

*Lunds Tekniska Högskola
Institutionen för Miljö- och energisystem
Projektarbete inom
Miljösystemanalys: livscykelanalys 7.5 hp*

Livscykelanalys av svenska Bruna bönor

*Elinor Hallström
09-11-24*



Förord

Ett stort hjärtligt tack till alla som har hjälpt mig genomföra den här studien.

Pål Börjesson, Miljö- och energisystem, Lunds universitet, Lund
Frans Johnson, Hushållningssällskapet Rådgivning Agri, Kalmar
Sven-Åke Nilsson, Kalmar- Ölands trädgårdsprodukter, Färjestaden
Fredrik Fogelberg, Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala
Ninni, Ingvald och Niklas Petersson, Norrgårdens grönsaker, Degerhamn
Ulf Sonesson, SIK, Institutet för Livsmedel och Bioteknik, Göteborg

Bilderna på framsidan kommer från:
Allfrukt, Ewerman AB
Lars Paulsson, Allt om mat
Kalmar- Ölands trädgårdsprodukter

Sammanfattning

I denna studie redogörs för en livscykelanalys (LCA) av svenska bruna bönor. Studiens syfte har varit att öka kunskapen om miljöpåverkan i samband med svensk produktion av bruna bönor samt att identifiera moment i produktionen som medför stor miljöpåverkan. Den funktionella enhet (FE) som använts är 1 kilo torkade bruna bönor. Studien omfattar bönornas livscykel från vagga till grind och inkluderar odling av bönorna samt sortering och torkning. Använd data kommer från olika källor i litteraturen och utifrån kommunikation med forskare, bönder, uppköpare och växtodlingsrådgivare. Studien beaktar följande miljöeffektkategorier; energiförbrukning, klimatpåverkan, övergödning, försurning och utsläpp av fotokemiska oxidanter. Energianvändningen uppgick till 3,38 MJ/FE uttryckt i primärenergi. Användningen av fossila bränslen utgjorde 76 % av den totala energiförbrukningen. Den totala klimatpåverkan av det studerade systemet uppgick till 425 g CO₂ ekv./FE. Koldioxid och lustgas var de dominerande växthusgaserna. De totala utsläppen av övergödande ämnen var 9,14 g PO₄³⁻-ekv./FE. Läckage av nitrat till omgivande vatten dominerade utsläppen av övergödande och försurande ämnen. Utsläppen av försurande ämnen var 49 g SO₂ ekvivalenter/FE. Under bönornas studerade livscykel producerades totalt 0,089 g C₂H₄-ekv./FE. Resultaten visar att produktion av växtnäring, förbränning av diesel och näringsläckage från gödselspridning bidrog till störst energiförbrukning och total miljöpåverkan avseende studerade miljöeffektkategorier. I jämförelse med andra proteinrika livsmedel var miljöpåverkan generellt låg för svenska bruna bönor, vilket också visats i tidigare studier. Bruna bönor och baljväxter överlag påverkar miljön mindre än kött varför de med fördel kan användas som en både nyttig och miljövänlig alternativ proteinkälla.

Innehållsförteckning

1. Inledning och bakgrund	5
2. Mål och omfattning	5
2.1 Målsättning och syfte.....	5
2.2 Funktionell enhet.....	6
2.3 Studiens omfattning.....	6
2.4 Metodik.....	7
2.5 Systemgränser.....	7
2.5.1 Geografiska och tidsmässiga avgränsningar.....	7
2.6 Datakällor.....	8
2.7 Datakvalitet.....	8
2.7.1 Geografisk täckning	
2.7.2 Teknologisk täckning	
2.7.3 Tidsrelaterad täckning	
2.7.4 Generella antagande	
2.8 Allokeringmetod.....	8
2.9 Val av miljöeffektkategorier.....	9
3. Inventering	9
3.1 Beskrivning av produktionen.....	9
3.2 Odlingsdata.....	10
3.3 Utsäde.....	11
3.4 Emissioner från flytgödsel.....	11
3.5 Emissioner från produktion av växtnäring.....	11
3.6 Kväveläckage.....	11
3.7 Lustgasutsläpp från jord.....	12
3.8 Bekämpningsmedel.....	12
3.9 Emissioner vid produktion och förbränning av diesel.....	12
3.10 Elförbrukning och fjärrvärme.....	13
4. Miljöpåverkansbedömning och resultat	14
4.1 Energiförbrukning.....	14
4.2 Klimatpåverkan.....	15
4.3 Övergödning.....	16
4.4 Försurning.....	16
4.5 Bildning av fotokemiska oxidanter.....	17
5. Diskussion och tolkningsfas	17
5.1 Diskussion av resultat.....	17
5.2 Känslighetsanalys.....	18
5.3 Osäkerhetsanalys.....	20
5.4 Jämförelser med liknande studier.....	20
5.5 Slutsats.....	23
6. Referenser	24
Bilaga 1. Emissionsfaktorer	27
Bilaga 2. Beräkningar av inventeringsdata	29
Bilaga 3. Miljöpåverkansbedömning	38
Bilaga 4. Känslighetsanalys	39

1. Inledning och bakgrund

Matens påverkan på miljön har i allt större grad börjat uppmärksammas i Sverige och runtom i världen. I Sverige uppskattas livsmedelsproduktionen stå för ca 50 % av övergödningen, 28 % av växthusgaserna och 20 % av energiförbrukningen (1), vilket gör den till ett av vår tids största miljöhot.

Protein är ett av våra viktigaste näringsämnen som krävs för att vår kropps funktioner ska fungera och för att behålla en god hälsa. Produktionen av proteinrika livsmedel är mycket resurskrävande och står för en ansevärd del av matens miljöpåverkan (2). Inte minst har kött- och mejeriindustrin, som står för 18 % av världens totala klimatpåverkan (3), en betydande påverkan på miljön. Eftersom animalier generellt har en större miljöpåverkan än vegetabilier förs en pågående diskussion om hur alternativa proteinkällor kan bidra till mer hållbara konsumtionsvanor (2,4,5).

Baljväxter prisas ofta för sitt höga protein- och fiberinnehåll och dess goda effekter på hälsan. Livsmedelsverket föreslår av detta skäl en tre till fyra gångers ökning av svenskarnas konsumtion av baljväxter (6). Baljväxter har även lyfts fram som ett bra val ur miljösynpunkt. På grund av deras höga proteininnehåll fungerar de som bra alternativ för att komplettera eller ersätta proteinintag från animaliska livsmedel vilket också är fördelaktigt ur miljösynpunkt (7).

En av Sveriges äldsta och mest traditionella maträtter är bruna bönor. Idag uppgår den svenska konsumtionen av bruna bönor till ca 3000 ton/år (8). Bruna bönor har odlats i Sverige sedan slutet av 1800-talet. I Sverige sker den inhemska produktionen av bruna bönor på Öland. Här odlas fyra olika sorter; Stella I, Bonita, Katja och Karin på en areal av ca 650 ha (9).

I den här studien har miljöpåverkan av svensk produktion av bruna bönor studerats med hjälp av livscykelanalys.

2. Mål och omfattning

2.1 Målsättning och syfte

Målsättningen med denna studie var att genomföra en livscykelanalys av svenskproducerade bruna bönor.

Studien har genomförts för att öka kunskapen om den miljöpåverkan som svensk produktion av bruna bönor har. Intentionen har varit att identifiera de moment i produktionen av bruna bönor som har störst miljöpåverkan samt att uppskatta den sammanlagda miljöpåverkan, avseende studerade miljöeffektkategorier, som produktionen medför.

Studien är utförd som ett delmoment i kursen MIV 210 miljösystemanalys; livscykelanalys på Lunds tekniska högskola. Studiens främsta syfte har varit att ge praktisk övning i utförandet av en livscykelanalys. Målsättningen har varit att göra en fullvärdig analys av systemets miljöpåverkan. Dock har studiens omfattning, av tids- och resursskäl, begränsats och ska betraktas som en pilotstudie.

Studiens resultat är främst avsedda att användas som kunskapsunderlag. Tillgången av dessa resultat kan underlätta utveckling av en bättre produktion av bruna bönor ur miljösynpunkt. Resultaten kan också användas för att jämföra miljöpåverkan av bruna bönor med andra livsmedel. Studiens resultat kommer inte att presenteras för allmänheten eller publiceras.

2.2 Funktionell enhet

Den funktionella enhet som används i studien är 1 kg bruna bönor. Enheten avser den vikt bönorna har i torkat skick då de har en vattenhalt på ca 18 % (9,10).

Valet av den funktionella enheten har gjorts eftersom bönornas vikt är lätt att kvantifiera. Från vikten kan även bönornas proteininnehåll beräknas vilket kan användas som alternativ räknebas vid jämförelse med andra livsmedel.

Rekommenderat dagsintag protein för en vuxen är cirka 0,8 g per kilo kroppsvikt, vilket motsvarar 50-60 g per dag (11). Enligt tidigare studier motsvarar 55 g ätfärdigt protein 0,24 kilo torkade bruna bönor (22,5 % protein i torrvara) (12). Detta medför att proteininnehållet i 1 kilo torkade bruna bönor kan jämföras med en vuxen persons proteinbehov under fyra dagar.

