanvändning, W_{el}	0 [kWh el/ MJ fordonsgas]
------------------------	---------------------------

$$e_{td2} = 0$$

Metanförlusten är okänd men antas vara försumbar.

3.2.2.1 **Alternativ: Transport med tung lastbil**

Om denna transport skett med lastbil och lastväxlarflak hade det först åtgått ca 0,18 kWh el per Nm³ för att komprimera gasen och sedan 0,0026 kWh diesel/Nm³*km eller 0,0016 kWh diesel/Nm³*km beroende på om det är ett litet eller två stora flak vid transporten. Detta inkluderar tom återtransport. Vid ett litet flak transporteras 2000 Nm³ och vid två stora flak transporteras 6000 Nm³. Det motsvarar 0,34 l/km respektive 0,63 l/km då diesel antas ha ett effektivt värmevärde på 35,28 MJ/liter (SPI).

Indata komprimering

Elanvändning, W_{el} 0,18 kWh/Nm³ (Benjaminsson & Nilsson 2009).

Emissionsfaktor el, EF_e 126 g/CO_{2eq}

Indata lastbilstransport

Transportsträcka (enkel riktning), S 8 km

Vikt på ekipage: 26 eller 56 ton (Benjaminsson & Nilsson 2009).

Volym, V 2000 eller 6000 Nm³ fordonsgas
(Benjaminsson & Nilsson 2009).

Bränsleförbrukning, FC 0,34 l/km eller 0,63 l/km
(Benjaminsson & Nilsson 2009).

Effektivt värmevärde fordonsgas, E_{eff} 34,92 MJ/Nm³ (Benjaminsson & Nilsson 2009).

Emissionsfaktor diesel 5 % RME, EF_d 2718 g CO_{2e}/l (Miljöfaktaboken 2011)

El

$$e_{td2el} = (W_{el}/E_{eff}) * EF_e = (0,18 \text{ [kWh}_{el}/\text{Nm}^3] / 34,9 \text{ [MJ}/\text{Nm}^3]) * 126 \text{ [g/kWh}_{el}] = 0,65 \text{ g/MJ}$$

Diesel (5 % RME)

$$e_{td2diesel1} = FC * S * EF_d = 2718 \text{ [g CO}_{2eq}/\text{l}] * 0,34 \text{ [l/km]} * 8 \text{ [km]} / 2000 \text{ [Nm}^3] / 34,9 \text{ [MJ}/\text{Nm}^3] = 0,11 \text{ [g CO}_{2eq}/\text{MJ}] \text{ fordonsgas}$$

$$e_{td2diesel2} = FC * S * EF_d = 2718 \text{ [g CO}_{2eq}/\text{l}] * 0,63 \text{ [l/km]} * 8 \text{ [km]} / 6000 \text{ [Nm}^3] / 34,9 \text{ [MJ}/\text{Nm}^3] = 0,065 \text{ [g CO}_{2eq}/\text{MJ}] \text{ fordonsgas}$$

Summa el och diesel

$$e_{td2} = 0,65 + 0,106 = 0,76 \text{ [g CO}_{2eq}/\text{MJ}] \text{ fordonsgas} \text{ (Ett lastväxlarflak) eller}$$

$$e_{td2} = 0,65 + 0,065 = 0,72 \text{ [g CO}_{2eq}/\text{MJ}] \text{ fordonsgas} \text{ (Två lastväxlarflak)}$$

3.2.3 Lagring av biogas vid tankstation, e_{td3}

Komprimering av gas från 4 bar till 200 bar, 0,3 kWh el per Nm³ fordonsgas (Benjaminsson & Nilsson, 2009), se avsnitt 3.1.4.

Indata

Elanvändning, W_{el}	0,3 kWh per Nm^3 fordonsgas
Värmevärde per volym E_{eff}	9,7 kWh per Nm^3 fordonsgas → 34,92 MJ per Nm^3
Emissionsfaktor för el, EF_{el} :	126 g CO_{2e} per kWh el

Beräkning

$$e_{td3} = (W_{el}/E_{eff}) * EF_{el} = (0,3/34,9) * 126 = 1,08 \text{ [g } CO_{2eq}/\text{MJ fordonsgas]}$$

3.2.3.1 Alternativ: Transport med lastbil

Då lastväxlarflak används är elanvändningen betydligt lägre för att komprimera gasen. Detta eftersom den redan är komprimerad till 200 bar. Enligt Benjaminsson & Nilsson 2009 är elanvändningen 0,07 kWh el per Nm^3 fordonsgas

Indata

Elanvändning, W_{el}	0,07 kWh per Nm^3 fordonsgas
Värmevärde per volym E_{eff}	9,7 kWh per Nm^3 fordonsgas → 34,92 MJ per Nm^3
Emissionsfaktor för el, EF_{el} :	126 g CO_{2e} per kWh el

Beräkning

$$e_{td3} = (W_{el}/E_{eff}) * EF_{el} = (0,07 \text{ [kWh}_{el}/Nm^3] / 34,9 \text{ [MJ}/Nm^3]) * 126 \text{ [g/kWh}_{el}] = 0,25 \text{ [g } CO_{2eq}/\text{MJ fordonsgas]}$$

3.2.4 Totala emissioner för transport av 1 MJ biogas från avloppsreningslam

$$E_{td} = e_{td1} + e_{td2} + e_{td3} = 0,22 + 0 + 1,08 = 1,30 \text{ g } CO_{2eq}/\text{MJ fordonsgas (lokal biogasnät)}$$

$$E_{td} = e_{td1} + e_{td2} + e_{td3} = 0,22 + 0,76 + 0,25 = 1,23 \text{ g } CO_{2eq}/\text{MJ fordonsgas (1 lastväxlarflak)}$$

$$E_{td} = e_{td1} + e_{td2} + e_{td3} = 0,22 + 0,71 + 0,25 = 1,18 \text{ g } CO_{2eq}/\text{MJ fordonsgas (2 lastväxlarflak)}$$

Med längre lastbilstransporter kommer dock dessa alternativ ge betydligt högre emissioner än distribution med lokalt gasnät. Redan vid 15 km transportsträcka istället för 8 km, e_{td2} , ger lastbilstransport med ett lastväxlarflak högre emissioner än distribution i lokalt gasnät.

