



SIK-rapport 891

Hållbara matvägar – resultat och analys

Rapport steg 4

Ulf Sonesson, Katarina Lorentzon, Britta Florén, Christoffer Krewer, Karl-Ivar Kumm, Katarina Nilsson, Anna Woodhouse

December 2014

Projektinformation

Projekt påbörjat

Januari 2012

Granskad av

Referensgruppen

Projektledare

Ulf Sonesson, Katarina Lorentzon

Projektgrupp

SLU – Husdjurens miljö och hälsa	Stefan Gunnarsson, Anna Hessle, Karl-Ivar Kumm
SLU – Husdjurens utfordring och vård	Jan Bertilsson, Margareta Emanuelson, Leif Göransson, Helena Wall,
SLU – Livsmedelsvetenskap	Carl Brunius, Annica Andersson, Kristine Koch, Åse Lundh
SLU – Mark och Miljö	Bo Stenberg, Maria Stenberg
JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik	Eva Salomon, Erik Sindhøj, Martin Sundberg
SIK – Institutet för Livsmedel och Bioteknik	Ulla-Karin Barr, Elisabeth Borch, Britta Florén, Lars Hamberg, Christoffer Krewer, Ingela Lindbom, Katarina Lorentzon, Tim Nielsen, Katarina Nilsson, Anne Normann, Ulf Sonesson, Annika Åström, Anna Woodhouse, Karin Östergren

Distributionslista

Projektgruppen (se ovan)

Projektledningsgruppen (Margareta Emanuelson, SLU HUV, Stefan Gunnarsson, SLU HMM, Ola Palm, JTI, Åse Lundh, SLU LMV)

Referensgruppen (Per Baumann, Svensk Dagligvaruhandel, Maria Donis, Svensk Fågel, Magnus Därth, KCF, Helena Elmquist, Odling i Balans, Kjell Ivarsson, LRF, Berit Mattsson, VGR, Anna-Karin Modin Edman, Arla Foods, Lotta Rydhmer, SLU, Elisabeth Rytter, Li, Sofie Villman, Lantmännen R & D)

Vinnovas diarienummer: 2011-03764

SIKs projektnummer: PX10469

Denna sida har med avsikt lämnats tom.

Sammanfattning

Projektet Hållbara matvägar har samlat kunskap om miljömässig hållbarhet i den svenska livsmedelskedjan och utformat framtida produktkedjor med hänsyn tagen till ett antal andra hållbarhetsaspekter. Målet har varit att presentera konkreta beskrivningar av alternativa produktionskedjor och deras miljöprestanda för fem produktgrupper: nötkött, griskött, kycklingkött, mjölk, ost och bröd. För att kunna göra konkreta beskrivningar av även den senare delen av produktkedjorna har följande, konsumentpackade slutprodukter valts: ryggbiff, rökt skinka, fryst kycklingfilé, mellanmjölk, lagrad ost i bit och styckbröd. Produktionssystemen som har studerats omfattar växtodling, animalieproduktion, industriell process och produktion, logistik, förpackningar samt avfallshantering. Handel och konsument ingår inte.

Projektet utgick från produktionen av nötkött, mjölk, griskött, kyckling och brödvete i Västra Götalands län år 2012. De nya produktkedjorna, de hållbara matvägarna, skulle leverera samma nytta i form av produkter som 2012, men med mindre negativ miljöpåverkan och i möjligaste mån större positiv miljöpåverkan. Dessutom skulle de uppfylla minst samma krav på produktsäkerhet, produktkvalitet, djurvälstånd och konsumentförtroende som för dagens produktion och produkter. Primärproduktionen skulle också vara ekonomiskt rimlig och kunna producera minst lika mycket som nuvarande produktionssystem med kostnader som inte är väsentligt högre än dagens produktion.

I denna rapport presenteras resultaten av miljöutvärderingar, kostnadsberäkningar samt sammanfattning av konsekvensanalyser. Resultaten visade att det finns stor miljöförbättringspotential för alla studerade produkter och produktionsgrenar, utan att kostnaderna inom primärproduktionen ökar eller att andra negativa konsekvenser uppstår. Den övergripande förklaringen är ökad produktionseffektivitet inom växtodling, djurproduktion samt förädling och distribution. Dock finns det kritiska aspekter för vissa konsekvensområden, bl.a. att god djuromsorg krävs för att de miljömässiga fördelarna ska kunna realiseras. Det finns konflikter mellan olika miljömål, där de två tydligaste är 1) Bibehållen eller ökad hävd av naturbetesmarker innebär mindre förbättringar för klimatpåverkan, övergödning och försurning och 2) Minskad användning av kemiska bekämpningsmedel innebär mindre förbättringar för klimatpåverkan, försurning och övergödning.

All data som använts och de systembeskrivningar som ligger till grund för resultaten i denna rapport har publicerats i; Hessle *et al*, 2014, Bertilsson *et al* 2014, Göransson *et al*, 2014, Wall *et al* 2014, Sonesson *et al*, 2014, Stenberg *et al*, 2014).

Denna sida har med avsikt lämnats tom.

Innehåll

Projektinformation	3
Sammanfattning	5
Inledning	9
Rapportens syfte	10
Ordlista	10
Utgångsscenarier	11
Lösningsscenarier	11
Livscykelanalys.....	12
Omfattning	13
Funktionella enheter	14
Systemgränser	15
Metoder, miljöpåverkanskategorier och indikatorer	17
Antaganden	18
Hantering av biprodukter och flerfunktionella system i produktsystemen	18
Hantering av biprodukter och flerfunktionella system i VGL-systemen	22
Data och datakvalitet	28
Företagsekonomiska produktionskostnader i primärproduktionen - beräkningsmetoder och kalkyldata	29
Resultat.....	31
Miljötvärderingen av produktkedjorna	32
Företagsekonomiska produktionskostnader	62
Miljötvärdering av VGL-systemet	70
Sammanfattning av konsekvensanalyser	80
Diskussion	92
Diskussion om metod och ansats	92
Resultatdiskussion	96
Slutsatser	99
Fortsättning	100
Referenser	101
Bilaga 1 Nötköttproduktion och framställning av ryggbiff - sammanfattning av referens- och lösningsscenarier (se Hessle <i>et al</i> , 2014).....	104

Bilaga 2 Mjölproduktion och framställning av konsumtionsmjölk och lagrad ost - sammanfattning av referens- och lösningsscenarier (se Bertilsson <i>et al</i> , 2014).....	107
Bilaga 3 Grisproduktion och framställning av rökt skinka - sammanfattning av referens- och lösningsscenarier (se Göransson <i>et al</i> , 2014).....	109
Bilaga 4 Kycklingproduktion och framställning av fryst kycklingfilé - sammanfattning av referens- och lösningsscenarier (se Wall <i>et al</i> , 2014).....	111
Bilaga 5 Bröddvetproduktion och framställning av styckbröd - sammanfattning av referens- och lösningsscenarier (se Sonesson <i>et al</i> , 2014).....	113
Bilaga 6 Växtodling - sammanfattning av referens- och lösningsscenarier (se Stenberg <i>et al</i> , 2014)	114
Bilaga 7 LCA-Resultat för växtodling	116
Bilaga 8. Biprodukter som fodermedel	119

SR 891

ISBN 978-91-7290-346-3

Inledning

Projektet Hållbara matvägar har samlat kunskap om miljömässig hållbarhet i den svenska livsmedelskedjan och utformat framtida produktkedjor med hänsyn tagen till övriga hållbarhetsaspekter. Målet har varit att presentera konkreta beskrivningar av alternativa produktionskedjor för fem produktgrupper: nötkött, griskött, kycklingkött, mjölk, ost och bröd. För att kunna göra konkreta beskrivningar av även de senare delarna av produktkedjorna har följande, konsumentpackade slutprodukter valts: ryggbiff, rökt skinka, fryst kycklingfilé, mellanmjölk, lagrad ost i bit och styckbröd.

Projektet, som har varit treårigt (pågått 2012-2014), har genomförts i ett samarbete mellan SIK, SLU och JTI, som tillsammans täcker kompetens om hållbarhet och produktion i hela kedjan samt om produkternas kvalitet i bred bemärkelse, vilket inkluderar sensoriska egenskaper, mikrobiologiska risker, djurvälstånd och djurhälsa, konsumentförtroende samt ekonomiska aspekter.

Produktionssystemen som har studerats omfattar växtodling, animalieproduktion, industriell process och produktion, logistik, förpackningar och avfallshantering. Olika aspekter av miljöpåverkan, negativa såväl som positiva, har beaktats samtidigt och i interaktion med varandra.

Projektet har utgått från produktionen av nötkött, mjölk, griskött, kyckling och brödvete i Västra Götalands län (VGL) år 2012. De nya produktkedjorna, de hållbara matvägarna, skulle leverera samma nytta i form av produkter som 2012, men med mindre negativ miljöpåverkan och i möjligaste mån större positiv miljöpåverkan. Dessutom skulle de uppfylla minst samma krav på produktsäkerhet, produktkvalitet, djurvälstånd och konsumentförtroende som för dagens produktion och produkter. Primärproduktionen skulle också vara ekonomiskt rimlig och kunna producera minst lika mycket som nuvarande produktionssystem med kostnader som inte är väsentligt högre än dagens; ambitionen var att utforma system som stort sett har samma eller lägre kostnader som dagens. Tidshorisonten för att genomföra förändringarna var fem-tio år, vilket har uteslutit mer drastiska förändringar av dagens produktionssystem. Eftersom de föreslagna lösningarna inte fick innebära väsentligt högre produktionskostnader i jordbruket kom utformningen av lösningsscenarierna att präglas av ökad produktionseffektivitet i både växtodling och djurhållning. De ekonomiska analyserna förutsätter därutöver en fortsatt strukturrationalisering eller utökat samarbete mellan producenter, även detta en konsekvens av att produktionskostnaderna i lösningsscenarierna skulle ligga i nivå med referensscenariots kostnader.

Skälet till att VGL valdes som fallstudieregion var att länet har en varierad jordbruksproduktion med olika produktionsförutsättningar. Därför är de utvecklade scenarierna och resultaten relativt väl överförbara till stora delar av det svenska lantbruket för de studerade produkterna.

Primärproduktionen resulterar i en slaktkropp eller ett ton brödvete, medan den industriella förädlingen av dessa råvaror kan ske på många olika sätt. Projektet har därför omfattat primärproduktion av nötkött, griskött, kycklingkött, mjölk och brödvete i VGL 2012, medan produktkedjorna från slakteri eller kvarn fram till butik endast har omfattat en specifik produkt. De produkter som valdes ut skulle i möjligaste mån vara producerade, förädlade och konsumerade i Västra Götalands län. De skulle representera en stor andel av råvaran, konsumeras i relativt stor volym, bestå av oblandad charkvara och/eller erbjuda intressanta produktkvalitets- eller produktsäkerhetsaspekter att ta hänsyn till.

Projektet har varit indelat i fyra steg:

- Steg 1: Workshop med alla deltagare, definiera arbetsmetodik, skapa samsyn, detaljplanera arbetet.
- Steg 2: Inventering av potentiella miljöförbättringar i alla led, för alla produktgrupper separat. Inventering av kritiska aspekter och kopplingar med avseende på produktsäkerhet, produktkvalitet, och djurvälstånd.
- Steg 3: Beskrivning av lösningar för hela kedjor, där miljöaspekter optimeras, och produktsäkerhet, produktkvalitet och djurvälstånd är randvillkor.
- Steg 4: Utvärdering av föreslagna lösningar från Steg 3 utifrån ett flertal aspekter. Kvalitativ identifiering av synergier och konflikter mellan lösningar och kedjor från Steg 3.

Rapportens syfte

Det övergripande syftet med föreliggande rapport, steg 4-rapporten, är att redogöra för miljöpåverkan, resursanvändning och, för primärproduktionen, produktionskostnaderna för nuvarande och tänkbara framtida scenarier för produktion av svenska livsmedel, med exempel från Västra Götalands län. De specifika målen med rapporten är att:

- Redogöra för miljöpåverkan och resursanvändning vid produktion av
 - Nötkött och ryggbiff
 - Griskött och rökt skinka
 - Kycklingkött och fryst kycklingfilé
 - Mjölks och mellanmjölk
 - Mjölks och lagrad ost
 - Brödetmjöl och styckbrödi Västra Götalands län.
- Redogöra för produktionskostnader för produktion av
 - Nötkött
 - Griskött
 - Kycklingkött
 - Mjölks
 - Brödetmjöl
- Redogöra för metodiken vid beräkning av miljöpåverkan, resursanvändning och produktionskostnader
- Redovisa eventuella målkonflikter inom varje lösningsscenario
- Redovisa målkonflikter mellan lösningsscenarierna
- Diskutera möjliga kombinationer mellan lösningsscenarier
- Sammanfatta resultaten från konsekvensanalyserna och om/hur de påverkat utformningen av lösningsscenarierna

Ordlista

Utgångsscenario: En beskrivning av prioriteringar av hållbarhetsmål.

Referensscenariot: En tydlig och detaljerad beskrivning av produktionen som den ser ut idag

Lösningsscenario:	En konkret beskrivning av produktionen som bidrar till att förbättra de prioriterade hållbarhetsmålen i ett utgångsscenario, och därmed presenterar lösningar på de eventuella hållbarhetsproblem som identifierats.
Produktkedja	Helheten som inkluderar primärproduktionssystem, förädling, förpackning, transport och distribution samt gödsel- och biprodukthantering för en produkt
Delsystem	Någon av de ovan nämnda delarna i produktkedjan.

Utgångsscenarier

De utgångsscenarier som definierades i rapporten från projektets steg 1 (Sonesson, U. 2012) återfinns i Tabell 1.

Tabell 1 Utgångsscenarier

Namn på utgångsscenariot - fokusering	Miljö- och resurskategorier som "optimeras"
<i>Biologisk mångfald och lokal miljöpåverkan</i> Kortform: "Ekosystem"	• Eutrofiering • Biologisk mångfald • Ekotoxisk påverkan
<i>Växtnärings- och markanvändning</i> Kortform: "Växtnäring"	• Eutrofiering • Försurning • Mineralanvändning (fosfor) • Markanvändning
<i>Klimatpåverkan och fossila resurser</i> Kortform: "Klimat"	• Klimatförändring • Användning av fossila bränslen • Markanvändning (minskad användning ger utrymme för bioenergi/markvård).

Lösningsscenarier

För att tydliggöra kopplingarna mellan orsak och verkan har utgångsscenarierna fått vara avgörande för vilka åtgärder som ska höra hemma i ett visst lösningsscenario – ett lösningsscenario är alltså en kombination av åtgärder som bidrar till ett utgångsscenario. En åtgärd som är lämplig i ett visst lösningsscenario kan emellertid vara tillämpbar även i ett annat lösningsscenario, utan målkonflikter, men för att underlätta tolkningen av resultaten har analyserna genomförts på "omixade" lösningsscenarier¹.

¹ Eventuella målkonflikter mellan lösningsscenarier å ena sidan och möjliga kombinerade lösningsscenarier å den andra beskrivs i diskussionen senare i rapporten.

Referensscenarier och lösningsscenarier

Referensscenarier och lösningsscenarier för de olika produktionssystemen och underlaget för resultaten i föreliggande rapport återfinns i följande rapporter från steg 3 i projektet:

Hållbara matvägar – referens- och lösningsscenarier för nötköttproduktion och framställning av ryggbiff. SIK-rapport 885, december 2014

Hållbara matvägar – referens- och lösningsscenarier för mjölkproduktion och framställning av konsumtionsmjölk och lagrad ost. SIK-rapport 886, december 2014.

Hållbara matvägar – referens- och lösningsscenarier för grisproduktion och framställning av rökt skinka. SIK-rapport 887, december 2014.

Hållbara matvägar – referens- och lösningsscenarier för kycklingproduktion och framställning av fryst kycklingfilé. SIK-rapport 888, december 2014

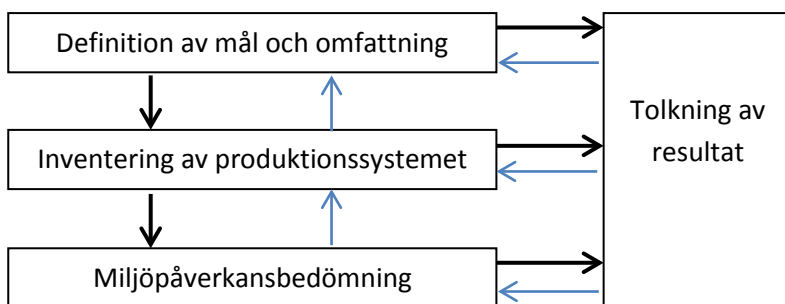
Hållbara matvägar – referens- och lösningsscenarier för brödveteproduktion och framställning av styckbröd. SIK-rapport 889, december 2014.

Hållbara matvägar – utgångs- och lösningsscenarier för växtodling. SIK-rapport 890, december 2014.

En sammanfattning av rapporterna i tabellform återfinns i bilaga 1-6. Läsningen av resultat och analysen nedan underlättas av att bilagorna kan läsas parallellt.

Livscykelanalys

Livscykelanalys (LCA) är en systemanalytisk metod som syftar till att beskriva all miljöpåverkan och resursförbrukning som orsakats av produktion och användande av en produkt eller tjänst under hela dess livscykel, "från vaggan till graven". En LCA genomförs i fyra huvudsteg, se Figur 1 nedan.



Figur 1 De olika stegen som genomförs i en LCA

Definition av mål och omfattning avgör hur studien ska genomföras och baseras på vilken frågeställning som ska analyseras i projektet.

Inventering av produktionssystemet innebär att hela systemet som ska analyseras kartläggs och beskrivs i sina komponenter. Därefter kvantifieras alla flöden av energi och material (resursanvändning och emissioner) som passerar dessa komponenter. I vissa fall kan denna kartläggning göras på faktiska produktionsenheter, men i de flesta fallen krävs olika former av beräkningsmodeller för kvantifieringen. Exempelvis mäts inte nitratläckage från åkermark, utan en

beräkningsmodell baserad på produktionsdata och uppgifter om jordart, näringstillförsel, gröda, skördar osv används för läckageberäkningen. På samma sätt beräknas emissioner av metan från gödsel, lustgas från mark och utsläpp från transporter och elproduktion. En viktig aspekt i detta steg är att reda ut alla flöden genom systemet och allokera miljöbördan mellan olika produkter, vilket är en viktig del av analysen då det kan påverka resultaten betydligt.

I nästa steg, Miljöpåverkansbedömning grupperas alla utsläpp som bidrar till samma miljöpåverkanskategori. Exempel på miljöpåverkanskategorier är klimatpåverkan, övergödning och försurning, det finns ett tiotal till (se Goedkoop *et al*, 2009) för en fullständig beskrivning). Därefter används kunskap från miljö- och atmosfärskemi för att vikta samman alla ämnen som bidrar till varje miljöeffektkategori. Exempelvis viktas koldioxid med 1, metan med 25 och lustgas med 298 för att beräkna den potentiella klimatpåverkan som produkten orsakar. Denna mäts då i koldioxidekvivalenter. På liknande sätt viktas alla ämnen som bidrar till övriga miljöpåverkanskategorier.

Det sista steget, Tolkning av resultat, innebär att analysera den stora mängd data som genereras i miljöpåverkansbedömningen. I tolkningen är det viktigt att de slutsatser som dras tar hänsyn till de val och avvägningar som gjorts tidigare i processen.

Som framgår av figuren är en LCA en iterativ process, insikter och kunskaper som fås i senare led kan innebära att delar av tidigare steg måste uppdateras.

Metodiken för utförande av LCA finns standardiserad enligt ISO 14040 och 14044 (ISO 2006a och 2006b). En utveckling och konkretisering av dessa standarder har publicerats av EU-kommissionen (2011).

Omfattning

Studien omfattar följande produktionssystem och slutprodukter:

- Nötkött och ryggbiff
- Griskött och rökt skinka
- Kycklingkött och fryst kycklingfilé
- Mjölk och mellanmjölk
- Mjölk och lagrad ost
- Brödvetemjöl och styckbröd

Systemen och produktkedjorna byggs upp av följande delar:

- Växtodling
- Djurhållning (ej relevant för bröd)
- Stallgödselhantering
- Primär förädling
- Förädling
- Förpackning
- Distribution (transport, eventuell lagring)
- Avfall-/biproduktshantering

Inventeringsdata återfinns i tidigare rapporter från projektet (se Hessle *et al*, 2014, Bertilsson *et al* 2014, Göransson *et al*, 2014, Wall *et al* 2014, Sonesson *et al*, 2014, Stenberg *et al*, 2014).

Funktionella enheter

Utgångspunkten för projektet har varit att referensscenariot och lösningsscenarierna ska producera samma mängder i primärproduktionen som 2012. Tanken var att det skulle ge neutrala och jämförbara resultat mellan scenarierna, utan värdemässiga laddningar. Eftersom projektet skulle omfatta hela livsrymden (med vissa avgränsningar, se nedan) för de utvalda produkterna innebär denna beräkningsbas också vissa brister: minskat svinn i förädlingsledet medför mer slutprodukt i lösningsscenarierna än i referensscenariot. Samtidigt kunde projektet inte utgå från totala mängder produkt som når butik, eftersom det skulle kräva en orimligt omfattande kartläggning av flöden av alla produkter som produceras av råvarorna och svinn i förädlingsledet för alla dessa produkter. Lösningen blev att analysera två olika så kallade funktionella enheter:

- Produktsystem: 1 kg produkt vid lastbryggan hos detaljhandel. I rapporten används termen "produktsystem" för att beteckna denna typ av funktionell enhet.
- VGL-system: Produktionen av livsmedelsråvarorna i Västra Götalands län 2012 enligt Tabell 2

Tabell 2 Funktionell enhet "VGL-system"

Livsmedelsråvara	Enhet	Mängd (motsv produktionen 2012)
Mjök	Ton ECM invägd mjök	474 252 ton
Nötkött	Ton slaktvikt	20 546 ton
Griskött	Ton griskött *	27 068 ton
Kycklingkött	Ton levande vikt	15 481 ton
Brödvete	Ton (14% TS)	148 000 ton

*Slaktkroppens köttinnehåll är högre i lösningsscenarierna, därför har ton griskött, inte slaktvikt, valts som enhet.

Lösningsscenarierna och deras eventuella påverkan på den funktionella enheten

De lösningsscenarier som tagits fram innebär att man förändrar produktionen på olika sätt i primärproduktionen och/eller i förädlingsledet. Förändringarna får emellertid inte innebära att produkten blir en helt annan, eftersom en jämförelse mellan scenarierna då skulle bli en jämförelse "mellan äpplen och päron". De förändringar som föreslås i scenarierna ska alltså leda till bättre miljöprestanda men resultera i åtminstone motsvarande funktionella enhet som referensen. Andra förändringar som syftar till bättre kvalitet eller lägre kostnad ska inte ingå om de inte också bidrar till bättre miljöprestanda. De föreslagna förändringarnas konsekvenser för projektets randvillkor (produktkvalitet, produktsäkerhet, djurvälstånd och konsumentacceptans) utvärderas i kapitel "Sammanfattning av konsekvensanalyser".

Några "minsta gemensamma nämnare" för produktvalet som har varit vägledande i utformningen av lösningsscenarierna återges nedan.

Nötkött

Produkt: Ryggbiff, centralt styckad, konsumentpackad. Som likvärdig produkt anses annan ryggbiff.

Griskött

Produkt: Rökt pressad, skivad skinka. Som likvärdig produkt anses pressad, skivad skinka med röksmak oavsett hur den processats.

Kyckling

Produkt: Djupfrysad kycklingfilé. Som likvärdig produkt anses marinerad med salt/kryddlake (normalt 12 % vatten) eller icke marinerad.

Mjök

Produkt: Konsumtionsmjök med 1,5 % fett. Som likvärdig produkt anses det som enligt livsmedelslagen får kallas "mjök".

Ost

Produkt: En centralt konsumentförpackad ost av herrgårdstyp, fetthalt 28 %, med lagringstid minst 12 månader. Som likvärdig produkt anses en ost med samma fetthalt och minst samma lagringstid.

Bröd

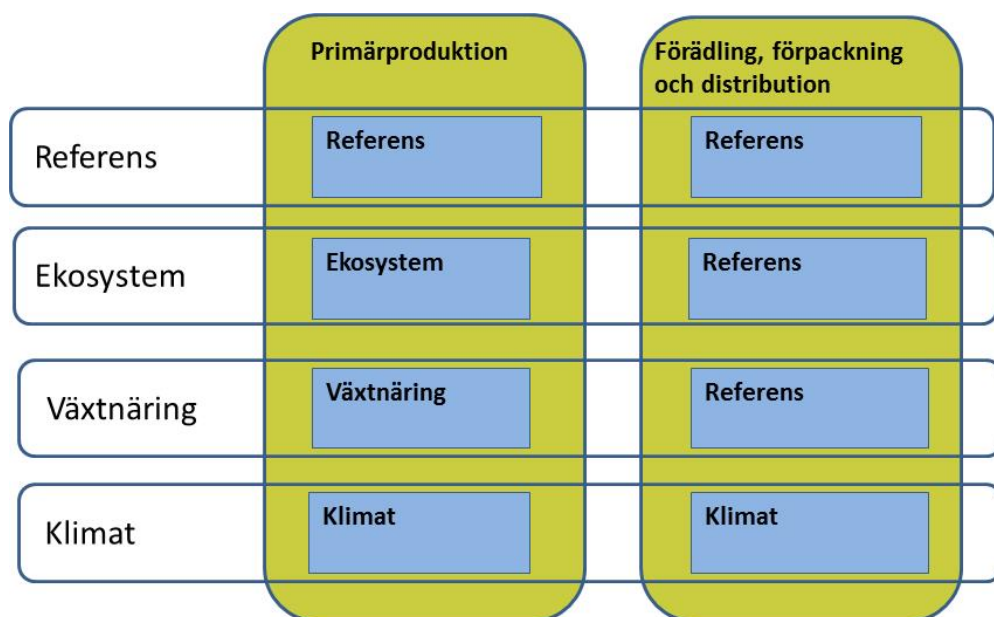
Produkt: Styckbröd, sötat, med fullkornssurdeg. Likvärdig produkt är ett bröd med:

- likartade ingredienser
- likartad volym, höjd och storlek
- likartad textur och porositet
- likartad smak och färg

Systemgränser

Produktsystemen

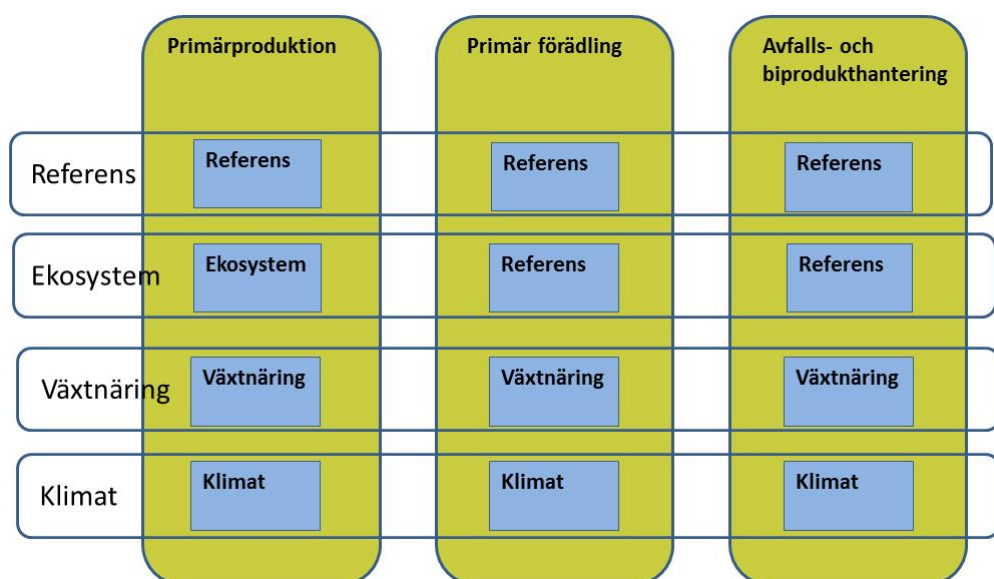
Systemgränserna och scenarioupplägget för produktsystemen och VGL-systemet skiljer sig åt. För produktsystemen så ingår primärproduktion inklusive inflöden av gödsel och foder samt förädling, förpackning och distribution. Ett lösningsscenario för varje målbild finns för primärproduktionen (Lösningsscenarierna Ekosystem, Växtäring och Klimat). För förädling, förpackning och distribution, som sträcker sig fram till butikens lastbrygga, finns bara ett lösningsscenario, som främst svarar mot målbilden Klimat. Orsaken är att det i denna del av systemet finns få åtgärder som stärker målen i de andra två målbilderna (Ekosystem och Växtnäring). Avfalls- och biprodukthantering ingår inte i produktsystemanalysen. Alltså finns det tre lösningsscenarier och ett referensscenario för primärproduktionen och ett referens- och ett lösningsscenario för övriga kedjan (Figur 2).



Figur 2. Systemgränser och scenariokombinationer för produktsystemen

VGL-systemet

För VGL-systemen ingår primärproduktion på samma sätt som för produktsystemen ovan. Förädling ingår så långt som att hela råvaruflödet processas, fram till det att enskilda produkter produceras. Detta innebär att slakt ingår liksom malning av vete. Övrig förädling samt förpackning och distribution ingår inte. Orsaken är att i den delen av kedjan har vi inte inkluderat hela flödet av produkter som skapas från primärproduktionen, utan bara följt en produkt från varje råvara. Avfalls- och biprodukthantering från den primära förädlingen ingår, där vi analyserat olika sätt att utnyttja biprodukter som är avsedda att stärka målen i scenarierna (Ekosystem, Växtnäring, Klimat). Så för VGL-systemet finns ett referensscenario och tre separata lösningsscenarier för den del av kedjan som ingår i analysen som beskrivits ovan (Figur 3).



Figur 3 Systemgränser för VGL-systemen. "Primär förädling" avser slakt, mjölkbehandling och malning av vete

Metoder, miljöpåverkanskategorier och indikatorer

LCA-beräkningarna har utförts i LCA-programvaran SimaPro (PRé Consultants, 2007). Programmet innehåller en databas, Ecoinvent 3.0 (2013), som använts för vissa bakgrundsdata (se nedan).

Beräkningarna av potentiella utsläpp av växthusgaser, försurande och övergödande ämnen har utförts enligt rekommendationerna i ILCD Handbook² (EU-Kommissionen, 2011). Energianvändning har beräknats enligt "Cumulative Energy Demand"-metoden (CED) (Frischknecht & Jungbluth 2003), som sedan också delats upp på energikällor, bland annat fossil energi. Fosforanvändning har beräknats som inflöde av nytt fosfor till systemet – ingen kvantifiering av interna fosforflöden i gödsel och foder har gjorts.

När det gäller miljöpåverkansmetoder för biologisk mångfald, toxicitet och markanvändning är LCA-metodiken ännu så länge relativt outvecklad, och de metoder som finns är svåra och tidskrävande att använda.

Det finns LCA-metoder för mätning av biologisk mångfald, t ex i det schweiziska LCA-verktyget SALCA (Agroscope). Denna metod kräver emellertid detaljerade beskrivningar av en viss gård och kan därför inte tillämpas på projektets "typgårdar". I brist på annan LCA-metodik har areal hävdad naturbetesmark fått fungera som både mål- och utvärderingsparameter för lösningsscenario Ekosystem.

Även när det gäller toxicitet finns det LCA-metoder. Vid en utvärdering av olika metoder som tillämpades på svenskt höstvet och soja från Brasilien föll USE-Tox-metoden bäst ut (Bennet, 2012). Även denna metod kräver detaljerade data på fältnivå, varför den är svår att applicera på typgårdarna i projektet. Därför har pesticidanvändningen mätt i hektardoser³/ha fungerat som utvärderingsparameter i växtodlingen, i kombination med indikatorn "andel av total area som bekämpas med kemiska bekämpningsmedel" vilket kan ge en uppfattning om bekämpningsstrycket på landskapsnivå.