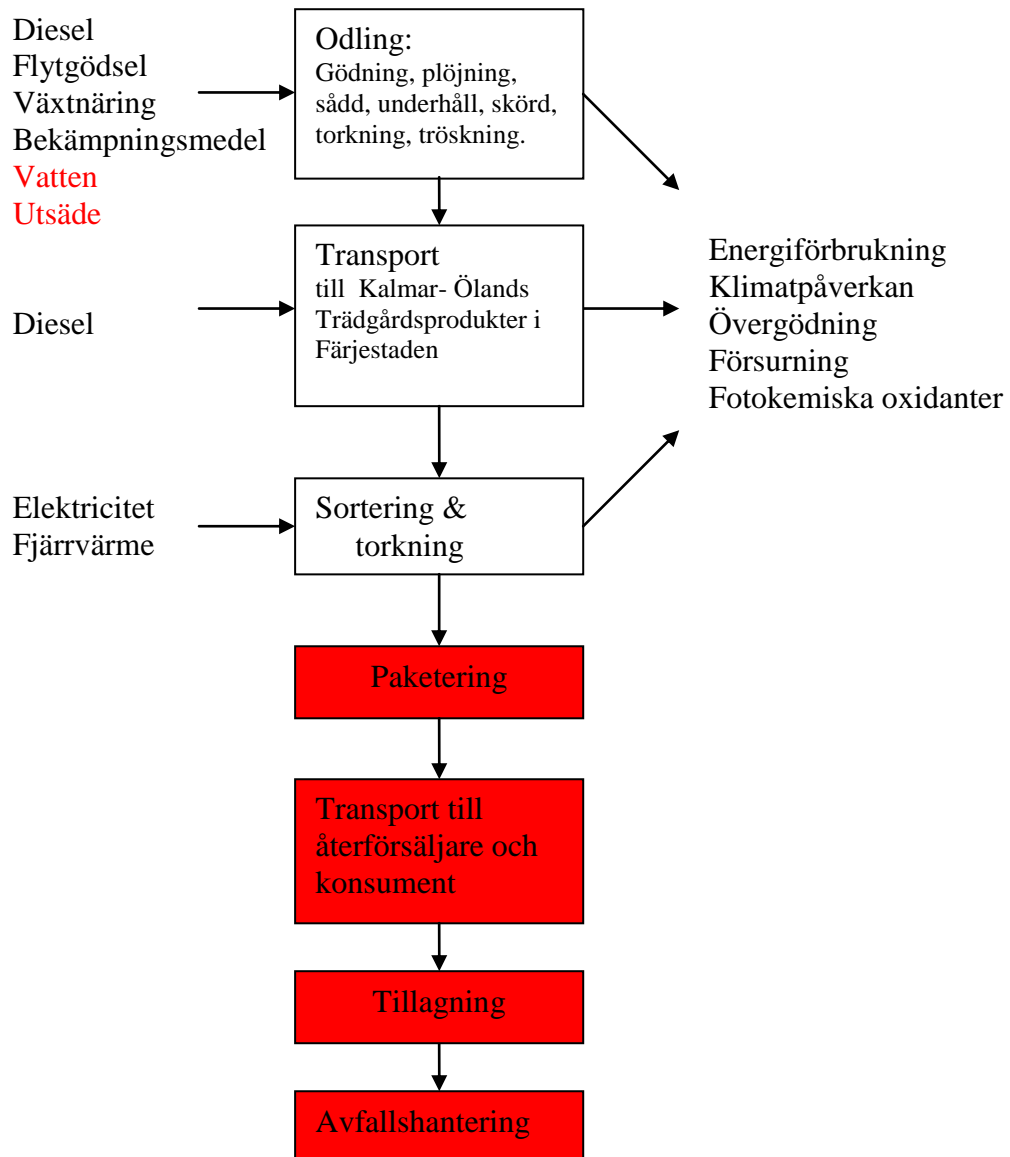
2.3 Studiens omfattning

Studien avser att innefatta samtliga inflöden av råvaror och energi som används under produktionsfasen av bruna bönor. Analysen omfattar bönornas produktion från ”vagga till grind”. Detta omfattar samtliga odlingsmoment från sådd till skörd samt sortering och torkning av bönorna hos uppköparen. Samtliga ingående delprocesser fram till försäljningsbar produkt har därmed inkluderats förutom förpackning. Produktion av insatsvaror till gården och transporter är inkluderade i den mån data funnits tillgängliga. Eftersom endast produktionsfasen av bönorna studeras har moment såsom transport till affär och konsument, tillagning och avfallshantering uteslutits. Produktsystemet med samtliga inkluderade och icke inkluderade moment åskådliggörs i figur 1.

Framställningen av bekämpningsmedel har inte inkluderats i analysen på grund av brist på data och eftersom tidigare studier visat att tillverkningen av pesticider står för en mycket liten del av det totala resursbehovet (13). Ingen hänsyn har heller tagits till framställning och underhåll av maskiner och redskap som används under produktionen.

Framställning av växtnäring samt de emissioner som spridning av flytgödsel, växtnäring och bekämpningsmedel ger upphov till har inkluderats i studien. Dock har utsläpp av ammoniak ifrån gödselhantering exkluderats pga. brist på data. Emissioner i samband med produktion av flytgödsel har exkluderats då flytgödsel beaktas som en restprodukt från djuruppfödning. För samtliga transporter är framställningen av bränsle och emissioner i samband med bränsleförbrukning inkluderade.

Bönder som odlar bruna bönor på Öland köper in utsäde från Trädgårdsprodukter i Färjestaden (10). Produktion, lagring och transport av utsädet har inte inkluderats i analysen eftersom denna påverkan uppskattas vara försumbar. Användningen av vatten har exkluderats eftersom vatten inte uppfattas som en begränsande resurs.



Figur 1. Det studerade produktsystemet med samtliga delprocesser. Röda rutor och text visar moment och råvaror som exkluderats från analysen.

2.4 Metodik

Använd metodik följer de krav för livscykelanalys som anges i ISO-standarderna ISO14040 och ISO14044 (2006).

2.5 Systemgränser

2.5.1 Geografiska och tidsmässiga avgränsningar

Studien avser att undersöka miljöpåverkan från dagens produktion av bruna bönor i Sverige. Produktionen är geografiskt avgränsad till Öland var all odling av bruna bönor i Sverige finns. De lokala data som används gäller således för Sverige och är inte generaliserbara för produktion av bönor i andra delar av världen.

2.6 Datakällor

Använd data kommer från olika källor i litteraturen och utifrån kommunikation med forskare, bönder, uppköpare och växtodlingsrådgivare. Specifik och aktuell data har använts i den mån det varit möjligt. Målsättningen är att använd data ska motsvara verkliga förhållanden för dagens produktion. Data för material- och energiflöden under odlingsprocessen baseras på skördeuppgifter från Hushållningssällskapet Rådgivning Agri i Kalmar och Norrgårdens grönsaker. Data för in- och utflöden under odlingsprocessen är medelvärden från ett flertal Öländska rådgivningsgårdar och skördeuppgifter från Norrgården. Data för förbrukad mängd diesel för jordbearbetning baseras på medelförbrukningen av diesel på Norrgårdens grönsaker och uppskattningar gjorda av Hushållningssällskapet Rådgivning Agri. Indata för material- och energiflöde för sortering och torkning baseras på uppgifter i kommunikation med Kalmar-Ölands Trädgårdsprodukter i Färjestaden, landets enda uppköpare av bruna bönor.

2.7 Datakvalitet

2.7.1. Geografisk täckning

Använd data är specifik för det geografiska området och gäller odling av bruna bönor på Öland. Indata för förbrukning av energi, stallgödsel, växtnäring och pesticider baseras på uppgifter från befintliga lantbrukare och uppköpare i det aktuella området. Hänsyn har tagits till lokala förhållanden vid beräkning av näringsläckage. Framtagna emissionsfaktorer och karakteriseringsfaktorer från tidigare studier har använts för beräkning av utsläpp och är således inte specifika för de lokala förhållandena.

2.7.2 Teknologisk täckning

Inga uppgifter finns för den teknologiska statusen på använd utrustning i de olika delprocesserna. Beräkningar av diesel- och energiåtgång baseras på uppskattningar och beräkningar av förbrukningen på flera gårdar samt uppgifter från Kalmar- Ölands Trädgårdsprodukter.

2.7.3 Tidsrelaterad täckning

Inga krav för högsta tillåtna ålder på data har ställts. Målsättningen har varit att använda aktuella data i den mån de varit tillgängliga. Datainsamlingen har skett under hösten 2009. Data från Kalmar- Ölands Trädgårdsprodukter baseras på beräkningar gjorda för energiåtgången år 2008.

2.7.4 Generella antagande

För beräkning av energiförbrukning har data för svensk genomsnittsel och svensk fjärrvärme mix använts. Använd diesel har antagits vara av miljöklass 1 (MK1). En liter diesel motsvarar 35,2 MJ enligt uppgifter från Nätverket för transporter och miljö (14).

Osäkerhet i data kommer vidare att diskuteras i diskussionen.

2.8 Allokeringmetod

Allokering är en metod som används då flera produkter produceras i en gemensam enhetsprocess eller då mellanprodukter återvinns. Miljöbelastning och resursbehov måste i dessa fall fördelas mellan de olika produkterna. Vid produktion av bruna bönor produceras inga biprodukter under dess livscykel fram till färdig produkt. I den här studien har därmed

ingen allokering tillämpats. Detta innebär att samtliga beräknade material- och energiflöden antas ha sitt ursprung i produktionen av bruna bönor.

2.9 Val av miljöeffektkategorier

Jordbruket har stor negativ påverkan på vår miljö och påverkar nästintill våra samtliga svenska miljömål. I den här studien har analysen begränsats till följande miljöeffektkategorier; klimatpåverkan, övergödning, försurning, utsläpp av fotokemiska oxidanter och energiförbrukning (se tabell 1). Omfattningen av analysen har begränsats pga. brist på tid och resurser. Då jordbruket även påverkar miljön genom andra effekter kommer den egentliga miljöpåverkan från produktionen vara mer omfattande än vad denna studie visar. Eftersom studien inte gör en fullständig bedömning av produktionens totala miljöpåverkan kan resultaten endast användas för att dra slutsatser om påverkan av de studerade miljöeffektkategorierna.

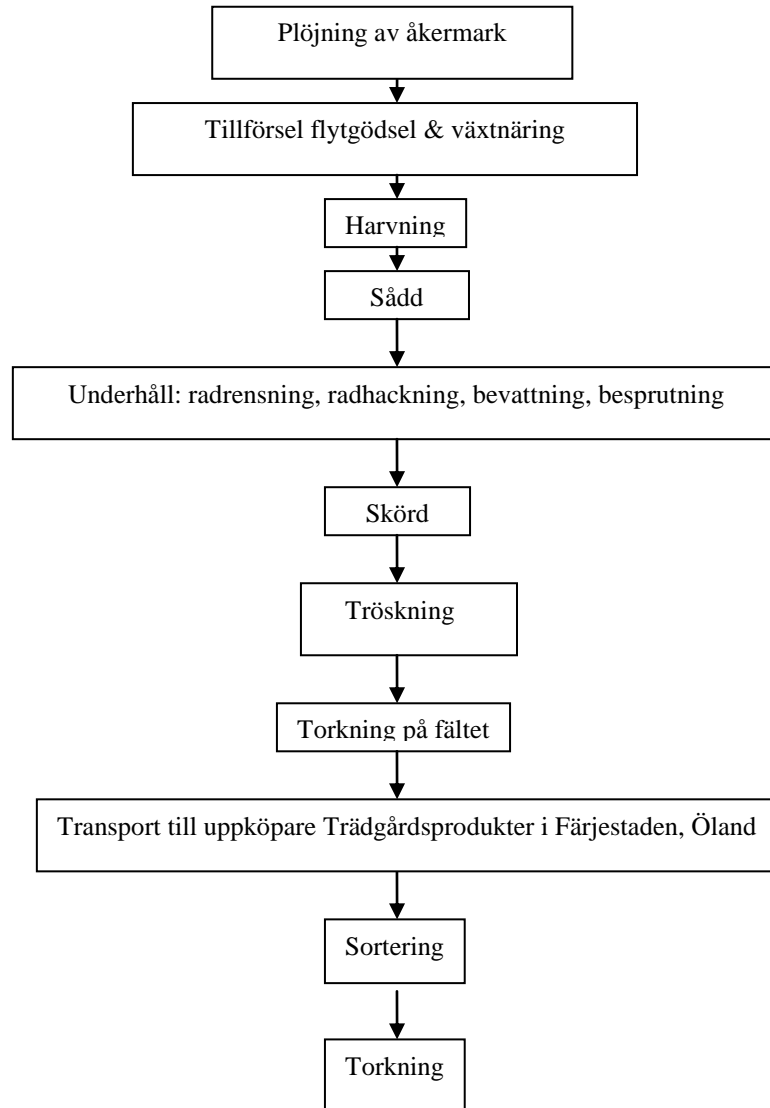
Tabell 1. Inkluderade miljöeffektkategorier samt ingående emissioner till respektive kategori

Miljöeffektkategori	Ingående emissioner	Uttrycks som
Växthuseffekt	CO ₂ , CO, NO _x , HC, CH ₄ , N ₂ O	Koldioxid ekvivalenter
Övergödning	NO _x , NH ₃ , NO ₃	Fosfat ekvivalenter
Försurning	SO ₂ , NO _x , NH ₃ , NO ₃	Svaveldioxid ekvivalenter
Bildning av fotokemiska oxidanter	CO, HC, CH ₄	Eten ekvivalenter

3. Inventering

3.1 Beskrivning av produktionen

Svenska bruna bönor odlas endast på Öland. Odlingsprocessen börjar med att åkermarken plöjs. Därefter gödslas jorden med flytgödsel och växtnäring (N, P, K). Eftersom bönor har en förmåga att fixera kväve behöver de endast en mindre mängd tillsatt kväve för att uppnå optimala tillväxtförhållanden. Jordbearbetningen fortsätter med att jorden harvas, ofta flera gånger, då jorden luckras upp för att skapa gynnsamma förhållanden för utsädet att gro. Utsädet köps in av Trädgårdsprodukter i Färjestaden på Öland och planteras när marktemperaturen överstiger + 10°C, detta infaller vanligtvis under perioden 15 maj till 10 juni (9,10). Ogräs bekämpas med hjälp av radrensning, radhackning och med hjälp av kemiska bekämpningsmedel. Användning av fungicider och insekticider är förbjudet vid odling av bruna bönor i Sverige (15). För att erhålla en bra skörd rekommenderas bevattning under börnornas tillväxt, speciellt under torra år. Börnorna skördas normalt sätt i september, detta kan ske både mekaniskt eller för hand. Vanligtvis används en bönlossare efter traktorn som skär av börnorna vid rötterna. Medelskörden uppgår enligt odlingsstatistik till 1500- 2000 kg/hektar (9,10). I den här studien används 1800 kg/ha som värde på medelavkastningen. Efter skörd torkas börnorna av vinden på fältet under 1-2 veckor innan de tröskas och vidare transporteras till uppköpare som sorterar och torkar börnorna. Börnorna torkas från 20-25 % vattenhalt vid skörd till ca 18 % vid lagring (9,15). I figur 2 åskådliggörs flödesschemat för det studerade systemet.