3.2.5 Övriga emissioner

Vid uppgraderingen i vattenskrubberanläggningar (Samma som i Västerås exemplet) finns en inventering av metanläckage gjord av Avfall Sverige 2008. Data från denna studie har även använts i Palm & Ek (2010). I det bästa fallet uppges metanläckaget vara 0,5 %, av de tillförda rågasflödet. Medianläckaget från vattenskrubberanläggningar är i storleksordningen 2,1 %. Storleken på anläggningen och åldern verkar påverka läckagets storlek.

Inkluderas även uppgraderingens elanvändning och metanläckage tillkommer 1,69 g CO_{2eq} för elanvändningen och 5,89 g CO_{2eq} för metanläckaget.

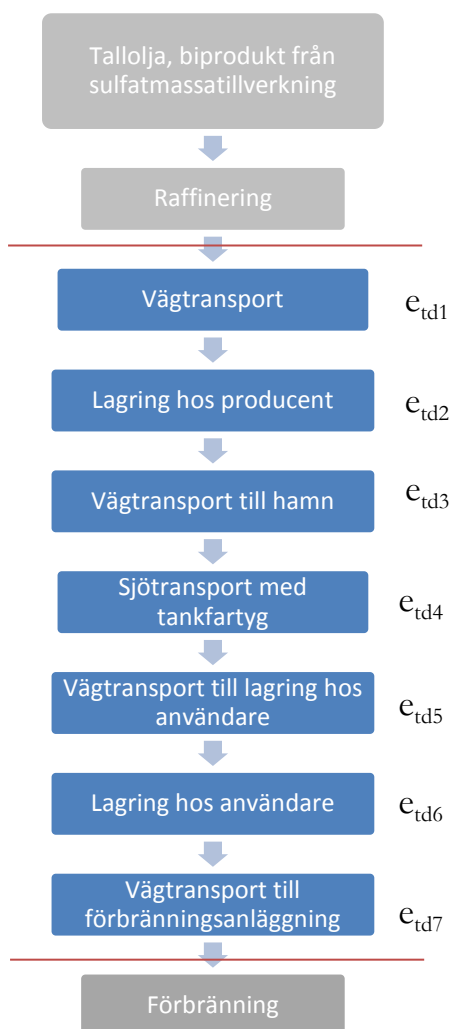
4 Transporter av tallbeckolja

Tallbeckolja utvinns ur tallolja, en biprodukt från sulfatmassatillverkningen. Genom raffinering kan talloljan förädlas till ett antal produkter, bland annat tallbeckolja som kan användas som bränsle i värmeverk, kraftvärmeverk och mesaugnar.

4.1 Antaganden

4.1.1 Systemgränser

Översikt transportkedja



Förklaring till transportkedja

Tallbeckoljan faller ut som en restprodukt i raffineringsprocessen, varför hänsyn endast tas till utsläpp av transporter efter raffineringssteget. För biooljor från primära råvaror ska utsläpp från transporter i samband med utvinning och odling av råvaran inkluderas, antingen i transportsteget (e_{td}) eller i utvinnings- och odlingssteget (e_o).

Beräkningsexemplet följer stegen i figuren till vänster. Efter raffineringen transporteras oljan till producentens lagringsplats där lagring sker i uppvärmda cisterner. Oljan måste värmas för att hålla en viss temperatur för att behålla flytande form. Tallbeckoljan transporteras därefter på väg och, i fallet internationell handel, vanligen över havet i tankfartyg. När fartyget angjort destinationen transporteras den till användarens (uppköparens) lagringsplats. Därifrån transporteras tallbeckoljan till användarens olika förbränningsanläggningar.

Figur 4. Transportkedja för tallbeckolja. Blå sektioner ingår i beräkningsunderlaget. Grå sektioner ligger utanför systemgränsen och ingår därför inte.

Enligt Energimyndighetens riktlinjer (STEMFS 2011:2, kap 7, § 10) omfattar *utsläpp från transport och distribution, e_{td} utsläpp från transport och lagring av råvaror och halvfabrikat samt lagring och distribution av färdigt material*. För bioolja innefattas alltså vägtransport, sjötransport och lagring.

4.1.2 Transport vid utvinning och odling av råvara (e_{td0})

Beräkningsexemplet gäller tallbeckolja vilket betraktas som en restprodukt i Energimyndighetens vägledning (Energimyndigheten, 2011). Därmed inkluderas enbart transporter efter det att tallbeckoljan bildats. För bioolja som framställs från primära råvaror ska utsläpp från transporter vid utvinning och odling också inkluderas, om de inte redan beaktats i steget utvinning och odling av råvara (e_{ec}). Denna post har alltså inte inkluderats i beräkningsexemplet nedan.

4.2 Beräkningar

4.2.1 Vägtransport från raffinaderi till lagring hos producent, e_{td1}

Indata

Fyllnadsgrad till producent	1 (dvs. 100 %, full last till producent)
Fyllnadsgrad returlast	0 (dvs. tom returlast)
Transportsträcka (enkel riktning):	10 km
Vikt transporterad tallbeckolja:	33 ton
Värmevärde tallbeckolja:	37900 MJ/ton
Bränslekonsumtion fullast:	0,445 l/km (NTM)
Bränslekonsumtion tom:	0,246 l/km (NTM)

Emissioner enkel väg med full last:

$$e_{td1} = 2859 \text{ [g CO}_{2\text{eq}}\text{/l]} * 0,445 \text{ [l/km]} * 10 \text{ [km]} / 33 \text{ [ton]} / 37900 \text{ [MJ/ton]} = 0,010 \text{ [g CO}_{2\text{eq}}\text{/MJ tallbeckolja]}$$

Emissioner enkel väg med tom returlast:

$$e_{td1} = 2859 \text{ [g CO}_{2\text{eq}}\text{/l]} * 0,246 \text{ [l/km]} * 10 \text{ [km]} / 33 \text{ [ton]} / 37900 \text{ [MJ/ton]} = 0,0056 \text{ [g CO}_{2\text{eq}}\text{/MJ tallbeckolja]}$$

$$\text{Summerat } e_{td1} = 0,010 + 0,0056 = 0,0158 \text{ g CO}_{2\text{eq}}\text{/MJ tallbeckolja}$$

4.2.2 Lagring hos producent, e_{td2}

Beräkning

Följande formler har använts för att beräkna växthusgasemissionerna för lagring i en relativt liten cistern med cylinderarean 905 m^2 (för övriga indata till beräkningarna se Bilaga 1):



$$P = U * (T_{olja} - T_{ute}) * A = 0,3 * (313 - 273) * 905 = 12\ 000 \text{ [W]}$$

där

P = Värmeförlusteffekten [W]