De olika scenarierna kommer att kräva olika areal för att producera samma mängd produkter. Dessutom kommer odling att flyttas framför allt från Sydamerika till VGR (minskad sojaanvändning, mer lokalt proteinfoder). Det är rimligt att vi kan utnyttja den idag trädade marken för ökad produktion inom VGR utan att behöva ta hänsyn till indirekta effekter. Den trädade marken är också att betrakta som åkermark varför eventuell expansion av produktionen till trädad mark inte innebär någon förändrad markanvändning. Någon förändring av markkolförrådet har heller inte antagits.

Markanvändningen har bara kvantifierats i hektar, uppdelad på naturbetesmark VGL, åkermark VGL samt mark för produktion av importerat foder.

Typgårdar

För primärproduktionen har så kallade typgårdar använts. En typgård för varje produktionsgren har beskrivits och kvantifierats med avseende på skördar, maskininsatser i odling, foderförbrukning, djurproduktion osv. Nötköttproduktionen beskrivs med två typgårdar, dikalvsproduktion och

² Potentiell klimatpåverkan beräknas hösten 2014 enligt IPCC 2007 vilket också använts i projektet.

³ En hektardos är en bekämpning med rekommenderad dos. Detta innebär att om den använda dosen är lägre eller om bekämpning sker var tredje år så reduceras antalet hektardoser.

slaktnötsproduktion då dessa produktionsgrenar skiljer sig betydligt åt. Jordarter, fältens arrondering och transportavstånd beror på den geografiska placeringen. Vi har delat upp VGL i två områden, slättbygd och mellanbygd (beskrivs i detalj i Stenberg et al., 2014). Begreppet ”mellanbygd” finns inte i Sveriges officiella indelning i odlingsområden, men vi har valt att beskriva det som ”den bästa delen av skogsbygd och sämre delen av slättbygd”, väl medvetna om att detta är en otydlig definition. Dock ger den en för projektet användbar beskrivning. Produktionen av kyckling, gris och den rena växtodlingsgården antas ligga i slättbygd, mjölkproduktionen sker till 20% i slättbygd och 80% i mellanbygd. Nötköttsproduktionen antas ske uteslutande i mellanbygd.

Antaganden

Grödor som inte odlas på den egna gården antas transporteras 100 km från svensk foderfabrik eller försäljningsställe till gården med 34-40 ton lastbil. Samma förhållande gäller grödor som ska transporteras till en foderfabrik eller ett försäljningsställe.

För foder som importeras till VGL och för vilka data hämtats från SIKs foderdatabas ingår en schabloniserad transport till svensk foderfabrik.

Hantering av biprodukter och flerfunktionella system i produktsystemen

Växtodling

Emissioner och resursförbrukning för fältarbeten och transporter, kväve-, fosfor- och kaliumgödsel och andra inflöden till växtodlingen allokeras till innevarande års gröda, först per ha och därefter på ton torrsubstans. Eventuell gröngödsling, såväl nyttigheter som kvävefixering som miljöbelastning och resursanvändning från skötseln, allokeras till hela växtföljden. Halmbärgning ingår där det är lämpligt ur odlingspraktisk synpunkt, alltså att det ska vara rimligt att hinna bärga halmen efter spannmålsskörd. Emissioner och resursförbrukning belastar den aktuella grödan.

Växtodlingsberäkningarna och resultaten från dessa återfinns i Stenberg *et al* (2014).

Djurhållning

Av djurhållningssystemen är det endast mjölksystemet som är flerfunktionellt, dvs. producerar mer än en råvara per typgård.

Kalvar som inte används för rekrytering och utslagskor från mjölkproduktionen går till nötköttsproduktion, rekryteringskvigan till mjölkproduktionen ingår i mjölken miljöbelastning och kostnader. Mjölken får bära den andel miljöpåverkan från och resursanvändning i mjölkproduktionen som motsvarar mjölkförsäljningens andel av mjölkbondens totala intäkter från mjölk-, utslagsko- och kalvförsäljning (se Tabell 3 och Tabell 4) - nötköttet får bära resten.

Tabell 3 Priser för beräkning av allokationsfaktor nötkött-mjölk

Priser (Agriwise, 2014)	Intäkt (kr/)
Kvigkalv av mjölkras	1 125 per st
Tjurkalv av mjölkras	1 800 per st
Kvigkalv av mjölk-kött-ras	2 100 per st
Tjurkalv av mjölk-kött-ras	2 500 per st
Mjölk	3,35 per liter
Utslagsko	20,16 kr per kg

Tabell 4 Beräkning av allokeringsfaktorer i de fyra scenarierna.

	Referens	Ekosystem	Växtnäring	Klimat
Mjölkproduktion (kg ECM per år)	8 300	11 000	11 000	9 000
Efter avdrag för karensmjölk och mjölk till kalvar (kg ECM per år)	7 930	10 232	10 232	8 491
Intäkt per år per mjölkko (kr/år)				
Kvigkalv	474	996 ^a	996 ^a	998 ^a
Tjurkalv	695	1 159 ^a	1 159 ^a	1 163 ^a
Mjölk	26 565	34 276	34 276	28 444
Utslagsko	2 337	2 661	2 750	2 062
Mellankalv ^b	89	180	180	146
Summa	30 159	39 272	39 361	32 814
Procent intäkt från mjölk av total	88 %	87 %	87 %	87 %

^a Dessa kalvar är mjölk-köttraskorsning, därav det högre priset

^b ingår inte i beräkningarna i övrigt i projektet, men bör tas hänsyn till i allokeringen mjölk-kött

I produktsystemet måste resursanvändning och miljöpåverkan också fördelas per kg produkt mjölk och nötkött:

- 88 % (referensscenariot) respektive 87 % lösningsscenarierna) av miljöpåverkan och resursanvändning i mjölkproduktionen fördelas på levererad mängd ECM.
- 12 % (referensscenariot) respektive 13 % (lösningsscenarierna) av miljöpåverkan och resursanvändning i mjölkproduktionen i VGL fördelas på slaktvikt i VGL.

Halmbärgning belastar växtodlingen (se ovan). Halm används alltså "gratis" i djurhållningen⁴.

Stallgödselhantering

Emissioner från och resursanvändning för stallgödselspridning i stall och lager allokeras till djurhållningen, emissioner och resursanvändning för spridning allokeras till växtodlingen.

Förädling, förpackning, distribution

Det faktum att vi använder olika allokeringsprinciper i analysen är inte optimalt, men dock vanligt förekommande inom LCA av livsmedel. Det motiveras av att det saknas underlag för samma typ av allokering för alla kedjor. Det kan också försvaras då vi inte jämför produkterna sinsemellan.

⁴ Att de bärgade mängderna räcker för halmbehoven i projektet har kontrollerats.

Ryggbiff

Slakt

Av miljöpåverkan och resursanvändningen allokeras 96 % till slaktkroppen baserat på det ekonomiska värdet av slaktkroppen i förhållande till det ekonomiska värdet av de 15 biprodukterna som uppkommer vid nötslakten. Slaktkroppen har också belastats med 96 % av den mängd vatten som förbrukas vid nötslakt och med 96 % av de 34 % av hela anläggningens övriga resterande miljöpåverkan (se avsnitt Övrig miljöpåverkan och resursanvändning och Tabell 5).

Styckning

Miljöpåverkan från och resursanvändningen vid styckningen har fördelats baserat på styckdetaljernas ekonomiska värde, där ryggbiffen står för ca 7,6 % av slaktkroppens totala värde. I det totala värdet ingår alla produkter som tas fram, alltså även sådant som går till chark och färs. I jämförelse med andra produkter från nötskyckningen har ryggbiffen ett högt värde vilket medför att den belastas med en högre miljöpåverkan och resursanvändning än motsvarande mängd av exempelvis nötblöja.

Liksom nötslakten får styckningen bära en andel (44 %) av hela anläggningens övriga miljöpåverkan och förbrukade vattenmängder (se Övrig miljöpåverkan och Tabell 5), varav ryggbiffen får bära 7,6 %.

Övrig miljöpåverkan och resursanvändning

Kemikalier som används i större volymer, läckage av köldmedia, övrig vattenförbrukning och utsläpp till recipienten (efter kommunal vattenrening) har allokerats mellan slakt och styckning i proportion till de mängder (i ton) som produceras på varje enhet (Tabell 5). Även övrig energianvändning som inte direkt kan knytas till någon specifik enhet på produktionsanläggningen har allokerats enligt fördelningsnyckeln nedan. Det kan konstateras att det är relativt mycket energianvändning som får fördelas genom allokering på detta sätt, då det inte finns mätningar eller annan teknik tillgänglig för att fördela resursanvändning och miljöbelastning mellan slakt, styckning och chark.

Tabell 5 Allokering av övrig miljöpåverkan och resursanvändning vid förädling av nötkött

	Slakt	Styckning	Chark och svinstyck ¹
Fördelningsnyckel	34 %	44 %	22 %

¹ Används inte i denna studie

Rökt skinka

Slakt

Av miljöpåverkan och resursanvändningen allokeras 96 % till slaktkroppen baserat på det ekonomiska värdet av slaktkroppen i förhållande till det ekonomiska värdet av de 15 biprodukter som uppkommer vid grisslakten. Slaktkroppen har också belastats med 96 % av produktionen av förbrukade vattenmängder och med 96 % av de 45 % av hela anläggningens övriga miljöpåverkan och resursanvändning (se Övrig miljöpåverkan och Tabell 6).

Styckning

Miljöpåverkan och resursanvändning från styckningen har fördelats utifrån styckningsdetaljernas ekonomiska värde där skinkan står för ca 25 %.

Liksom grisslakten får styckningen bära en andel (49 %) av hela anläggningens övriga miljöpåverkan och förbrukade vattenmängder (se Övrig miljöpåverkan och Tabell 6), varav skinkan får bära 25 %.

Charktillverkning

Charktillverkningen har belastats med produktion av förbrukade vattenmängder samt 6 % av hela anläggningens övriga resterande miljöpåverkan (se Övrig miljöpåverkan och resursanvändning och Tabell 6 nedan).

Övrig miljöpåverkan och resursanvändning

Kemikalier som används i större volymer, läckage av köldmedia, övrig vattenförbrukning och utsläpp till recipienten (efter kommunal vattenrening) har allokerats mellan slakt, styck och chark i proportion till de mängder (i ton) som produceras på varje enhet (Tabell 6). Även övrig energianvändning som inte direkt kan knytas till någon specifik enhet på produktionsanläggningen har allokerats enligt fördelningsnyckeln nedan. Det kan konstateras att det är relativt mycket energianvändning som får fördelas genom allokering på detta sätt, då det inte finns mätningar eller annan teknik tillgänglig för att fördela resursanvändning och miljöbelastning mellan slakt, styckning och chark.

Tabell 6 Allokering av övrig miljöpåverkan och resursanvändning vid förädling av grisskött

	Slakt	Styckning	Chark
Fördelningsnyckel	45 %	49 %	6 %

Frysst kycklingfilé

Alla ätliga delar som levereras från slakteriet får bära miljöpåverkan och resursanvändning baserat på massa. (Data för ekonomisk allokering, som för nöt- och grisslakt och -styckning, har inte kunnat erhållas).

Mellanmjölk

Den mjölk som levereras till mejeriet har en fetthalt på ca 4 %. En fördelning baserat på hur mycket mellanmjölk (1,5 % fett, 3,5 % protein) och vispgrädde (40 % fett, 2,1 % protein) som kan produceras har gjorts. Av ECM blir 93 % mellanmjölk och 7 % vispgrädde. Miljöpåverkan och resursanvändning i mejeriet har fördelats på de två produkterna baserat på mejeriets betalning till mjölkbonden för fett och protein i mjölken enligt metoden som presenteras i Flysjö (2012). Det ger allokeringsfaktorer på 66 % till mjölken och 34 % till grädden.

Lagrad ost

Ysteriet producerar enbart hårdost, med grädde och vasslekoncentrat som biprodukter. Resursanvändning och emissioner har allokerats baserat på ekonomiskt värde på fraktionerna: ost 85%, grädde 10 % och vasslekoncentrat 5 % (Elisabeth Arner, personligt meddelande).

Styckbröd

Vid produktion av vetemjöl erhålls även vetekli och vetefodermjöl. Vetemjölet har fått bära 90 % av miljöpåverkan från malning av vetemjöl vilket är vetemjölets andel av produkternas sammanlagda ekonomiska värde. Vetekli och vetefodermjöl allokeras 5 % var.

Effekter på resultaten av ekonomisk allokering av slaktkroppen

Den metod som valts, att allokera all uppströms miljöpåverkan och resursförbrukning i relation till de olika styckningsdetaljernas ekonomiska värde, har sällan använts i tidigare LCA-studier. Praxis är att allokera till benfri vara eller fett- och benfri vara. Effekten av vår valda allokeringsbas på LCA-resultaten kan bli betydande, av främst två orsaker. Den första orsaken är att i princip hela slaktkroppen säljs, även ben. Antingen säljs de som ben till en upparbetningsanläggning eller så ingår ben i de livsmedelsprodukter som produceras, som fläskkotlett. Detta innebär att till skillnad från hittillsvarande praxis (benfritt kött) så är det en större andel av slaktkroppen som bär miljöbördan, vilket innebär att varje kg som lämnar styckningen bär en lägre miljöpåverkan i snitt, motsvarande miljöpåverkan per kg slaktvikt, vilket är lägre än per kg benfritt kött. Den andra effekten är att olika styckningsdetaljer från samma djur har olika pris och därmed får olika miljöpåverkan per kg. Detta kan synas ologiskt, då djuret de facto har en "medelmiljöpåverkan" per kg. Dock är logiken bakom att använda ekonomisk allokering att de produkter som har ett högt pris och är viktigaste drivkrafterna till att produktionen alls bedrivs, och därmed ska bära mer miljöbörda. Ekonomisk allokering är mycket vanligt inom LCA för andra produkter som exempelvis soja- eller rapsmjöl och motsvarande oljor där fördelningen mellan produkterna sker på ekonomisk bas. På samma sätt allokeras ofta inom mejeriindustrin.

Effekten av den valda allokeringsmetoden på LCA-resultaten för de specifika produkter som presenteras i denna rapport är:

- Kyckling: För kyckling har vi använt den mer vedertagna metoden att allokera all miljöpåverkan till benfritt kött. Detta innebär att resultaten från vår studie är jämförbara med de flesta tidigare LCA-studier.
- Rökt skinka: Rökt skinka har ett värde som ligger nära medelpriset per kg för alla styckningsdetaljer, inklusive ben. Detta innebär att miljöpåverkan per kg ligger nära (men är inte samma som) miljöpåverkan per kg slaktkropp. Det innebär att våra resultat absolut inte är direkt jämförbara med tidigare studier av griskött. Jämförelse med studier där kg slaktvikt är inte heller helt korrekta, då det inte är samma allokeringsbas.
- Nötkött: Den styckningsdetalj vi studerat, ryggbiff, har ett högt värde i jämförelse med övriga styckningsdetaljer. Effekten blir att miljöpåverkan per kg är betydligt högre än i tidigare publicerade LCA studier av nötkött. Alltså kan inte resultaten användas vid jämförelser med tidigare studier.

Detta är mycket viktigt för att resultaten ska tolkas korrekt. Följande punkter är centrala:

- Det är inte möjligt att jämföra de olika produkterna inom studien, utan enbart förändringar mellan scenarier för samma produktgrupp.
- Det är inte möjligt att jämföra med tidigare studier av köttprodukter, med undantag för kyckling.
- Ovanstående gäller emellertid inte analysen på VGL-nivå, då vi där använder slaktkroppsvikt (gris, nötkött), levande vikt (kyckling), ECM (mjölk) och ton brödvete som funktionella enheter.

Hantering av biprodukter och flerfunktionella system i VGL-systemen

Varje VGL-system levererar många nyttigheter, och för att kunna jämföra referensscenariot och lösningsscenarierna används systemexpansion. De kompletterande systemen väljs så att de stödjer

utgångsscenarierna. Nedan beskrivs hur de olika delsystemen hanterats, och valet av kompletterande system (se sammanställning i Tabell 8).

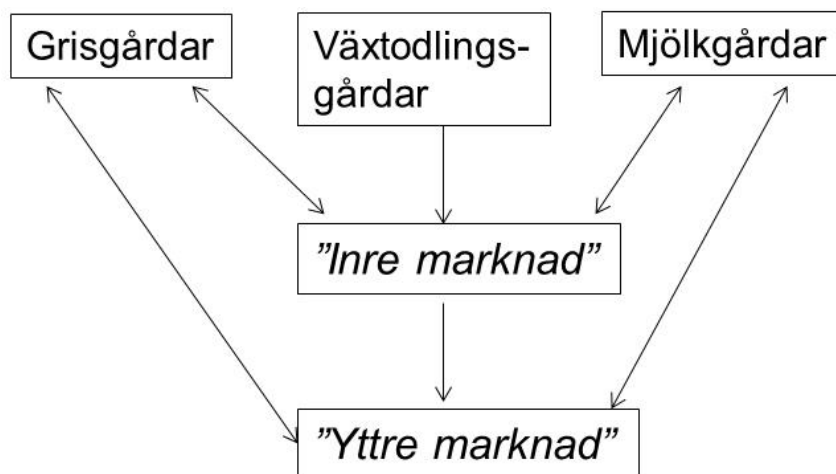
Växtodling

Inom växtföljderna fördelas miljöpåverkan och resursanvändning som i produktsystemen (se ovan).

När det gäller fördelningen av miljöpåverkan och resursanvändningen **mellan** gårdar i VGL-systemen har angreppssättet varit följande. Enligt Stenberg *et al* (2014) har energifoderbehovet (gris och kyckling) respektive grovfoderbehovet (nötkötts- och mjölkproduktionen) fått vara dimensionerande för arealerna i växtföljderna på de så kallade typgårdarna med djurhållning. På djurgårdarna produceras också vissa mängder brödvete. Återstående behov av brödvete har fått vara dimensionerande för arealen på växtodlingsgården. Vid balansering av växtföljder mot foderbehov erhålls emellertid ingen perfekt matchning. På en viss typgård kan det leda till överskott av vissa grödor, och underskott av andra. Dessutom ingår biogasvall i några av växtföljderna. Grödor som produceras på någon av typgårdarna men inte förbrukas där antas avsättas på en "inre marknad", där andra typgårdar kan köpa grödor som då bär med sig en för den inre marknaden genomsnittlig miljöpåverkan och resursanvändning. Detta innebär att vi inte modellerat direkt koppling mellan gårdar, alla fodermedel som handlas mellan gårdar får samma miljöbelastning.

Systemet producerar också ett visst överskott av växtodlingsprodukter som varken avsätts på den egna gården eller på någon annan gård i VGL-systemen, utan går till en "yttre marknad". Eftersom det är systemet som helhet som producerar dessa nyttigheter utvärderas resursanvändning och miljöpåverkan för denna merproduktion och för den friställda odlingsmarken endast på övergripande VGL-nivå. I produktstudierna antas merproduktionen av en viss gröda på den "yttre marknaden" ersätta motsvarande genomsnittliga VGL-gröda.

Figur 4 illustrerar principen för flöden "till" och "mellan" inre och yttre marknad.



Figur 4 Schematisk bild över flöden till och mellan "inre marknaden" och "yttre marknaden", exempel gris-, växtodlings- och mjölkgårdar

I Tabell 7 sammanställs merproduktionen som avsätts på "yttre marknaden". De grödor där ett överskott finns antas ersätta annan produktion i Sverige, producerad med likartad resursanvändning och miljöpåverkan, och har därför inte ersatts med någon annan produkt. Produkter där underskott finns hanteras på samma sätt.

Tabell 7 Merproduktion av grödor som lämnar systemet till den "yttre marknaden" (ton/år). Negativa tal innebär att det finns ett underskott inom länet och produkten "importeras" till VGL

Scenario	Referens	Ekosystem	Växtnäring	Klimatpåverkan
Brödvete - vårvete	0	0	0	0
Brödvete - höstvet	0	0	0	0
Höstvet	108 400	69 837	95 200	7 220
Höstraps	-501	-11 548	21 060	32 272
Havre	34 596	67 525	53 680	13 516
Vårkorn	-60 576	57 545	43 399	47 410
Åkerböna	12 329	53 341	27 189	15 994
Ärt	0	2 122	0	0
Majsensilage	0	0	37 186	27 203

Rötrest från rötning av biogasvall antas ersätta mineralgödsel (kväve⁵- och fosforgödsel). Utbytesbasen är kg kväve respektive kg fosfor. Biogas från rötning av vall antas ersätta naturgas. Utbytesbasen är energiinnehåll i gas (kWh).

Djurhållning

Av djurhållningssystemen är det endast mjölksystemet som är flerfunktionellt. Miljöpåverkan och resursanvändning från mjölkproduktionen fördelas mellan mjölk och nötkött på samma sätt som i produktsystemen (se Hantering av biprodukter och flerfunktionella system i produktsystemen).

Kadaver förbränns i alla lösningsscenarier. Värmen antas ersätta svensk genomsnittlig fjärrvärme. Utbytesbasen är termisk energi (kWh).

Stallgödselhantering

Miljöpåverkan och resursanvändning från stall, lagring och spridning av stallgödsel fördelas som i produktsystemen (se Hantering av biprodukter och flerfunktionella system i produktsystemen).

⁵ I lösningsscenario Klimat antas att den kvävegödsel som ersätts är så kallad BAT-gödsel med lägre potentiell klimatpåverkan än konventionell kvävegödsel. Eftersom BAT-gödsel (BAT=Best available technology) används i produktionssystemen för lösningsscenario Klimat bedöms det vara rimligt att den även återfinns i de kompletterande systemen.

Miljöpåverkan och resursanvändning från transporter av stallgödsel allokeras till den "avsändande" gården och belastar djurproduktionen.

Värmen från gödsel som förbränns antas ersätta fjärrvärme. Utbytesbasen är termisk energi (kWh). Fosfor i askan antas kunna återföras och ersätter då fosformineralgödsel. Utbytesbasen är kg fosfor.

Biogas från rötning av gödsel antas ersätta naturgas. Utbytesbasen är energiinnehåll i gas (kWh). Rötresten från rötning av stallgödsel avsätts inom systemgränsen, och gödselvärdet hos rötresten har använts i växtodlingsberäkningarna, se Stenberg *et al*, 2014.

Primär förädling

I VGL-systemen ingår hanteringen av avfall och biprodukter från primär förädling. Med primär förädling avses slakt och styckning i nötkött-, gris- och kycklingsystemen och malning i brödvetesystemet. Någon separat primär förädling förekommer inte i mjölksystemet, men för att projektet skulle kunna besvara frågor om hanteringen av avfall och biprodukter även i mjölksystemet mejeriproduktionen, trots att det innebär att systemgränsen kan tyckas något mindre logisk (se även Figur 3).

Nötkött

Värmen från animaliska biprodukter som förbränns antas ersätta fjärrvärme. Utbytesbasen är termisk energi (kWh). Fosfor i askan antas i framtiden kunna återföras⁶ och ersätter då fosformineralgödsel. Utbytesbasen är kg fosfor.

Biogas från rötning av animaliska biprodukter antas ersätta naturgas. Utbytesbasen är energiinnehåll i gas (kWh). Rötresten antas ersätta kväve⁵- och fosforgödsel. Utbytesbasen är kg kväve respektive kg fosfor

Griskött

Samma som nötkött.

Mjolk

Ungefär 30 % av mängden ECM i VGL används för k-mjölksstillverkning (inklusive syrade produkter), medan resterande 70 % används för osttillverkning. Fördelningen 30/70 används för att beräkna uppkomna mängder biprodukter och avfall.

Flytande vasslepermeat och fodermjolk som går till foder antas ersätta annat foder enligt en beräkningsmetod som beskrivs i bilaga 7. Utbytesbasen är fodervärdet som grisfoder i energi och protein.

Vasslepulver, skummjölkspulver och grädde antas ersätta motsvarande produkter från "yttre marknaden". Utbytesbasen är kg.

Kyckling

Den andel av levande vikt som är kött belastas med miljöpåverkan och resursanvändning (58% av levande vikt).

⁶ För närvarande är återföring av aska från förbränning av avfall inte tillåten.

Biogas från rötning av animaliska biprodukter antas ersätta naturgas. Utbytesbasen är energiinnehåll i gas (kWh). Rötresten antas ersätta kväve⁵- och fosforgödsel. Utbytesbasen är kg kväve respektive kg fosfor.

Värmen från animaliska biprodukter som förbränns antas ersätta fjärrvärme. Utbytesbasen är termisk energi (kWh). Fosfor i askan antas i framtiden kunna återföras⁷ och ersätter då fosformineralgödsel. Utbytesbasen är kg fosfor.

Brödvete

Kli och vetefodermjöl som går till foder antas ersätta annat foder till gris. Utbytesbasen är fodervärdet som grisfoder i energi och protein enligt SLU (2012).

De mängder kli och fodervetemjöl som genereras vid malningen av brödvetemjöl i projektet är i nivå med vad som skulle kunna användas inom grisproduktionen i VGL

⁷ För närvarande är återföring av aska från förbränning av avfall inte tillåten.

Tabell 8 VGL-systemen: Biprodukter, eventuell hantering och kompletterande system

VGL-systemet systemexpansioner			Referensscenario		Scenario Ekosystem		Scenario Växtnäring		Scenario Klimatpåverkan	
			Hantering	Ersätter	Hantering	Ersätter	Hantering	Ersätter	Hantering	Ersätter
Dikalvsproduktion/nötkött	Primärproduktion	Merproduktion av spm	Säljs (torkad/kyl)	VGR-marknads-spm	Som referensscenario		Som referensscenario		Som referensscenario	
		Flytgödsel	(2)	---	77% hemma, 23% på brödgården	---	53% hemma, 47% på brödgården	---	67% hemma, 33% till rötning	P-gödsel och NG (3)
		Fastgödsel	(2)	---	142% hemma, 58% till förbränning, ingen P-äv	FV	169% hemma, 31% till förbränning, med P-äv	P-gödsel + FV	67% hemma, 33% till rötning	P-gödsel och NG (3)
	Primär förädling: slakteri	Kadaver	Förbränning	FV	Som referensscenario		Som referensscenario		Som referensscenario	
		Överbliven mark	(1)	---	(1)	---	(1)	---	(1)	---
		Kadaver	Förbränning	FV	Som referensscenario		Som referensscenario		Som referensscenario	
		Slakteriavfall ABP 1-2 Slakteriavfall ABP 3	APB 1 förbränning, APB 2 -	P- och N-gödsel + NG -	Som referensscenario		Förbränning	FV	Rötning	P- och N-BAT-gödsel + NG -
Mjölkproduktion/mjölk och ost	Primärproduktion	Merproduktion av spm	Säljs (torkad/kyl)	VGR-marknads-spm	Som referensscenario		Som referensscenario		Som referensscenario	
		Flytgödsel	(2)	---	(2)		(2)		43% sprids hemma eller på brödväxtföljden, 57% rötas tills m kycklinggödsel	P-gödsel och NG (3)
		Kadaver	Förbränning	Fjärrvärme	Som referensscenario		Som referensscenario		Som referensscenario	
	Primär förädling: mjölk till mjölk	Överbliven mark	(1)	---	(1)	---	(1)	---	(1)	---
		Fodermjölk	Foder	Korn+sojamjöl	Som referensscenario		Som referensscenario		Rötning	P- och N-BAT-gödsel +NG
	Primär förädling: mjölk till ost	Grädd	Grädd	Helgrädd	Som referensscenario		Som referensscenario		Grädd	Helgrädd
		Flytande vassle	Foder	Korn	Som referensscenario		Som referensscenario		Rötning	P- och N-BAT-gödsel +NG
Grisproduktion/griskött	Primärproduktion	Koncentrerad vassle	Foder	Korn	Som referensscenario		Som referensscenario		Rötning	P- och N-BAT-gödsel +NG
		Grädd	Grädd	Helgrädd	Som referensscenario		Som referensscenario		Grädd	Skummad grädd
		Merproduktion av spm	Säljs (torkad/kyl)	VGR-marknads-spm	Som referensscenario		Som referensscenario		Som referensscenario	
	Primär förädling: slakteri	Biogasväll	Förekommer inte	---	Förekommer inte	---	Förekommer inte	---	Rötning	P- och N-BAT-gödsel + NG
		Gödsel	(2)	---	(2)		(2)		20% sprids hemma, 80% rötas	P-gödsel + NG (3)
		Kadaver	Förbränning	Fjärrvärme	Som referensscenario		Som referensscenario		Som referensscenario	
		Slakteriavfall 1-2	Förbränning	Fjärrvärme	Som referensscenario		Som referensscenario		Som referensscenario	
Kyckling/kycklingkött	Primärproduktion	Slakteriavfall ABP 3	Rötning	P- och N-BAT-gödsel + NG	(1)	---	(1)	---	Rötning	P- och N-BAT-gödsel + NG
		Överbliven mark	(1)	---	(1)	---	(1)	---	(1)	---
		Kadaver	Förbränning	Fjärrvärme	Som referensscenario		Som referensscenario		Som referensscenario	
	Primär förädling: slakteri	Slakteriavfall ABP 3 (svinborst)	Förbränning	Fjärrvärme	Som referensscenario		Förbränning	Fjärrvärme	Förbränning	P- och N-BAT-gödsel +NG
		Slakteriavfall ABP 2 (inälvor)	Rötning	P- och N-gödsel +NG	Som referensscenario		Förbränning	Fjärrvärme	Rötning	P- och N-BAT-gödsel +NG
		Merproduktion av spm	Säljs (torkad/kyl)	VGL-marknads-spm	Som referensscenario		Som referensscenario		Som referensscenario	
		Biogasväll	Förekommer inte	---	Förekommer inte	---	Förekommer inte	---	Rötning	P- och N-BAT-gödsel + NG
Växtodlingsgård/mjöl	Primärproduktion	Gödsel	(2)	---	(2)		100% förbräns med P-äv	P-gödsel + Fjärrvärme	Som referensscenario	
		Kadaver	Förbränning	Fjärrvärme	Som referensscenario		Som referensscenario		Som referensscenario	
		Slakteriavfall (ABP 2 och 3)	Förbränning	Fjärrvärme	Som referensscenario		Som referensscenario		Som referensscenario	
	Primär förädling: slakteri	Överbliven mark	(1)	---	(1)	---	(1)	---	(1)	---
		Fjädrar	Förbränning	Fjärrvärme	Som referensscenario		Förbränning	Fjärrvärme	Som referensscenario	
		Slakteriavfall (ABP 2 och 3)	Rötning	P- och N-gödsel + NG	Som referensscenario		Förbränning	Fjärrvärme	Rötning	P- och N-BAT-gödsel +NG
		Blöd	Rötning	P- och N-gödsel + NG	Som referensscenario		ej med	---	Rötning	P- och N-BAT-gödsel +NG
Växtodlingsgård/mjöl	Primärproduktion	Merproduktion av spm	Säljs (torkad/kyl)	VGR-marknads-spm	Som referensscenario		Som referensscenario		Som referensscenario	
		Biogasväll	Förekommer inte	---	Förekommer inte	---	Förekommer inte	---	Rötning	P- och N-BAT-gödsel + NG
		Överbliven mark	(1)	---	(1)	---	(1)	---	(1)	---
	Primär förädling: kvarn	Fodervetemjöl	Foder	korn	Som referensscenario		Förbränning	Fjärrvärme	Som referensscenario	
		Vetekli	Foder	korn+sojamjöl	Som referensscenario		Förbränning	Fjärrvärme	Som referensscenario	

(1) Analyseras på en övergripande nivå för hela VGR

(2) Allt sprids hemma

(3) Rötrestens värde som N-gödsel tillgodoräknas direkt i vf-beräkningarna

Data och datakvalitet

Produktionsresultat i djurhållning och växtodling, foderstater och -behov, stallgödselmängder och -sammansättning, energibehov, avfalls-/biproduktvolymerna samt transportsträckor och -typer i primärproduktion och i förädlingsledet återfinns i rapporterna från projektets steg 3 (se Hessle *et al*, 2014, Bertilsson *et al*, 2014, Göransson *et al*, 2014, Wall *et al*, 2014, Sonesson *et al*, 2014, Stenberg *et al*, 2014).

För beräkning av kväveutlakningsrisker används dataprogrammet Cofoten/STANK in MIND 1.20 (www.Jordbruksverket.se).

Lustgasavgång från stallgödsel och mineralgödsel har beräknats med beräkningsmodellen framtagen av FN:s klimatpanel IPCC (IPCC, 2006).