Figur 2. Flödesschema för den studerade livscykeln av bönorna från "vaggan till grind".

3.2 Odlingsdata:

Tabell 2. Indata för odlingsprocessen

Råvara	Använd mängd/ha*	Använd mängd/FE
Utsäde	100 kg	0.0556 kg
Flytgödsel	15 ton	8.33 kg
Kväve	30 kg	0.0167 kg
Kalium	70 kg	0.039 kg
Fosfor	30 kg	0.0167 kg
Stomp SC	3 l	0.00167 l
Basagran SG	0,6 kg	0.00033 kg
Diesel- traktor	64 l	0,0356 l

*medelskörd 1800 kg/ha

3.3 Utsäde

Ca 56 g utsäde/FE krävs för odling av bruna bönor. Utsädet köps in från Kalmar- Ölands Trädgårdsprodukter i Färjestaden som ligger på Ölands västkust nära Ölandsbron. Utsädet kommer från den inhemska produktionen av bönor på Öland. Utsläpp i samband med transport av utsäde till gården är inte inkluderade då de antas vara försumbara.

3.4 Emissioner från flytgödsel

Ca 8.3 kg flytgödsel/FE används för odling av bruna bönor. Produktion och lagring av flytgödsel inkluderas inte i beräkningarna eftersom detta uppfattas som en restprodukt i samband med djuruppfödning. Flytgödseln kommer från nötboskap och köps vanligen in från granngårdar eller kommer från egen produktion (16). Kväveläckage från gödseln redovisas under 3.6 och utsläpp av lustgas redovisas under 3.7. Utsläpp i samband med transport och spridning av flytgödsel är inkluderade och redovisas under 3.9.

3.5 Emissioner från produktion av växtnäring

För att producera ett kilo bruna bönor krävs det ca 17 g kväve, 17 g fosfor samt 39 g kalium (9,10). I tabell 7 i bilaga 1 presenterar de data som använts för att beräkna utsläpp vid tillverkning av växtnäring. Siffrorna är framtagna av Institutet för Livsmedel och Bioteknik (SIK) och inkluderar dels svenska gödselmedelsfabriker och dels genomsnittlig västeuropeisk gödselmedelsfabrik. Utsläppens storlek skiljer sig åt markant beroende på vilket bränsle som har använts vid tillverkning. Framställning av fosfor ger betydligt högre utsläpp än kväve eftersom huvuddelen (60 %) av använt bränsle kommer från olja. Vid framställning av kväve används naturgas som huvudsakligt bränsle (75 %) (17). Energiåtgången för framställning av kaliumgödsel har satts till 5 MJ/kg K med olja och diesel som energibärare baserat på uppgifter från Bockman *et al.* (1990) (18). Utsläpp i samband med transport av växtnäring till gården har försumrats.

3.6 Kväveläckage

Graden av näringsläckage skiljer sig avsevärt mellan olika geografiska regioner beroende på bl.a. jordart, nederbörd och typ av använd gödsel. I Sverige har Halland högst kväveläckage med en medelutlakning på ca 48 kg N/ha (19). Bruna bönor trivs bäst i lätt och varm jord med högt pH värde. Ölands förhållande med jordar som till huvuddelen består av sand och grovmo och en årsnederbörd på 400-500 mm är ideala för odling av bruna bönor (9).

Sveriges åkermark kan delas upp i 22 stycken utlagningsregioner baserat på lokala förhållanden. För beräkning av näringsläckaget för odling av bruna bönor har en utlagningskoefficient på 36 kg N/ha använts. Detta är ett medelvärde av 12 olika ettåriga gröders utlagningskoefficienter, exklusive vall och träda, som odlats på Öland (19). Kvävetillförseln för de 12 grödorna antas till 45 % utgöras av mineralgödsel och till 55 % av stallgödsel. För bruna bönor står flytgödseln för en högre andel av kvävebidraget. 70 % av tillfört kväve kommer från flytgödsel vid odling av bruna bönor då flytgödseln uppskattas ha 0,5 % kvävehalt och kvävefixeringens bidrag försummas. Ingen av de inkluderade grödorna i undersökningen var kvävefixerande vilket medför en osäkerhet till den använda siffran. De 12 grödornas utlagningskoefficienter varierade mellan 24 kg N/ha för sockerbeter och 50 kg N/ha för potatis. En utlagningskoefficient på 36 kg N/ha medför ett kväveläckage på 0,020

kg/FE bruna bönor. Detta motsvarar ett utsläpp på 0,089 kg NO₃/FE. Emissioner av NH₃ har försumrats.

3.7 Lustgasutsläpp från jord

Lustgas (N₂O) bildas då kväve tillförs till i odlingsmarken. Enligt IPPC bildas ca 1,7 % N₂O-N per tillfört kilo kväve (20). Kväve tillförs till jorden från flytgödsel, kvävegödsel och genom böornas egna kvävefixering. För beräkning av lustgasutsläppen har kvävefixeringens bidrag försumrats. Till jorden tillförs 17 g N/FE med växtnäringen vilket motsvarar 190 mg N₂O/FE. Ammoniumhalten i flytgödseln uppskattas till 0,035 % vilket motsvarar 30 g N/FE och 332 mg N₂O/FE. Totala beräknade utsläppen av lustgas uppgår till 552 mg.

3.8 Bekämpningsmedel

På grund av brist på uppgifter om använda bekämpningsmedels miljöpåverkan har ingen kvantitativ miljöanalys kunnat göras. Istället följer en kvalitativ diskussion om använda bekämpningsmedel.

Basagran SG (regnr 4115) är ett bekämpningsmedel vars aktiva substans är natriumsaltet Bentazon. Eftersom Bentazon är mycket lättroligt i marken är risken stor för läckage till vatten vid hög dosering. Användningen av Bentazon får därför inte överskrida 0,5 kg/ha vilket motsvarar 0,6 kg Basagran SG/ha (21). Vid odling av bruna bönor används den maximalt tillåtna mängden 0,6 kg/ha vilket motsvarar 0,33 g/FE (10).

Stomp SC (regnr 4359) används mot ogräsbekämpning och dess aktiva substans är Pendimetalin. Pendimetalin är ett långlivat och giftigt ämne som bioackumuleras uppåt i näringskedjan. Ansamlingen i näringskedjan medför att Pendimetalin är giftigt för fåglar, däggdjur samt vatten- och jordlevande organismer. På grund av dess giftiga egenskaper upphörde godkännandet för Pendimetalin som bekämpningsmedel under 2008. Stomp SC får inte saluföras efter 2009-12-31 och förbud mot användning av Stomp SC infaller 2010-12-31 (21). Enligt uppgifter används idag ca 3 l Stomp SC/ha vilket motsvarar 0,67 ml/FE för odling av Bruna bönor på Öland (10).

De bekämpningsmedel som bland annat diskuteras för användning då förbudet av Stomp SC infaller är Centium och Boxer (10). Centium 36 CS är ett bredverkande ogräsmedel vars aktiva substans heter Klomazon. Boxers verksamma ämne heter Prosulfokarb. Även dessa preparat har dock negativa effekter på miljön. Centium har lång persistens i jorden och kan påverka intilliggande vegetation på grund av dess vattenlöslighet som gör den rörlig i marken. Boxer är giftigt och kan påverka framförallt vattenmiljöer och vattenlevande organismer (21).

Eftersom Bruna bönor räknas som en miljögröda är användningen av insekticider och fungicider förbjuden (15).

3.9 Emissioner vid produktion och förbränning av diesel

Använd mängd diesel för produktion av bruna bönor varierar från odlare till odlare beroende på vilka odlingsmetoder som används och kvalitén på teknik och maskiner. Den totala dieselåtgången för samtliga moment vid odlingen har uppskattats till 73 l/ha och 0,041 l/FE varav traktoroperationer för jordbearbetning står för 64 l/ha. Fördelningen mellan respektive odlingsmoment åskådliggörs i tabell 3. Utsläppen avser användning av MK1 diesel. Inga

uppgifter finns för teknisk status för använd utrustning och maskiner. Samtliga odlingsmoment antas ske med traktor och traditionell utrustning.

Använd mängd diesel i samband med transporter är liten på grund av närheten till granngårdar där flytgödsel kan köpas in och till uppköparen i Färjestad. Förbrukad mängd diesel vid transport av utsäde och växtnäring har exkluderats då denna åtgång/FE beräknas vara försumbar. Förbrukad mängd diesel för transport av skörden till Färjestaden är uppskattad till 2 l/ha och transporten antas ske med traktor och vagn. Utsläpp i samband med transport av flytgödsel beräknas utifrån befintliga data för emissioner i samband med transport av rötrester (se bilaga 1, tabell 10). Transportsträckan för inköp av flytgödsel är satt till 10 km och transporten antas ske med en tankbil som rymmer 30 m³.

För beräkning av emissioner från traktoroperationer för olika odlingsmoment har beräknade värden från Hanson *et al.* och Blinge *et al.* (22,23) använts. För resterande operationer har medelvärden använts eftersom data för dessa moment inte funnits att tillgå. Samtliga data för emissioner vid traktoroperationer presenteras i bilaga 1, tabell 9.

Tabell 3. Använd mängd diesel

	l/ha	l/FE	MJ/FE
Transport av stallgödsel	7	0.0038	0.13
Transport av färdig skörd	2	0.0011	0.039
Plöjning	15	0.0083	0.29
Harvning	5	0.0028	0.099
Stallgödelspridning	8	0.0044	0.16
Sådd	6	0.0033	0.12
Underhåll	10	0.0055	0.20
Skörd (Lossning & Räfsning)	10	0.0055	0.20
Tröskning	10	0.0055	0.20
TOTALT	73	0.040	1.43

3.10 Elförbrukning och fjärrvärme

I Sverige är Kalmar- Ölands Trädgårdsprodukter den enda uppköparen av bruna bönor. År 2008 åtgick ca 738 MJ/ha, vilket motsvarar 0,41 MJ/FE för hanteringen av bruna bönor. Hanteringen inkluderar torkning, transport, rensning och uppvärmning av lokalteter. Uppvärmningen av lokaler uppskattas stå för ca halva energiåtgången, 342 MJ/ha (15).

För torkning av bönor samt uppvärmning av lager används fjärrvärme. Denna energiförbrukning beräknas stå för ca 60 % av den totala energiåtgången. Till rensutrustning och transportband i anläggning används el och förbrukningen beräknas stå för 40 % av den totala energiförbrukningen (15).