U = Isoleringsförmåga [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

T_{olja} = temperaturen på lagrad olja [K]

T_{ute} = genomsnittlig utetemperatur [K]

A = Arean på cylinderskalet [m^2]

Observera att detta är ett exempel på lagring i cistern för att visa på hur beräkningar av emissioner från lagring görs. Cisternen i exemplet ovan är alltså av cylinderarean 905 m^2 och har en volym på drygt 2000 m^3 . Vid ett antagande om att cisternen i genomsnitt är fylld till 50 % med bioolja lagras drygt 37 Tj bioolja som medelvärde i cisternen. Värmeåtgången för lagringen samt relaterade emissioner framgår av beräkningarna nedan.

$$E_{tot} = P * t_{span} = 12000 \text{ [W]} * 2880 \text{ [h]} * 0,0036 \text{ [MJ/Wh]} = 124\ 416 \text{ [MJ]}$$

där

E_{tot} = Värmeåtgång för att värma oljan under 4 månader [MJ] (Fortum, pers komm)

P = Värmeförlusteffekten [W]

t_{span} = tallbeckoljans uppehållstid i tanken [h]

Vid antagande

$$e_{td2} = E_{tot} \text{ [MJ]} / E_{olja} \text{ [MJ]} * EF_{fv} \text{ [g/MJ värme]} = 124416 \text{ [MJ]} / 37055714 \text{ [MJ]} * 29,33 \text{ [g CO}_{2eq}\text{/MJ]} = 0,098 \text{ [g CO}_{2eq}\text{/MJ tallbeckolja]}$$

där

E_{olja} = biooljans energinnehåll i tanken [MJ]

EF_{fv} = emissionsfaktor för svensk fjärrvärmemix¹⁵ [g/MJ värme]

4.2.3 Vägtransport till hamn, e_{td3}

Som indata till denna beräkning antas samma förutsättningar som i avsnitt 4.2.1 förutom att transportsträckan antas vara 5 km vilket minskar bränsleförbrukningen något.

¹⁵ Svensk fjärrvärmemix enligt IVL-rapport U3427 "Emissionsfaktorer för svensk elmix och svensk fjärrvärmemix år 2009".

Emissioner enkel väg med full last:

$$e_{td3} = 2859 \text{ [g CO}_{2eq}/\text{l]} * 0,445 \text{ [l/km]} * 5 \text{ [km]} / 33 \text{ [ton]} / 37900 \text{ [MJ/ton]} = 0,0051 \text{ [g CO}_{2eq}/\text{MJ tallbeckolja]}$$

Emissioner enkel väg med tom returlast:

$$e_{td3} = 2859 \text{ [g CO}_{2eq}/\text{l]} * 0,246 \text{ [l/km]} * 5 \text{ [km]} / 33 \text{ [ton]} / 37900 \text{ [MJ/ton]} = 0,0028 \text{ [g CO}_{2eq}/\text{MJ tallbeckolja]}$$

$$\text{Summerat } e_{td3} = 0,0050 + 0,0028 = 0,008 \text{ g CO}_{2eq}/\text{MJ tallbeckolja}$$

4.2.4 Sjötransport med tankfartyg, e_{td4}

Transport från USA till depå i Rotterdam

Maxlast fartyg:	110 000 ton
Lastgrad:	55 %
Fartygstyp:	Tanker för flytande last (product/chemical tanker enligt NTM 2011a)
Bränsleförbrukning:	0,145 ton/km ¹⁶
Emissionsfaktor för brännolja (HFO):	88,5 g CO _{2eq} /MJ bränsle
Värmevärde tallbeckolja:	37 900 MJ/ton
Värmevärde HFO:	41000 MJ/ton
Transportsträcka:	6070 km (från USA till Rotterdam)

Beräkningsexempel USA till Rotterdam

Totalt energiinnehåll i fartygsbränsle [M]_{tot}

$$0,1450 \text{ [ton bränsle/km]} * 6070 \text{ [km]} * 41000 \text{ [MJ/ton]} = 36\,086\,150 \text{ [MJ]}$$

Emissionsfaktorberäkning

$$[\text{g CO}_{2eq} \text{ totalt}] = 36\,086\,150 \text{ [MJ]}_{tot} * 88,5 \text{ [g CO}_{2eq}/\text{MJ HFO]} = 3,19 * 10^9 \text{ [g CO}_{2eq}]$$

$$[\text{g CO}_{2eq}/\text{tonkm}] = 3,19 * 10^9 \text{ [g CO}_{2eq}] / (110\,000 \text{ [ton]} * 0,55 * 6070 \text{ [km]}) = 8,69 \text{ [g CO}_{2eq}/\text{tonkm}]$$

Total emissionsfaktor per transporterad mängd tallbeckolja från USA till Rotterdam:

$$e_{td4} = 8,69 \text{ [g CO}_{2eq}/\text{tonkm}] * 6070 \text{ [km]} / 37900 \text{ [MJ/ton]} = 1,39 \text{ [g CO}_{2eq}/\text{MJ tallbeckolja]}$$

¹⁶ Standardvärde enligt NTM för tankfartyg med flytande last (med 55 % fyllnadsgrad)

Transport från depå i Rotterdam till svensk importhamn

Maxlast fartyg:	5 900 ton
Fastgrad:	50 %
Fartygstyp:	Tankfartyg /Coastal tanker (enligt NTM 2011a)
Bränsleförbrukning: (HFO):	0,024 ton/km ¹⁷ Emissionsfaktor för bränsle 88,5 g CO _{2eq} /MJ bränsle
Värmevärde tallbeckolja:	37 900 MJ/ton
Värmevärde HFO:	41 000 MJ/ton
Transportsträcka:	1 430 km (från Rotterdam till hamn i Stockholm)

Beräkningsexempel Rotterdam till Sverige

Totalt energiinnehåll i fartygsbränsle [MJ]tot

$$0,024 \text{ [ton bränsle/km]} * 1430 \text{ [km]} * 41000 \text{ [MJ/ton]} = 1\,407\,120 \text{ [MJ]}$$

Emissionsfaktorberäkning

$$[\text{g CO}_{2\text{eq}} \text{ totalt}] = 1\,407\,120 \text{ [MJ]tot} * 88,5 \text{ [g CO}_{2\text{eq}}/\text{MJ HFO}] = 1,25 * 10^8 \text{ [g CO}_{2\text{eq}}]$$

$$[\text{g CO}_{2\text{eq}}/\text{tonkm}] = 1,25 * 10^8 \text{ [g CO}_{2\text{eq}}] / (5\,900 \text{ [ton]} * 1\,430 \text{ [km]}) = 14,8 \text{ [g CO}_{2\text{eq}}/\text{tonkm}]$$

Total emissionsfaktor per transporterad mängd tallbeckolja från Rotterdam till Sverige:

$$e_{\text{td4}} = 14,8 \text{ [g CO}_{2\text{eq}}/\text{tonkm}] * 1430 \text{ [km]} / 41000 \text{ [MJ/ton]} = 0,51 \text{ [g CO}_{2\text{eq}}/\text{MJ tallbeckolja}]$$

4.2.5 Vägtransport till lagring hos användare, e_{td5}

Som indata till denna beräkning antas samma förutsättningar som i avsnitt 4.2.1 förutom att transportsträckan antas vara 50 km vilket ökar bränsleförbrukningen något.