Koldioxid- och lustgasavgång från organogena jordar har beräknats med underlag från Berglund & Wallman (2011). Detta presenteras i Stenberg *et al*. (2014)

Metan från fodersmältning, stallgödselhantering och från bete har beräknats med hjälp av ett beräkningsverktyg utvecklat inom EU-projektet CANTogether (www.wageningenur.nl/en/show/canttogether.htm). Beräkningsmodellerna i verktyget bygger på IPCC:s riktlinjer för beräkning av nationella växthusgasutsläpp, Tier 2 (IPCC, 2006). Vissa förbättringar jämfört med IPCC:s riktlinjer har gjorts för att bättre beskriva situationen i Europa.

Miljöpåverkan och resursanvändning för tillverkning av foder som köps in och inte odlats i VGL har hämtats från SIKs fodermedelsdatabas (ver 1: Flysjö *et al*, 2008, ver 2: www.sikfoder.se). Det sojamjöl som används i foderstaterna har emellertid uppdaterats med en mer aktuell metod för förändrad markanvändning (LUC) enligt Persson *et al* (2014).

Miljöpåverkan från och resursanvändning vid tillverkning av mineralgödsel, pesticider, ensileringsmedel, strömaterial annat än halm, förpackningsmaterial och ensilageplast har hämtats från en kommersiell LCA-databas (Ecoinvent, 2013). Det gäller även miljöpåverkan och resursanvändning för tillverkning och användning av el och bränslen till fasta anläggningar samt traktorer, medan transportberäkningarna baseras på NTM:s metoder och data i NTMCalc 3.0. Data för skummjölkspulver och vasslepulver i de kompletterande systemen har hämtats från Ecoinvent (2013). Även SIKs egen livsmedelsdatabas SIK Food Database har använts.

I de fall data inte kunnat hittas i LCA-databaser har egna modeller skapats baserat på litteratur. Nedan beskrivs dessa kortfattat.

Förbränning av animaliskt avfall och fastgödsel

Beräkningsmodellerna för förbränning av animaliskt avfall baseras på Thomtén (2011), Baky (2013) och Strömberg & Herstad (2012).

Rötning

Beräkningsmodellerna för rötning baseras på Björnsson *et al* (2013), Tufvesson och Lantz (2012) och Thomtén 2011.

Gödselvärde hos producerad rötrest

I scenarier där en rötrest genereras, antingen från gödsel eller från andra animaliska biprodukter (ABP), och den avsätts utanför systemet⁸ ska denna rötrest antas ersätta mineralgödsel.

Stråsädesförsök visar att ett kg NH_4^+ -N kan ersätta ett kg mineralgödselkväve (Rodhe & Salomon, 1992, citerat i Ljung *et al*, 2013). Detta gäller när halten av NH_4^+ -N är hög. I mätningar av biogödsel från 2009 var totalkvävehalten 0,47 % och halten av NH_4^+ -N 0,3 % vilket betraktas som högt (Ljung *et al*, 2013). Tillgängligheten av P och K i stallgödsel är samma som för mineralgödsel, vilket sannolikt också gäller rötrest (Jordbruksverket, 2012, citerat i Ljung *et al*, 2013).

Rötrest som avsätts utanför systemet antas ersätta mineralgödsel enligt Tabell 9.

Tabell 9 Kompletterande system för rötrest, både från gödsel och ABP

Näringsämne	Ersättning av mineralgödsel
Kväve	1 kg NH_4^+ ersätter 1 kg mineralgödsel-N. Ingen hänsyn tagen till det organiska kvävet i rötresten.
Fosfor och kalium	Ersätter mineralgödsel med en faktor 1:1

Foder

Sammansättningen hos flytande vassle och fodermjölk har hämtats från Tufvesson och Lantz (2012), SLU (2012) och företaget Fodermix.

Sammansättningen hos kli har hämtats från SLU (2012) och Feedipedia (2012-2013).

Fodervärdet hos flytande vassle, kli och vetefodermjöl har beräknats med data från SLU (2012) och EvaPig (2012) enligt en beräkningsmetod som beskrivs i bilaga 7.

Företagsekonomiska produktionskostnader i primärproduktionen - beräkningsmetoder och kalkyldata

De företagsekonomiska produktionskostnaderna i primärproduktionen innefattar både kortsiktiga rörliga kostnader och långsiktiga kostnader såsom avskrivning och ränta på nya byggnader, maskiner, täckdiken och stängsel. Om de beräknade kostnaderna understiger nuvarande och prognosticerade framtida priser kan produktionen betraktas som ekonomiskt hållbar. Om å andra sidan kostnaderna beräknas överstiga de priser som lantbrukarna får och kommer att få är produktionen inte ekonomiskt hållbar på lång sikt. Däremot kan den fortgå på kort sikt så länge befintliga maskiner, byggnader, täckdiken och stängsel fungerar på ett tillfredsställande sätt även om den inte ger full långsiktig kostnadstäckning. Beräkningen av produktionskostnader och analysen av den ekonomiska hållbarheten bygger på antagandet att nuvarande miljöersättningar och jordbruksstöd kommer att bestå i sina huvuddrag med ungefär nuvarande reala belopp.

⁸ I de fall rötrest avsätts innanför systemet har hänsyn tagits till rötrestens egenskaper i växtodlingsberäkningarna.

Brödvete- och foderodling

Produktionskostnaden per kg brödvete och foder som används i mjölk- och köttproduktionen beräknas med följande formel

$Kr/kg \text{ skördad produkt} = (\sum \text{Kvantitet produktionsmedel} * \text{Pris produktionsmedel} - \text{Miljöersättning och Kompensationsbidrag}) / \text{Producerad kvantitet. Beräkningarna görs per ha och år.}$

Följande produktionsmedel ingår i kostnadsberäkningarna: Utsäde, N, P, K, pesticider, diesel, dessutom ingår ränta, avskrivning och underhåll av maskiner, arbete, torkning av spannmål, mark, ränta på rörelsekapital samt diverse andra produktionsmedel som har mindre ekonomisk betydelse. Uppgifter om producerade kvantiteter samt förbrukning av utsäde, N, P, K, pesticider och diesel liksom tidsåtgång för olika maskinarbeten hämtas från Stenberg *et al.* (2014). Utöver denna beräknade arbetstid utökas arbetstiden i kostnadsberäkningarna med en timme per ha för samtliga grödor utom bete för stilleståndstid t.ex. då arbetet måste avbrytas på grund av olämpligt väder. Priserna på flertalet produktionsmedel liksom kostnaden för spannmålstorkning och data för diverse mindre kostnadsposter hämtas från SLU:s områdeskalkyler och databok (Agriwise, 2014) och avser 2013 års priser.

Priser på växtskyddsmedel hämtas från Jordbruksverket (2014 a och b) och kostnaderna för N-sensor, som används i scenario Växtnäring, från Lantmännen Lantbruk (2012). Det antas att sensorn årligen används på 500 ha och avskrivs på 12 år. Biodiesel och andra former av bioenergi antas genom teknisk utveckling och fossilbränslebeskattning få samma pris som motsvarande fossila energi. I de fall spannmålstorkning ersätts av kylning antas totalkostnaden (=energi plus kapital- och underhållskostnader för anläggningen) bli den samma som vid torkning. Den reala kalkylräntan (låneränta minus inflation) antas vara 3 % i både växtodlings- och djurkalkylerna.

Markkostnaden för åker antas vara 1000 kr per ha vilket är en normal årskostnad för markvårdsåtgärder som täckdikning och kalkning plus normal årlig kostnad för markrelaterade administrativa samkostnader. Alternativt kan åker användas för virkesproduktion och plantering av gran, hybridasp och poppel på åkermark beräknas ge en årlig ersättning till marken på 1000 – 2000 kr per ha och år vid krav på 3 % förräntning (Eriksson *et al.*, 2011). I känslighetsanalyser kommer konsekvenser av andra markkostnader för åker att beräknas. Markkostnaden för betesmark antas vara noll.

I scenario Ekosystem ingår grüngödslingsvall på gris- och kycklinggårdarna. Odlings- och markkostnaden för grüngödslingsvallen fördelas på produktionsgrödorna i växtföljden. I scenario Klimat ingår vall för biogasproduktion. För att samrötning av vall och gödsel skall bli lönsam fordras extra vallstöd, investeringsstöd, nytt metanreduceringsstöd och gynnsam prisutveckling på de energibärare som produceras (Lantz & Björnsson, 2011). Enligt Andersson *et al* (2011) blir inte gårdsanläggningar för produktion av el och värme från vallfoder och stallgödsel lönsamma ens vid mycket optimistiska antaganden om framtida stöd. Däremot kan mycket stora anläggningar, som samrötar vallfoder och gödsel från ett stort antal gårdar med slutlig produktion av fordonsgas, bli lönsam om priset för fordonsgasen ökar med 4 % per år och vallfodret kostar högst 1 kr/kg ts att producera. I grundkalkylen antas att vallfoder för biogasproduktion kan produceras till detta pris om markkostnaden är noll. Övriga grödor i växtföljden får då täcka biogasvallens markkostnad. Om biogasproduktionen sker i mindre gårdsanläggningar som har lägre betalningsförmåga för vallen kommer biogasvallen att belasta övriga grödor i växtföljden hårdare.

Miljöersättningar och kompensationsbidrag för landsbygdsprogrammet 2014-2020 är ännu (oktober 2014) inte fastställda. Därför används 2013 års belopp för dessa ersättningar och bidrag. Dessa är per ha vall i slättbygd 500 kr och i mellanbygd 750 + 750 kr (stödområde 5a). För betesmark är miljöersättningen i båda områdena 1250 kr för marker med allmänna värden och 2650 kr för marker med särskilda värden. För betesmark görs tillägg även för det förväntade nationellt utjämnade gårdsstödet på 1725 kr per ha då beteshävd fordras för att få detta stöd. Däremot ingår inte gårdsstöd till åker i beräkningarna då gårdsstöd till åker inte kräver odling.

Mjolk- och köttproduktion

Produktionskostnaden per kg mjölk och kött beräknas som

$$Kr/kg = (\sum \text{Kvantitet produktionsmedel} * \text{Pris produktionsmedel} - \text{föreslaget bidrag till nötkreatur över ett år}) / \text{Producerad kvantitet}$$

Följande kostnadsposter ingår i dessa beräkningar: hemmaproducerat foder, inköpt foder, inköpta livdjur, strömedel, energi för bl.a. uppvärmning av stallar, avskrivning, ränta och underhåll på byggnader, arbete, ränta på djur- och rörelsekapital samt ett antal mindre kostnadsposter. Förbrukningen av foder av olika slag och strömedel samt producerade mängder mjölk och kött och diverse andra biologiska produktionsdata hämtas från Steg 3 rapporterna för produktion av gris (Göransson *et al*, 2014), kyckling (Wall *et al*, 2014), mjölk (Bertilsson *et al*, 2014) och nötkött (Hessle *et al*, 2014). Även kostnader för miljöskyddsåtgärder såsom surgörning av gödsel och rening av luften från stallar beräknas från data i dessa källor.

Priserna på fodersäd, ensilage och bete av olika slag har beräknats i växtodlingskalkylerna enligt ovan. Priserna på inköpta fodermedel har hämtats på uppgifter insamlade från foderindustrin våren 2014. Det antas att all fodersäd och allt grovfoder som används i animalieproduktionen odlas på samma gård som djuren hålls, eller på granngårdar, varför transport- och transaktionskostnaderna för fodertransporter och -handel mellan gårdar är obefintliga eller försumbara.

Arbetsåtgången och byggnadskostnaderna i gris-, kyckling- och mjölkproduktionen, timkostnader för arbete och en rad kostnadsposter såsom semin, djurförsäkringar, rådgivning, veterinär och medicin hämtas från SLU:s områdeskalkyler (Agriwise, 2014). I gris-, kyckling- och mjölkproduktionen överensstämmer besättningsstorlekarna med områdeskalkylernas (594 suggor, 80 000 slaktsvinsplatser och 180 mjölkkor).

I nötköttproduktionen antas besättningsstorlekarna vara 35 dikor, 75 årsproducerade stutar och slaktkvigor som går på bete eller 150 årsproducerade slakttjurar som uppföds på stall. Arbetsåtgången i dessa besättningsstorlekar beräknas med hjälp av data från Nelson (2002) och byggnadskostnaderna beräknas utifrån data från Johnsson *et al* (2004) uppräknat med byggnadskostnadsindex.

Resultat

I följande kapitel presenteras resultat, både miljöpåverkan för de enskilda produkterna och primärproduktionen i VGL samt kostnader för primärproduktionen. De scenarier vi analyserat innebär att ett stort antal aspekter förändras mellan scenarierna. Detta medför att det ofta är mycket svårt, ibland omöjligt, att isolera vilken åtgärd som gett vilket resultat. Vi har också

kombinerat växtodlingen med djurhållningen på ett sätt som ytterligare försvårar analysen. Med detta som bakgrund kan vi slå fast att resultaten inte kommer att kunna förstås i stor detalj, utan resultatanalysen görs på en mer aggregerad nivå. Bakomliggande systembeskrivningar och även detaljerade resultat presenteras i bilagor och i de så kallade steg 3-rapporterna som refererats till i rapportens inledning. Om en specifik fråga önskas analyseras mer detalj finns därför möjligheten att göra en sådan djupdykning.

Miljöutvärderingen av produktkedjorna

Växtodling

Växtodlingen i de studerade systemen är integrerad med all djurproduktion och självklart med brödproduktionen. Mycket av de förbättringar som rapporteras för våra studerade produkter möjliggörs genom en miljö- och resurseffektivare växtodling. Därför presenteras resultat för växtodlingen separat, eftersom det underlättar förståelsen för resultaten för animalieproduktionen. Nedan presenteras resultaten för de inkluderade miljöpåverkanskategorierna för de olika typgårdar som utformats i projektet. Foderproduktion sker inte bara på den typgård där djuren föds upp, utan foder handlas mellan gårdar. För framförallt lösningsscenarierna sker dock den största delen av foderproduktionen inom den egna typgården. För brödvete sker produktionen mer fördelat mellan typgårdar i lösningsscenarierna.

I detta kapitel beskrivs de mer övergripande förklaringarna till förbättrad miljöprestanda som bas för kommande kapitel om produkterna. Detaljerade resultat presenteras i Bilaga 7.

Det är viktigt att komma ihåg att inom projektet har växtföljder varit i centrum för att utveckla nya system. Detta har inneburit att i vissa fall ökar en enskild grödas påverkan. Det kan bero på att exempelvis en höstplöjning lagts på en gröda, eller att stallgödsel sprids på andra grödor än i referensen. Sammantaget innebär det att den totala miljöpåverkan för alla grödor minskar men kan fördelas annorlunda så att enskilda grödors påverkan ökar i något lösningsscenario.

Flöden av kol till och från mark kan påverka växthusgasutsläppen betydligt. Dock ingår inte detta i beräkningarna. Det är ett område med stora osäkerheter och det krävs långa tidsserier för att med någorlunda säkerhet säga hur kolflöden påverkas av odlingssystemet.

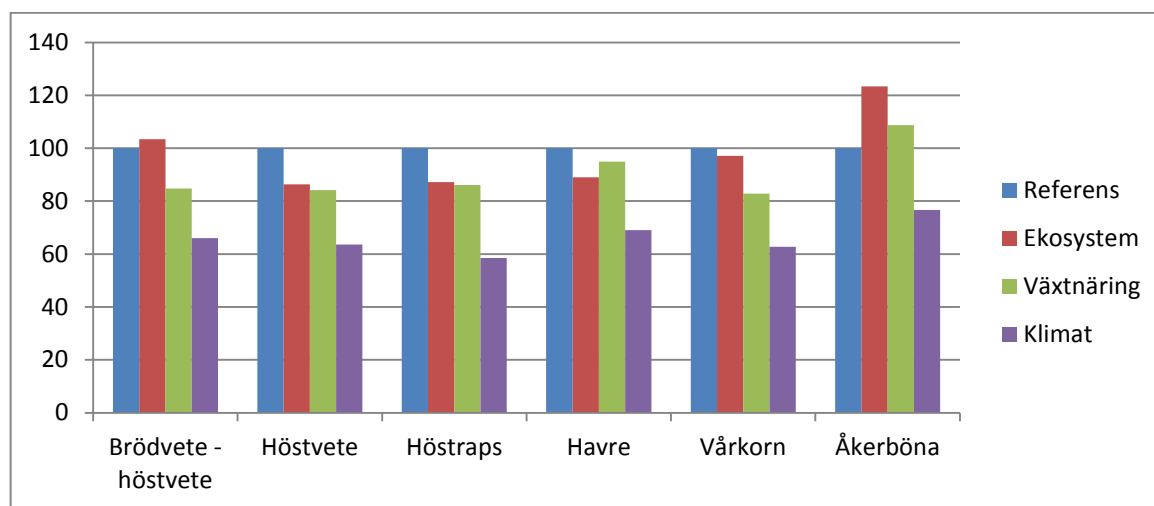
Klimatpåverkan

Förändring i potentiell klimatpåverkan för grödor odlade på gårdar utan grovfoderkonsumerande nötkreatur visas i Figur 5. Spannet för förändrad klimatpåverkan för scenario Ekosystem ligger mellan en minskning på cirka 14% för havre till en ökning med 20% för åkerböna, där även vete visar en svag ökning. Den totala förbättringen orsakas av bättre utnyttjande av stallgödseln då gödsel från djurgårdar sprids på en större areal, alltså en lägre giva per hektar vilket ger bättre kväveutnyttjande. I referensscenariot sprids mycket av gödseln på hösten vilket ger stora kväveförluster vilket i sin tur leder till lustgasemissioner samt ökat behov av mineralgödsel som genererar utsläpp vid tillverkning. Ökade skördar generellt bidrar också till den minskade klimatpåverkan per kg skörd. En motverkande åtgärd är den gröngödslingsgröda som finns i två av växtföljderna. Denna orsakar växthusgasemissioner både i form av lustgasutsläpp från mark och av maskininsatser utan att ge någon produkt. Dessa utsläpp belastar då övriga grödor i växtföljderna. Ökningen för höstvetet orsakas av att stallgödsel från mjölkgårdar sprids mer i denna gröda, vilket är fördelaktigt för systemets klimatpåverkan men ger en liten ökning för denna gröda. Klimatpåverkan för åkerböna

ökar betydligt i scenario Ekosystem. Anledningen är främst att jordberbetningen ökar för att minska bekämpningsmedelsanvändningen. Då hektarskörden är låg relativt spannmål så slår en ökad bränsleförbrukning igenom tydligare för åkerböna.

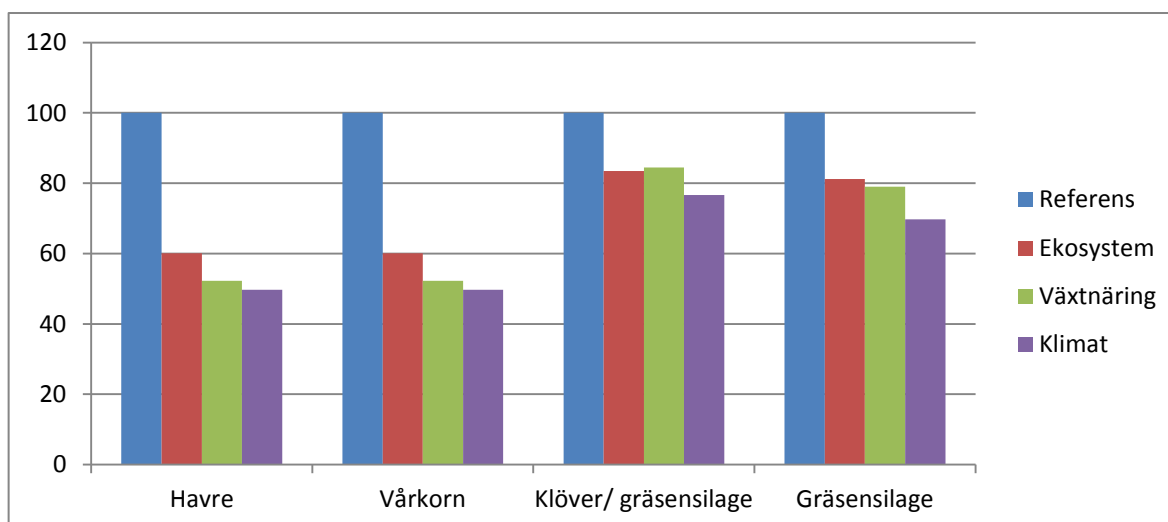
I scenario Växtnäring minskar klimatpåverkan per ton gröda med mellan 10 och 20% jämfört med referensscenariot förutom för åkerböna där en viss ökning sker. Förklaringarna är desamma som för scenario Ekosystem, och sett till alla grödor så är skillnaderna med Ekosystem små. Dock bidrar en ännu effektivare kväveanvändning med hjälp av precisionsodling.

Scenario Klimat har stora minskningar i växthusgaspåverkan per ton gröda, från 40% minskning för höstvet till 15% för åkerböna. Åtgärderna är likartade som i scenario Växtnäring. Dock introduceras några ytterligare åtgärder. Spannmålen kyls med el istället för olja och all mineralgödsel som används tillverkas med bästa teknik avseende klimatpåverkan (s.k. BAT-gödsel). Även den minskade jordbearbetningen och användandet av biodiesel och fossilfri el bidrar till de stora minskningarna i scenario Klimat. Att åkerbönsans växthusgasutsläpp minskar förklaras av reducerad jordbearbetning genom att mekanisk ogräsbekämpning byts mot kemisk.



Figur 5. Relativ klimatpåverkan för de grödor som odlas i alla scenarier, för gris- kyckling och växtodlingsgårdar (100=referensscenariot, baserat på kg CO₂-ekvivalenter/ton spannmål, 14% vattenhalt)

Förändring i potentiell klimatpåverkan för grödor odlade på gårdar med grovfoderutfodrade nötkreatur visas i Figur 6. Här är skillnaderna mellan scenarier större än för gårdar utan nötkreatur. Den viktigaste orsaken är att i referensscenariot odlas alla grödor till viss del på mulljordar, vilket ger mycket höga utsläpp av koldioxid och lustgas, främst vid öppen odling (spannmål). Denna jordtyp används i alla lösningsscenarier för att odla rörflen i långliggande vallar till foder och strö för dikalvsproduktionen (resultat ej visade här). Detta är en förenkling - alla dessa jordar ligger inte i mellanbygd men vi har valt att göra denna förenkling då minskning av öppen odling på mulljordar är en viktig åtgärd för att minska de totala växthusgasutsläppen från odling. Övriga förbättringar för spannmål beror på samma åtgärder som för de vall-lösa gårdarna ovan. Dock blir effekterna mindre då en stor del av kvävet kommer från stallgödsel vilket innebär att valet av bästa mineralgödsel i scenario Klimat får betydligt mindre genomslag på spannmål och klöver/gräsvall. Gräsvallens extra minskning jämfört med klöver/gräsvall beror främst på att mer mineralgödsel används vilket innebär att användningen av bättre mineralgödsel i scenario Klimat får genomslag.



Figur 6. Relativ klimatpåverkan för de produkter som odlas i alla scenarier, för gårdar med nötkreatur (100=Referensscenariot, baserat på kg CO₂-ekvivalenter/ton vara för spannmål 14% vattenhalt, kg CO₂-ekvivalenter/ton TS för vall).

Försurning, Övergödning mark, Övergödning sötvatten och Övergödning marin ⁹

Bidragen till Försurning och övergödning (mark, sötvatten och marin) presenteras i Bilaga 7. Försurning och övergödning mark drivs till största delen av ammoniakutsläpp, men även dieselanvändning påverkar något i form av svaveldioxidutsläpp. Detta innebär att stallgödselspridningen får mycket stor betydelse för resultaten i alla dessa miljöpåverkanskategorier. De direkta åtgärder som vidtas (spridningstidpunkt, snabb nedbrukning, surgörning) samt omfördelningen av stallgödsel till mer lämpliga grödor genom att givorna sänks till vall och överskottet sprids på växtodlingsgårdar innebär totalt sett minskade ammoniakutsläpp. Dock kan i vissa fall utsläppen från enskilda grödor öka, exempelvis då stallgödsel från mjölkgårdar flyttas till växtodlingsgårdar vilket innebär att grödorna från växtodlingsgården kan få ökade utsläpp. De totala utsläppen från alla grödor minskar dock. I scenario Klimat minskar också bränsleförbrukningen tack vare begränsad jordbearbetning, vilket ytterligare minskar påverkan på övergödning mark och marin samt försurning. Dessutom bidrar de ökade skördarna i alla scenarier till en allmän förbättring för alla grödor.

Övergödning marin drivs dels av ammoniakutsläpp från stallgödsel, dels av nitratläckage. Resonemanget ovan stämmer till stor del in även på denna miljöpåverkanskategori. I tillägg minskar de totala utsläppen, men omfördelningen mellan grödor är större då nyttan av vissa odlingsåtgärder som fånggrödor tillgodoräknas en gröda i växtföljden, men kan orsaka något ökat nitratläckage för nästkommande gröda. I scenario Växtnäring används också vårplöjning i större utsträckning vilket minskar nitratläckaget. I scenario Klimat används reducerad jordbearbetning som också har en positiv effekt. Sett till helheten minskar utsläppen av ämnen som påverkar övergödning marin betydligt.

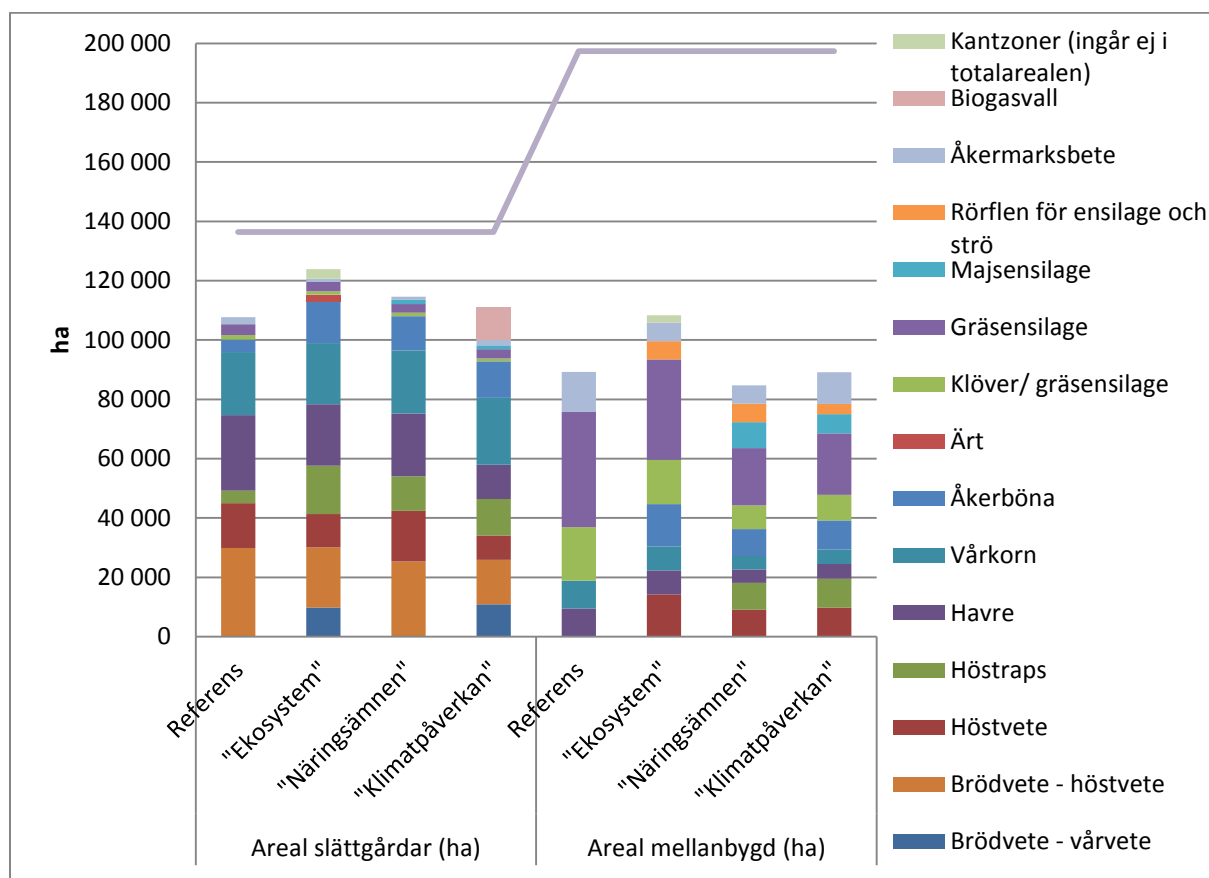
Övergödning sötvatten påverkas främst av fosforläckage. I scenarierna har inga grödspecifika åtgärder antagits. De åtgärder som antagits är på landskapsnivå och bara i slättbygden. Därför

⁹ Översatt från LCA-litteraturen där man anger "Eutrophication, -Terrest, -Freshwater and -Marine

påverkas resultaten i stort sett lika för alla grödor på arealbas, och den skillnad som finns orsakas av avkastningsnivåerna, då läckaget till största delen är en funktion av arealen och inte avkastningen.

Markanvändning

De totala åkerarealer som utnyttjas i scenarierna visas i Figur 7. I tillägg används naturbetesmarker, cirka 60 000 ha i Referens, 120 000 ha i Ekosystem, 70 000 ha i Växtnäring och 45 000 ha i Klimat (Figur 15).



Figur 7 Areal per gröda i slättbygden och i mellanbygden. Linjen representerar den tillgängliga arealen i VGL

Pesticidanvändning (mätt som ha-doser per ha och år i växtföljderna samt indikatorn "andel av total areal där kemiska bekämpningsmedel används") presenteras i kapitlet "Miljövärdering av VGL-systemet" nedan. Vår bedömning är att det är odlingsystemet som helhet som styr pesticidanvändningen, och resultat för enskilda grödor kan då vara mycket missvisande.

Ryggbiff

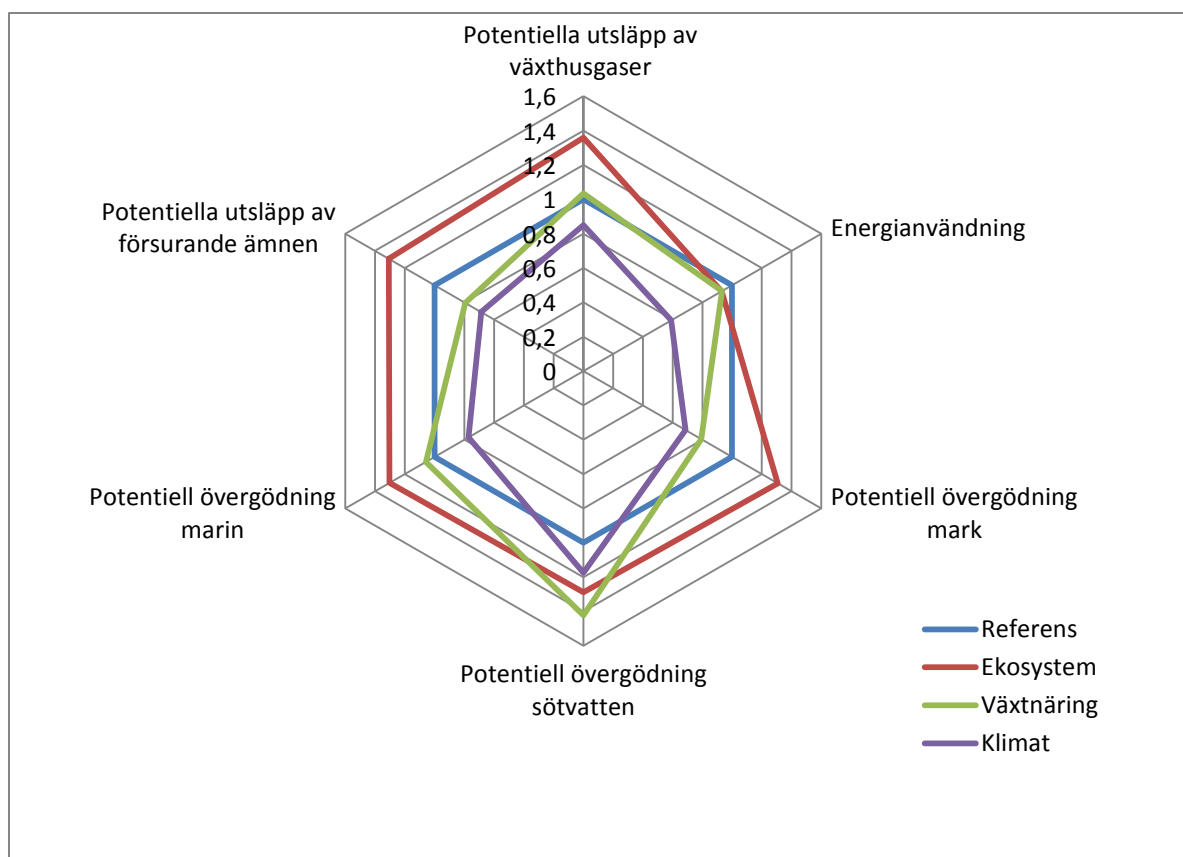
I Figur 8 nedan visas en översiktlig bild av miljöpåverkan för de studerade scenarierna. Att analysera miljöpåverkan från nötköttssystemet är mycket komplext på grund av interaktionen med mjölkproduktionssystemet, vilket bl.a. innebär att antalet djur som krävs i nötköttssystemet beror på hur mjölkproduktionen är utformad. Dessutom föds djuren upp på mycket olika sätt och med varierande köns- och rassammansättning. Resultaten för nötkött bör betraktas i samband med resultaten för mjölk, då systemen är funktionellt länkade.