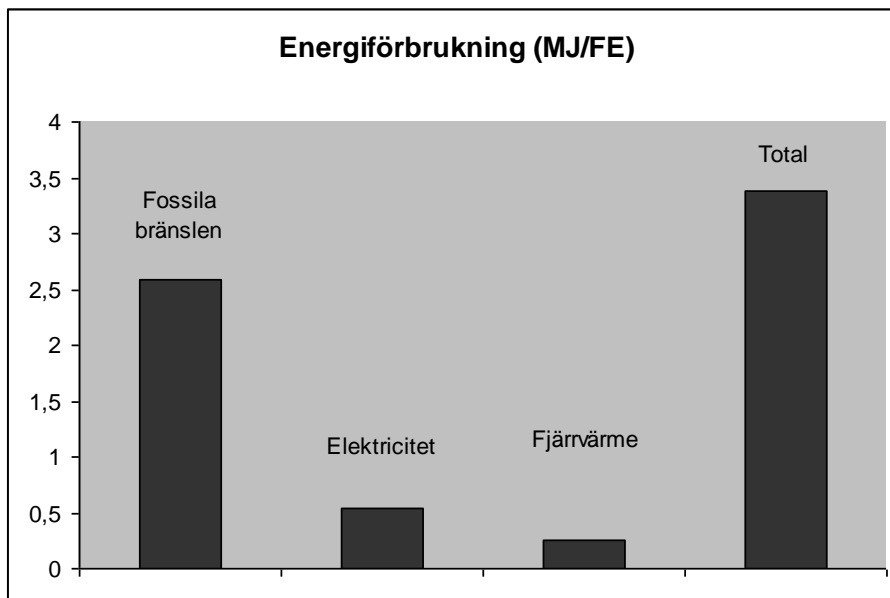
Tabell 11 och 12 i bilaga 1 redovisar de siffror som har använts för att beräkna utsläpp vid framställning av svensk medel och för svensk genomsnittlig fjärrvärmeproduktion.

4. Miljöpåverkansbedömning och resultat

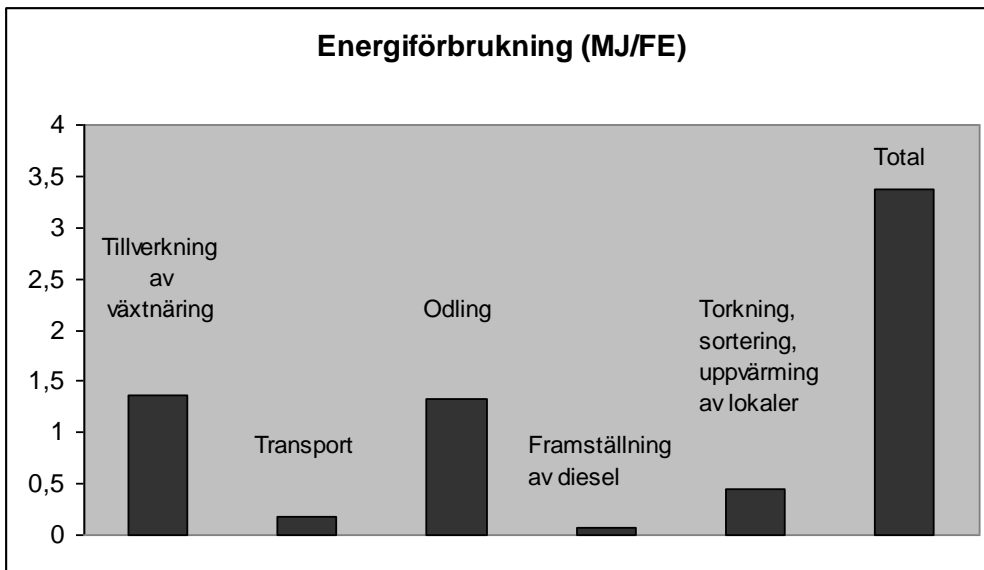
Samtliga beräkningar av inventeringsdata presenteras i bilaga 2. Använda karakteriseringsfaktorer samt klassificering och karakterisering åskådliggörs i tabell 39 och 40 i bilaga 3.

4.1 Energiförbrukning

Den totala energiförbrukningen uppgick till 3,38 MJ/FE uttryckt i primäre energi. Fördelningen av användningen mellan fossila bränslen, elektricitet och fjärrvärme visas i figur 3. Användning av fossila bränslen utgjorde 76 % av den totala energiförbrukningen. Tillverkning av växtnäring och jordbearbetning var de moment som krävde störst energiförbrukning och utgjorde vardera 40 % av den totala energiförbrukningen. Fördelningen av energianvändning mellan de olika delprocesserna visas i figur 4.



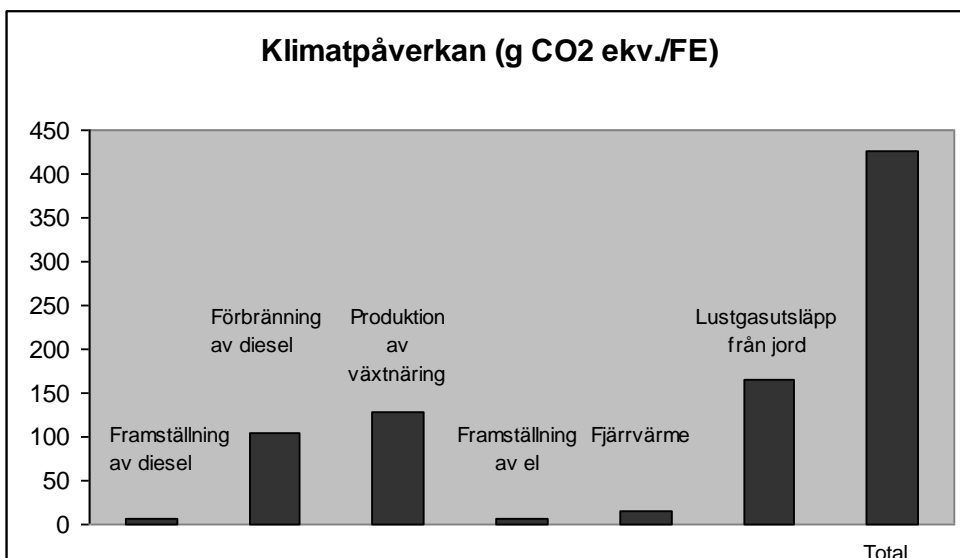
Figur 3. Fördelning av energiförbrukning från fossila bränslen, elektricitet och fjärrvärme



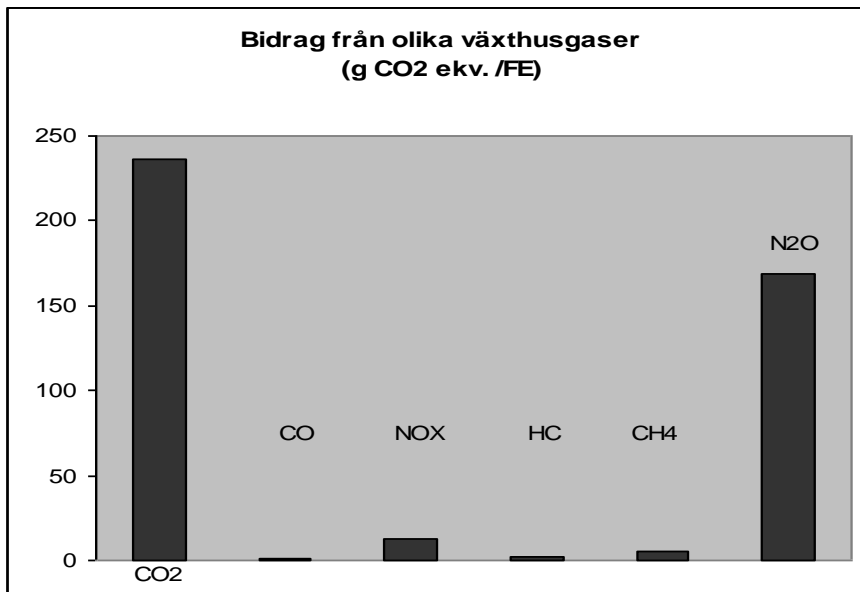
Figur 4. Fördelning av energiförbrukning mellan olika delprocesser

4.2 Klimatpåverkan

Den totala klimatpåverkan av det studerade systemet uppgick till 425 g CO₂ ekv./FE. Produktion av växtnäring, lustgasutsläpp från jord samt förbränning av diesel utgjorde den största klimatpåverkan av ingående delprocesser. Varje delprocess utsläpp av växthusgaser redovisas i figur 5. Koldioxid och lustgas var de dominerande växthusgaserna och utgjorde 56 %, respektive 40 % av de totala utsläppen. Fördelningen av utsläpp mellan olika växthusgaser visas i figur 6.



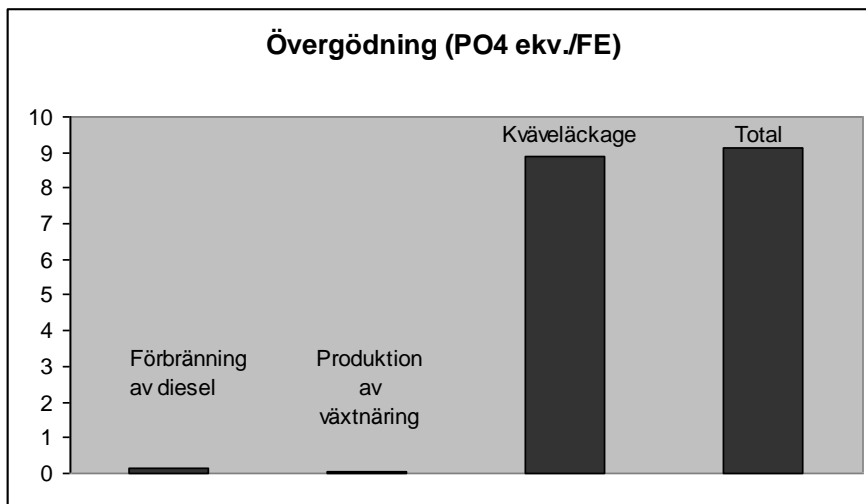
Figur 5. Klimatpåverkan från ingående delprocesser



Figur 6. Fördelning mellan olika växthusgasutsläpp

4.3 Övergödning

De totala utsläppen av övergödande ämnen uppgick till 9,14 g PO_4^{3-} -ekv./FE. Läckage av nitrat till omgivande vatten utgjorde 98 % av de totala utsläppen, fördelningen visas i figur 7.



Figur 7. Utsläpp av övergödande ämnen från ingående processer

4.4 Försurning

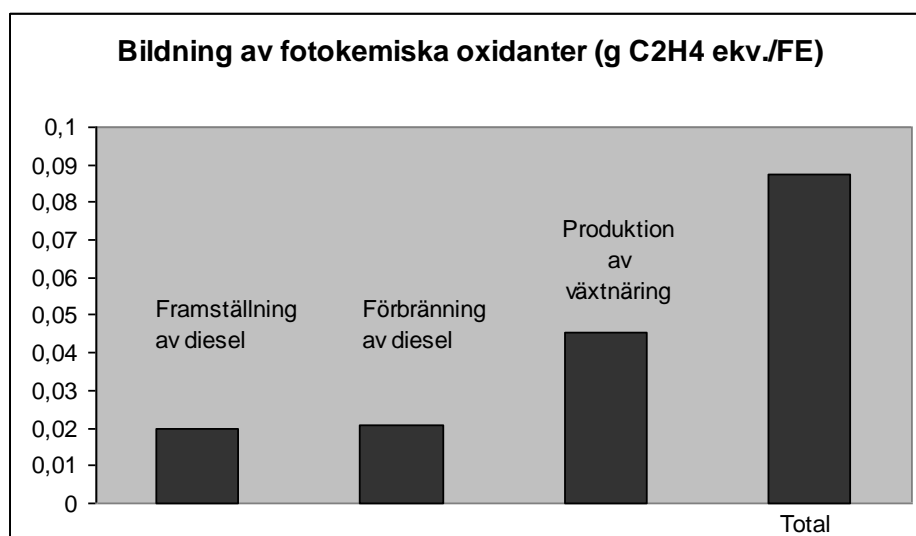
Utsläppen av försurande ämnen domineras av läckage av nitrat, NO_3 från jorden till omgivande vatten. Nitrat står för 95 % av de totala utsläppen. De totala utsläppen uppgick till 49 g SO_2 ekvivalenter/FE. Fördelningen mellan utsläpp av försurande ämnen visas i tabell 4.