Emissioner enkel väg med full last:

$$e_{\text{td5}} = 2859 \text{ [g CO}_{2\text{eq}}/\text{l}] * 0,445 \text{ [l/km]} * 50 \text{ [km]} / 33 \text{ [ton]} / 37900 \text{ [MJ/ton]} = 0,051 \text{ [g CO}_{2\text{eq}}/\text{MJ tallbeckolja}]$$

Emissioner enkel väg med tom returlast:

$$e_{\text{td5}} = 2859 \text{ [g CO}_{2\text{eq}}/\text{l}] * 0,246 \text{ [l/km]} * 50 \text{ [km]} / 33 \text{ [ton]} / 37900 \text{ [MJ/ton]} = 0,030 \text{ [g CO}_{2\text{eq}}/\text{MJ tallbeckolja}]$$

$$\text{Summerat } e_{\text{td5}} = 0,046 + 0,030 = 0,08 \text{ g CO}_{2\text{eq}}/\text{MJ tallbeckolja}]$$

¹⁷ Defaultvärde enligt NTM för tankfartyg, sk. Coastal tanker, (med 50 % fyllnadsgrad)

4.2.6 Lagring hos användare, e_{td6}

Som indata till denna beräkning antas samma förutsättningar som i avsnitt 0

$$e_{td6} = 0,098 \text{ [g CO}_{2eq}\text{/MJ tallbeckolja].}$$

4.2.7 Vägtransport till förbränningsanläggning, e_{td7}

Detta transportsteg avser transporter från användarens centrala depå till användarens förbränningsanläggning. Indata till beräkningen och antaganden är densamma som i avsnitt 4.2.1.

$$e_{td7} = 0,0158 \text{ [g CO}_{2eq}\text{/MJ tallbeckolja].}$$

4.2.8 Totala emissioner för transport av 1 MJ tallbeckolja

Det totala bidraget från transporter för importerad tallbeckolja från USA:

$$\begin{aligned} e_{td1} &= 0,016 \text{ [g CO}_{2eq}\text{/MJ Tallbeckolja]} \\ e_{td2} &= 0,10 \text{ [g CO}_{2eq}\text{/MJ Tallbeckolja]} \\ e_{td3} &= 0,01 \text{ [g CO}_{2eq}\text{/MJ Tallbeckolja]} \\ e_{td4} &= 1,4 + 0,51 = 1,9 \text{ [g CO}_{2eq}\text{/MJ Tallbeckolja]} \\ e_{td5} &= 0,08 \text{ [g CO}_{2eq}\text{/MJ Tallbeckolja]} \\ e_{td6} &= 0,10 \text{ [g CO}_{2eq}\text{/MJ Tallbeckolja]} \\ e_{td7} &= 0,016 \text{ [g CO}_{2eq}\text{/MJ Tallbeckolja]} \end{aligned}$$

$$\text{Summa } e_{td} = 2,2 \text{ [g CO}_{2eq}\text{/MJ Tallbeckolja]}$$

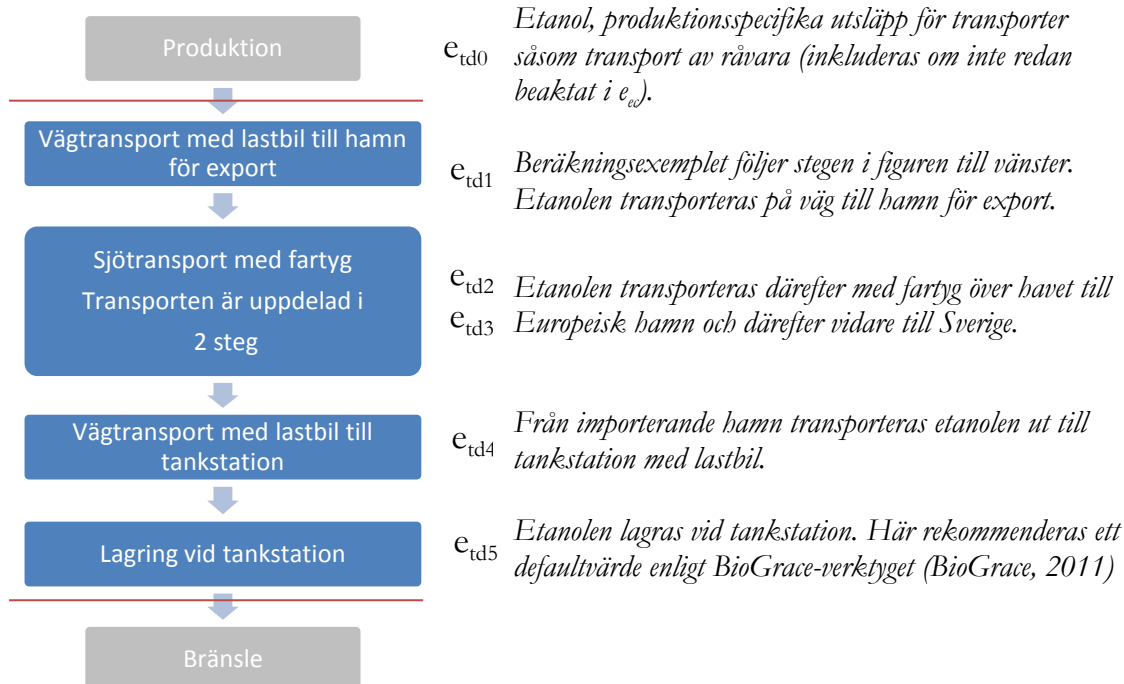
5 Transporter av etanol från sockerrör

Etanol från sockerrör utgör en stor del av den totalt nyttjade andelen etanol som drivmedel i Sverige. Den etanol som nyttjas för inblandning i E85 kommer från importerat etanol från sockerrör. Enligt Energimyndighetens utredning "Analys av marknaderna för etanol och biodiesel", ER 2011:13, importerades 94 052 m³ år 2009 respektive 81 357 m³ 2010. Den totala importen från Brasilien har under tidigare år varit betydligt större men dåliga skördar och utökad inhemsk produktion har påverkat.