Observera att resultaten inte är jämförbara med vare sig andra köttslag i denna studie eller med tidigare studier. Detta beror på valet av ekonomisk allokering på alla produkter från slaktkroppen (se rubrik "Effekter på resultaten av ekonomisk allokering av slaktkroppen"). Resultaten kan enbart användas för att analysera förändringarna mellan scenarierna.

I de inkluderade miljöpåverkanskategorierna växthusgasutsläpp, försurning och övergödning faller scenario Ekosystem mindre väl ut. Orsaken är att detta scenario optimerats på stor användning av naturbetesmark, vilket står i konflikt med mer utsläppsfokuserade lösningar för produktionssystemen. Scenario Växtnäring presterar något bättre och Klimat faller bäst ut för alla kategorier utom övergödning av sötvatten. Övergödning sötvatten är en miljöpåverkanskategori som främst drivs av fosforutsläpp, där inga specifika åtgärder inom mellanbygd har föreslagits inom projektet. Scenario Klimat har lägst användning av naturbetesmark (Figur 15), men även scenario Växtnäring nyttjar mindre naturbetesmark. Detta visar på en tydlig konflikt mellan miljömål. Nötköttproduktionen får också bära bördan av de växthusgasutsläpp som orsakas av mulljordar, vilket understryker vikten av att se på förändringar mellan scenarier och inte absoluta tal. Den positiva effekten för hela länets lantbruk av att använda mulljordar till långliggande vallar framgår av resultaten på VGL-nivå.

Samtliga lösningsscenarier innebär lägre dödlighet, vilket ger minskad miljöpåverkan för alla miljöpåverkanskategorier. I samtliga lösningsscenarier kommer en lägre andel kalvar och utslagskor från mjölksystemet då mjölkavkastningen är högre i alla lösningsscenarier. Detta ger en generell ökning av alla miljöpåverkanskategorier, då dessa mjölkraskalvar och utslagskor kommer in i systemet med en relativt liten belastning med sig. Till skillnad från dikor, som bara producerar kalven, producerar mjölkkor mjölk vilket innebär att kalven och mjölkkoköttet blir "miljöbilligare". Scenarierna Ekosystem och Växtnäring har minst antal kalvar och kor från mjölksystemet då mjölkproduktionen är högavkastande (=färre mjölkkor). Scenario Klimat har något fler mjölkkalvar och -slaktkor än de andra lösningsscenarierna då mjölksystemet är mindre intensivt (dock något mer högavkastande än referensen).

En detaljerad analys av varje miljöpåverkanskategori följer nedan.



Figur 8. Översiktlig bild av den relativa förändringen i miljöpåverkan för de studerade scenarierna för ryggbiff (1=Referens)

Klimatpåverkan

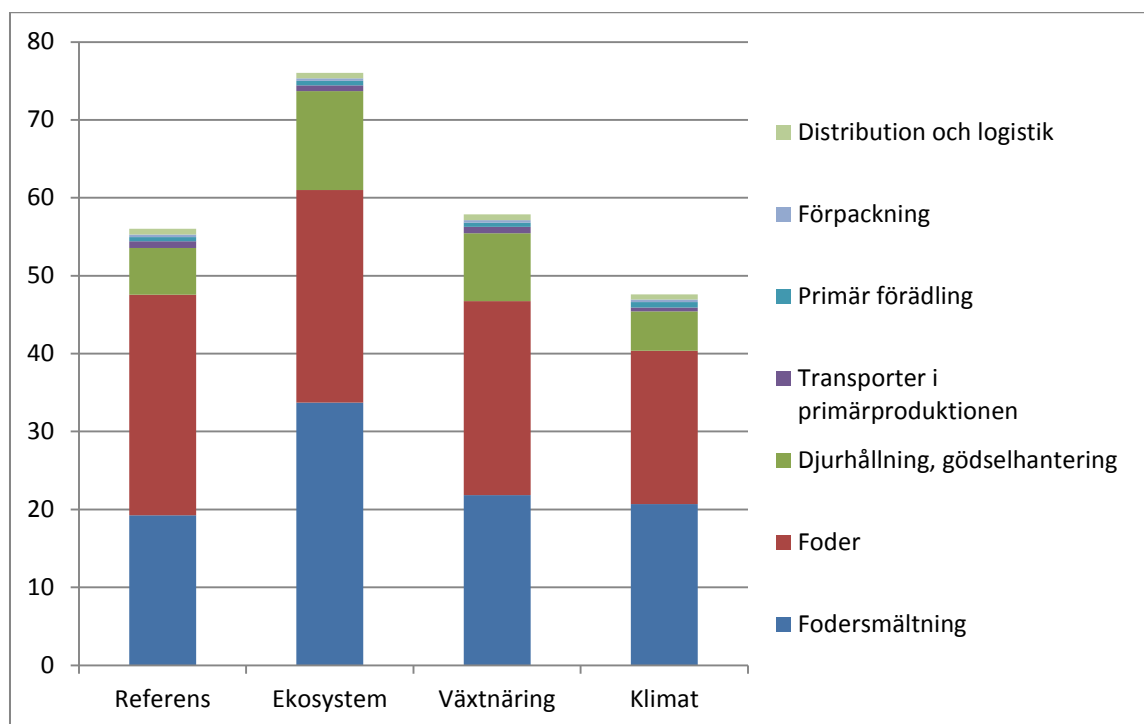
Som framgår av Figur 9 reduceras utsläppen av växthusgaser per kg ryggbiff endast i scenario Klimat. För scenario Ekosystem beror en utebliven minskning främst på att alla hanungnöten föds upp som stutar och inte som ungtjurar. Stutar hålls på bete, vilket är ett mål i scenariot, och dessutom ger de oftast bättre köttkvalitet än tjurar. Dock har de lägre fodereffektivitet och tillväxt. Detta ger dels högre slaktålder än tjurar vilket genererar mer metan per kg kött, dels ökar foderförbrukningen per kg kött. Det ökade foderintaget sker dock till stor del med bete på naturbetesmark, vilket är ett klimateffektivt foder att producera. Andelen spannmål till nötdjur i scenario Ekosystem är mycket lågt. Istället används mer ensilage under stallperioden. Detta borde innebära lägre utsläpp, men då vi valt att använda all mulljord i systemet i långliggande röflensvallar (se rubrik "Resultat växtodling" för detaljer) så innebär detta byte inte någon större klimatvinst. Sammantaget minskar klimatgasutsläppen från foderproduktionen något.

I scenario Växtnäring föds handjuren upp som tjurar, mer intensivt och på stall där foderstaten innehåller majsensilage och en större andel spannmål, dock något lägre andel än i referensen. Könssorterad sperma i mjölkbesättningarna leder till att endast tjurkalvar kommer in i köttssystemet från mjölkarna. Allt detta innebär effektivisering av produktionen då tjurar är mer fodereffektiva och snabbväxande än kvigor, och kötttrasinslaget förstärker detta. Dock innebär det också att betydligt färre djur kan beta naturbetesmarker och att uppfödningen till stor del sker på stall. Foderproduktionen är också mer klimateffektiv. Sammantaget ger detta en viss minskning av växthusgasutsläppen för foderproduktionen per kg kött. Flygödsellagren täcks med plastduk vilket

minskar metanemissionerna. Trots detta så ökar klimatpåverkan per kg ryggbiff då det ökade djurantalet i dikosystemet överskuggar dessa minskningar.

Scenario Klimat är det enda som minskar de totala växthusgasutsläppen per kg kött. Förklaringen är till stor del den produktionseffektivisering som beskrivs ovan för scenario Växtnäring kombinerat med behov av färre djur i dikosystemet. Det behövs alltså ett lägre antal dikor för att upprätthålla mängden producerat kött, och istället är det tjuvar av mjölk- köttasblandning som används. Dessutom minskar utsläppen från gödselhanteringen, vilket främst är ett resultat av färre djur i systemet, men till viss del också på surgöring av flytgödsel vilket minskar ammoniakavgång (som i sin tur ger indirekta utsläpp av lustgas).

Slutligen är det viktigt att poängtera att den ökade klimatpåverkan för nötköttet till stor del är ett resultat av att mjölkproduktionen blir effektivare vilket leder till ökad dikobaserad nötköttsproduktion. Resultaten bör alltså ses i sammanhang med mjölkproduktionens resultat.



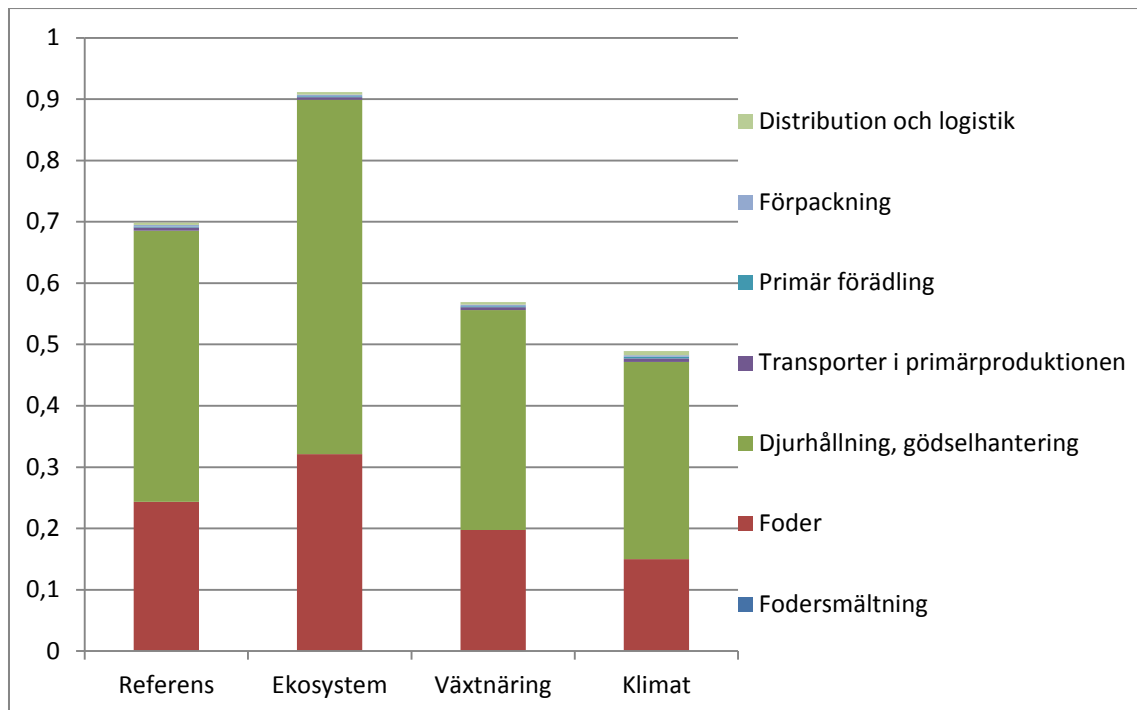
Figur 9. Utsläpp av klimatgaser för ryggbiff för scenarierna (kg CO₂-ekvivalenter/kg ryggbiff).

Försurning

Påverkan på försurning orsakas främst av ammoniakutsläpp från stallgödselhantering och foderodling. Ammoniakutsläpp från foderodling i sin tur orsakas till stor del av stallgödselspridning. Resultaten för nötkött visas i Figur 10.

Ökningen för scenario Ekosystem beror på att en större del av stallgödseln faller på bete. Till skillnad från övriga scenarier betar alla nötkreatur, även handjuren (som stutar). Gödsel som faller på bete orsakar mer ammoniakförluster än gödsel som faller i stall, särskilt om stallgödseln hanteras som flytgödsel.

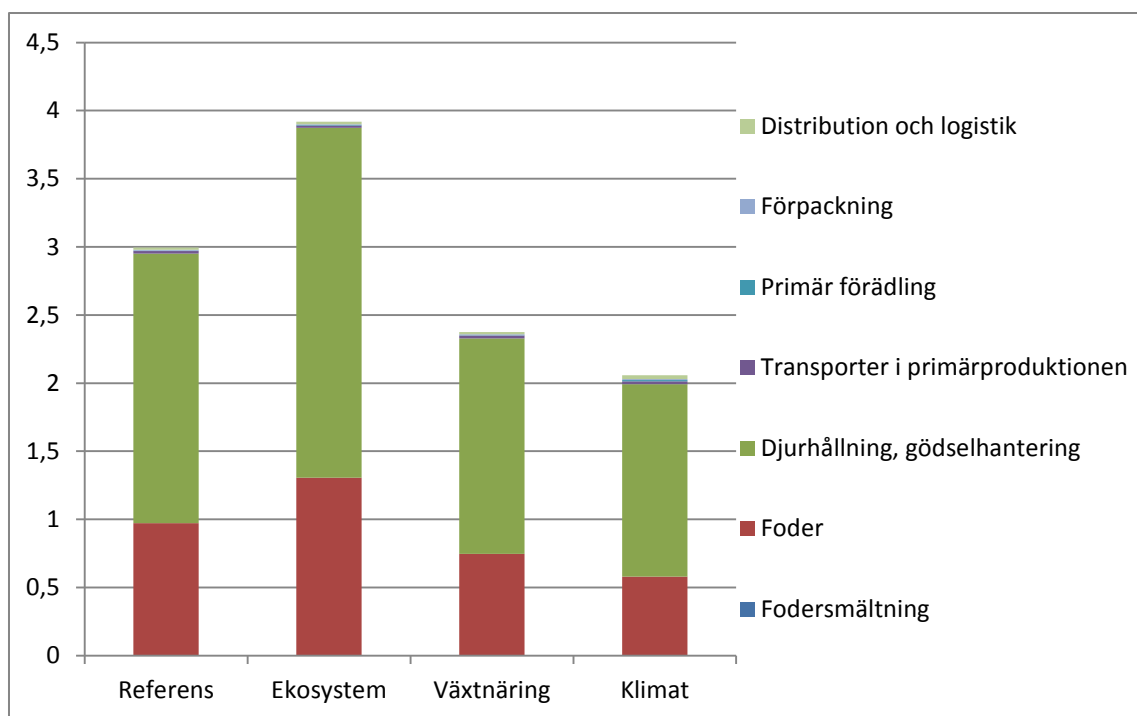
Den stora reduktionen från foderodlingen för scenarierna Växtnäring och Klimat beror förutom på bättre stallgödselspridning (teknik och tidpunkt, surgörning av flytgödsel i scenarier Växtnäring och Klimat) också på generellt effektivare odling (se mer under rubrik "Resultat växtodling"). Det minskade foderbehovet per kg kött bidrar också väsentligt. För lagring av stallgödsel minskas ammoniakutsläppen, dels som ett resultat av minskade kvävehalter och -mängder i gödseln, dels av tekniska åtgärder, som täckning med plastduk scenario Växtnäring och surgörning av flytgödsel i scenarier Växtnäring och Klimat.



Figur 10. Utsläpp av försurande ämnen för ryggbiff för scenarierna (mol H⁺-ekvivalenter/kg ryggbiff).

Övergödning mark

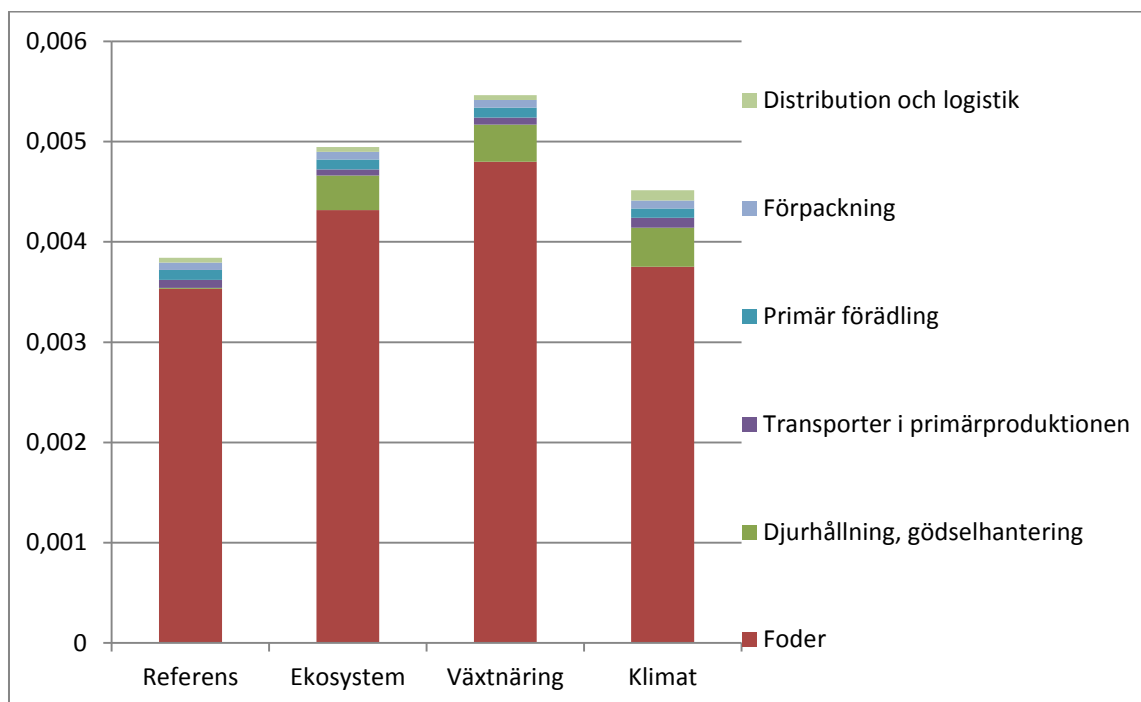
Övergödning mark (Figur 11) drivs främst av samma utsläpp som "Försurning" dvs. ammoniakutsläpp, varför resultatanalysen blir densamma.



Figur 11. Utsläpp av ämnen som bidrar till övergödning mark för ryggbiff för scenarierna (kg N-ekvivalenter/kg ryggbiff)

Övergödning sötvatten

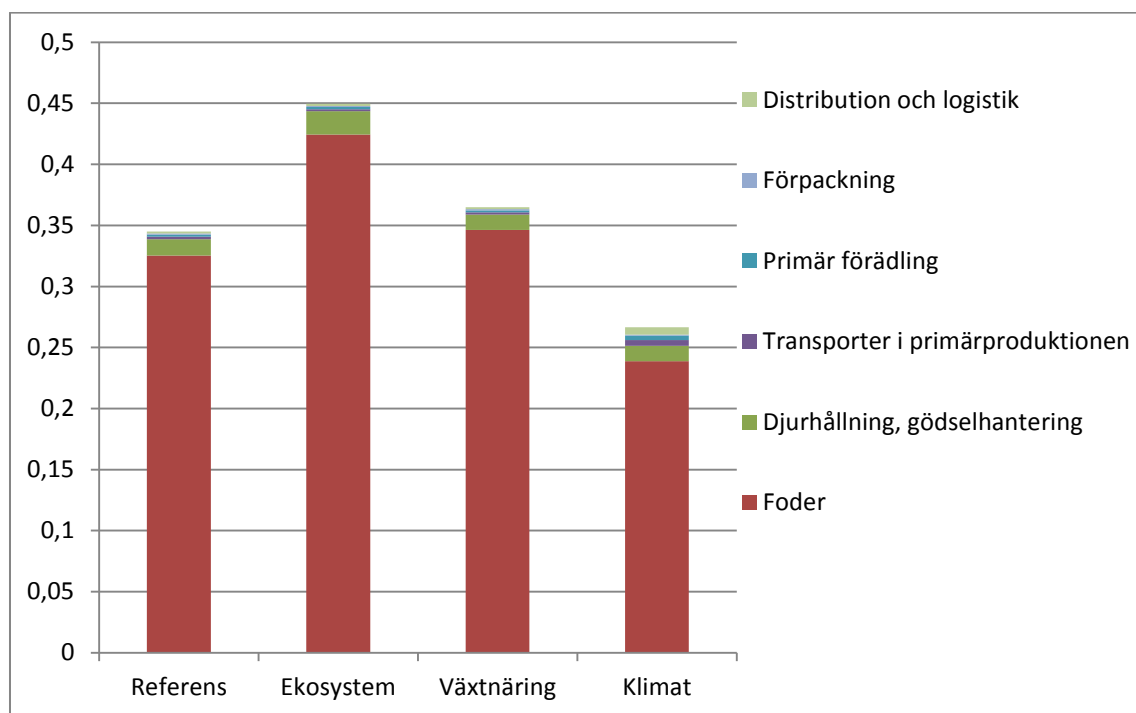
Övergödning sötvatten (Figur 12) orsakas av främst av fosforläckage till vatten men även till viss del från tillverkning av förpackningsmaterial. I lösningsscenarierna Ekosystem och Växtnäring ökar antalet djur vilket avspeglas i större arealbehov. Detta ger högre fosforläckage då en betydande del av läckaget beror mest på arealen. De generella åtgärder som antagits för att minska fosforutsläppen i lösningsscenario Växtnäring gäller bara slättbygden.



Figur 12. Utsläpp av ämnen som bidrar för ryggbiff till övergödning sötvatten för scenarierna (kg P-ekvivalenter/kg ryggbiff)

Övergödning marin

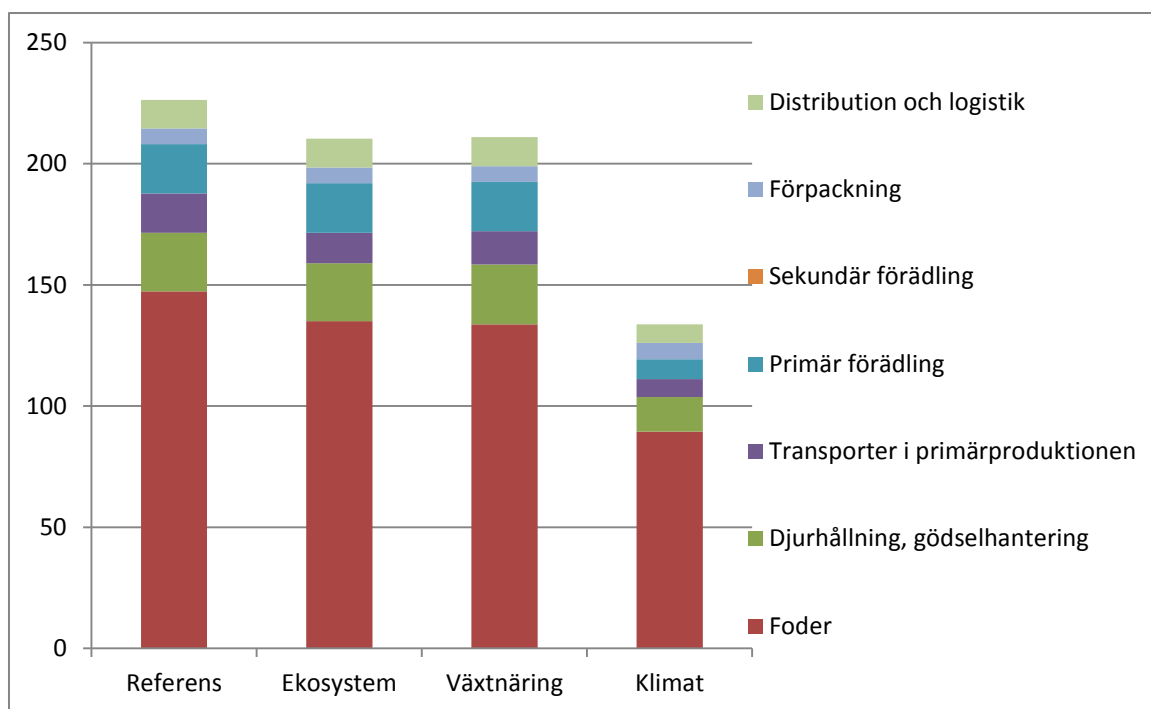
Potentiell påverkan på övergödning marin visas i Figur 13. Denna påverkan drivs till den absolut övervägande delen av kväveutsläpp till vatten, vilket i våra system är nitratläckage från foderodlingen och en mindre del ammoniakförluster. Scenarierna Ekosystem och Växtnäring uppvisar små skillnader jämfört med referensen. Foderodlingen blir effektivare per kg foder, men systemen kräver fler djur inom den självrekryterande köttproduktionen. För scenario Ekosystem tillkommer ökat bidrag från ammoniak, som i sin tur härrör från att en ökad andel av gödseln faller på bete där mer ammoniak bildas än i stall.



Figur 13. Utsläpp av ämnen som bidrar för ryggbiff till övergödning marin för scenarierna för ryggbiff (kg N-ekvivalenter/kg ryggbiff)

Energianvändning

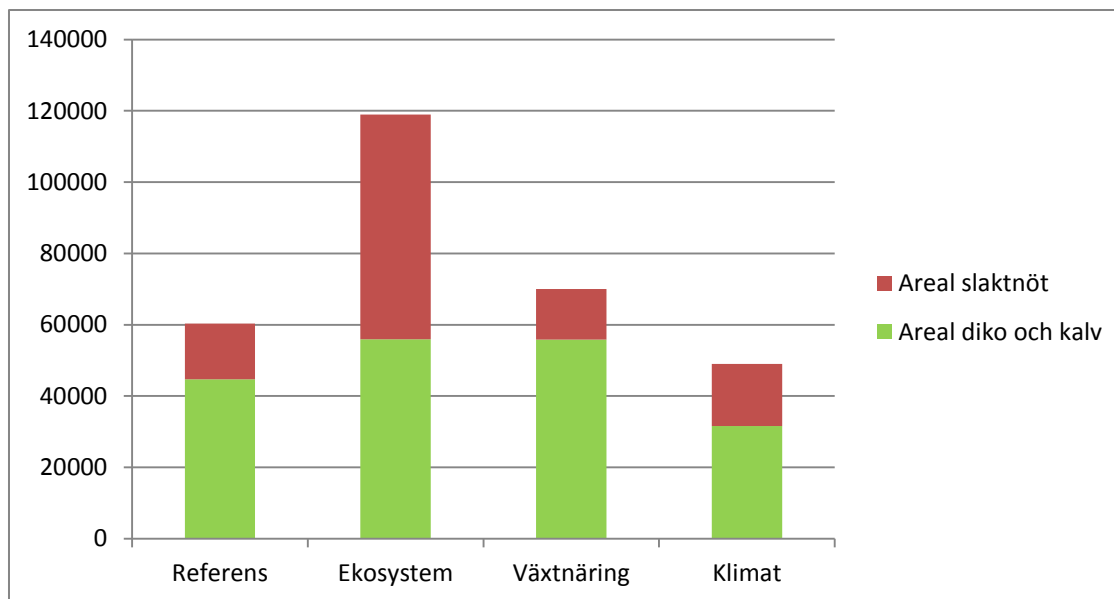
Den kumulativa energianvändningen för ryggbiff visas i Figur 14. Den stora förändringen som fås är för scenario Klimat, där en kombination av energibesparingar i alla led bidrar, men mest i foderproduktionen.



Figur 14. Kumulativ energianvändning för scenarierna för ryggbiff (MJ/kg ryggbiff)

Markanvändning – naturbetesmark

Användningen av naturbetesmark är normalt en utvärderingsparameter inom LCA, vilket också använts för scenarierna Växtnäring och Klimat. Det har dock varit en målparameter i utformningen av scenario Ekosystem. Motivet för detta är den mycket stora biodiversitet naturbetesmarkerna hyser och som betande djur därmed bevarar, vilket ligger i linje med fokuseringen i scenario Ekosystem. I Figur 15 presenteras arealerna naturbetesmark som används totalt för nötköttproduktion. Det är uppenbart att scenario Ekosystem använder betydligt mer än dagens produktion såväl som de två andra lösningsscenarierna. Den stora skillnaden ligger i att samtliga tjurkalvar kastreras och föds upp som stutar i scenario Ekosystem, vilket är en förutsättning för att ha handjur på bete. Dessutom är det fler djur i systemet då mjölksystemet bygger på högavkastande kor, alltså färre mjölkkor vilket ger färre kalvar som går in i nötköttssystemet. Scenario Växtnäring använder något mer naturbete än referensen, då det är fler dikor på grund av ökad mjölkavkastning per mjölkko vid konstant mängd producerat kött. Scenario Klimat slutligen använder minst naturbetesareal. Anledningen är främst att hela nötköttssystemet är inriktat på att ha endast tjurar från mjölkkena samt att föda upp både dem och dikarna av båda könen intensivt på stall för att få högre fodereffektivitet och daglig tillväxt.



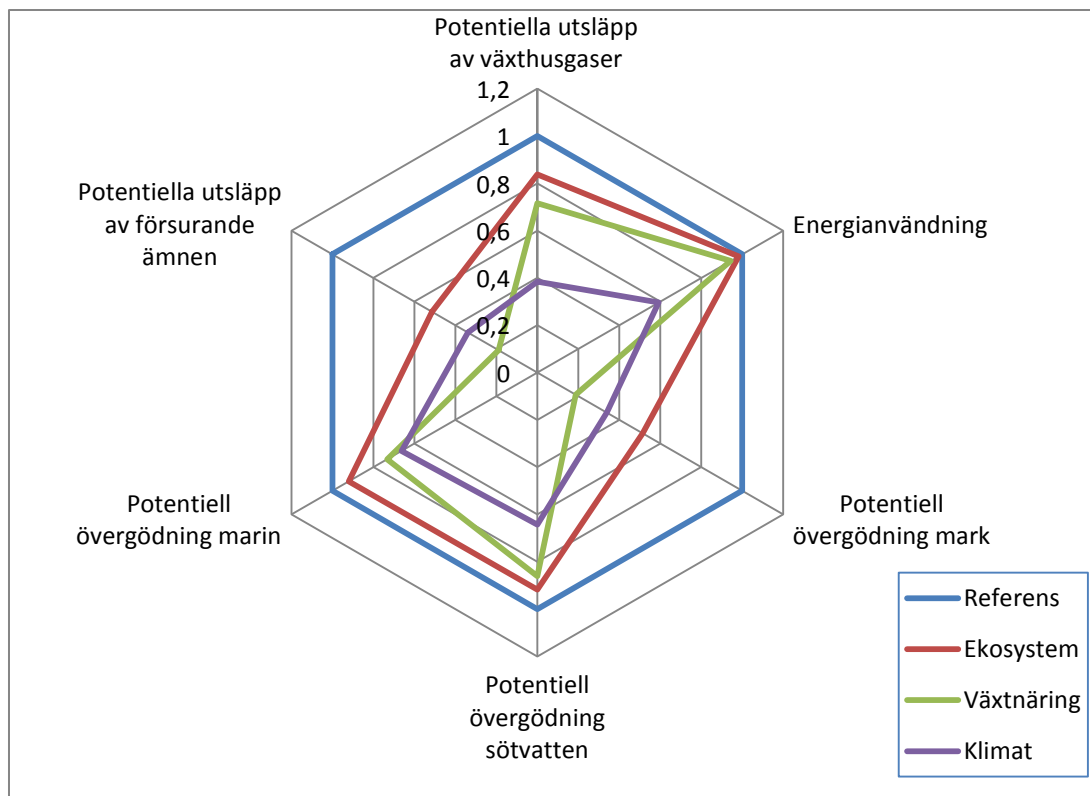
Figur 15. Areal naturbetesmark som används i scenarierna (ha/år)

Rökt skinka

Miljöpåverkan från produktkedjan för rökt skinka domineras för alla miljöpåverkanskategorier av foderproduktion och gödselhantering. Dessutom påverkar åtgärder i hela kedjan vilka innebär ökat utnyttjande av råvaran genom minskat svinn och ökat utbyte. Minskat foderspill bidrar också något. En central förklaring är den mängd fodermedel som krävs. Alla lösningsscenarier använder 16% mindre fodervolym, vilket är ett något grovt mått på minskad foderproduktion då fodermedlen varierar, men det ger ändå en indikation. Denna information ligger till grund för analysen av alla miljöpåverkanskategorier. En annan generell faktor i alla lösningsscenarier är det minskade djurantalet, vilket ger generellt minskad miljöpåverkan i gödselhanteringsystemet.