Tabell 4. Utsläpp av försurande ämnen

Datakategori	g SO ₂ ekv./FE
NO _x	1,27
SO ₂	1,16
NO ₃	46,3
Totala utsläpp	48,7

4.5 Bildning av fotokemiska oxidanter

Under böernas studerade livscykel producerades totalt 0,089 g C₂H₄-ekv./FE. Produktion av växtnäring samt framställning och förbränning av diesel stod för majoriteten av de totala utsläppen, fördelningen åskådliggörs i figur 8.



Figur 8. Bildning av fotokemiska oxidanter från framställning och förbränning av diesel samt produktion av växtnäring

5. Diskussion och tolkningsfas

5.1 Diskussion av resultat

Resultaten visar att tillverkning av växtnäring samt förbränning av diesel, framförallt i samband med jordbearbetning, står för en stor andel av den totala energiförbrukningen och klimatpåverkan under böernas studerade livscykel. Fossila bränslen utgör ca $\frac{3}{4}$ av den totala energiförbrukningen. Trots den låga användningen av kvävegödsel, som är möjlig tack vare börnas kvävefixerande förmåga, stod framställningen av växtnäring för 40 % av den totala energiförbrukningen. Den beräknade energiförbrukningen för den studerade livscykeln från vaggla till grind uppgick till 3,38 MJ/FE och är av samma storleksordning som tidigare studier visat (se figur 11)(24).

Böernas klimatpåverkan uppgick till 425 g CO₂/kg. I en tidigare studie beräknades svenska bruna böners utsläpp av växthusgaser 300-400 g CO₂/kg, i denna studie inkluderades emellertid även förpackning och konsumtion av böerna (24). Utsläppen kan jämföras med utsläpp av växthusgaser från gris- och nötkött som uppgår till 4,8 och 17 kg CO₂/kg (26,27).

De moment vid produktionen av bruna bönor som framförallt bidrog till klimatpåverkan var koldioxidutsläpp vid jordbearbetning och produktion av växtnäring samt lustgasutsläpp från jordarna.

Läckage av nitrat från åkermarkerna stod för det enskilt största bidraget av övergödande och försurande ämnen då utsläpp av ammoniak exkluderats. Det totala utsläppet av övergödande ämnen uppgick till 9,14 g PO_4^{3-} -ekv./FE och utsläpp av försurande ämnen till 49 g SO_2 ekvivalenter/FE. Siffrorna kan jämföras med utsläpp av 22-28 g SO_2 ekvivalenter och 12-14.5 g PO_4^{3-} ekvivalenter för produktion av ett kilo svenska ägg från vagga till grind (25). Utsläppen av övergödande ämnen från kött är betydligt högre. Ett kilo svenskt griskött ger upphov till ca 680 g PO_4^{3-} ekvivalenter/kilo kött medan svenskt nötkött producerar 1-2,4 kg PO_4^{3-} ekvivalenter/kilo kött beroende av produktionsform (vagga till grind) (26,27)

0,089 g C_2H_4 -ekvivalenter bildades under börnornas studerade livscykel. Detta kan jämföras med 3-4 g C_2H_4 -ekvivalenter per kilo svenskt nötkött och 0,5 g C_2H_4 -ekvivalenter per kilo svensk griskött fram till gårdsgrind (26,27). I jämförelse med många andra proteinrika livsmedel är utsläppen av fotokemiska oxidanter för bruna bönor låga.

Enligt studiens resultat var börnornas påverkan på samtliga studerade miljöeffektskategorier låg i jämförelse med flera andra proteinrika livsmedel, vilket vidare kommer diskuteras i 5.4. För att minimera den befintliga miljöpåverkan från produktionen av bruna bönor måste framförallt användningen av växtnäring, flytgödsel och diesel minimeras. Redan idag används en liten mängd kvävegödsel till produktionen och ibland används inget tillförd kväve alls. Idag odlas 26 ha ekologiska bruna bönor på Öland och enligt uppgift kan en ogödslad bra jord ge upphov till lika stora skördar som en gödslad jord (15). Mängden tillförd stallgödsel måste redan idag begränsas eftersom den lockar till sig bönflugan (7). För att ytterligare minska mängden använd stallgödsel och för att optimera kväveutnyttjandet krävs bl.a. förbättrad teknik vid hantering och spridning av gödseln. Dieselförbrukningen kan minskas genom effektivisering av jordbearbetning samt genom utveckling av odlingstekniken.

5.2 Känslighetsanalys

Använd mängd diesel för jordbearbetning utgör en stor del av den totala miljöpåverkan från bruna böners livscykel. Hur mycket bränsle som går åt varierar från odlare till odlare beroende på använd teknik och maskiner och avkastningens storlek. I denna studie beräknades den totala dieselåtgången till 73 l/ha, varav odlingen stod för 64 l/ha. Tidigare studier har uppgett en förbrukning av 85-100 l diesel/ha för odling av åkerbönor och ärter vars skördar är ca 150 % större än bruna böners (28). I Olssons studie (1998) av bruna bönor beräknades traktordieseln uppgå till så mycket som 150 l/ha (12), mer än dubbelt så mycket som den beräknade åtgången i denna studie. Eftersom tillverkning och förbränning av diesel utgör en stor del av börnornas miljöbelastning kan osäkerhet i dessa data få stor inverkan på beräkningarna av börnornas totala miljöpåverkan. I tabell 5 beräknas hur miljöpåverkan skulle ha förändrats ifall dieselförbrukningen för odling fördubblats och uppgått till 128 l/ha. Känslighetsanalysen visade att den ökade dieselanvändningen skulle medföra en 35 % ökning av bildning av fotokemiska oxidanter, 24 % ökning av växthusgasutsläpp och 41 % högre energiåtgång.

För beräkning av kväveläckage användes utlakningskoefficienten 36 kg N/ha vilket medförde ett utsläpp på 0,089 kg NO_3 /FE. Utlakningskoefficienten var ett medelvärde från 12 olika ettåriga grödor odlade på Öland men var inte specifika för bruna bönor eller baljväxter.

Eftersom det tillförs olika mycket natur- och mineralgödsel till olika grödor och eftersom börnornas kvävefixerande förmåga inte beaktats, finns en osäkerhet i använd data. I tabell 5 testas hur resultaten påverkas då en lägre och en högre utlakningskoefficient, motsvarande kväveläckage för sockerbetor och potatis, istället har använts (19). Då den lägre utlakningskoefficienten används uppgår utsläppen av försurande ämnen till 33 g SO₂ ekv./FE och utsläppen av övergödande ämnen till 6,13 g PO₄³⁻ ekv./FE. Då den högre utlakningskoefficienten används ökade utsläppen av försurande ämnen till 66,4 g SO₂ ekv./FE och utsläppen av övergödande ämnen till 12,5 g PO₄³⁻ ekv./FE.

För beräkning av emissioner i samband med energiutvinning genom fjärrvärme användes emissionsfaktorer för svensk fjärrvärme mix. Energi för fjärrvärme kan utvinnas från många olika källor. I Färjestaden i Mörbylånga kommun där Kalmar- Ölands trädgårdsprodukter finns är den huvudsakliga bränsleanvändningen i fjärrvärmesystemen skogsflis vilket också är ett av de mest använda bränslena nationellt. Beroende på vilket bränsle som används kommer utsläppens storlek att variera. I tabell 5 redovisas hur utsläppen skulle ha påverkats ifall eldningsolja istället använts som huvudsakligt bränsle i fjärrvärmesystemet. Använda emissionsfaktorer för eldningsolja presenteras i bilaga 4, tabell 42. Resultaten av analysen visar att utsläppen av växthusgaser hade stigit till 439 g CO₂ om eldningsolja använts, detta är dock inte så troligt eftersom olja numera sällan används som bränsle i fjärrvärmesystem.

Osäkerhet i data kan även ha påverkat resultaten för emissioner i samband med tillverkning av växtnäring. De använda emissionsfaktorerna baserades på data som dels inkluderar svenska gödselmedelsfabriker och dels genomsnittlig västeuropeisk gödselmedelsfabrik. Även här har valet av bränsle en stor inverkan på emissionsnivåerna. Tillverkningen av växtnäring hade stor inverkan på den totala energiförbrukningen, klimatpåverkan samt för bildning av fotokemiska oxidanter varför osäkerhet i data kan få stor inverkan på resultaten. I tabell 5 beräknas hur resultaten påverkas ifall utsläppen samt energiförbrukningen vid produktion växtnäring varit 20 % högre, respektive 20 % lägre. Känslighetsanalysen visar att en 20 % förändring i utsläpp och energiförbrukning från framställningen av växtnäring påverkar mängden bildad växthusgas med +/- 6 %, mängden bildade fotokemiska oxidanter med +/- 10 % och energiförbrukningen med +/- 8 %.

Beräkning av primärinsatsen energi för svensk medel kan beräknas på två olika sätt. I den här studien har en primärenergifaktor på 1,15 använts för att beräkna elens primära energiåtgången. Men ifall värmeförluster från kärnkraften inkluderas i beräkningarna kommer primärenergifaktorn bli högre, och brukar då sättas till 2,54. Då den högre faktorn istället används för att beräkna primärenergiförbrukningen för använd el kommer den totala energiförbrukningen fördubblas till 6,8 MJ (se tabell 5).

Tabell 5. Relativ förändring i förhållande till ordinarie resultat (se även bilaga 4, tabell 43)

	GWP (g CO ₂ ekv./FE)	AP (g SO ₂ ekv./FE)	EP (g PO ₄ ³⁻ ekv./FE)	POCP (C ₂ H ₂ ekv./FE)	Energi- förbrukning (MJ)
Dieselförbrukning för odling satt till 128 l/ha	124	102	102	135	141
Utlakningskoefficient satt till 24 kg N/ha	100	67,8	67,1	100	100
Utlakningskoefficient satt till 50 kg N/ha	100	136	137	100	100
Fjärrvärme med eldningsolja	103	100	100	100	100
Produktion av växtnäring + 20 %	106	101	100	110	108
Produktion av växtnäring - 20 %	93,6	99,4	99,8	88,8	91,7
Primärenergifaktor för el satt till 2,54					201
Studiens ordinarie resultat	100	100	100	100	100

5.3 Osäkerhetsanalys

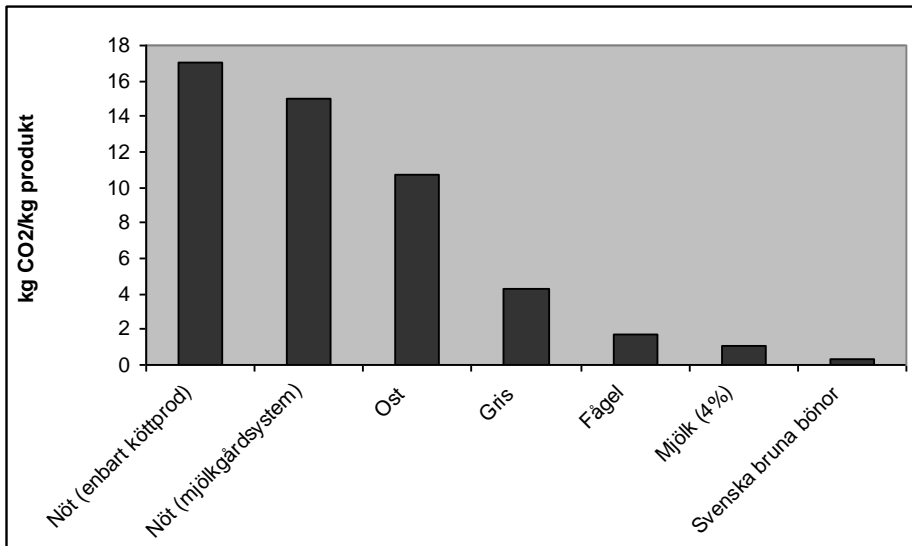
Trots användningen av framförallt specifika data finns osäkerheter i data som kan ha påverkat resultaten, några av dessa osäkerhetsfaktorer har diskuterats i 5.2. Begränsningar och dataluckor i systemet (se 2.3) är andra faktorer som påverkar resultatens tillförlitlighet. Exempelvis kan börnornas utsläpp av övergödande och försurande ämnen ha underskattats eftersom ammoniakavgång från gödselhantering inte inkluderats i beräkningarna. Enligt tidigare studier motsvarar övergödningsbidraget från ammoniak 20-25 % av bidraget från nitratläckage uttryckt i nitratekvivalenter (29). Tabell 6 redovisar hur studiens resultat varierar då en osäkerhetsmarginal på +/- 25 % används.