Den statistik som finns anger land från vilken importen sker och alltså inte från det land där etanolen producerats. Det är orsaken till den stora importen från Nederländerna på 109 790 m³ 2009 respektive 40 376 m³ för 2010. Dessa volymer kan antas vara skeppad etanol från Brasilien. Totalt användes i Sverige 2,3 TWh (2009) etanol som drivmedel, vilket motsvarar knappt 400 000 m³ (Energiläget i siffror 2010, Energimyndigheten).

5.1 Antaganden

5.1.1 Systemgränser



Figur 5. Transportkedja för etanol. Blå sektioner ingår i beräkningsunderlaget. Grå sektioner ligger utanför systemgränsen och ingår därför inte.

5.1.2 Transport vid utvinning och odling av råvara (e_{td0})

Transport vid utvinning och odling av råvara ska inkluderas i beräkningen om det inte redan beaktats i e_{cc} , alltså utvinning och odling av råvara (e_{cc}). Denna post har inkluderats i beräkningsexemplet nedan och benämns som produktionsspecifika transporter eller e_{td0} .

5.1.3 Transportavstånd

Concawes Well-To-Tank-rapport uppskattar avstånden för vägtransport till 150 km för transport av etanol från fabrik fram till exporterande brasiliansk hamn. För transport av etanol från importerande hamn eller anläggning ut till svenska användare används en transportsträcka på 400 km, vilket motsvarar avståndet mellan Örnköldsvik och Gävle (antas vara en normal sträcka som motsvarar avståndet mellan våra stora hamnar och ett par större städer t.ex. Malmö-Linköping, Göteborg-Västerås).

Några ungefärliga avstånd för de största hamnarna (i hela hundratals km)

Malmö (Trelleborg)– Stockholm	600 km
Malmö – Göteborg	300 km
Malmö – Linköping	400 km
Göteborg – Stockholm	500 km
Göteborg – Västerås	400 km
Örnköldsvik (Husum) – Gävle	400 km

5.1.4 Transportalternativ

5.1.4.1 Vägtransport

För att få jämförbarhet mellan de olika transportberäkningarna har samma grundantagande som för tallbeckolja gjorts och samma källor har använts (se avsnitt 4). Vägtransport av etanol sker med tankbil. Fordonsbränsle är diesel (svensk MK1 med 5 % FAME).

För transport av etanol till hamn såväl som ut till användare, kan antas i princip alltid tomma återtransporter.

5.1.4.2 Sjötransport

Varje enskilt importerat parti har olika förutsättningar. Beroende av typ av fartyg varierar bränsleförbrukningen mycket. Nedanstående beräkningar skall därför ses som exempel.

Sjötransporten delas upp i två delar. Först skeppas etanol från Brasilien till depå i Rotterdam, därifrån vidare med mindre fartyg till svensk hamn. Första beräkningen har antagit att fartygstypen är ett tankfartyg för flytande gods med en lastkapacitet på 110 000 metriska ton. Bränsleförbrukningen har av NTM tagits fram utifrån en uppskattad fyllnadsgrad, med

hänsyn tagen till tomma sträckor, på 55 % och som ett snitt vid normal sjögång¹⁸. Den andra beräkningen grundar sig på ett mindre fartyg så kallade Coastal tankers (enligt NTM 2011a), med bränsleförbrukning utifrån ett snitt vid normal sjögång och en fyllnadsgrad 50 % samt en maxlast på 5900 ton.

5.1.5 Lagring vid tankstation

Emissioner vid lagring av etanol vid tankstation ska inkluderas i beräkningen. Här rekommenderas att ett defaultvärde från det europeiska BioGrace-verktyget¹⁹ kan användas. I BioGrace anges ett elbehov vid tankstation på 0,0034 MJ_{el}/MJ_{etanol} (BioGrace, 2011). Med antagandet om nordisk elmix med en emissionsfaktor på 126 g/kWh_{el} (35 g/MJ_{el}) enligt Martinsson m.fl. (2011) blir emissionsfaktorn vid lagringen 0,12 g/MJ_{etanol} alltså precis över gränsen för att det ska anses vara försumbart, se avsnitt 2.2.

Om egna data finns tillgängliga över elbehovet vid lagring kan givetvis dessa användas.

5.2 Beräkningar

5.2.1 Produktions specifika transporter (e_{td0})

Produktionsspecifika transporter, e_{td0} , alltså transporter vid utvinning och odling av råvara ska inkluderas i beräkningarna såvida de inte redan beaktats i steget e_{ec} . Produktions-specifika utsläpp för transporter så som transport av råvara. I livscykelanalys av svenska biodrivmedel genomförd av Börjesson (2010) är bidraget från transport vid socker-rörsodlingen specificerad till 1,4 g CO_{2eq}/MJ etanol. Detta värde använd som indata här.

5.2.2 Vägtransport från produktionsanläggning till exporthamn, e_{td1}

Samma förhållanden som för Svensk vägtransport antas. Det medför endast mindre skillnader i fråga om CO₂ (kan dock skilja mer för svavel bland annat)

Indata

Fyllnadsgrad till producent	1 (dvs.100 %, full last till producent)
Fyllnadsgrad returlast	0 (dvs. tom returlast)
Transportsträcka (enkel riktning):	150 km
Vikt transporterad etanol:	33 ton
Värmevärde etanol:	16900 MJ/ton
Emissionsfaktor Bränsle (Diesel)	2859 [g CO _{2eq} /l]

¹⁸ Fyllnadsgraden baseras på defaultvärde för NTM för denna typ av fartygstransporter. Antagandet baseras på att en exakt fyllnadsgrad är svår att erhålla på grund av att fartygens kapacitetsutnyttjande varierar. Värdet utgör därför ett snittvärde för normal trafik.

¹⁹ BioGrace är ett verktyg för beräkning av växthusgasutsläpp från biodrivmedel och flytande biobränslen baserat på harmoniserade värden. Se www.biograce.net.