Observera att resultaten inte är jämförbara med vare sig andra köttslag i denna studie eller med tidigare studier. Detta beror på valet av ekonomisk allokering på styckningsdetaljer (se rubrik "Effekter på resultaten av ekonomisk allokering av slaktkroppen").

I Figur 16 nedan visas en översiktlig bild av miljöpåverkan för de studerade scenarierna. Samtliga lösningsscenarier visar på en potentiell förbättring för samtliga studerade miljöpåverkanskategorier. En detaljerad analys av varje miljöpåverkanskategori följer nedan.

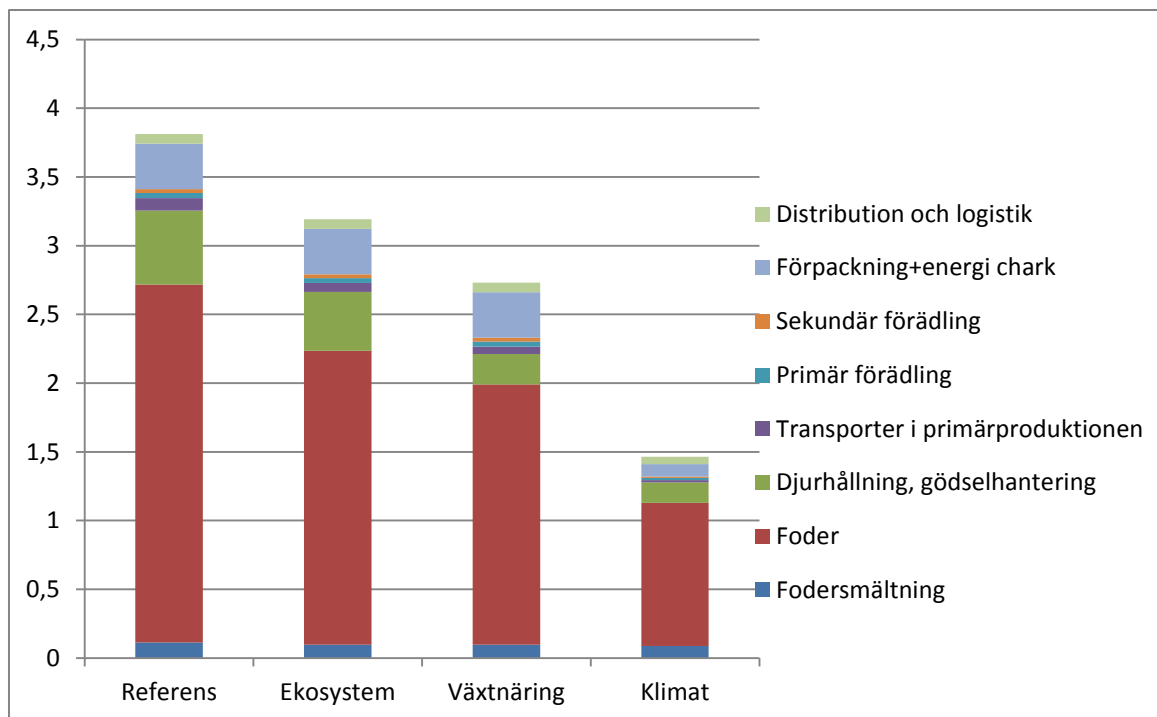


Figur 16. Översiktlig bild av den relativa förändringen i miljöpåverkan för rökt skinka för de studerade scenarierna (1=Referens).

Klimatpåverkan

Den potentiella minskningen av klimatgasutsläpp för rökt skinka är betydande i alla scenarier (Figur 17). Scenario Ekosystem förklaras av minskad genomsnittlig klimatpåverkan per kg foder (6, 12 och 44% minskning för scenarierna Ekosystem, Växtnäring respektive Klimat) samt en minskad foderanvändning (cirka 16% lägre för alla lösningsscenarier). Se kapitel "Resultat växtodling" för analys av klimatpåverkan av foderodling. Minskningen i gödselhanteringssystemet beror på minskade kvävemängder i gödseln orsakad av lägre kvävehalter i fodret (syntetiska aminosyror) och minskad gödselmängd totalt (färre djur). För scenario Växtnäring är förbättringarna i foderodlingen något större, och dessutom täcks gödselbehållarna med plastduk vilket reducerar metanutsläppen. Scenario Klimat utmärks av en än större utsläppsreduktion i växtodlingen. Dessutom rötas gödseln vilket ger lägre metanemissioner.

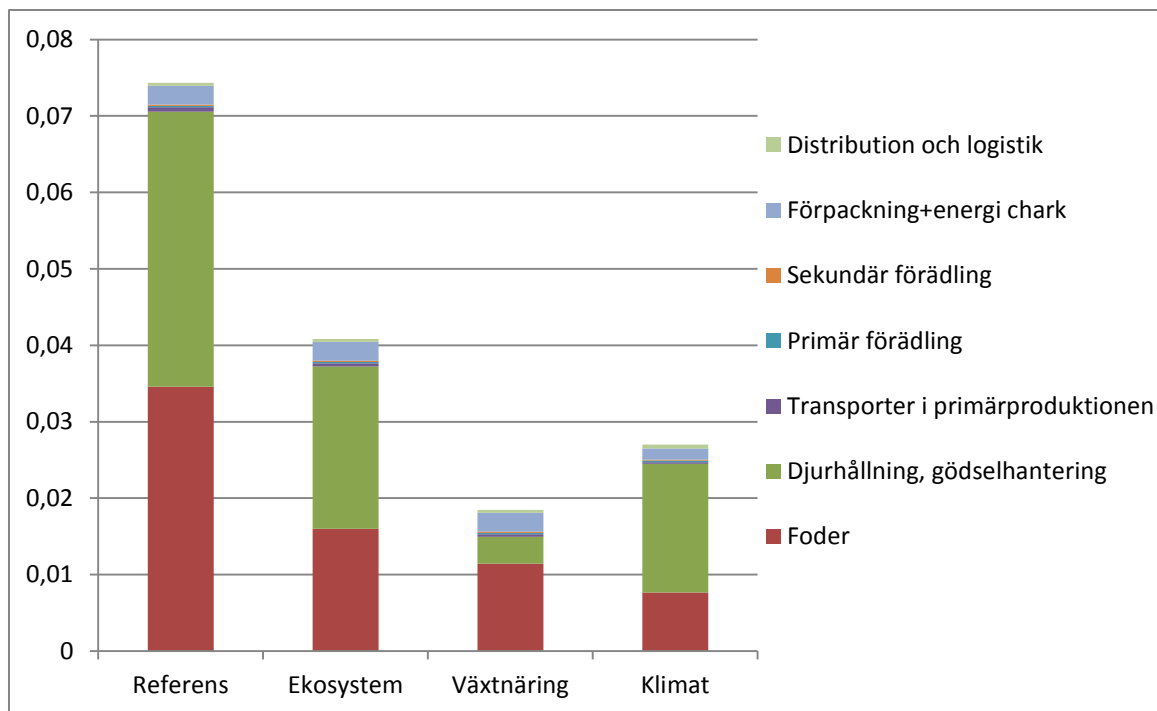
För alla lösningsscenarier bidrar också svinminskningen i förädlingen (från 5,5% till 3%) och det ökade slaktutbytet (58,2% till 60,2%) samt, för scenario Klimat, även minskad mängd förpackningsmaterial. Sammantaget innebär dessa åtgärder till cirka 5% minskning. I scenario Klimat tillkommer användandet av biobränslen och fossilfri el.



Figur 17. Utsläpp av klimatgaser för scenarierna för rökt skinka (kg CO₂-ekvivalenter/kg rökt skinka).

Försurning

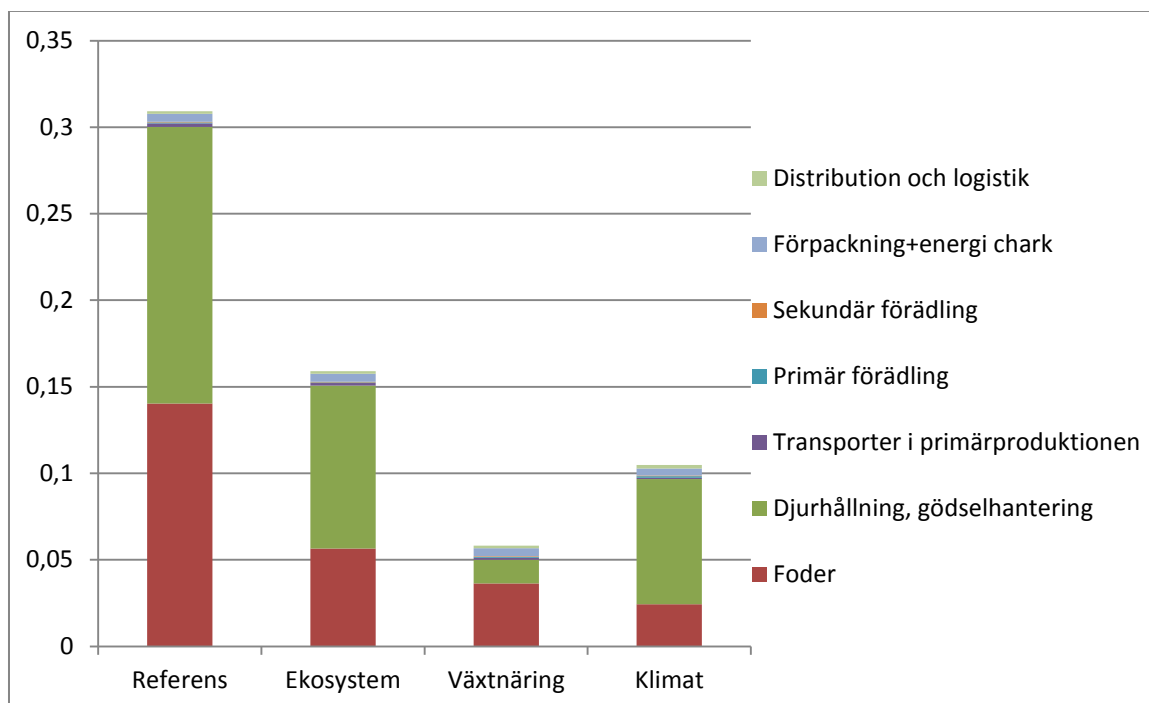
Påverkan på försurning orsakas främst av ammoniakutsläpp från stallgödselhantering och foderodling (Figur 18). Ammoniakutsläpp från foderodling orsakas till stor del av stallgödselspridning. Även tillverkning av förpackningsmaterial bidrar något. Den stora reduktionen från foderodlingen beror på bättre stallgödselspridning (teknik och tidpunkt, surgörning i scenarier Växtnäring och Klimat), men också på generellt effektivare odling (se mer under rubrik "Resultat växtodling"). Det minskade totala foderbehovet bidrar också väsentligt. För lagring av stallgödsel minskas ammoniakutsläppen dels av minskade kvävehalter och -mängder i gödseln, dels av tekniska åtgärder. Täckning av gödsellager med plastduk sker i scenario Växtnäring.



Figur 18. Utsläpp av försurande ämnen för rökt skinka för scenarierna (mol H⁺-ekvivalenter/kg rökt skinka).

Övergödning mark

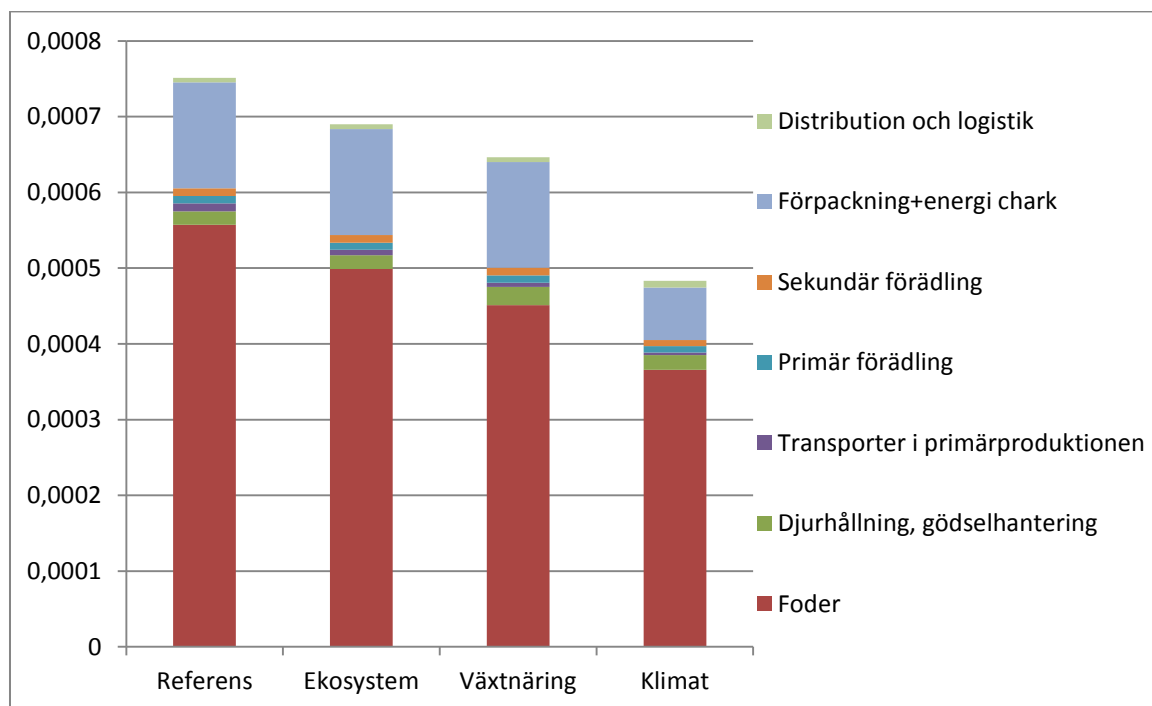
Bidragen till potentiell Övergödning mark (Figur 19) drivs till största delen av samma utsläpp som "Försurning", varför förklaringarna är desamma.



Figur 19. Utsläpp av ämnen som bidrar till övergödning mark för scenarierna (kg N-ekvivalenter/kg rökt skinka)

Övergödning sötvatten

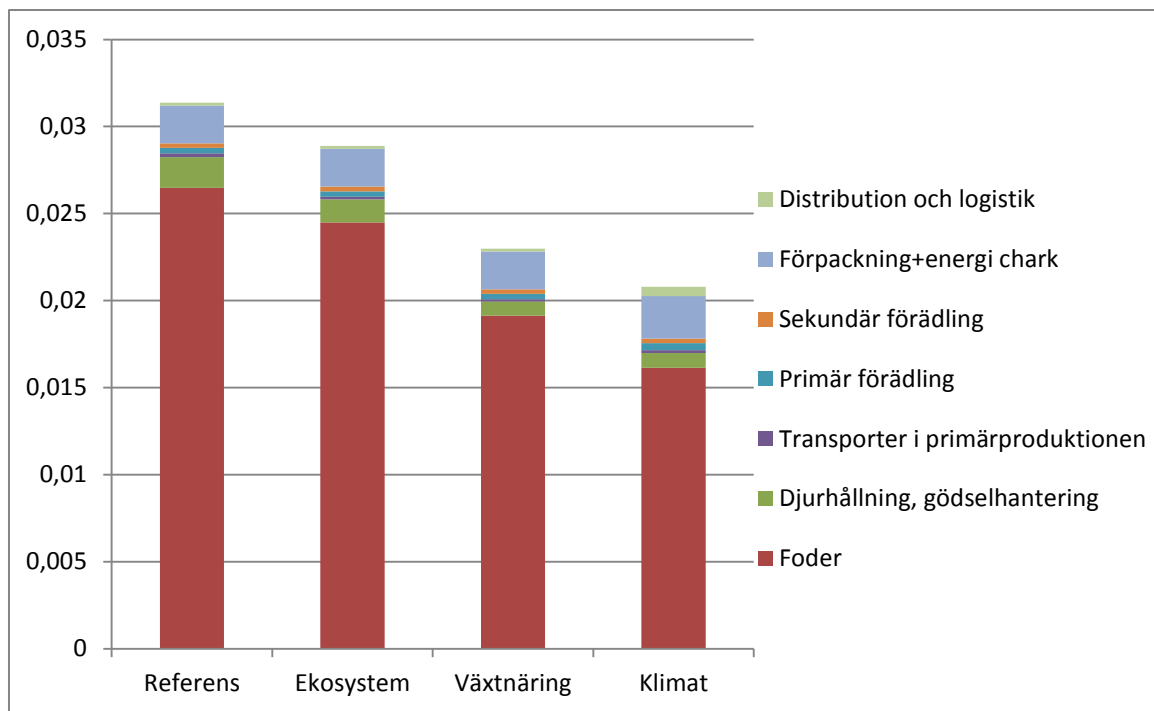
Övergödning sötvatten (Figur 20) orsakas främst av fosforläckage till vatten och till viss del av utsläpp i samband med tillverkning av förpackningsmaterial. Det generellt minskade foderbehovet förklarar det mesta av resultatförbättringarna. Fosforläckage är svårt att påverka med odlingsåtgärder. De minskade utsläppen i lösningsscenarierna beror dels på en generell minskning som antagits, dels på mindre arealbehov tack vare ökade skördar. Minskad förpackningsmaterialmängd tack vare byte av förpackning bidrar också.



Figur 20. Utsläpp av ämnen som bidrar till övergödning sötvatten för rökt skinka för scenarierna (kg P-ekvivalenter/kg rökt skinka)

Övergödning marin

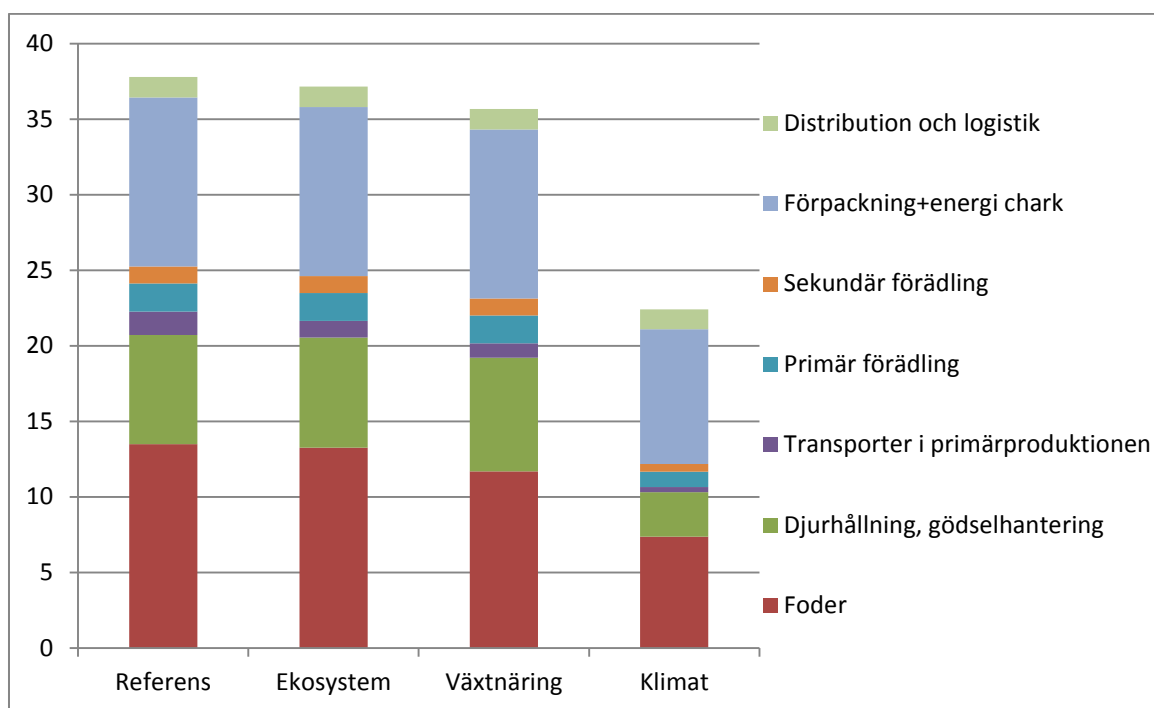
Potentiell påverkan på övergödning marin visas i Figur 21. Denna påverkan drivs till den absolut övervägande delen av kväveutsläpp till vatten, vilket i våra system beror på nitratläckage från foderodlingen. I alla lösningsscenarier används kvävet effektivare vilket ger en minskning. Det minskade foderbehovet ger också ett bidrag då en del av nitratläckaget är arealbundet.



Figur 21. Utsläpp av ämnen som bidrar till övergödning marin för rökt skinka för scenarierna (kg P-ekvivalenter/kg rökt skinka)

Kumulativ energianvändning

Den kumulativa energianvändningen visas Figur 22. Det sker inga stora förändringar förutom för scenario Klimat, där dels foderodlingen, dels gödselhanteringen minskar betydligt. Minskningen i foderodlingen beror förutom på minskat foderbehov också på minskad jordbearbetning, kylning av spannmål och minskat behov av mineralgödsel. Även effektiviseringar i förädlingsledet bidrar, som den minskade användningen av förpackningsmaterial och direkta energibesparingar i förädlingen.



Figur 22. Kumulativ energianvändning för rökt skinka för scenarierna (MJ/kg rökt skinka)

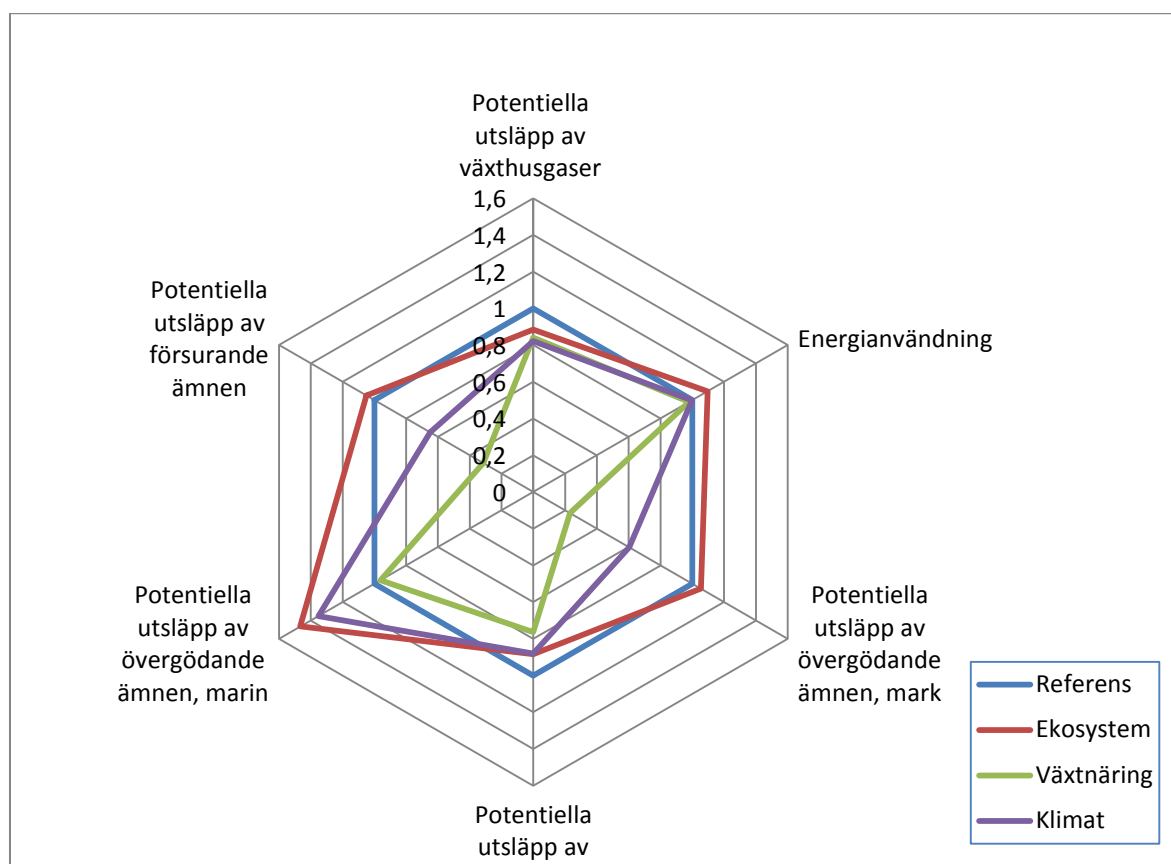
Fryst kycklingfilé

I kycklingscenarierna beror den absolut största delen av förbättringarna på att foderproduktionen effektiviseras. Ingen fodereffektivitetsförbättring har antagits i djurproduktionen, utan en viss ökning av foderförbrukningen antas per kg kött. En central förklaring till de flesta resultaten är den mängd fodermedel som krävs, vilket visas i Tabell 10. Denna information ligger till grund för analysen av alla miljöpåverkanskategorier. Notera att vi för kyckling inte allokerat miljöpåverkan på olika styckningsdetaljer då vi inte hade dataunderlag för detta. Det innebär att kycklingkött, som motsvarar 58% av levande vikt, bär all miljöpåverkan och att allt kött har samma belastning per kg.

Tabell 10. Mängd foder (kg foder/kg kycklingprodukt)

Foder	Referens	Ekosystem	Växtnäring	Klimat
Eget	2,01	2,41	2,01	2,31
Inköpt	0,92	0,77	1,03	0,81
Totalt	2,93	3,18	3,04	3,12

I Figur 23 nedan visas en översiktlig bild av miljöpåverkan för de studerade scenarierna. Samtliga lösningsscenarierna innebär en potentiell förbättring för klimatpåverkan och övergödning sötvatten. Scenario Ekosystem visar på ökad potentiell påverkan av försurning och övergödning mark. Scenario Klimat visar på viss ökning inom övergödning marin. En detaljerad analys av varje miljöpåverkanskategori följer nedan.

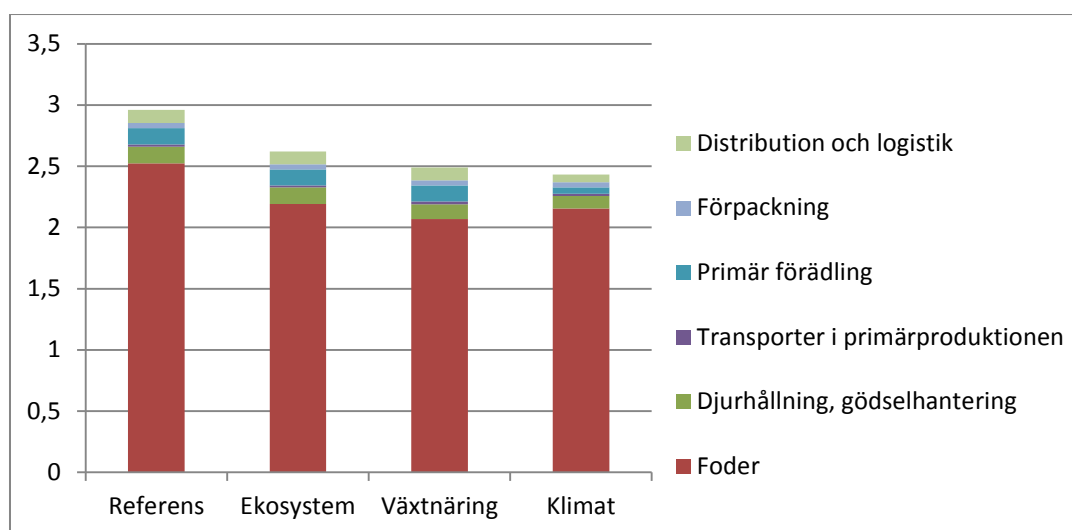


Figur 23. Lösningsscenariernas miljöpåverkan för alla analyserade miljöpåverkanskategorier relativt referensscenariot för fryst kyckling.

Klimatpåverkan

I Figur 24 visas resultaten för utsläpp av växthusgaser. Produktion av foder dominerar helt resultaten. Scenario Växtnäring har lägst utsläpp, följt av scenario Klimat, men även scenario Ekosystem har lägre utsläpp.

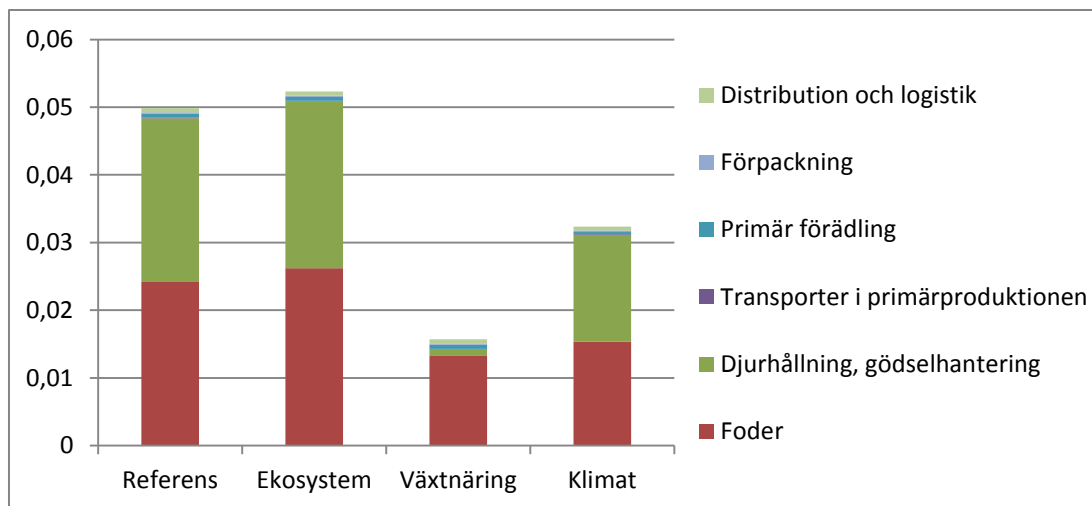
Övriga åtgärder som leder till förbättringar är färre kassationer (mer selektiv veterinärbesiktning i förädlingen) i alla scenarier (från 1,6% till 1,0%), samt, för scenario Klimat, att den olja som används för uppvärmning av stallar i övriga scenarier (10% av värmebehovet) ersätts med biobränslen, att endast biobränslen används i transporterna samt att elen i förädlingen är fossilfri. Åtgärderna i scenario Klimat ger en sammantagen reduktion av utsläppen med cirka 3%. Att byta sojamjöl mot rapsmjöl och ärter (scenario Ekosystem) ger små vinster. Åkerböna och ärtor har lägre utsläpp per kg vilket gynnar scenarier där dessa ingår i större mängd. Biprodukter (drank) har låg klimatpåverkan (scenarierna Växtnäring och Klimat). Den ökade användningen av syntetiska aminosyror i alla tre lösningsscenarierna ger effekt genom lägre behov av proteinfoder generellt, då proteinfoder har högre utsläpp per kg än energifoder. Havre har lägre utsläpp än vete, vilket syns i scenario Växtnäring. Förbättringen i odlingen av vete och raps är störst för scenario Klimat. Mängden foder är också viktig. Mer foder krävs i scenarierna Ekosystem och Klimat för att klara tillräckligt hög tillväxt med dessa foderstater där sojamjöl inte ingår. Detta slår direkt på resultaten.



Figur 24. Utsläpp av klimatgaser för scenarierna (kg CO₂-ekvivalenter/kg kycklingfilé).