Tabell 6. Studiens resultat med en osäkerhetsmarginal +/- 25 %

	GWP (g CO ₂ ekv./FE)	AP (g SO ₂ ekv./FE)	EP (g PO ₄ ³⁻ ekv./FE)	POCP (C ₂ H ₂ ekv./FE)	Energiförbrukning (MJ/FE)
Osäkerhetsmarginal -/+ 25 %	319-531	36,5-60,9	6,86-11,4	0,067-0,11	2,54-4,23

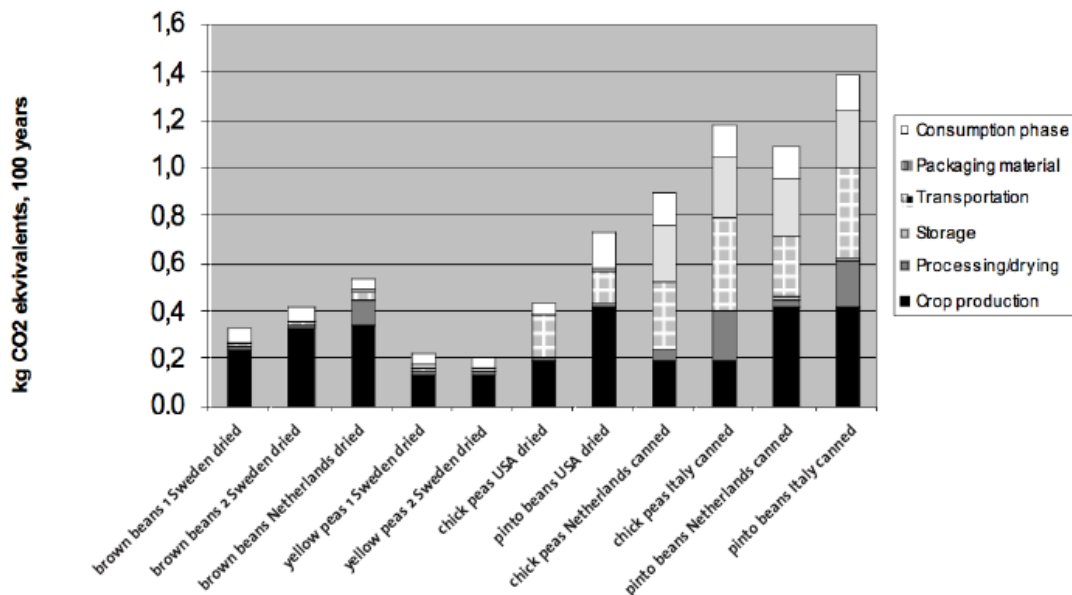
5.4 Jämförelser med liknande studier

Det finns relativt få livscykelanalyser utförda på baljväxter och majoriteten av de analyser som gjorts har begränsats till att studera utsläpp av växthusgaser. Baljväxter har en låg klimatpåverkan i jämförelse med många andra proteinrika livsmedel, i figur 9 jämförs utsläpp av växthusgaser från bruna bönor med olika svenskproducerade animaliska livsmedel.

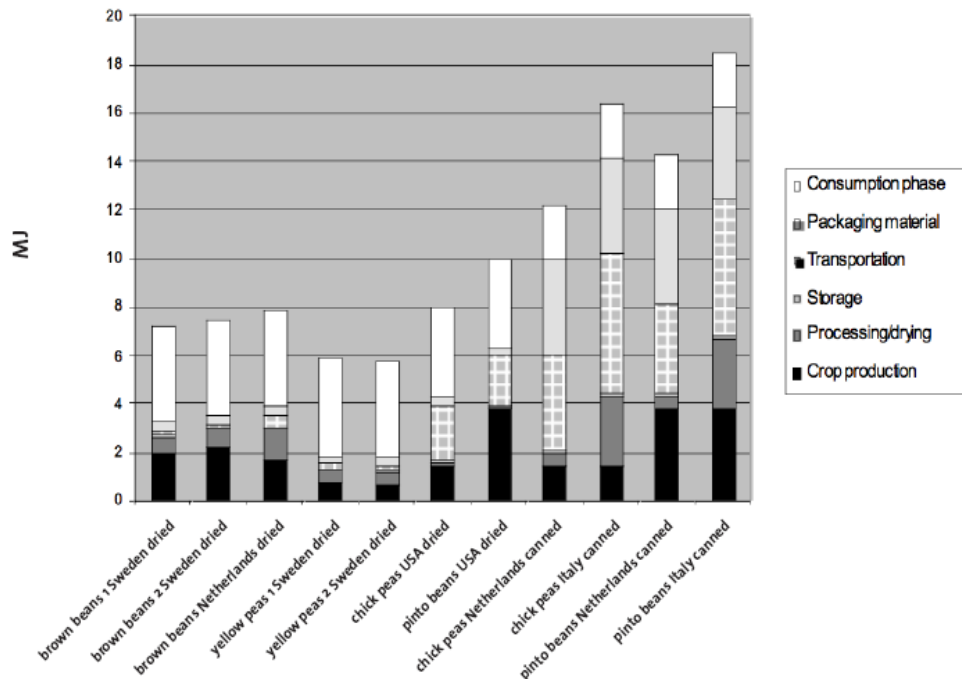


Figur 9. Medelvärden för klimatpåverkan av proteinrika livsmedel producerade i Sverige, avser endast emissioner från jordbruk (30)

Jämförelser har även gjorts mellan olika baljväxter. I en studie jämfördes miljöpåverkan av den svenska produktionen av bruna bönor och gula ärter med bönor odlade i Nederländerna och i USA (24). Studien visade att bruna bönor hade en liten miljöpåverkan avseende energiåtgång och utsläpp av växthusgaser i jämförelse med pintobönor och kikärter odlade i Nederländerna och i USA. I figur 10 och 11 presenteras resultaten för klimatpåverkan och energiförbrukning för de studerade baljväxterna. Figur 10 visar även att majoriteten av klimatpåverkan för bruna bönor kom från odlingen medan konsumtionsfasen stod för den största energiförbrukningen.

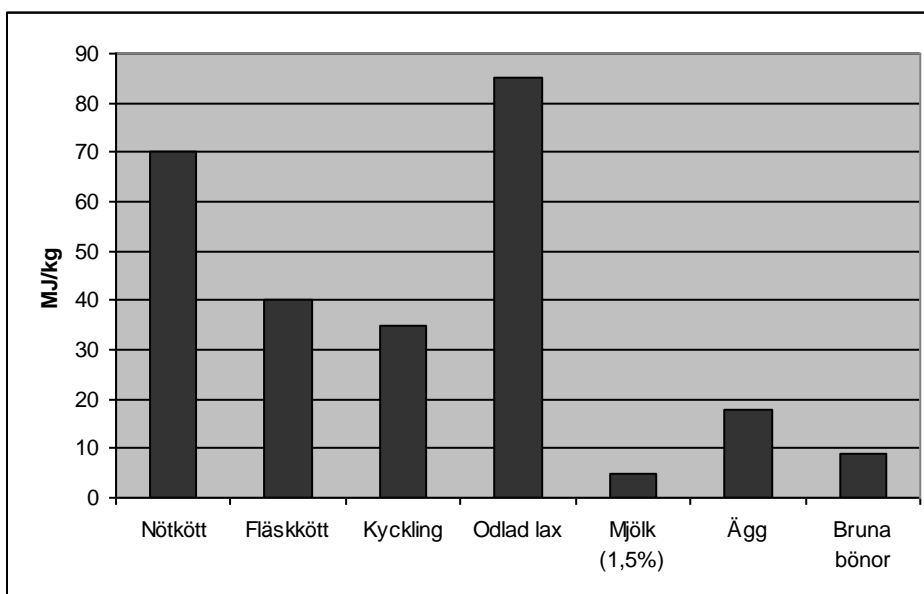


Figur 10. Klimatpåverkan från produktion av 1 kg baljväxter uttryckt i koldioxidekvivalenter (24)



Figur 11. Energiåtgång (MJ) för produktion (1 kg) av 11 typer av baljväxter (24).

Flera studier har jämfört energiförbrukningen av proteinrika livsmedel. Baljväxter har generellt sett en låg energiförbrukning per viktenhet och proteinmängd. Enligt rapporten "ärter eller fläsk?" (12) står jordbruket och tillagningen av bruna bönor i hemmet för den största energiförbrukningen under de svenskodlade bruna börnas livscykel. Energiförbrukningen för tillagningen av börnorna beräknades till 5,5 MJ svensk el/200 g. Samma studie visade att energiförbrukningen av lagring, förpackning och transporter av svenska bruna bönor var försumbar. I figur 12 redovisas energiåtgången för ett antal proteinrika livsmedel, siffrorna baseras på en rapport från Annika Carlsson-Kanyama (2003) och avser svenskproducerade livsmedel (31).



Figur 12. Energiförbrukning för svenskproducerade livsmedel. Avser 1kg färdigtillagat livsmedel (31).

Resultat från en jämförelse av måltider innehållande olika proteinkällor visade att de vegetariska måltiderna som bestod av sojakorv och ärtbiff hade lägre bidrag till försurning, klimatpåverkan och övergödning än måltiderna som innehöll animalier. Energiförbrukningen från måltiderna som innehåller kött och vegetabilier var av samma storleksordning. De vegetariska måltidernas höga energiförbrukning berodde främst på den höga energiförbrukningen i samband med nedfrysning av ärtbiff och sojakorv (28). Även andra studier har visat att baljväxter har lägre miljöpåverkan avseende klimatpåverkan, övergödning, försurning, bildning av fotokemiska oxidanter och markanvändning i jämförelse med animaliska proteinkällor (2,4,5) En generell slutsats om den totala miljöpåverkan från olika baljväxter är att de påverkar miljön mindre än kött, oavsett om de är inhemska eller importerade (7).

5.5 Slutsats

Denna studie visade att produktion av växtnäring, näringsläckage från gödselspridning samt förbränning av diesel bidrog till störst energiförbrukning och total miljöpåverkan avseende studerade miljöeffektkategorier. I jämförelse med andra proteinrika livsmedel var miljöpåverkan generellt lägre för bruna bönor, vilket också visats i tidigare studier. Bruna bönor och baljväxter överlag påverkar miljön mindre än kött varför de med fördel kan användas som en både nyttig och miljövänlig alternativ proteinkälla.