Beräkning

$FC_{\text{empty}} = \text{Bränslekonsumtion tom} = 0,246 \text{ l/km}$

$FC_{\text{full}} = \text{Bränslekonsumtion maxlast} = 0,445 \text{ l/km}$

$LCU_{\text{weight}} = \text{Fyllnadsgrad} = 1$

Bränslekonsumtion med hänsyn till last 100% = 0,445 [l/km] NTM 2011b, för tom återtransport = 0,246 [l/km] NTM 2011b

Emissioner enkel väg med full last:

$e_{\text{td1}} = 2859 \text{ [g CO}_{2\text{eq}}/\text{l}] * 0,445 \text{ [l/km]} * 150 \text{ [km]} / 33 \text{ [ton]} / 16900 \text{ [MJ/ton]} = 0,34 \text{ [g CO}_{2\text{eq}}/\text{MJ etanol]}$

Emissioner enkel väg med tom returlast:

$e_{\text{td1}} = 2859 \text{ [g CO}_{2\text{eq}}/\text{l}] * 0,246 \text{ [l/km]} * 150 \text{ [km]} / 33 \text{ [ton]} / 16900 \text{ [MJ/ton]} = 0,19 \text{ [g CO}_{2\text{eq}}/\text{MJ etanol]}$

Totala emissionen för vägtransporten:

Summerat $e_{\text{td1}} = 0,53 \text{ g CO}_{2\text{eq}}/\text{MJ etanol}$

För emissionsfaktorer se Bilaga 2.

5.2.3 Sjötransport med tankfartyg

5.2.3.1 Transport från Brasilien till depå i Rotterdam, e_{td2}

Indata

Maxlast fartyg:	110 000 ton
Lastgrad:	55 %
Fartygstyp:	Tanker för flytande last (product/chemical tanker enligt NTM 2011a Data for Tanker Table 1c)
Bränsleförbrukning:	0,145 ton/km ²⁰ (NTM)
Emissionsfaktor för brännolja (HFO):	88,5 g CO _{2eq} /MJ bränsle
Värmevärde etanol:	16 900 MJ/ton
Värmevärde HFO:	41 000 MJ/ton
Transportsträcka:	10 040 km (från Brasilien till Rotterdam)

²⁰ Defaultvärde för bränsleförbrukningen enligt NTM, Data for Tanker Table 1c

Beräkning

Totalt energiinnehåll i fartygsbränsle [MJ]tot

$$0,1450 \text{ [ton bränsle/km]} * 10040 \text{ [km]} * 41000 \text{ [MJ/ton]} = 59\,687\,800 \text{ [MJ]}$$

Emissionsfaktorberäkning

$$[\text{g CO}_{2\text{eq}} \text{ totalt}] = 59\,687\,800 \text{ [MJ]tot} * 88,5 \text{ [g CO}_{2\text{eq}} \text{ /MJ HFO]} = 5,28 * 10^9 \text{ [g CO}_{2\text{eq}}]$$

$$[\text{g CO}_{2\text{eq}} \text{ /tonkm}] = 5,28 * 10^9 \text{ [g CO}_{2\text{eq}}] / (110\,000 \text{ [ton]} * 0,55 * 10\,040 \text{ [km]}) = 8,70 \text{ [g CO}_{2\text{eq}} \text{ /tonkm}]$$

Total emissionsfaktor per transporterad mängd etanol:

$$e_{td2} = 8,70 \text{ [g CO}_{2\text{eq}} \text{ /tonkm]} * 10040 \text{ [km]} / 16900 \text{ [MJ/ton]} = 5,17 \text{ g CO}_{2\text{eq}} \text{ /MJ etanol}$$

5.2.3.2 Transport från depå i Rotterdam till Svensk hamn för import, e_{td3}

Indata

Maxlast fartyg:	5 900 ton
Fastgrad:	50 %
Fartygstyp:	Tankfartyg /Coastal tanker enligt NTM (2011a, Data for Tanker Table 1c)
Bränsleförbrukning:	0,024 ton/km ²¹ (NTM)
Emissionsfaktor för brännolja (HFO):	86.5 g CO _{2eq} /MJ bränsle
Värmevärde etanol:	16900 MJ/ton
Värmevärde HFO:	41000 MJ/ton
Transportsträcka:	2 000 km (från Rotterdam till Örnsköldsvik)

Beräkning

Totalt energiinnehåll i fartygsbränsle [MJ]tot

$$0,024 \text{ [ton bränsle/km]} * 2000 \text{ [km]} * 41000 \text{ [MJ/ton]} = 1\,968\,000 \text{ [MJ]}$$

Emissionsfaktorberäkning

$$[\text{g CO}_{2\text{eq}} \text{ totalt}] = 1\,968\,000 \text{ [MJ]tot} * 88,5 \text{ [g CO}_{2\text{eq}} \text{ /MJ HFO]} = 1,74 * 10^8 \text{ [g CO}_{2\text{eq}}]$$

$$[\text{g CO}_{2\text{eq}} \text{ /tonkm}] = 1,74 * 10^8 \text{ [g CO}_{2\text{eq}}] / (5\,900 \text{ [ton]} * 0,5 * 2\,000 \text{ [km]}) = 29,5 \text{ [g CO}_{2\text{eq}} \text{ /tonkm}]$$

Total emissionsfaktor per transporterad mängd etanol:

$$e_{td3} = 29,5 \text{ [g CO}_{2\text{eq}} \text{ /tonkm]} * 2000 \text{ [km]} / 16900 \text{ [MJ/ton]} = 3,49 \text{ [g CO}_{2\text{eq}} \text{ /MJ etanol]}$$

Återtransporterna med fartyg och tankers planeras om möjligt utifrån det fall där ingen återtransport skall gå helt tom. Antingen med egen produkt från det beställande bolaget, eller i rederiets eget intresse att planera in rutt med produkt. Detta främst av ekonomiska skäl, då tomma transporter är kostsamma. I det fall där det sker en tom återtransport belastas produkten även för denna. Då fartyget lastas med ny produkt belastas denna produkt för den transporten.

5.2.4 Vägtransport från importhamn till användare, e_{td4}

Också här är bränslekonsumtion med hänsyn till lastgrad (formel se Bilaga 2). För emissionsfaktorer se Bilaga 2.

Här antas transport från Örnsköldsvik till Gävle, ca 400 km, av E85, alltså 85% etanol.