Försurning

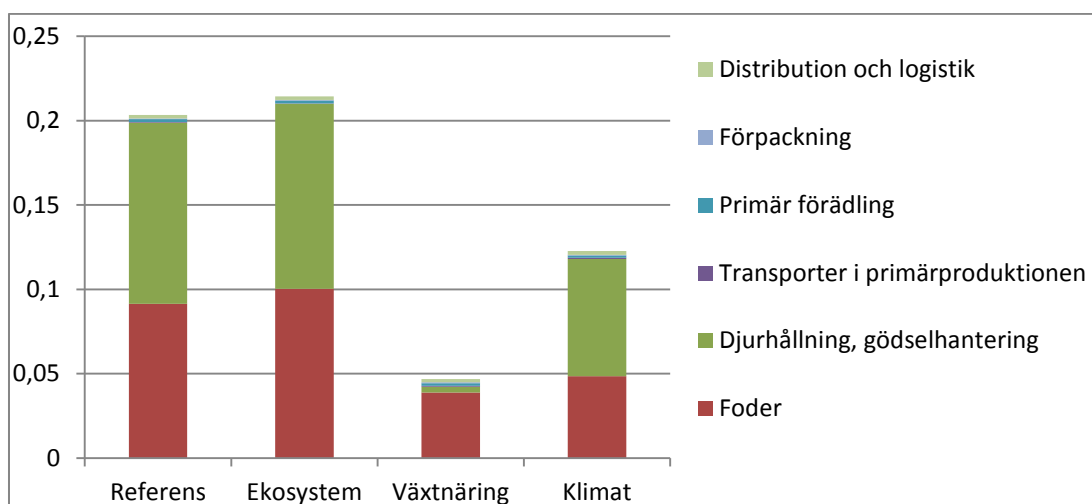
Systemens potentiella påverkan på försurning visas i Figur 25. Denna miljöpåverkan drivs till absolut största del av ammoniakutsläpp. I scenario Ekosystem ökar utsläppen som ett resultat av den ökade foderkonsumtionen (Tabell 10). Dessutom har raps högre utsläpp av försurande ämnen än sojamjöl. I scenariot har inte några ammoniakreducerande åtgärder inkluderats. I scenario Växtnäring används torv som strömedel och i stallarna används ammoniakavskiljning av ventilationsluften. Dessa två åtgärder mer eller mindre eliminerar utsläpp från stallar. Foderkonsumtionen är låg tack vare av sojainblandningen, och foderproduktionen är också "försurningseffektiv". I scenario Klimat minskar försurningen relativt referensen tack vare en mycket effektiv foderodling, vilket mer än väl kompenserar för den ökade foderkonsumtionen.



Figur 25. Utsläpp av försurande ämnen för scenarierna (mol H⁺-ekvivalenter/kg kycklingfilé).

Övergödning mark

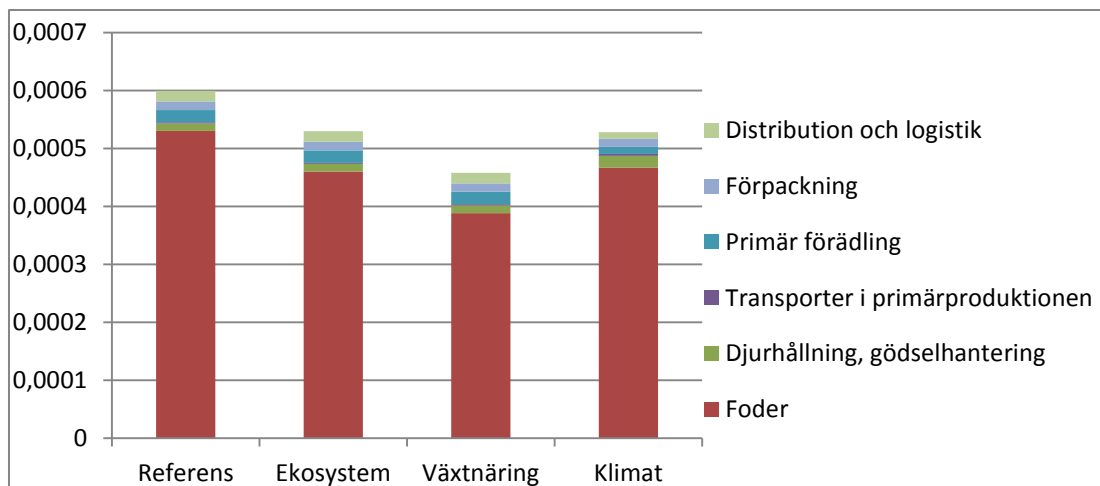
Påverkan på övergödning mark (Figur 26) förklaras av samma utsläpp som försurning, se rubrik "Försurning" ovan.



Figur 26. Utsläpp av ämnen som bidrar till övergödning mark för scenarierna (kg N-ekvivalenter/kg kycklingfilé).

Övergödning sötvatten

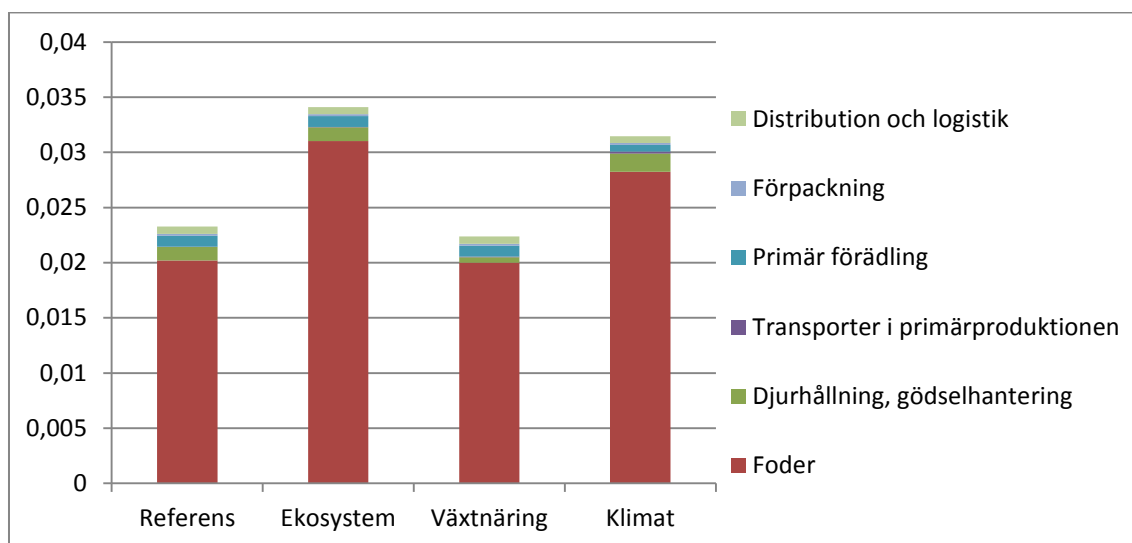
Övergödning sötvatten (Figur 27) orsakas av fosforläckage, och är alltså helt beroende på foderodlingen. Soja orsakar lägre utsläpp än raps och åkerbönor, vilket avspeglas i resultaten för scenario Växtnäring, som dessutom använder mindre foder. Detta ger lägre fosforläckage då detta är till stor del arealberoende och inte enkelt påverkas av odlingsåtgärder. Resultatet för scenario Klimat är en kombination av högre foderkonsumtion och mer raps i foderstaten.



Figur 27. Utsläpp av ämnen som bidrar till övergödning sötvatten för scenarierna (kg P-ekvivalenter/kg kycklingfilé).

Övergödning marin

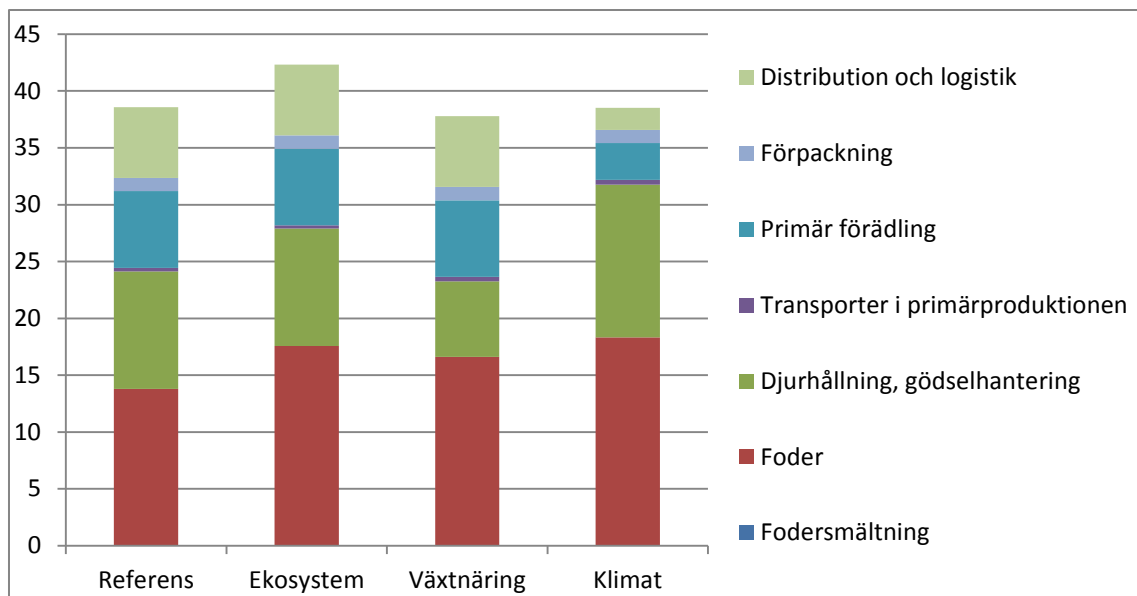
Övergödning marin (Figur 28) orsakas av kväveutsläpp till vatten, alltså främst nitratläckage från foderodling. I scenarierna Ekosystem och Klimat används mer raps och åkerböna vilket innebär högre utsläpp. I tillägg används mer foder, vilket ökar arealbehovet som i sin tur ger mer nitratläckage (som till viss del är arealberoende). Dock är foderodlingen mer effektiv med avseende på potentiellt kväveläckage i scenarierna Växtnäring och Klimat.



Figur 28. Utsläpp av ämnen som bidrar till övergödning marin för scenarierna (kg N-ekvivalenter/kg kycklingfilé)

Kumulativ energianvändning

Den kumulativa energianvändningen presenteras i Figur 29. Sammantaget sker inga stora förbättringar för denna kategori. I alla tre scenarierna ökar foderförbrukningen per kg kyckling, vilket motverkar den energieffektivisering som sker i växtodlingen. Dessutom innebär minskningen av soja i fodret en ökad energianvändning då vissa av de alternativa proteinfodermedlen har högre energianvändning per kg. I scenario Klimat minskar energianvändningen i kedjan efter gården tack vare allmän energieffektivisering.

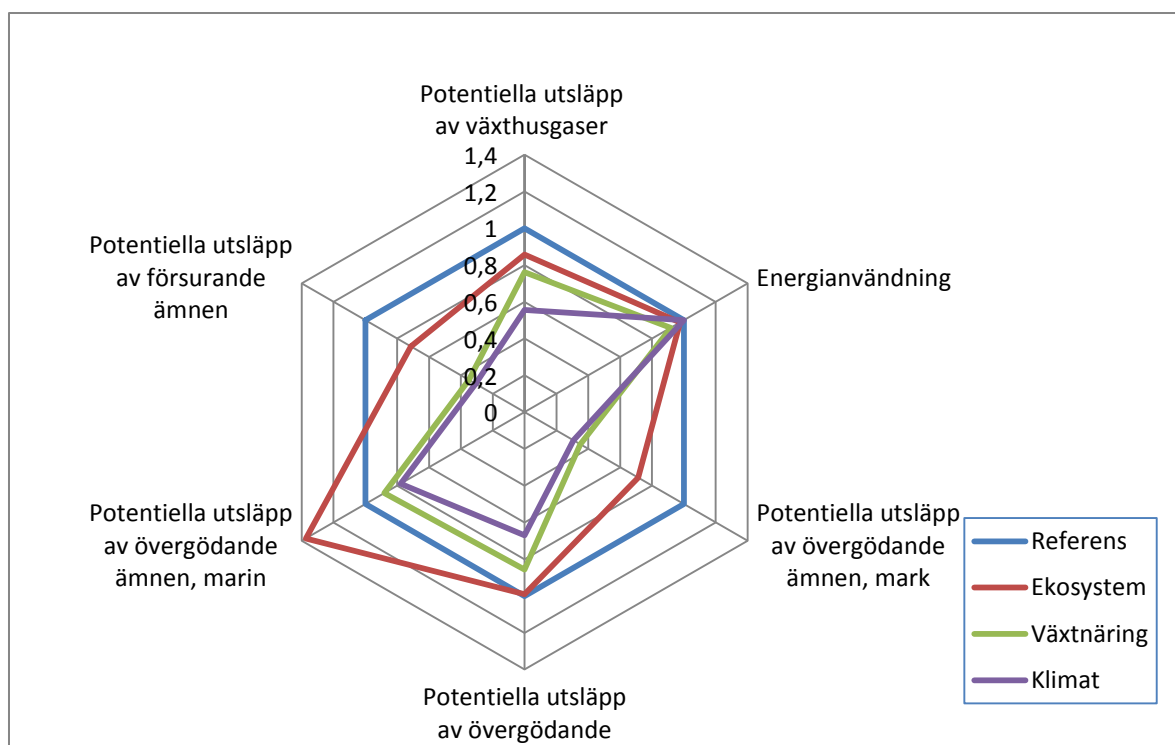


Figur 29. Kumulativ energianvändning i de tre scenarierna (MJ/kg kycklingfilé)

Mellanmjölk

I Figur 30 nedan visas en översiktlig bild av miljöpåverkan för de studerade scenarierna. Samtliga lösningsscenarier visar på en potentiell förbättring för samtliga studerade miljöpåverkanskategorier. Scenarierna Växtnäring och Klimat ligger nära varandra medan scenario Ekosystem presterar något sämre i de flesta kategorier som presenteras här. Åtgärder som ger en förbättring i samtliga miljöpåverkanskategorier är ökad mjölkavkastning, lägre dödlighet hos både kalvar och kor samt lägre inkalvningsålder. Allt detta innebär att färre djur krävs för samma produktion. En detaljerad analys av varje miljöpåverkanskategori följer nedan. Det är viktigt att bära med sig att förbättringar av mjölkproduktionens miljöprestanda innebär att andelen nötkött som måste produceras i dikalvssystemen ökar, då färre djur från mjölksystemet bidrar till nötköttsproduktionen.

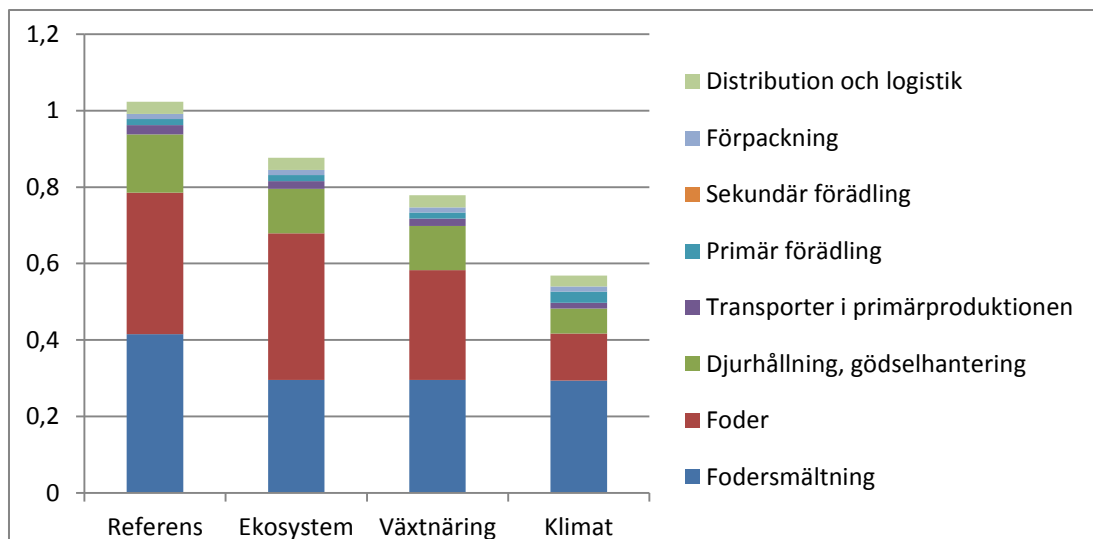
Genom att kombinera mjölkproduktion med hög avkastning (scenario Ekosystem) skapas möjligheter att använda dikobaserad produktion till att hålla naturbetesmarker brukade, med stora vinster för bevarandet och stärkande av biologisk mångfald. Priset för detta är dock ökad klimatpåverkan, försurning och övergödning.



Figur 30. Översiktlig bild av den relativa förändringen i miljöpåverkan för mjölk för de studerade scenarierna (1=Referens).

Klimatpåverkan

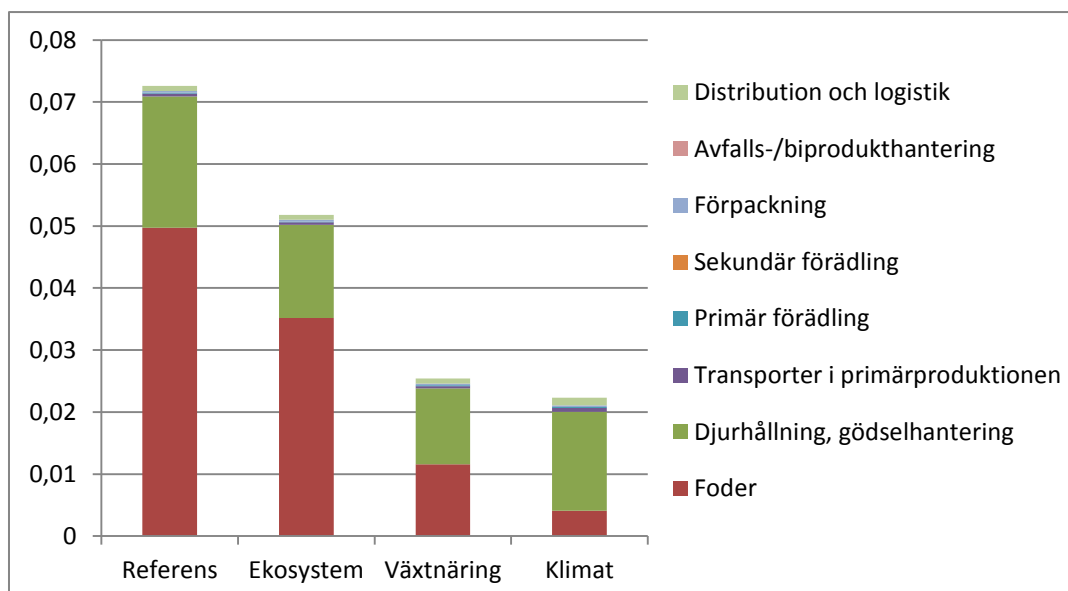
Utsläpp av växthusgaser visas i Figur 31. Alla lösningsscenarier innebär förbättringar, vilket till stor del beror på ökad mjölkavkastning per ko och lägre klimatpåverkan från foderproduktionen. Scenario Klimat har lägre mjölkproduktion än de två andra lösningsscenarierna. Trots det är utsläppen från fodersmältning inte större. Detta förklaras av en lägre rekryteringsprocent och lägre inkalvningsålder (färre rekryteringsdjur krävs, fler kalvar som går till köttproduktionssystemet och "tar med sig" viss miljöbelastning) samt mindre mängd karensmjölk tack vare lägre frekvens av juverinflammationer. Växthusgasutsläppen reduceras också från gödselhanteringen. I scenario Ekosystem beror reduktionen främst på färre kor, vilket ger mindre gödsel. I Växtnäring täcksgödselbassänger och i Klimat rötas gödseln. Detta ger ytterligare minskningar. De minskade utsläppen från foderproduktionen beror på högre skördar, minskad sojaanvändning och bättre kvävehantering (bl.a. effektivare stallgödselanvändning). I scenario Klimat används mineralgödsel med låga utsläpp samt biodiesel och fossilfri el, vilket ytterligare minskar utsläppen.



Figur 31. Utsläpp av klimatgaser för mjölk för scenarierna (kg CO₂-ekvivalenter/kg mellanmjölk).

Försurning

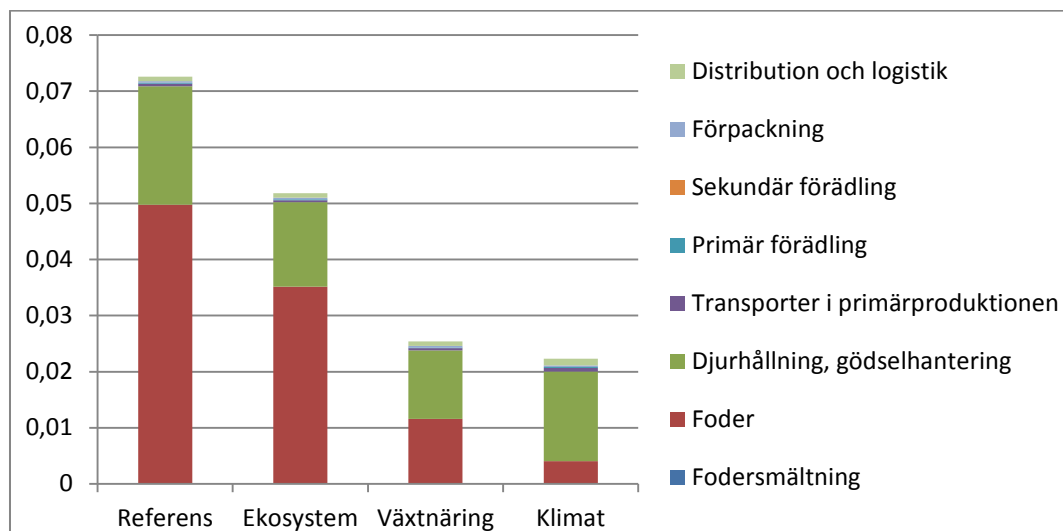
Påverkan på försurning orsakas främst av ammoniakutsläpp från stallgödselhantering och foderodling (Figur 32). Ammoniakutsläpp från foderodling orsakas till stor del av stallgödelspridning. Den stora reduktionen från foderodlingen beror förutom på bättre stallgödelspridning (teknik och tidpunkt, surgörning i scenarier Växtnäring och Klimat) också på generellt effektivare odling (se mer under rubrik "Resultat växtodling"). Det minskade totala foderbehovet bidrar också väsentligt. För lagring av stallgödsel minskas ammoniakutsläppen tack vare minskade gödselmängder och tekniska åtgärder som täckning med plastduk och surgörning vid spridning i scenario Växtnäring. I scenario Klimat rötas gödseln och rötresten surgörs vid lagring.



Figur 32. Utsläpp av försurande ämnen för mjölk för scenarierna (mol H⁺-ekvivalenter/kg mellanmjölk).

Övergödning mark

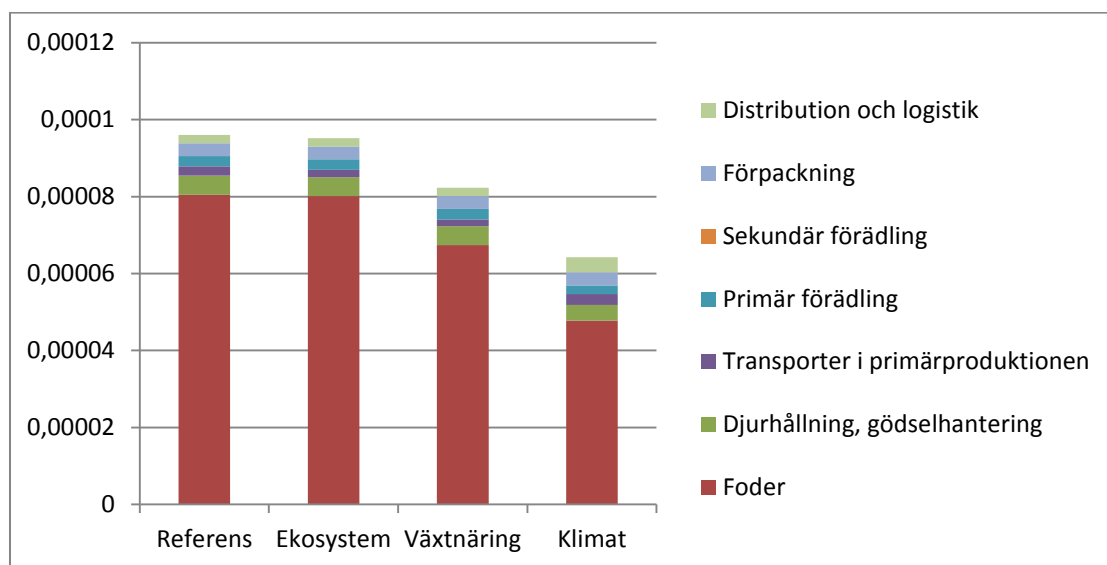
Övergödning mark (Figur 33) drivs till största delen av samma utsläpp som "Försurning", varför samma förklaringar som för försurning gäller.



Figur 33. Utsläpp av ämnen som bidrar till övergödning mark för mjölk för scenarierna (kg N-ekvivalenter/kg mellanmjölk)

Övergödning sötvatten

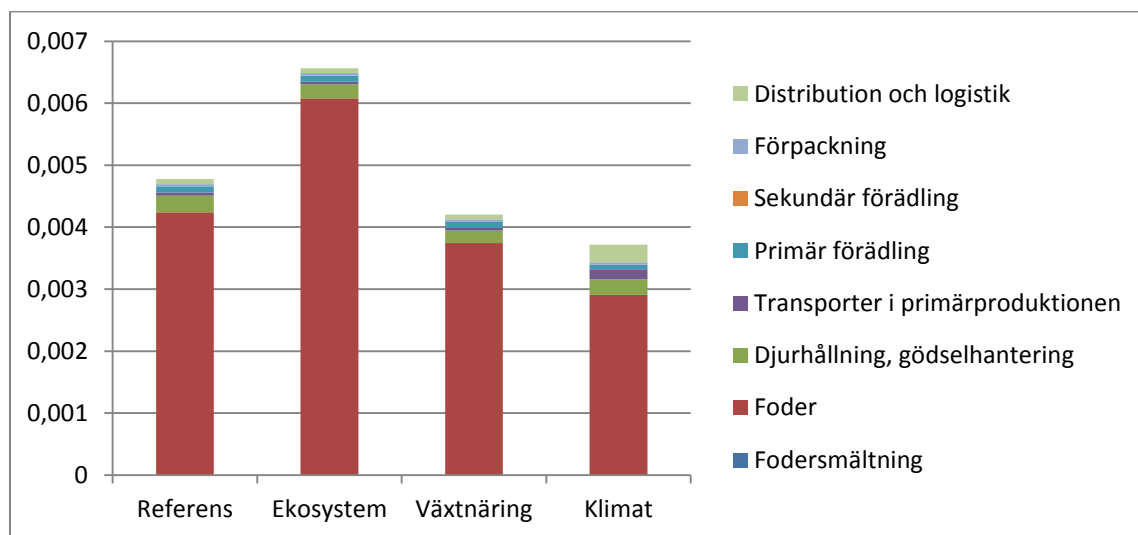
Övergödning sötvatten (Figur 34) orsakas av fosforläckage till vatten och tillverkning av förpackningsmaterial samt utsläpp från mejeriet. Det generellt minskade foderbehovet förklarar det mesta av resultatförbättringarna. Fosforläckage är svårt att påverka med odlingsåtgärder. De minskade utsläppen i lösningsscenarierna beror dels på en generell minskning som antagits som ett resultat av åtgärder på landskapsnivå (endast slättbygd), dels på mindre arealbehov tack vare ökade skördar.



Figur 34. Utsläpp av ämnen som bidrar till övergödning sötvatten för mjölk för scenarierna (kg P-ekvivalenter/kg mellanmjölk)

Övergödning marin

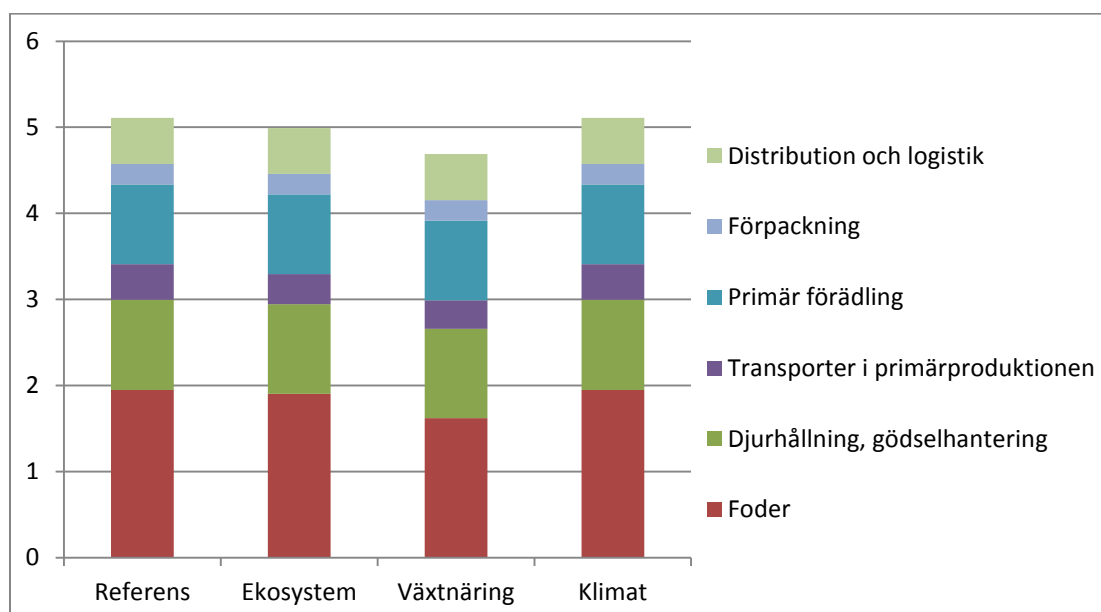
Potentiell påverkan på marin övergödning visas i Figur 35. Denna påverkan drivs till den absolut övervägande delen av kväveutsläpp till vatten, vilket i våra system utgörs av nitratläckage från foderodlingen, samt en mindre del av ammoniakförluster. I alla lösningsscenarier används kvävet effektivare, delvis tack vare bättre stallgödselspridning (tidpunkt) vilket ger en minskning. Det minskade foderbehovet ger också ett bidrag då en del av nitratläckaget delvis är arealbundet. Ökningen för scenario Ekosystem beror på att större arealer används i systemet.



Figur 35. Utsläpp av ämnen som bidrar till övergödning marin för mjölk för scenarierna (kg P-ekvivalenter/kg mellanmjölk)

Kumulativ energianvändning

Den kumulativa energianvändningen visas i Figur 40. Det finns inga stora skillnader i total energianvändning mellan scenarierna.