6. Referenser

1. Sonesson *et al.* 2008. Klimatavtryck från hushållens matavfall. KFS/SIK
2. Davis, J *et al.* 2009. Environmental impact of four meals with different protein sources: Case studies in Spain and Sweden. Food Research International, doi:10.1016/j.foodres.2009.08.017
3. Livestock's long shadow – Environmental issues and options. 2006. FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rom, Italien
4. Reijnders, L. Soret, S. 2003. Quantification of the environmental impact of different dietary protein choices. American Journal of Clinical Nutrition, Vol. 78, No. 3, 664S-668S
5. Baroni, L., Cenci, M., Tettamanti, M., & Berati, M. 2006. Evaluating the environmental impact of various dietary patterns combined with different food production systems. European Journal of Clinical Nutrition, 20, 1–8
6. Enghardt-Barbieri, H. Lindvall, C. 2003. De svenska näringsrekommendationerna översatta till livsmedel. Livsmedelsverkets rapport 1
7. Lagerberg Fogelberg, C. 2008. På väg mot miljöanpassade kostråd – Vetenskapligt underlag inför miljökonsekvensanalysen av Livsmedelsverkets kostråd. Livsmedelsverkets Rapport 9
8. Jordbruksverket 2006b. www.jordbruksverket.se
9. Fogelberg, F. 2007. Ansökan om skyddad geografisk beteckning för ”Bruna bönor från Öland”. JTI- Institutet för jordbruks- och miljöteknik
10. Frans Johnsson. Hushållningssällskapet Rådgivning Agri, Kalmar. Personlig kommunikation 2009
11. www.slv.se
12. Olsson, P. 1998. Ärtor eller fläsk?. SIK/Naturvårdsverket rapport 4909
13. Cederberg, C. Nilsson, B. 2004. Livscykelanalys (LCA) av ekologisk nötköttproduktion i ranchdrift. SIK rapport 718. SIK, Institutet för Livsmedel och Bioteknik. Göteborg
14. Lindahl, M. Rydh, C.J. Tingström, J. 2002. En liten lärobok om livscykelanalys. Institution för teknik, Högskolan Kalmar. Kalmar
15. Nilsson, S-Å. Kalmar-Ölands Trädgårdsprodukter. Personlig kommunikation 2009
16. Norrgårdens grönsaker. Personlig kommunikation 2009-11-11
17. Börjesson, P. Berglund, M. 2003. Miljöanalys av biogassystem. Rapport 45. Institutionen för miljö- och energisystem. Lunds universitet, Lund.

18. Bockman, O C. Kaarstad, O. Lie, O H. Richards, I. 1990. Agriculture and fertilizers. Norsk Hydro. Oslo. Norway
19. Johnsson, H. och Hoffmann, M. 1997. Kväveläckage från svensk åkermark. Rapport 4741, Statens Naturvårdsverk, Stockholm
20. www.ippc.ch
21. Kemikalieinspektionen. www.kemi.se
22. Hansson P-A., Burström A., Nören O. och Bohm, M. (1998). Bestämning av motoremissioner från arbetsmaskiner inom jord- och skogsbruk. Rapport 232, Institutionen för lantbruksteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
23. Blinge, M. Arnäs P-O. Bäckström, S. Furnander, Å. och Hovelius, K. 1997. Livscykelanalys (LCA) av drivmedel. Kommunikationsforskningsberedningen, Stockholm.
24. Biel, A. Bergström, K. Carlsson-Kanyama, A. Fuentes, C. Grankvist, G. Lagerberg-Fogelberg, C. Shanahan, C. & Solér, C. 2006. Environmental information in the food supply system. Report FOI-R-1903-SE
25. Sonesson, U. Cederberg, C. Flysjö, A. Carlsson, B. 2008. Livscykelanalys av svenska ägg ver. 2). SIK rapport nr 783. SIK, Institutet för Livsmedel och Bioteknik. Göteborg
26. Cederberg, C. Dareljus, K. 2001. Livscykelanalys (LCA) av griskött. Naturresurs Forum.
27. Cederberg, C. Dareljus, K. 2000. Livscykelanalys (LCA) av nötkött. Naturresurs Forum.
28. Davis, J. Sonesson, U. Flysjö, A. 2006. Lokal produktion och konsumtion av baljväxter i Västra Götaland. SIK rapport 756. SIK/Västra Götalandsregionen
29. Pål Börjesson. Personlig kommunikation. Institutionen för miljö- och energisystem. Lunds universitet. 2009
30. Angervall, T. Sonesson, U. Ziegler, F. Cederberg, C. 2008. Mat och klimat- en sammanfattning om matens klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv. SIK rapport 776. SIK, Institutet för Livsmedel och Bioteknik. Göteborg
31. Carlsson-Kanyama, A. Pipping-Ekström M. Shanahan, H. 2003. Food and life cycle energy inputs: consequences of diet and ways to increase efficiency. Ecological Economics Vol. 44, No. 2, p 293-307
32. Davis, J. Haglund, C. (1999) Life cycle inventory (LCA) for fertiliser production. SIK rapport 654. SIK, Institutet för Livsmedel och Bioteknik. Göteborg
33. Berglund M. och Börjesson P. 2003. Energianalys av biogassystem. Rapport 44. Miljö- och energisystem, Lunds Universitet, Lund.
34. Sundqvist J-O., Baky A., Björklund A., Carlsson M., Eriksson O., Frostell B., Granath J. Thyselius L. 1999. Systemanalys av energiutnyttjande från avfall - utvärdering av energi,

miljö och ekonomi. B 1380, Statens Energimyndighet, Stockholm.

35. Frees, N. Weideman-Pedersen, B. (1998) LCA of packageing systems for beer and softdrinks, Energy and transport scenarios, Inst. Product Development, Technical University of Denmark

36. Uppenberg, S. *et al.* 1999. Miljöfaktaboken för bränslen, Del 1- Huvudrapport 1334 A, Del 2 Rapport 1334 B, Bakgrundsinformation och teknisk bilaga, IVL

37. Uppenberg, S., Almemark, M., Brandel, M., Lindfors, L-G., Marcus, H-O., Strippe, H., Wachtmeister, A. & Zetterberg, L. (2001). Miljöfaktabok för bränslen - Del 1. Huvudrapport. IVL-rapport B 1334A-2, IVL Svenska Miljöinstitutet. Stockholm. Uppenberg, S., Almemark, M., Brandel, M., Lindfors, L-G., Marcus, H-O., Strippe, H., Wachtmeister, A. & Zetterberg, L. (2001). Miljöfaktabok för bränslen - Del 1.

38. SMED- Svenska MiljöEmissionsData. www.smed.se

39. Vattenfall (2001). LCA Värme: Vattenfalls livscykelanalyser - produktion av värme. Vattenfall, Stockholm

Bilaga 1. Emissionsfaktorer

Tabell 7. Emissioner vid tillverkning av 1 kg växtnäring

Emissioner	N (100 %)	P (100 %)	K (100 %)
Energi (MJ)	45	25	5
CO ₂ (g)	3250	2920	440
CO (g)	0,36	4,6	0,7
NO _x (g)	8,0	18	2,7
SO ₂ (g)	4,6	50	5,9
HC (g)	0,18	3,9	0,58
CH ₄	3,1	7,2	1,1

Källa: Davis och Haglund (1999) (32)

Tabell 8. Emissioner vid framställning av 1 MJ diesel

CO ₂ (g)	4,0
CO (g)	0,002
NO _x (g)	0,040
SO ₂ (g)	0,019
HC (g)	0,033

Källa: Blinge *et al.* (1997) (23). Avser MK1 diesel. Inkluderar utvinning, raffinering och distribution.

Tabell 9. Emissioner vid traktoroperationer per MJ tillförd diesel₁

	Plöjning	Gödsel- spridning	Harvning	Sådd	Underhåll	Skörd	Tröskning	Transport av skörd
CO ₂ (g)	72	72	72	72	72	72	72	72
CO (g)	0,091	0,089	0,046	0,114	0,089	0,089	0,089	0,106
NO _x (g)	0,935	0,844	0,860	0,900	0,844	0,844	0,844	0,681
SO ₂ (g)	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
HC (g)	0,027	0,027	0,016	0,031	0,027	0,027	0,027	0,032

₁Källa: Hanson *et al.* (1998) (22) och Blinge *et al.* (1997) (23). Avser MK1 diesel. Exklusive emissioner vid framställning av diesel

Tabell 10. Emissioner och energianvändning för transport av flytgödsel

	Utsläpp/ton flytgödsel	Utsläpp/FE
Energiinsats (MJ)	16	0,133
CO ₂ (g)	1,2	1,00
CO (g)	0,21	0,00175
NO _x (g)	12	0,100
SO _x (g)	0,34	0,00283
HC (g)	0,70	0,00583

Källa: Berglund och Börjesson (2003) (33), Sundqvist *et al.* (1999) (34), Hanson *et al.* (1998) (22) och Blinge *et al.* (1997) (23)

Tabell 11. Emissioner vid framställning av 1 MJ svensk medel

CO ₂ (g)	13
CO (g)	0,0036
NO _x (g)	0,021
SO ₂ (g)	0,014
CH ₄ (g)	0,019

Källa: Frees & Weideman- Pedersen (1998) (35), (14) Uppenberg *et al.* (1999)(36).
Avser Svensk medel baserad på 49 % vattenkraft, 46 % kärnkraft, 5 % kraftvärme mm.

Tabell 12. Emissioner för svensk fjärrvärmemix 2004 per 1 MWh

CO ₂ (kg)	137
CO (kg)	0,63
NO _x (kg)	0,37
SO ₂ (kg)	0,30
CH ₄ (kg)	0,31
NH ₃ (kg)	0,007
N ₂ O (kg)	0,018

Källa: Uppenberg *et al.* (2001) (37), SMED (38)

Bilaga 2. Beräkningar av inventeringsdata

2.1 Energiförbrukning

Tabell 13. Använda primärenergifaktorer

Fossila bränslen	1,05
Svensk medelel	1,15
Fjärrvärme	1,04

Tabell 14. Tillverkning av mineralgödsel

	MJ/kg (primärel)	Använd mängd (kg/FE)	MJ/FE	Varav el	Varav fossila bränslen
Kalium	5	0,039	0,195		0,195
Kväve	45	0,0167	0,7515	0,187875	0,563625
Fosfor	25	0,0167	0,4175	0,167	0,2505
Summering		0,0724	1,364	0,354875	1,009125

Tabell 15. Transport

	l/ha	l/FE	MJ/FE	Primärenergi/FE
Transport av stallgödsel	6,8	0,003782603	0,13328	0,13328
Transport av skörd	2	0,001111111	0,03915	0,041325
Summering	8,8086846	0,004893714	0,17243	0,174605

Tabell 16. Jordbearbetning

	l/ha	l/FE	MJ/FE	Primärenergi/FE
Plöjning	15	0,008333333	0,293625	0,3099375
Harvning	5	0,002777778	0,097875	0,1033125
Stallgödelspridning	8	0,004444444	0,1566	0,1653
Sådd	6	0,003333333	0,11745	0,123975
Besprutning och underhåll	10	0,005555556	0,19575	0,206625
Skörd (lossning & räfsning)	10	0,005555556	0,19575	0,206625
Tröskning	10	0,005555556	0,19575	0,206625
Summering	64	0,035555556	1,2528	1,3224

Tabell 17. Framställning av diesel₁

Använd mängd diesel (MJ/FE)	Energiinsats (MJ/FE)	Primärenergi (MJ/FE)
1,42523	0,0712615	0,074825

₁ För beräkning av energiåtgång vid framställning av diesel har energiinsatsen satts till 5 %.