Indata

Fyllnadsgrad	100 % (Full last)
Transportsträcka (enkel riktning):	400 km
Vikt transporterad etanol:	33 ton
Värmevärde etanol:	16900 MJ/ton
Emissionsfaktor Bränsle (Diesel)	2859 [g CO _{2eq} /l]

Beräkning

$$FC_{empty} = \text{Bränslekonsumtion tom} = 0,246 \text{ l/km}$$

$$FC_{full} = \text{Bränslekonsumtion maxlast} = 0,445 \text{ l/km}$$

$$LCU_{weight} = \text{Fyllnadsgrad} = 1$$

Bränslekonsumtion med hänsyn till last 100% = 0,445 [l/km] (NTM 2011b), för tom återtransport = 0,246 [l/km] NTM 2011b

Emissioner enkel väg med full last:

$$e_{td} = 2859 \text{ [g CO}_{2eq}\text{/l]} * 0,445 \text{ [l/km]} * 400 \text{ [km]} / (33 \text{ [ton]} * 0,85 * 16900 \text{ [MJ/ton]}) = 1,07 \text{ [g CO}_{2eq}\text{/MJ etanol]}$$

Emissioner enkel väg med tom returlast:

$$e_{td} = 2859 \text{ [g CO}_{2eq}\text{/l]} * 0,246 \text{ [l/km]} * 400 \text{ [km]} / (33 \text{ [ton]} * 0,85 * 16900 \text{ [MJ/ton]}) = 0,59 \text{ [g CO}_{2eq}\text{/MJ etanol]}$$

Totala emissionen för vägtransporten:

$$\text{Summerat } e_{td4} = 1,7 \text{ g CO}_{2eq}\text{/MJ Etanol]}$$

För emissionsfaktorer se Bilaga 2.

Återtransporterna med lastbil är oftast tomma, alltså bör en emissionsfaktor inkludera samma distans med tom last, alltså nyttja bränsleförbrukning samt emissionsfaktorn med hänsyn tagen till tom returtransport.

5.2.5 Lagring vid tankstation (e_{td5})

Som nämnts i avsnitt 5.1.5 kan schablonvärdet $0,0034 \text{ MJ}_{el}/\text{MJ}_{\text{etanol}}$ användas (BioGrace, 2011). Om nordisk elmix med en emissionsfaktor på $126 \text{ g}/\text{kWh}_{el}$ ($35 \text{ g}/\text{MJ}_{el}$) enligt Martinsson m.fl. (2011) antas, uppgår emissionsfaktorn vid lagringen till $0,12 \text{ g}/\text{MJ}_{\text{etanol}}$.

5.2.6 Totala emissioner för transport av 1 MJ sockerrörsetanol

Det totala bidraget från transporter för importerad etanol producerad från sockerrör i Brasilien.

e_{td0}	= 1,4 [g CO _{2eq} /MJ Etanol]
e_{td1}	= 0,5 [g CO _{2eq} /MJ Etanol]
e_{td2}	= 5,2 [g CO _{2eq} /MJ Etanol]
e_{td3}	= 3,5 [g CO _{2eq} /MJ Etanol]
e_{td4}	= 1,7 [g CO _{2eq} /MJ Etanol]
e_{td5}	= 0,12 [g CO _{2eq} /MJ Etanol]

Summa $e_{td} = 12,4$ [g CO_{2eq}/MJ Etanol]

De totala växthusgasemissionerna som direkt allokeras till transport och distribution av etanol summeras i beräkningsexemplet ovan till $12,4 \text{ g CO}_{2eq}/\text{MJ}$ etanol. Detta är högre än det delnormalvärde för Transport och distribution på $9 \text{ g CO}_{2eq}/\text{MJ}$ etanol av sockerrör, som anges i Förnybartdirektivet²² och i Energimyndighetens föreskrift. En viktig faktor som påverkar emissionerna är antagandet om lastgrad för fartygstransporterna. Om istället full lastgrad antas (nu antas 50-55 % beroende av typ av fartyg) så minskar utsläppen²³.

Andelen växthusgasemissioner från transport och distribution av etanol av sockerrör är relativt stora. Detta kan jämföras med det totala normalvärdet på $24 \text{ g CO}_{2eq}/\text{MJ}$ för etanol av sockerrör i Förnybartdirektivet och i Energimyndighetens föreskrifter. Börjesson (2010) presenterar $22 \text{ g CO}_{2eq}/\text{MJ}$ (med hänsyn tagen till kredit för Bagasse och el-överskott $18 \text{ g CO}_{2eq}/\text{MJ}$ etanol).

²² Europaparlamentet och rådets direktiv 2009/28/EG om främjande av energi från förnybara energikällor

²³ En grov uppskattning är att emissionsfaktorn då närmar sig delnormalvärdet.

6 Referenser

- Avfall Sverige 2008. Frivilligt åtagande Kartläggning av metanförluster från biogasanläggningar 2007-2008. ISSN 1103-4092. Malmö 2008.
- ER 2011:13, Analys av marknaderna för etanol och biodiesel, ISSN 1403-1892
- Benjaminsson.& Nilsson.2009. Distributionsformer för biogas och naturgas i Sverige.
- BioGrace – Harmonised Calculations of Biofuel Greenhouse Gas Emissions in Europe. www.biograce.net. 2011.
- Blinge 2006, Alternative fuels, NTM
- Börjesson, mfl , Rapport SGC 217, Maj 2010. Livscykelanalys av svenska biodrivmedel
- Carl-Magnus Pettersom, Uppsala Teknisksupport, pers komm. 2011-10-06
- Energimyndigheten 2011, Vägledning till regelverket om hållbarhetskriterier för biodrivmedel och flytande biobränslen, version 1.0, Rapport ER 2011:14
- Gode, J. m.fl. 2011, IVL Svenska Miljöinstitutet, Miljöfaktaboken 2011 – uppskattade emissionsfaktorer för el, värme, bränslen och transporter.
- Martinsson, F. 2011, Emissionsfaktorer för svensk elmix och svensk fjärrvärmemix år 2009, IVL Svenska Miljöinstitutet, rapport U3427.
- Martinsson, F m.fl. 2011, Emissionsfaktor för nordisk elmix, Redovisning av Deluppdrag 1 åt Energimyndigheten, IVL Svenska Miljöinstitutet, 2011-10-14
- NTM 2011a, Environmental data for international cargo transport – sea transport, version 2008-10-18, retrieved 2011-10-14 from <http://www.ntmcalc.se>
- NTM 2011b, Environmental data for international cargo transport – road transport Europe, version 2010-06-17, retrieved 2011-10-14 from www.ntmcalc.se
- Palm. D, Ek M, 2010. Livscykelanalys av biogas från avloppsreningsverksslam. Rapport SGC 219. Augusti 2010.
- Svensk Växtkraft 2011, <http://www.vafabmiljo.se/filarkiv/Pdf/flodegas.pdf> , 2011-10-06
- STEMFS 2011:2. Statens energimyndighets föreskrifter om hållbarhetskriterier för biodrivmedel och flytande biobränslen, Energimyndigheten, november 2011. ISSN 1650-7703.