Figur 36. Kumulativ energianvändning för mjölk för scenarierna (MJ-ekvivalenter/kg mellanmjölk)

Lagrad ost

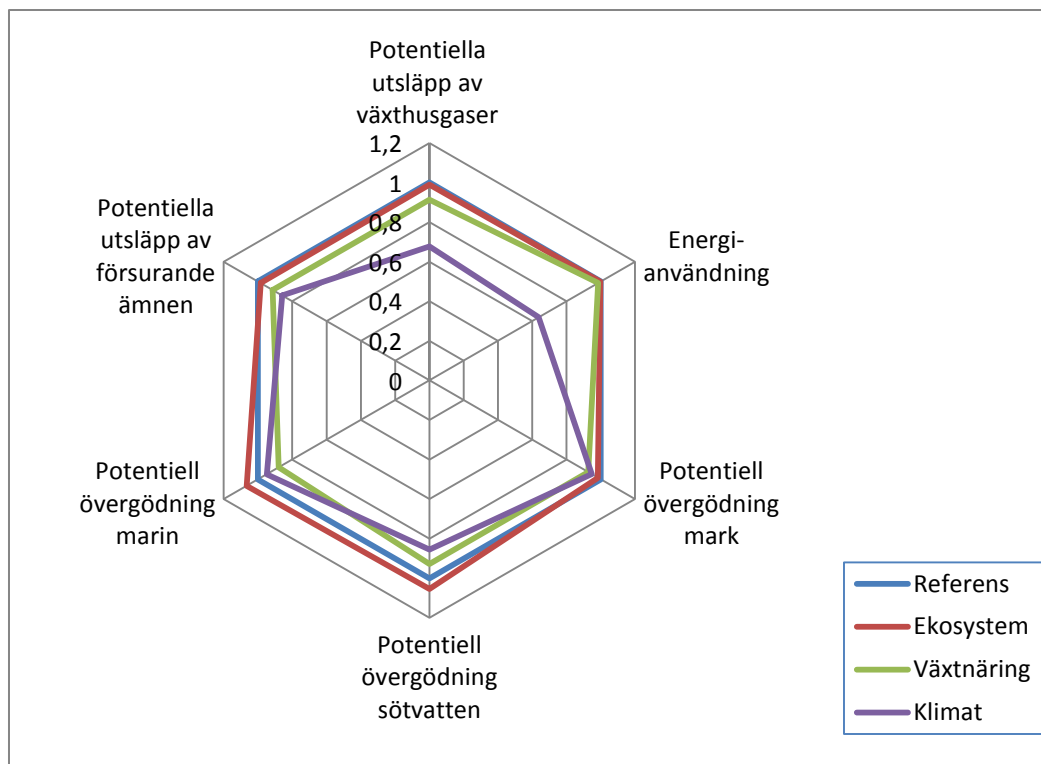
Miljöpåverkan av ost domineras helt av mjölkråvaran som används, varför resultatpresentationen i det föregående avsnittet (under rubriken "Mellanmjölk") till allra största delen är applicerbart även på ost. Naturligtvis är inte de absoluta talen desamma, varför dessa presenteras i Tabell 11 nedan. Den skillnad som finns är att spillminskningen i scenario Klimat har större betydelse för den lagrade osten än för mellanmjölken

Tabell 11. LCA-resultat för ost. Alla resultat anges per kg ost vid butik

	Referens	Ekosystem	Växtnäring	Klimat
Potentiell klimatpåverkan (kg CO ₂ -ekv.)	11,6	9,9	8,8	6,1
Potentiell försurning (mol H ⁺ -ekv.)	0,19	0,14	0,07	0,06
Potentiell övergödning mark (molc N-ekv.)	0,83	0,59	0,29	0,25
Potentiell övergödning sötvatten (kg P-ekv.)	0,0011	0,0011	0,0010	0,0007
Potentiell övergödning marin (kg N-ekv.)	0,058	0,078	0,051	0,041
Kumulativ energianvändning (CED) (MJ-ekv.)	89,5	88,2	84,7	45,4

Styckbröd

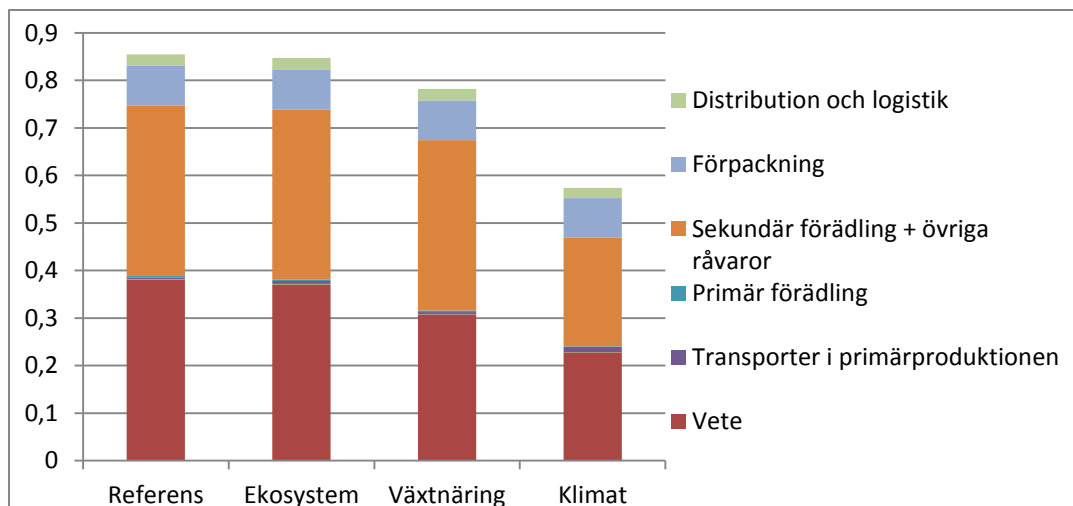
I Figur 37 nedan visas en översiktlig bild av miljöpåverkan för de studerade scenarierna. Samtliga lösningsscenarier visar på en potentiell förbättring för samtliga studerade miljöpåverkanskategorier, där Klimat faller bäst ut, följt av Växtnäring och Ekosystem. De två miljöpåverkanskategorier som skiljer sig är dels övergödning marin där scenario Växtnäring har lägst påverkan, dels klimatpåverkan där scenario Klimat har lägst påverkan. En generell iakttagelse är att det är produktion av råvaran, vete, och bakningen som dominerar. En detaljerad analys av varje miljöpåverkanskategori följer nedan. Notera att posten "Sekundär förädling och andra råvaror" innehåller både bakningen och produktion av de kompletterande ingredienserna i brödet.



Figur 37. Översiktlig bild av den relativa förändringen i miljöpåverkan för styckbröd för de studerade scenarierna (1=Referens).

Klimatpåverkan

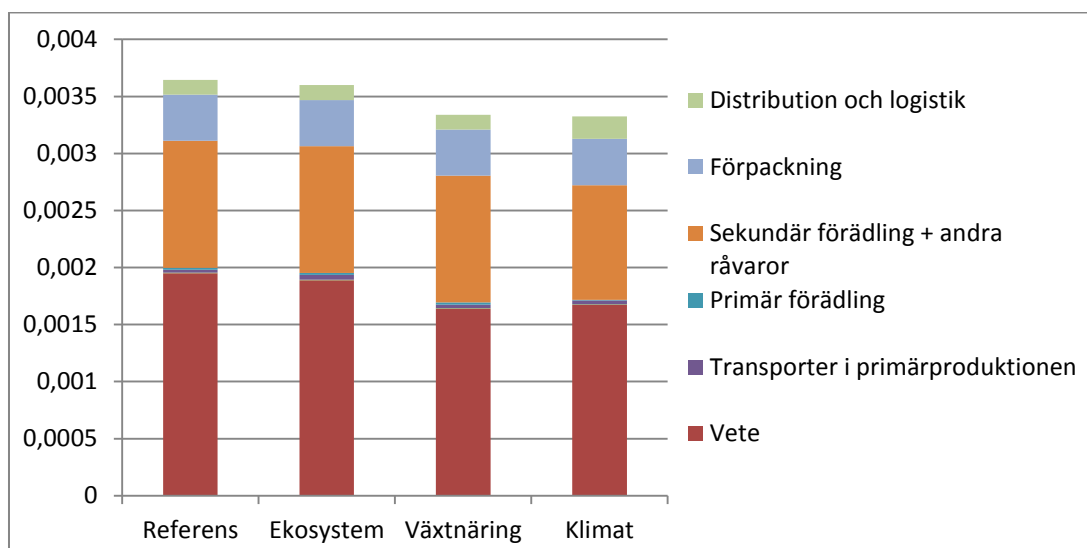
Utsläpp av växthusgaser visas i Figur 38. Scenarierna Växtnäring och Klimat medför mindre påverkan medan scenario Ekosystem har oförändrade utsläpp per kg bröd. Klimatpåverkan för spannmål generellt redovisas under rubrik "Resultat växtodling", men är inte helt överförbart på bröd. Anledningen är att det till bröd bara används vete som produceras på en eller två av typgårdarna, under det att resultaten i det tidigare nämnda avsnittet behandlar all spannmålsodling. Brödveteproduktionen i scenario Ekosystem har i stort sett samma klimatpåverkan per kg som referensen. Den ökade skörden av höstvete vägs upp av att en del vårvete odlas, för att få växtföljden att fungera. Vårvete har högre klimatpåverkan per kg. De förändringar som görs med stallgödselhanteringen (som spridningstidpunkt) tillgodoses främst djurhållningen. Förändringar i övriga delar av kedjan påverkar inte resultaten för scenario Ekosystem. Dessutom ökar dieselanvändningen något på grund av mer jordbearbetning och mekanisk ogräsbekämpning, men ökningen är relativt begränsad. I scenario Växtnäring förbättras veteodlingen genom effektivare kvävehantering. Mer användande av stallgödsel i brödveteodlingen och bättre utnyttjande av kvävet i stallgödsel. Detta minskar behovet av mineralgödsel men ökar de indirekta utsläppen av lustgas något då mer kväve cirkulerar i odlingen. I scenario Klimat används till stor del samma åtgärder som i Växtnäring. I tillägg används rötad stallgödsel som ger ännu bättre kväveutnyttjande, kylning av spannmål (som går på el) istället för torkning (som använder el och olja) samt framför allt användande av mineralgödsel som tillverkas med betydligt lägre utsläpp av lustgas och slutligen biodiesel i traktorer. Detta förklarar minskningen av klimatpåverkan i veteproduktionen. För den industriella delen av kedjan minskar växthusgasutsläppen tack vare energibesparing och byte till biobränsle och fossilfri el. Dessutom minskar transportarbetet något tack vare ökad lastgrad genom bröd med bättre packningsgeometri.



Figur 38. Utsläpp av klimatgaser för styckbröd för scenarierna (kg CO₂-ekvivalenter/kg bröd).

Försurning

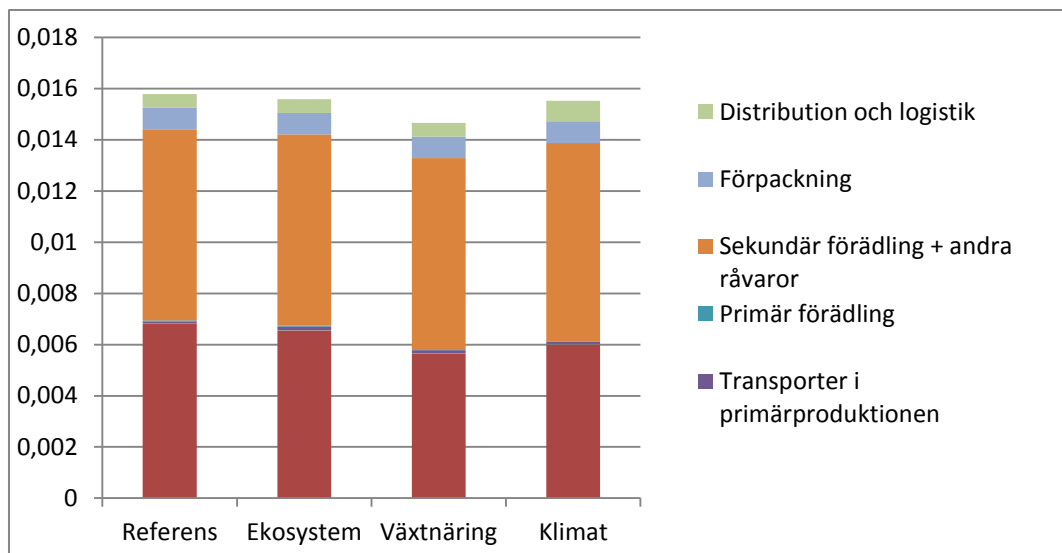
Påverkan på försurning orsakas främst av ammoniakutsläpp från veteodlingen, förbränning för värmeproduktion till bageriet samt förpackningstillverkning (Figur 39). Det sker inga stora förändringar mellan scenarierna, men en viss minskning sker i scenarierna Växtnäring och Klimat. Anledningen är bättre stallgödselhantering, främst att gödseln som används surgörs i båda scenarierna.



Figur 39. Utsläpp av försurande ämnen för styckbröd för scenarierna (mol H⁺-ekvivalenter/kg bröd).

Övergödning mark

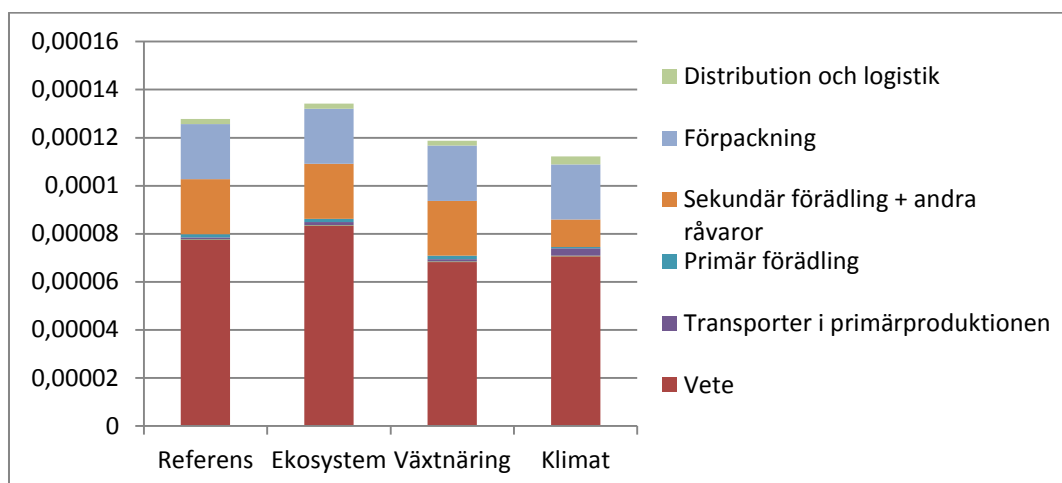
Övergödning mark (Figur 40) drivs av samma utsläpp som "Försurning". Dock är förbränning för värmeproduktion det största bidraget och övergång till biobränslen minskar inte ammoniakutsläppen. Därför blir skillnaderna små.



Figur 40. Utsläpp av ämnen som bidrar till övergödning mark för styckbröd för scenarierna (kg N-ekvivalenter/kg bröd)

Övergödning sötvatten

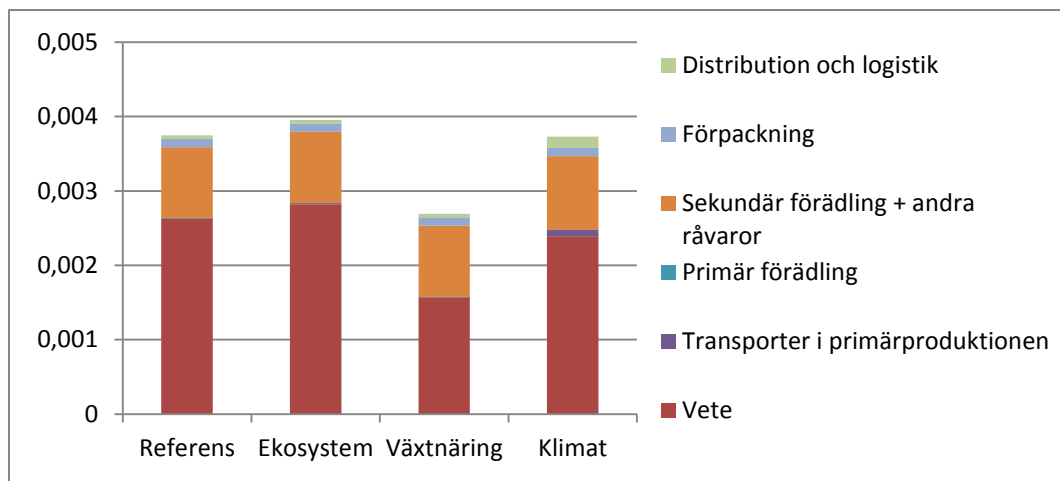
Övergödning sötvatten (Figur 41) orsakas av fosforläckage till vatten, förbränning för värmeproduktion och tillverkning av förpackningsmaterial. Fosforläckage från åkermark är svårt att påverka med odlingsåtgärder. De minskade utsläppen i lösningsscenarierna beror dels på en generell minskning som antagits som ett resultat av punktåtgärder (endast slättbygd), dels på mindre arealbehov tack vare ökade skördar. I scenario Klimat används mindre värme, varför utsläppen minskar något.



Figur 41. Utsläpp av ämnen som bidrar till övergödning sötvatten för styckbröd för scenarierna (kg P-ekvivalenter/kg bröd)

Övergödning marin

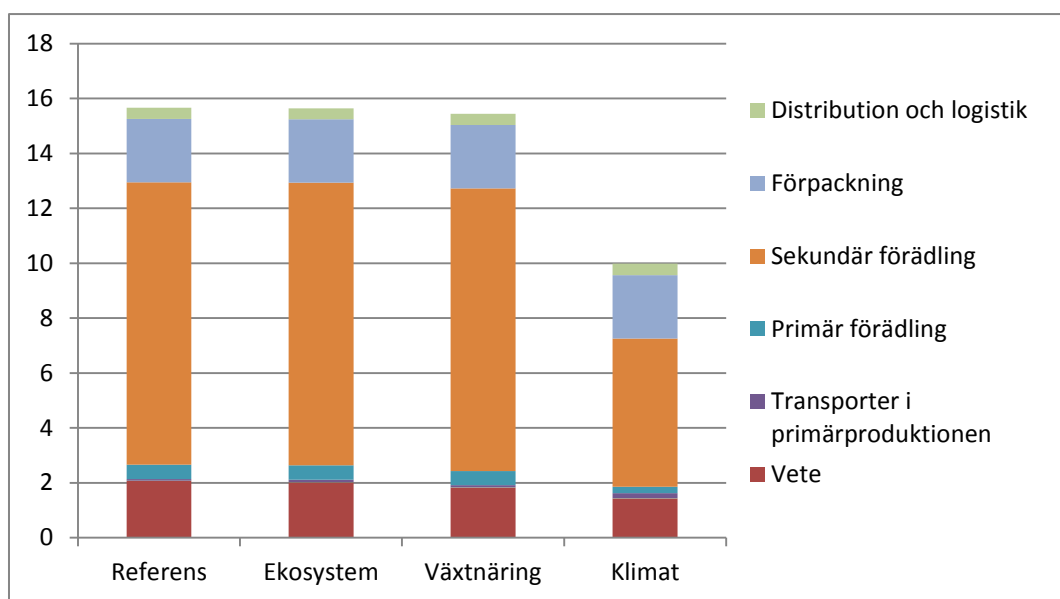
Potentiell påverkan på övergödning marin visas i Figur 42. Denna påverkan drivs till den absolut övervägande delen av kväveutsläpp till vatten, vilket i våra system handlar om nitratläckage från foderodlingen, samt en mindre del av ammoniakförluster. Även förbränning för värmeproduktion bidrar. I scenario Växtnäring sätts ett batteri av åtgärder in som minskar nitratläckaget (fånggrödor, vårplöjning, precisionsodling). Dessutom används kvävet effektivare, delvis tack vare bättre stallgödselspridning (tidpunkt) vilket också ger en minskning.



Figur 42. Utsläpp av ämnen som bidrar till övergödning marin för styckbröd för scenarierna (kg P-ekvivalenter/kg bröd)

Kumulativ energianvändning

Den kumulativa energianvändningen visas i Figur 43. I scenario Klimat sker betydande minskningar, som främst förklaras av stor energieffektiviseringspotential i bakningen, där scenario Klimat innehåller fler åtgärder. Även den mer energieffektiva odlingen påverkar resultaten.



Figur 43. Kumulativ energianvändning för scenarierna (MJ/kg bröd)

Företagsekonomiska produktionskostnader

I nedanstående avsnitt redovisas de långsiktiga företagsekonomiska produktionskostnaderna på gårdsnivå i referensalternativet och de tre framtidsscenarierna. Förutsättningarna för beräkningarna beskrivs i stycket Företagsekonomiska produktionskostnader i primärproduktionen - beräkningsmetoder och kalkyldata ovan.

Nötköttproduktion

I Figur 44 visas beräknade produktionskostnader samt ersättning till betesmark (= miljöersättning + kompensationsbidrag + gårdsstöd) och den förväntade "nötpengen" till nötkreatur över ett år. Beloppen anges per kg producerat ungnötskött. Miljöersättningarna till betesmarken och "nötpengen" anges som vänsterriktade staplar. De olika kostnadsposterna visas med högerriktade staplar. Nettokostnad per kg kött (= summa kostnader minus ersättning till betesmark och nötpeng) anges med svarta högerriktade staplar. För slaktungnöt födda av mjölkkor ("mjölk" eller "mjölk*kött" om de är seminerade med kötrassperma) omfattar produktionen enbart uppfödningen av det aktuella djuret. För slaktungnöt födda av dikor ("di") ingår även kostnader, betesersättning och "nötpeng" för kon som fött ungnötet.

Beteckningen UB vid namngivningen av de olika produktionsmodellerna i figuren betyder utan bete. Det innebär att ungnöt födda av mjölkkor uppföds helt på stall utan bete och att ungnöt födda av dikor uppföds på helt på stall utan bete efter den första sommaren då de går på bete utan sina mödrar. **UB-produktionsmodellerna finns i scenarierna Växtnäring och Klimat.**

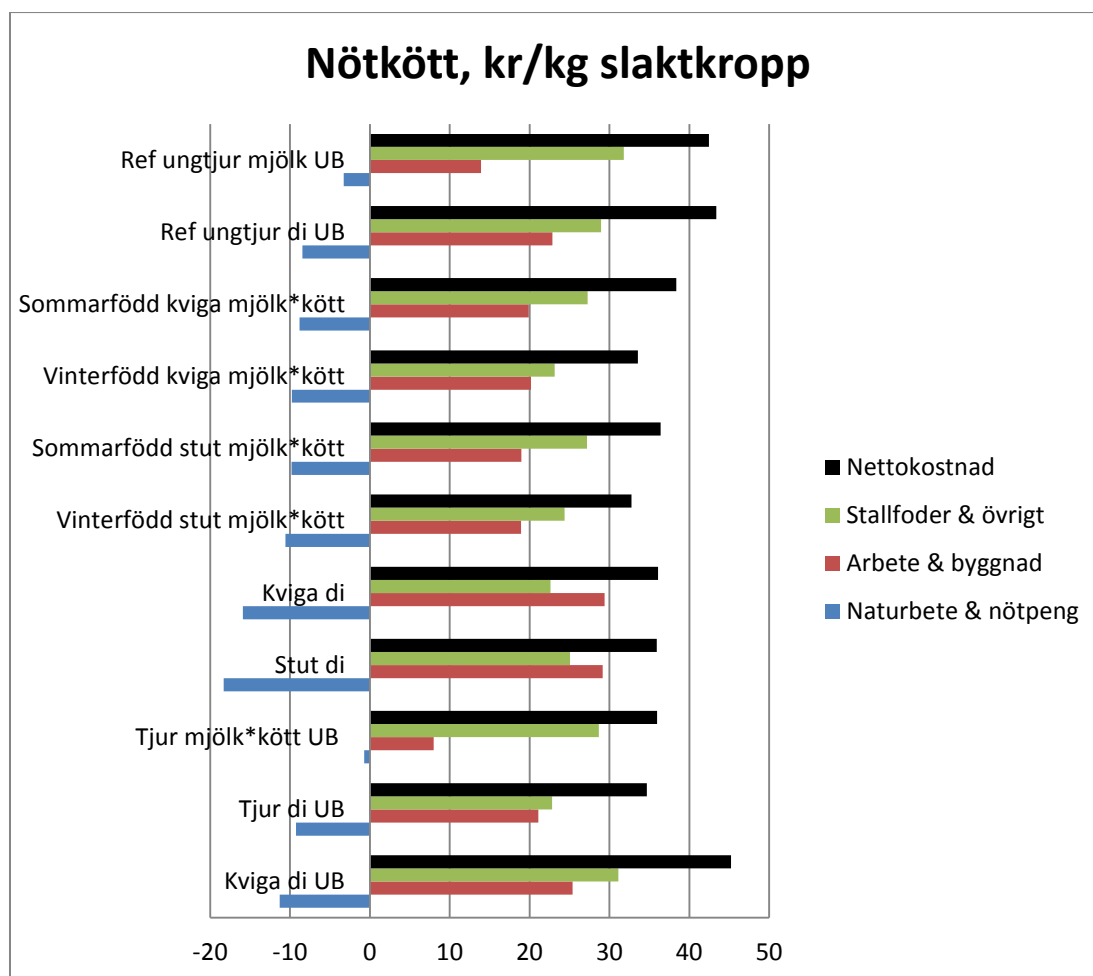
Uppfödningssystemer utan beteckningen UB innebär att djuren går på bete en stor del av uppfödningen. Dessa modeller **finns i scenario Ekosystem.**

Det är alltså nettokostnaden efter avdrag för nötpeng samt miljöersättningar och gårdsstöd till betesmark, och i mellanbygd (stödområde 5b) även kompensationsbidrag, som beräknas. Då miljöersättningar och kompensationsbidrag i landsbygdsprogrammet 2014-2020 ännu (oktober 2014) inte är fastställda används 2013 års belopp för dessa ersättningar och bidrag. Kompensationsbidraget per ha betesmark i mellanbygd är 750 kr. Miljöersättningen är 1250 kr för betesmarker med allmänna värden och 2650 kr för betesmarker med särskilda värden. Det antas att två tredjedelar av betesmarken har miljöersättning för allmänna värden och en tredjedel har tilläggsersättning för särskilda värden. För betesmark görs tillägg även för det förväntade nationellt utjämnade gårdsstödet på 1725 kr per ha då beteshävd normalt fordras för att få detta stöd. Däremot ingår inte gårdsstöd till åker i beräkningarna då gårdsstöd till åker inte kräver odling.

De beräknade nettokostnaderna enligt figuren är lägst för stutar och kvigor födda under vintern av mjölkkor som seminerats med kötrassperma (Vinterfödd stut mjölk*kött och Vinterfödd kvinga mjölk*kött). För dessa alternativ är kostnaden per kg kött cirka 33 kr. Denna relativt låga kostnad beror på att kalvarna är "billiga biprodukter" mjölkproduktionen (stutkalv 2500 kr och kvingkalv 2100 kr) samtidigt som de har två hela betessäsonger före slakt, vilket resulterar i hög betesersättning och relativt billigt vinterfoder. Kalvar födda av dikor blir mer än dubbelt så dyra om kon skall få full kostnadstäckning. Om mjölk*kött stutarna och kvigorna är födda på sommaren får de bara en och en halv betessäsong före slakt, vilket resulterar i lägre miljöersättning och dyrare vinterfoder och därmed högre nettokostnader.

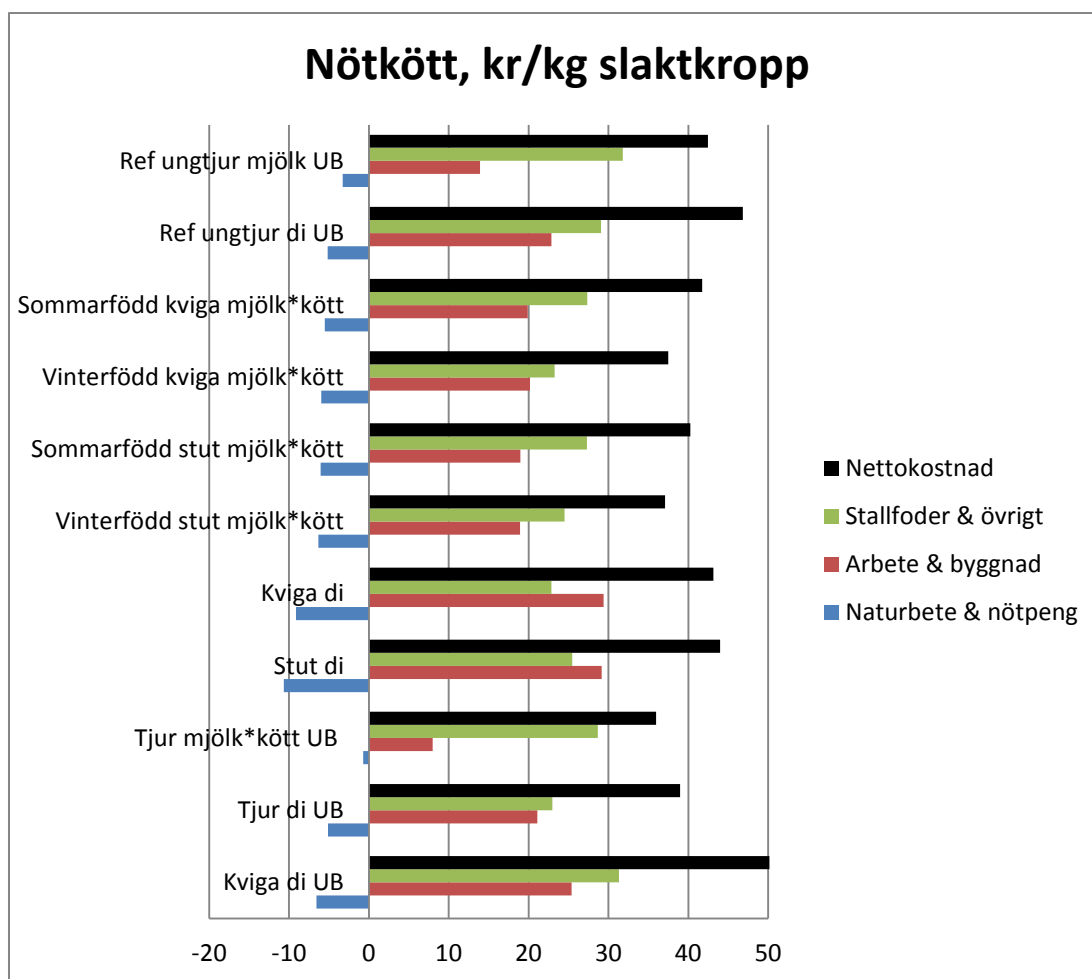
Huvuddelen av produktionsmodellerna har nettokostnader inom intervallet 35-38 kr/kg. Det innebär bl.a. att produktionsmodeller med bete såsom stut och slaktkvinga född av diko (Stut di respektive Kvinga di) och Sommarfödd stut född av mjölkko seminerad med kötrassperma (Sommarfödd stut mjölk*kött) har ungefär samma ekonomiska förutsättningar som slakttjurar uppfödda utan bete (Tjur di UB och Tjur mjölk*kött UB). Det är betesersättningarna och i viss mån nötpengen som gör att den betesbaserade köttproduktionen kan konkurrera med tjuruppfödning som helt eller i huvudsak sker

på stall. Figur 44 bygger på att all betning sker på naturbetesmark och att en tredjedel av denna betesmark har tilläggsersättning för särskilda värden.



Figur 44 Beräknad produktionskostnad per kg nötkött i mellanbygder. Ref = Referensen; mjölk = köttjuret är fött av mjölkko; di = köttjuret är fött av en diko; mjölk*kött = köttjuret är fött av en mjölkko inseminerad med kötrassperma; UB = köttjuret uppfött helt utan bete om det är fött av en mjölkko och utan bete efter avvänjningen om det är fött av en diko.

Figur 45 bygger på antagandet att två tredjedelar av betet är naturbetesmark utan särskilda värden och att en tredjedel är åkerbete med nettokostnaden noll (miljöersättning + kompensationsbidrag = kostnad för stängsel, skötsel och mark). Då ökar de betesbaserade produktionsmodellernas nettokostnader kraftigt. I detta fall är det Tjur mjölk*kött UB som har lägst nettokostnad. Lägst nettokostnad i den dikobaserade produktionen får en produktionsmodell utan bete efter avvänjningen (Tjur di UB). Dessa två alternativ tillsammans med Vinterfödd stut mjölk*kött och Vinterfödd kviga mjölk*kött är de enda som har nettokostnader under 40 kr/kg vid de lägre betesersättningarna enligt Figur 45.



Figur 45 Beräknad produktionskostnad per kg nötkött i mellanbygder vid lägre miljöersättningar till betet enligt texten ovan.

Det genomsnittliga producentpriset på ungnötskött har åren 2011-2014 legat på cirka 31 kr/kg (Agriwise, 2015). Samtliga beräknade produktionsalternativ har högre kostnader än detta. Till skillnad från övriga undersökta produktionsgrenar verkar det alltså vara svårt att finna ekonomiskt hållbara produktionssystem för nötkött. Om arbetskostnaderna överstiger nuvarande lantarbetarelön blir det ännu svårare. Dessutom prognostiseras det reala världsmarknadspriset på nötkött falla fram till början av 2020-talet.