Tabell 18. Torkning, rensning av bruna bönor samt uppvärmning av lager hos Kalmar-Ölands Trädgårdsprodukter

Total energiförbrukning (MJ/FE)	Varav el (MJ/FE)	Primärel (MJ/FE)	Varav fjärrvärme (Mj/FE)	primär fjärrvärme (MJ/FE)
0,41	0,164	0,1886	0,246	0,25584

Tabell 19. Total energiförbrukning (MJ/FE) uttryckt i primärenergi

	Fossila bränslen	El	Fjärrvärme	Total energiåtgång
Tillverkning av mineralgödsel	1,009125	0,354875		1,364
Transport	0,174605			0,174605
Jordbearbetning	1,3224			1,3224
Framställning av diesel	0,074824575			0,074824575
Torkning, sortering, uppvärmning		0,1886	0,25584	0,44444
Summering	2,580954575	0,543475	0,25584	3,380269575

2.2 Emissioner från produktion av växtnäring

Tabell 20. Emissioner från kväve

	Emissioner/kg N	Emissioner/FE
CO ₂ (g)	3250	54,2
CO (g)	0,36	0,006
NO _x (g)	8	0,133
SO ₂ (g)	4,6	0,0767
HC (g)	0,18	0,003
CH ₄ (g)	3,1	0,0517
Partiklar (g)	0,82	0,0137

Tabell 21. Emissioner från fosfor

	Emissioner/kg P	Emissioner/FE
CO ₂ (g)	2920	48,7
CO (g)	4,6	0,0767
NO _x (g)	18	0,300
SO ₂ (g)	50	0,833
HC (g)	3,9	0,065
CH ₄ (g)	7,2	0,120
Partiklar (g)	9,5	0,158

Tabell 22. Emissioner från kalium

	Emissioner/kg P	Emissioner/FE
CO ₂ (g)	440	17,1
CO (g)	0,7	0,0272
NO _x (g)	2,7	0,105
SO ₂ (g)	5,9	0,229
HC (g)	0,58	0,0226
CH ₄ (g)	1,1	0,0428
Partiklar (g)	1,4	0,0544

Tabell 23. Emissioner från total produktion av växtnäring (N,P,K)

	Emissioner/FE
CO ₂ (g)	119,9
CO (g)	0,1
NO _x (g)	0,5
SO ₂ (g)	1,1
HC (g)	0,1
CH ₄ (g)	0,2
Partiklar (g)	0,2

2.3 Emissioner vid förbränning av diesel

Beräkningar för utsläpp vid förbränning av diesel baseras på data från Blinge *et al.* (1997), Hanson *et al.* (1998), Berglund och Börjesson (2003) och Sundqvist *et al.* (1999). Samtliga använda data presenteras i bilaga 1, tabell 9. Dieseln antas vara av miljöklass 1. 1 liter diesel motsvarar 35,2 MJ enligt uppgifter från Lindahl, M. Rydh, C.J. Tingström, J (13). Underhåll inkluderar besprutning, bevattning, radrensning och radhackning. Skörd inkluderar lossning och räfsning.

2.3.1 Jordbearbetning

Tabell 24. Plöjning

	g/MJ	g/FE
CO ₂	72	21,141
CO	0,091	0,02672
NOX	0,935	0,274539
SO ₂	0,002	0,000587
HC	0,027	0,007928

Tabell 25. Harvning

	g/MJ	g/FE
CO ₂	72	7,047
CO	0,046	0,004502
NOX	0,86	0,084173
SO ₂	0,002	0,000196
HC	0,016	0,001566

Tabell 26. Sådd

	g/MJ	g/FE
CO ₂	72	8,4564
CO	0,114	0,013389
NOX	0,9	0,105705
SO ₂	0,002	0,000235
HC	0,031	0,003641

Tabell 27. Underhåll

	g/MJ	g/FE
CO ₂	72	14,094
CO	0,089	0,017422
NOX	0,844	0,165213
SO ₂	0,002	0,000392
HC	0,027	0,005285

Tabell 28. Gödselspridning

	g/MJ	g/FE
CO ₂	72	11,2752
CO	0,089	0,013937
NOX	0,844	0,13217
SO ₂	0,002	0,000313
HC	0,027	0,004228

Tabell 29. Skörd

	g/MJ	g/FE
CO ₂	72	14,094
CO	0,089	0,017422
NOX	0,844	0,165213
SO ₂	0,002	0,000392
HC	0,027	0,005285

Tabell 30. Tröskning

	g/MJ	g/FE
CO ₂	72	14,094
CO	0,089	0,017422
NOX	0,844	0,165213
SO ₂	0,002	0,000392
HC	0,027	0,005285

2.3.2 Transport

Tabell 31. Transport av flytgödsel

	Utsläpp/ton flytgödsel	Utsläpp/FE
CO ₂ (g)	1,2	1,00
CO (g)	0,21	0,00175
NO _x (g)	12	0,100
SO _x (g)	0,34	0,00283
HC (g)	0,70	0,00583

Tabell 32. Transport av skörd

	g/MJ	g/FE
CO ₂	72	2,8188
CO	0,106	0,00415
NO _x	0,681	0,026661
SO ₂	0,002	7,83E-05
HC	0,032	0,001253

2.3.3 Sammanställning av emissioner vid förbränning av diesel

Tabell 33. Emissioner från dieselförbränning (g/FE)

	CO ₂	CO	NO _x	SO ₂	HC
Plöjning	21,141	0,02672	0,274539	0,000587	0,007928
Harvning	7,047	0,004502	0,084173	0,000196	0,001566
Sådd	8,4564	0,013389	0,105705	0,000235	0,003641
Underhåll	14,094	0,017422	0,165213	0,000392	0,005285
Gödselspridning	11,2752	0,013937	0,13217	0,000313	0,004228
Skörd	14,094	0,017422	0,165213	0,000392	0,005285
Tröskning	14,094	0,017422	0,165213	0,000392	0,005285
Transport av flytgödsel	1	0,00175	0,1	0,00283	0,00583
Transport av skörd	2,8188	0,00415	0,026661	7,83E-05	0,001253
Totalt	94,0204	0,116714	1,218887	0,005414	0,040302

2.4 Framställning av diesel

Beräkningar för framställning av diesel avser diesel av miljöklass 1. Beräkningar baseras på data från Blinge *et al.* (1997) (23). Framställningen inkluderar utvinning, raffinering och distribution.

Tabell 34. Emissioner från framställning av diesel

	MJ/FE	CO ₂ (g)	CO (g)	NOX (g)	SO ₂ (g)	HC (g)
Plöjning	0,293625	1,1745	0,000587	0,01175	0,00558	0,00969
Harvning	0,097875	0,3915	0,000196	0,00392	0,00186	0,00323
Gödselspridning	0,1566	0,6264	0,000313	0,00626	0,00298	0,00517
Sådd	0,11745	0,4698	0,000235	0,0047	0,00223	0,00388
Besprutning & underhåll	0,19575	0,783	0,000392	0,00783	0,00372	0,00646
Skörd	0,19575	0,783	0,000392	0,00783	0,00372	0,00646
Tröskning	0,19575	0,783	0,000392	0,00783	0,00372	0,00646
Transport av flytgödsel	0,13328	0,53312	0,000267	0,00533	0,00253	0,0044
Transport av skörd	0,03915	0,1566	7,83E-05	0,00157	0,00074	0,00129
Totalt	1,42523	5,70092	0,00285	0,05701	0,02708	0,04703

2.5 Framställning av el

Tabell 35. Elförbrukning (MJ/FE) uttryckt i primärel

Moment	MJ/FE (primärel)
Tillverkning av mineralgödsel	0,354875
Sortering, torkning	0,1886
Summering	0,543475

Tabell 36. Emissioner i samband med framställning av el

Tillverkning av el	Emissioner/MJ	Emissioner/FE
CO ₂ (g)	13	7,065175
CO (g)	0,0036	0,00195651
NO _x (g)	0,021	0,011412975
SO ₂ (g)	0,014	0,00760865
CH ₄ (g)	0,019	0,010326025

2.6 Fjärrvärme

Totalt förbrukades 0,2558 MJ/FE uttryckt i primäre energi

Tabell 37. Emissioner för svensk fjärrvärmemix 2004

	kg/MWh	g/MWh	g/MJ	g/FE
CO ₂	137	137000	38,05556	9,736133
CO	0,63	630	0,175	0,044772
NO _x	0,37	370	0,102778	0,026295
SO ₂	0,3	300	0,083333	0,02132
CH ₄	0,31	310	0,086111	0,022031
N ₂ O	0,18	180	0,05	0,012792
NH ₃	0,007	7	0,001944	0,000497

2.7 Sammanställning total mängd emissioner/FE

Tabell 38. Summering av emissioner/FE

	CO2 (g)	CO (g)	NOX (g)	SO2 (g)	HC (g)	CH4 (g)	N2O (g)	NH3 (g)	NO3 (g)
Framställning av diesel	5,701	0,00285	0,0570	0,0271	0,0470				
Förbränning av diesel	94,02	0,117	1,219	0,00541	0,0403				
Produktion av växtnäring	119,9	0,1	0,5	1,1	0,1	0,2			
Framställning av el	7,07	0,00196	0,0114	0,00761		0,0103			
Framställning av fjärrvärme	9,7361	0,044772	0,0263	0,0213		0,022	0,0128	0,0005	
Kväveläckage									89
Lustgasutsläpp från jord							0,552		
Summering	236,4	0,3	1,8	1,2	0,2	0,2	0,6	0,0	89,0

Bilaga 3. Miljöpåverkansbedömning

Tabell 39. Karakteriseringsfaktorer för inkluderade miljöeffektkategorier¹

Emissioner	Växthuseffekt ₂ g CO ₂ -ekv./g	Övergödning g PO ₄ -ekv./g	Försurning g SO ₂ -ekv./g	Bildning av fotokemiska oxidanter g C ₂ H ₂ -ekv./g
CO ₂	1			
CO	3			0,032
NO _x	7	0,13	0,70	
NH ₃		0,35	1,9	
SO ₂			1	
HC	11			0,42
CH ₄	21			0,007
N ₂ O	298			
NO ₃ (till vatten)		0,10	0,52	

¹Källa: Lindahl *et al.* (2002) (14)

²Avser koldioxid ekvivalenter i 100-års perspektiv

Tabell 40. Klassificering och karaktärisering av inventeringsdata

Datakategori	CO ₂	CO	NO _x	SO ₂	HC	CH ₄	NH ₃	N ₂ O	NO ₃ till vatten
Inventeringsdata (g/FE)	236,4	0,2663	1,814	1,161	0,1873	0,2324	0,0005	0,5648	89
Klassificering	GWP	GWP, POCP	GWP, AP, EP	AP	GWP, POCP	GWP, POCP	AP,EP	GWP	AP, EP
Karakteriseringsfaktor (GWP)	1	3	7		11	21		298	
Karakteriseringsfaktor (EP)			0,13				0,35		0,1
Karakteriseringsfaktor (AP)			0,7	1			1,9		0,52
Karakteriseringsfaktor (POCP)		0,032			0,42	0,007			
Bidrag GWP	236,4	0,7989	12,70		2,061	4,879		168,3	
Bidrag EP			0,2358				0,0002		8,9
Bidrag AP			1,270	1,161			0,0009		46,28
Bidrag POCP		0,008521			0,07868	0,001626			

Tabell 41. Summering av bidrag till GWP, EP, AP, POCP

Totalresultat GWP (g CO₂ ekv/FE)	425,2
Totalresultat EP (g PO₄- ekv/FE)	9,136
Totalresultat AP (g SO₂- ekv/FE)	48,71
Totalresultat POCP (g C₂H₄ ekv/FE)	0,08883

Bilaga 4. Känslighetsanalys

Tabell 42. Emissionsfaktorer för eldningsolja (E01) per MJ_{1,2}

CO ₂ (g)	91
CO (g)	0,020
NO _x (g)	0,14
SO ₂ (g)	0,21
HC (g)	0,011

₁ Emissionerna avser förbränning i stora pannor (> 30 MW).

₂Data baseras på Uppenberg *et al.* (2001) (37) och Vattenfall (2001) (39).

Tabell. 43 Resultat från känslighetsanalys

	GWP (g CO ₂ ekv./FE)	AP (g SO ₂ ekv./FE)	EP (g PO ₄ ³⁻ ekv./FE)	POCP (C ₂ H ₂ ekv./FE)	Energi- förbrukning (MJ)
Dieselförbrukning för odling satt till 128 l/ha	529	49,5	9,3	0,12	4,77
Utlakningskoefficient satt till 24 kg N/ha	425	33,0	6,13	0,089	3,38
Utlakningskoefficient satt till 50 kg N/ha	425	66,4	12,5	0,089	3,38
Fjärrvärme med eldningsolja	439	48,8	9,14	0,089	3,38
Produktion av växtnäring + 20 %	452	49,0	9,15	0,098	3,65
Produktion av växtnäring - 20 %	398	48,4	9,12	0,079	3,1
Primärenergifaktor för el satt till 2,54					6,8
Studiens ordinarie resultat	425	48,7	9,14	0,089	3,38