Bilaga 1. Komprimering av biogas

Enligt allmänna gaslagen beräknas det teoretiskt minsta arbetet som åtgår för att komprimera från tryck 1 till tryck 2, då temperaturen på hålls konstant, enligt Ekvation 1

$$\text{Ekvation 1} \quad W = \int_{P_1}^{P_2} v * dp = P_1 v_1 \ln \frac{P_2}{P_1}$$

där

W = teoretiska arbetet [J/mol]

v_1 = specifika volymen i [m^3/mol]

P_1 = trycket innan komprimeringen [Pa]

P_2 = trycket efter kompressionen [Pa]

Biogas antas ha samma molnmassa som Metan, 16 g/mol.

Exempel;

$$P_1 = 1 \text{ atm} = 101\,325 \text{ [Pa]}$$

$$P_2 = 2 \text{ bar} = 200\,000 \text{ [Pa]}$$

$$T_1 = 15^\circ\text{C} = 288 \text{ K}$$

$$v_1 = R * T_1 / P_1 = 8,31451 * 288 / 101\,325 = 0,024 \text{ [m}^3/\text{mol]}$$

$$M = u = 12 + 4 * 1 = 16 \text{ kg/mol}$$

$$m = 0,717 \text{ kg/Nm}^3$$

$$W = P_1 v_1 \ln \frac{P_2}{P_1} = 101\,325 * 0,024 * \ln \frac{200\,000}{101\,325} = 1660 \text{ J/mol}$$

$$E = \frac{W * m_{\text{metan}}}{M_{\text{metan}}} = 1660 * \frac{0,717}{16} = 0,021 \text{ kWh/Nm}^3$$

50 % verkningsgrad ger 0,042 kWh/ Nm^3

1,49 Nm^3 rågas per Nm^3 uppgraderad gas. Från 65 % metahalt till 97 %

Bilaga 2. Emissionsfaktorer

Emissionsfaktorer transporter

Tabell 3. Sammanställning av emissionsfaktorer för användning av diesel i tung lastbil. Data kommer från NTM och Miljöfaktabok 2011. Lägre värmevärdet för diesel (0 % RME) är satt till 35,3 MJ/liter (SPI) och värmevärdet för diesel (5 % RME) är satt till 35,2 MJ/liter

	Diesel (0 % RME)			Diesel (5 % RME)		
	Produktion, g/l	Förbränning, g/l	Totalt, g/l	Produktion, g/l	Förbränning, g/l	Totalt, g/l
CO ₂	205 ²⁵	2615 ²⁴	2837	222 ²⁵	2447 ²⁵	2669
CH ₄	1,19 ²⁵	0,0206 ²⁴	1,21	1,15 ²⁵	0,029 ²⁵	1,18
N ₂ O	0,0019 ²⁵	0,037 ²⁵	0,039	0,036 ²⁵	0,035 ²⁵	0,075
CO _{2eq}	233	2626	2859	260	2458	2718

Emissionsfaktorer för olika uppvärmningsslag vid lagring

	CO _{2eq} g/MJ	Kommentar
Svensk Medelfjärrvärme 2009	28,1	Svensk fjärrvärmemix enligt IVL-rapport U3427 "Emissionsfaktorer för svensk elmix och svensk fjärrvärmemix år 2009". Alternativproduktionsmetoden, Nordisk elmix medelvärde 2005-2009, 126 g/kWh,
Industriell Spillvärme	6,1	5 % hjälpel
Avfallskraftvärme	31	IVL-beräkning; Linköping 2008, Avfall +RTflis + Olja
Biokraftvärme	9,1	IVL-beräkning; Enköping 2008
Oljepanna	96,2	Beräknad med 85 % verkningsgrad, EO1. Emissionsfaktorn från Miljöfaktabok 2011.

²⁴ NTM fordonstyp 9 Euro II-motor, europeisk lågsavlig diesel enligt NTM 2011b

²⁵ Bearbetad data från Miljöfaktabok, Gode m.fl., 2011.

Indata för beräkning av växthusgasutsläpp i samband med lagring av bioolja

Parameter	Indata	Kommentar
T_{olja}	313	aktuell uppvärmningstemp[K], 313 K = 40 C
T_{ute}	277	genomsnittligt utomhustemperatur i Sverige [K]
U	0,3	värmegångskoefficient på tanken [W/m ² *K], 200+ 40 mm rockwool + 4 skruvar per m ² se http://www.rockwool.se/system/rockprofil+system/teknisk+dokumentation/v%C3%A4rmeisolering+med+ber%C3%A4kningsprogram+f%C3%B6r+u-v%C3%A4rde
$T_{mån}$	4	antal månader uppehållstid i tanken
E_{eff}	38000	effektiva värmevärdet på oljan[MJ/ton]
ρ_{olja}	970	Densiteten på oljan [kg/m ³]
EF_{fv}	25,37	emissionsfaktor för fjärrvärme (Default eldningsolja 1 och 85 % verkningsgrad), g/ MJ värme
r	8,00	Radien för en liten cistern
h	10,00	
r	19,00	Radien för en stor cistern
h	26,50	
r	12,00	Radien för en medel cistern
h	20,00	
Parameter	Utdata	Kommentar
A_{liten}	904,8	arean för en cylinderskalet[m ²]
A_{stor}	5431,8	arean för en cylinderskalet[m ²]
A_{medel}	2412,7	arean för en cylinderskalet[m ²]
V_{liten}	2010,6	volymen på tanken[m ³]
V_{stor}	30054,0	volymen på tanken[m ³]
V_{medel}	9047,8	volymen på tanken[m ³]
t_{span}	2880	uppehållstid i tim
$E_{olja (liten)}$	37055714	energiinnehåll [MJ i tanken], halvfull i genomsnitt
$E_{olja (stor)}$	553896070	energiinnehåll [MJ i tanken], halvfull i genomsnitt
$E_{olja (medel)}$	166750712	energiinnehåll [MJ i tanken], halvfull i genomsnitt