En stor del av de beräknade kostnaderna i nötköttsproduktionen är byggnader. Investeringsbidrag till byggnader kan därför förbättra nötköttsproduktionens ekonomiska förutsättningar. Produktion i väl fungerande befintliga byggnader kan också "gå runt" så länge de håller i synnerhet om också brukaren accepterar lägre arbetsersättning än lantarbetarelön. Det senare kan kanske vara möjligt i vissa fall då nötköttsproduktion lättare än t.ex. mjölkproduktion kan bedrivas på deltid vid sidan av ett annat arbete.

I kostnadsberäkningar och analys ovan antas att nötköttsproduktionen sker i mellanbygder med tidigare angiven arrondering. En stor del av nötköttsproduktionen sker emellertid i skogsbygder där arronderingen är väsentligt sämre. Då blir produktionskostnaden per kg kött högre än de som beräknats. De flesta nötköttbesättningar är också väsentligt mindre än de som antas i kalkylerna. För att mindre kött djursbesättningar, särskilt i skogsbygder, skall vara ekonomiskt hållbara krävs höga

kompensationsbidrag och/eller ”billiga befintliga resurser” i form av byggnader utan lönsam alternativ användning och lantbrukare med låga krav på arbetsersättning (Kumm, 2006).

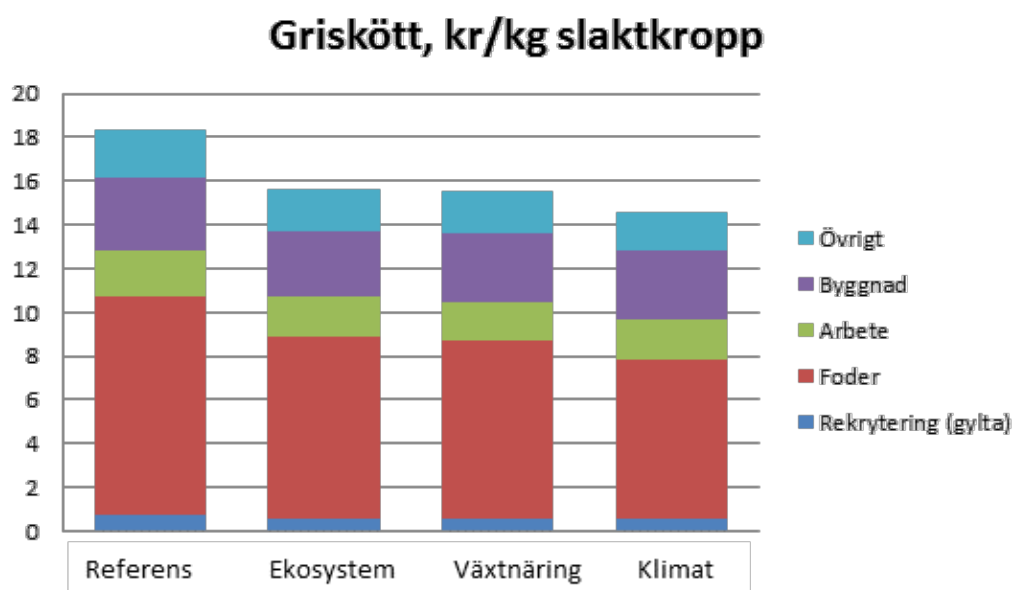
Griskött

I Figur 46 visas de beräknade produktionskostnaderna per kg slaktkropp av gris dels i referensen, dels i de tre framtidsscenarierna. Kostnaderna är uppdelade på rekryteringsgylta, foder, arbete, byggnad och övriga kostnader (bl.a. strömedel, el, semin, veterinär & medicin och ränta på djur- och rörelsekapital). Summa kostnader är drygt 18 kr/kg i referensen, cirka 15,50 kr/kg i scenarierna Ekosystem och Växtnäring samt cirka 14,60 kr/kg i scenario Klimat.

I scenarierna Ekosystem och Klimat används inte sojamjöl medan detta fodermedel används i stor utsträckning i Referensen och i mindre mängder i scenario Växtnäring. Sojamjöllet ersätts främst med rapsmjöl i scenario Ekosystem och främst med åkerböna i scenario Klimat samt med syntetiska aminosyror i båda fallen.

Kostnaderna är väsentligt lägre i framtidsscenarierna än i Referensen tack vare förbättrade biologiska produktionsresultat i form av flera avvanda smågrisar per suga och effektivare foderutnyttjande samt billigare foder tack vare mindre sojamjöl och mera kostnadseffektiv odling av fodersäd. Orsakerna till att scenario Klimat har lägst kostnad är något lägre foderåtgång per kg producerat kött än i de övriga framtidsscenarierna samt lägre kostnad per kg foder tack vare att soja inte används samtidigt som den egna fodersädsodlingen är kostnadseffektiv. I scenario Ekosystem bidrar grüngödslingsvall i växtföljden till att odlingskostnaden blir högre för fodersäden vilket leder till högre kostnader per kg kött.

Om sojamjölpriset sänks från 5,30 kr/kg, vilket Figur 46 baseras på, till 3,50 kr/kg är fortfarande Referensen väsentligt dyrare än de andra alternativen samtidigt som scenario Klimat fortsätter att vara klart billigast. Om arbetskostnaden stiger till 25 % över lantarbetarelönen så ökar kostnaden per kg kött i framtidsalternativen med cirka 60 öre/kg. Kostnaden i scenario Klimat blir då 15,20 kr/kg.



Figur 46 Beräknad produktionskostnad per kg slaktkropp av gris

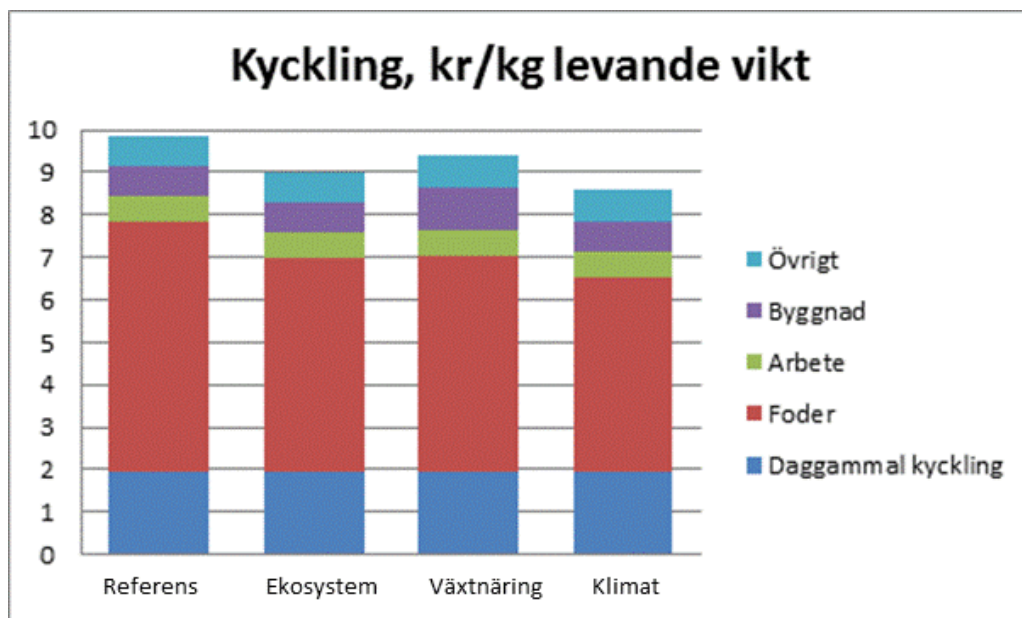
Priserna på griskött har varierat kraftigt under senare år. Åren 2010-2012 var medelpriset cirka 17 kr/kg medan det år 2013 endast var 13,50 kr/kg (Agriwise, 2014). Detta antyder att produktionen åtminstone i scenario Klimat, med en beräknad kostnad på 14,60 i grundkalkylen och 15,20 vid 25 % högre arbetskostnader, är ekonomiskt hållbar i genomsnitt över ett antal år om de genomsnittliga priserna sedan 2010 blir bestående. Världsmarknadspriset på griskött förväntas vara ungefär oförändrat fram till början av 2020-talet (SOU 2014:38).

Slaktkyckling

I Figur 3 visas beräknad produktionskostnad per kg levande vikt av slaktkyckling. Kostnaderna skiljer sig åt i huvudsak endast beträffande foderkostnaden. Men i scenario Växtnäring är byggnadskostnaden 0,30 kr/kg högre på grund av att luften från stallarna renas från ammoniak i en så kallad scrubber. Övriga kostnader är praktiskt taget de samma beroende på att den biologiska och tekniska produktiviteten i uppfödningen är ungefär den samma i samtliga fyra alternativ.

Summa kostnader är knappt 10 kr per kg levande vikt vid slakt i Referensen. I scenario Ekosystem är de 9 kr medan de är drygt 9 kr scenario Växtnäring och knappt 8,60 i scenario Klimat. Lägst kostnad har alltså scenario Klimat i vilken soja inte ingår i fodret men proteinhalten hålls på en hög nivå genom inblandning av bl.a. åkerböna och syntetiska aminosyror i fodret.

För att få en uppfattning om hur känsliga resultaten är för priser på insatsvaror och arbete har två förenklade känslighetsanalyser gjorts. I grundkalkylen, som ligger till grund för Figur 3, är sojamjölpriset 5,30 kr/kg. Om det sänks till 3,50 kr/kg minskar produktionskostnaden per kg kyckling till cirka 9 kr/kg i referensscenariot och scenario Växtnäring där sojamjöl ingår. Scenario Klimat utan sojamjöl är alltså bäst även vid det låga sojapriset. Om arbetskostnaderna stiger till 25 % över lantarbetarelönen ökar kostnaden per kg kyckling med drygt 10 öre/kg. Kostnaden i scenario Klimat blir då 8,70 kr/kg.



Figur 47 Beräknad produktionskostnad per kg slaktkyckling levande vikt.

Priset på slaktkyckling till uppfödarna har under åren 2010-2013 legat på drygt 9 kr/kg (Agriwise, 2014) vilket antyder att produktion enligt scenario Ekosystem och i synnerhet enligt scenario Klimat

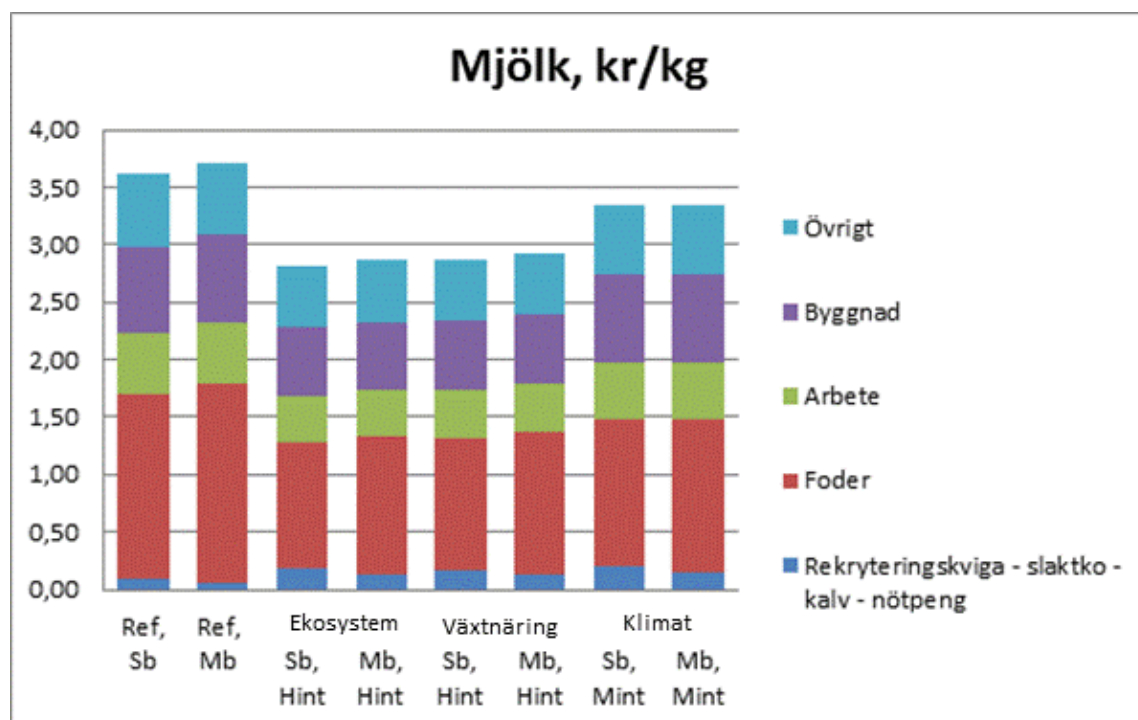
är ekonomiskt hållbar. Utan merkostnad för scrubbern skulle produktionskostnaderna även i scenario Växtnäring understiga de senaste årens producentpriser. Dock bör nämnas att merkostnaden (förutom foderförbrukningen) för den något längre uppfödningstiden inte inkluderats i kalkylen, vilket skulle öka produktionskostnaden något.

Mjolk

Figur 48 visar olika kostnadskomponenter i mjölkproduktionen. Övrigt innefattar kostnader för bl.a. ströhalm, semin, veterinär & medicin, energi och ränta på djur- och rörelsekapital. De beräknade totala kostnaderna per kg mjölk är lägst i scenarierna Ekosystem och Växtnäring (cirka 2,85 kr/kg). I båda dessa scenarier är mjölkproduktionen högtintensiv med en årsmedelavkastning på 11 000 kg per ko. Kostnaderna är väsentligt högre i scenario Klimat (cirka 3,30 kr/kg) där produktionen är medelintensiv med en årlig medelavkastning på 9 000 kg. Högst är kostnaden i Referensen (cirka 3,60 kr/kg) där kornas mjölkavkastning är lägre. Hög avkastning per ko gör att såväl byggnads- och arbetskostnaden som foderkostnaden per kg mjölk blir lägre.

Om arbetskostnaden stiger till 25 % över nuvarande lantarbetarelön ökar produktionskostnaden per kg mjölk med cirka 15 öre. Kostnaden per kg mjölk blir då cirka 3 kr i den högtintensiva produktionen.

Mjölkspriser har varierat kraftigt under senare år. Åren 2010-2012 var medelpriset 3,35 kr/kg. Under 2013 var det 3,71 kr/kg (Agriwise, 2014). Under 2014 har det fallit kraftigt. Om de framtida priserna håller sig på de nivåer som rådde 2010-2013 är den högtintensiva mjölkproduktionen i scenarierna Ekosystem och Växtnäring ekonomiskt hållbar i både slätt- och mellanbygder. Däremot är den medelintensiva produktionen knappast hållbar, särskilt inte om arbetskostnaderna kommer att ligga över nuvarande lantarbetarelön. Dessutom prognostiseras det reala mjölkpriset på världsmarknaden falla betydligt fram till början av 2020-talet (SOU 2014:38). Slår detta igenom i Sverige kommer även den högtintensiva produktionen få problem.



Figur 48 Beräknad produktionskostnad per kg mjölk. Ref = Referensen; Sc = de tre scenarierna; Sb = Slättbygd; Mb = mellanbygd; Hint = Högtintensiv mjölkproduktion; Mint = Medelintensiv mjölkproduktion

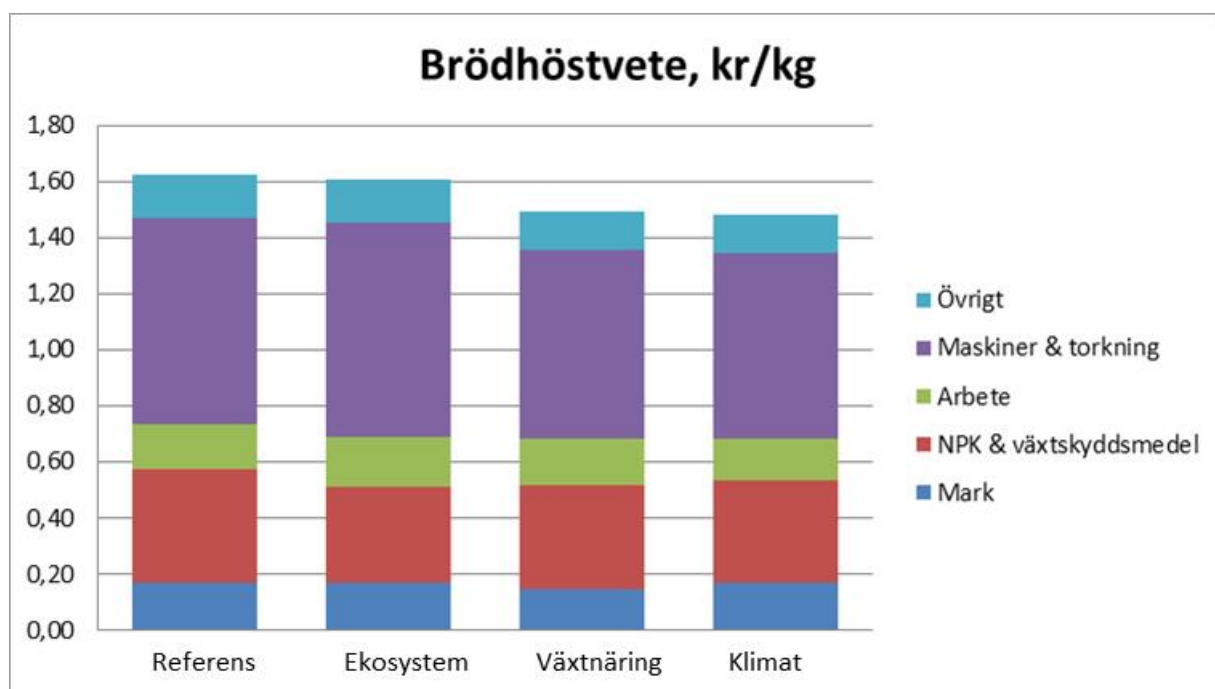
Kostnaderna är något högre i mellanbygden än i slättbygden på grund av högre kostnader i foderodlingen i mellanbygden till följd av sämre arrondering. Det antas att medelfältet i mellanbygden är 5 ha och det genomsnittliga avståndet mellan fält och brukningscentrum är 5 km. En icke obetydlig del av mjölkproduktionen sker i skogsbygder med väsentligt sämre arrondering än den som antas för mellanbygden. Besättningsstorleken antas vara 180 kor och så stora mjölkbesättningar i skogsbygder måste i många fall bruka väsentligt mindre åkrar som i genomsnitt ligger väsentligt längre bort för att försörja sina djur med foder och få tillräcklig spridningsareal för sin gödsel. Då blir bruknings- och transportkostnaderna högre och därmed blir produktionskostnaden per kg mjölk högre än de som redovisas i Figur 48. Om å andra sidan besättningarna är mindre blir arbetsåtgången och byggnadskostnaderna per ko högre än de beräknade, vilket också ökar produktionskostnaden per kg mjölk. För att mjölkproduktionen skall vara ekonomiskt hållbar i skogsbygder fordras höga kompensationsbidrag.

Brödvete

I Figur 49 visas de beräknade produktionskostnaderna för brödhöstvete på spannmålgårdar utan djur och stallgödsel i slättbygder; alltså på gårdar av det slag där huvuddelen av brödsädesodlingen sker. Kostnaderna är uppdelade på mark, NPK & växtskyddsmedel, arbete, maskiner & torkning samt övriga kostnader (bl.a. utsäde och ränta på rörelsekapital). Summa kostnader är cirka 1,60 kr/kg i Referensen och scenario Ekosystem och cirka 1,50 kr/kg i scenarierna Växtnäring och Klimat. De lägre kostnaderna i de två senare alternativen förklaras främst av högre hektarskördar och därmed lägre maskin- och markkostnader per kg vete. Scenario Ekosystem har praktiskt taget lika höga kostnader som Referensen trots högre skördar och lägre kostnader för kemiska växtskyddsmedel. Orsaken är de högre kostnaderna för mekanisk ogräsbekämpning i scenario Ekosystem.

Även i växtföljderna för slättbygds gårdar med gris och kyckling odlas brödhöstvete. I Referensen och scenarierna Växtnäring och Klimat är kostnaden per kg vete nästan 10 öre/kg lägre på dessa djurgårdar än på de djurlösa spannmålgårdarna enligt Figur 49. Orsaken är att stallgödselns växtnäringsvärde är högre än de beräknade kostnaderna för stallgödselns spridning. I scenario Ekosystem är däremot kostnaden per kg vete drygt 10 öre högre i växtföljderna för gris- och kycklinggårdarna än i växtföljderna för djurlösa gårdar enligt figuren. Orsaken är att det antas vara grüngödslingsvall på djurgårdarna i detta scenario, men inte på de djurlösa gårdarna, och ett grüngödslingsår utan skördeintäkter ökar markkostnaderna för övriga grödor i växtföljden.

Om biogasvallen i scenario Klimat inte täcker sina odlingskostnader utan ger ett årligt underskott på 1000 kr/ha ökar kostnaden per kg vete med 2 öre jämfört med figuren. Det är alltså först vid mycket stora underskott som biogasvallen väsentligt försämrar konkurrenskraften för scenario Klimat. Om arbetskostnaden stiger till 25 % över lantarbetarelönen ökar kostnaden per kg vete med 4 öre.



Figur 49 Beräknad produktionskostnad per kg brödhöstvete (14% vattenhalt).

Åren 2010-2013 har producentpriset på brödhöstvete legat på cirka 1,50 kr/kg (Agriwise, 2014). Detta antyder att höstveteproduktionen i scenarierna Växtnäring och Klimat är ekonomiskt hållbar om de senaste årens priser blir bestående och markkostnaden inte väsentligt överstiger 1000 kr/ha och arbetskostnaderna inte väsentligt överstiger nuvarande lantarbetarelön. De reala världsmarknadspriserna på vete prognostiseras dock falla fram till början av 2020-talet (SOU 2014:38). Slår detta igenom i de svenska producentpriserna hotas den ekonomiska hållbarheten.

Vårvete har en beräknad produktionskostnad på cirka 1,75 kr/kg. Orsaken till att kostnaderna är högre för vår- än för höstvete är att vårvete har lägre hektarskördar och därmed högre mark-, maskin- och arbetskostnader per kg. Vårvetepreiserna är något högre än höstvetepreiserna (Agriwise, 2014) vilket i viss mån kompenserar de högre odlingskostnaderna.

Miljöutvärdering av VGL-systemet

I VGL-systemet produceras den mängd nötkött, mjölk, griskött, kycklingkött och brödvete som anges i Tabell 2. Animalieproduktionen antas ske på de typgårdar som beskrivits för de olika djurslagen, och beroende på hur växtföljderna ser ut producerar dessa också en del av brödvetet. Kvarvarande vetebehov produceras på rena växtodlingsgårdar, som också kan producera foder som används på djurgårdarna. Även djurgårdarna kan producera överskott av fodergrödor. Förutom de produkter som nämns ovan producerar systemet ett visst överskott av växtodlingsprodukter.

Överskottsmängderna varierar mellan lösningsscenarierna. I resultaten för VGL ingår miljöpåverkan och resursförbrukning för produktion av dessa. Lösningsscenarierna producerar därmed inte samma mängder, vilket innebär att resultaten för lösningsscenarierna inte är helt jämförbara. Dock svarar de exporterade produkterna för en mindre del av den totala produktionen varför jämförelser mellan lösningsscenarier ändå är meningsfulla. De mängder som exporteras respektive importeras samt den totala produktionen visas i Tabell 12. Det kan noteras att exporten är större i alla lösningsscenarier, och störst är den i Ekosystem och Växtnäring. Miljöpåverkan av de fodermedel som importeras ingår i resultaten nedan, fördelade på den typgård där det importerade fodret används. Samma sak gäller

för miljöpåverkan för produktion av mineralgödsel som belastar den typgård där gödseln används. Vi har alltså använt ett livscykelperspektiv, men har något varierande funktioner av systemen. Sammantaget innebär detta att resultaten för VGL-systemets lösningsscenarier de facto är något mer positiva än resultatdiagrammen visar.

Tabell 12. Mängder som importeras respektive exporteras från VGL i de olika scenarierna (ton/år, negativa tal är import till VGL)

	Referens		Ekosystem		Växtnäring		Klimat	
	Import/ export	Total prod.	Import/ export	Total Prod.	Import/ export	Total prod.	Import/ export	Total prod.
Spannmål	82 000	558 000	195 000	578 000	192 000	596 000	68 000	477 000
Höstraps	-500	14 000	-11 500	56 000	21 000	75 000	32 000	76 000
Baljväxter	12 000	12 000	55 500	86 000	27 000	61 000	16 000	88 000

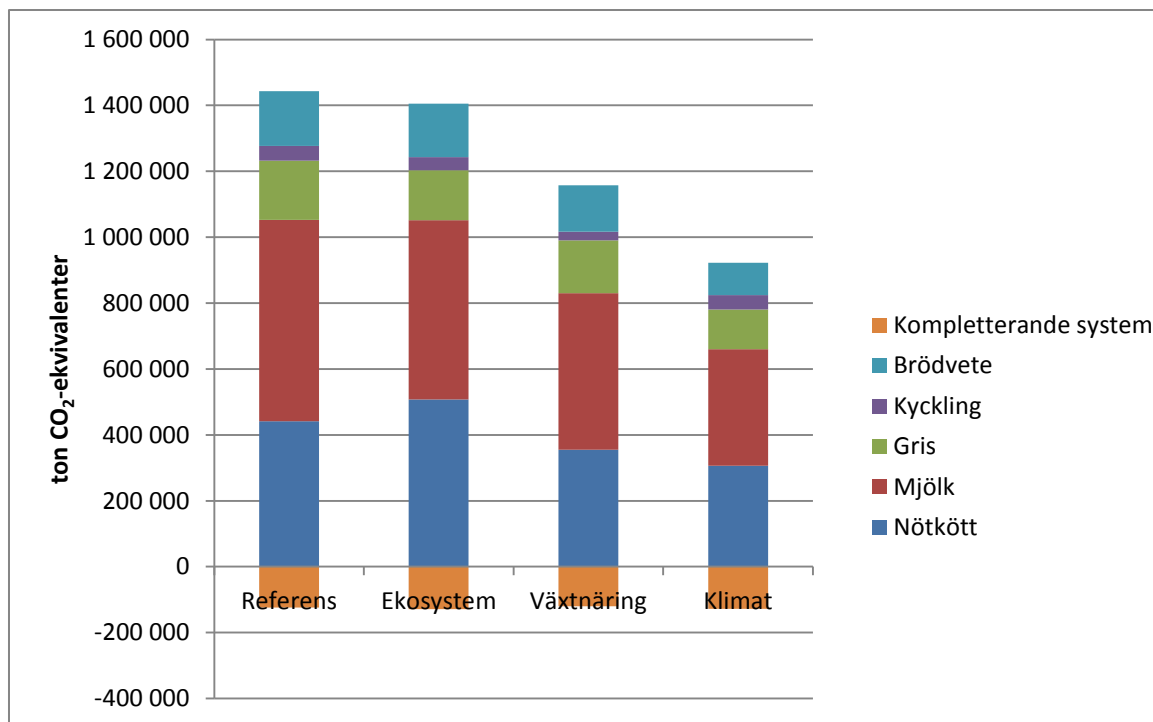
Resultaten för VGL-systemen är uppdelade på de typgårdar som beskrivits i diagrammen nedan utgör varje del av stapeln den miljöpåverkan och resursförbrukning som orsakas av typgården, inte produkten. Resultaten är miljöpåverkan och resursförbrukning för hela länets lantbruksproduktion (inklusive inflöden av foder och gödsel), inte de enskilda produkterna.

Det bör noteras att nedanstående resultat inte påverkas av den ekonomiska allokeringen av styckningsdetaljer, då vi studerar slaktkropp och inte enskilda produkter (gäller nöt- och griskött). Se mer om allokering under rubriken ”Effekter på resultaten av ekonomisk allokering av slaktkroppen”. Detta gör att resultaten för VGL-systemet inte kan härledas ur en summering av LCA-resultaten för produkterna som redovisats ovan.

Potentiell klimatpåverkan VGL-systemet

I Figur 50 visas de totala utsläppen av växthusgaser för att producera alla råvaror enligt ovan, uppdelat på typgårdarna. Det är tydligt att mjölk- och nötköttsgårdarna svarar för en stor del av växthusgasutsläppen, men samtidigt är produktionen av dessa produkter stor. I lösningsscenarierna produceras dessutom en del grödor som inte används internt på mjölk- och nötköttsgårdarna, vilket ökar påverkan från dessa gårdar, liksom det faktum att all mulljord antas finnas på nötköttsgårdarna.

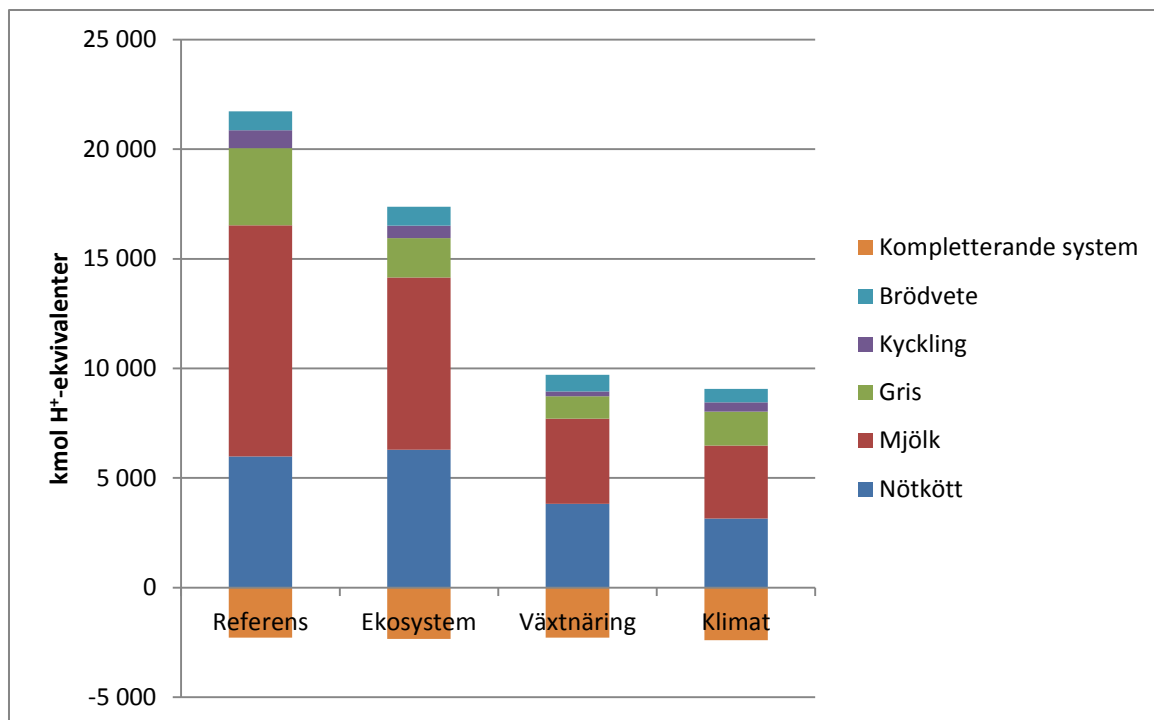
Med ”kompletterande system” avses den miljöpåverkan som undviks genom att biprodukter från de studerade systemen används till exempelvis energiproduktion eller att fosfor utvinns ur aska och används som gödselmedel, varvid produktion av fosforgödsel undviks. Skillnaderna mellan scenarierna är inte stor (mindre än 5% skillnad). I scenario Klimat antas mycket biprodukter användas för energiändamål, liksom en del vall för biogas. Då vi antagit att den energi detta genererar ersätter medelproduktion av el och värme innebär detta att effekten på klimatpåverkan inte blir så stor då dessa medelproduktionssystem är relativt klimateffektiva. Hade istället marginalproduktion av exempelvis el antagits hade det inneburit större effekter. Detta kan utläsas ur Figur 55 där scenario Klimat visar på en stor produktion, om denna antogs ersätta helt fossil energi skulle de slippna växthusgasutsläppen för scenario Klimat var betydligt större.



Figur 50 VGL Potentiella utsläpp av växthusgaser för produktion av alla råvaror i VGL (ton CO₂-ekvivalenter/år)

Potentiell försurning VGL-systemet

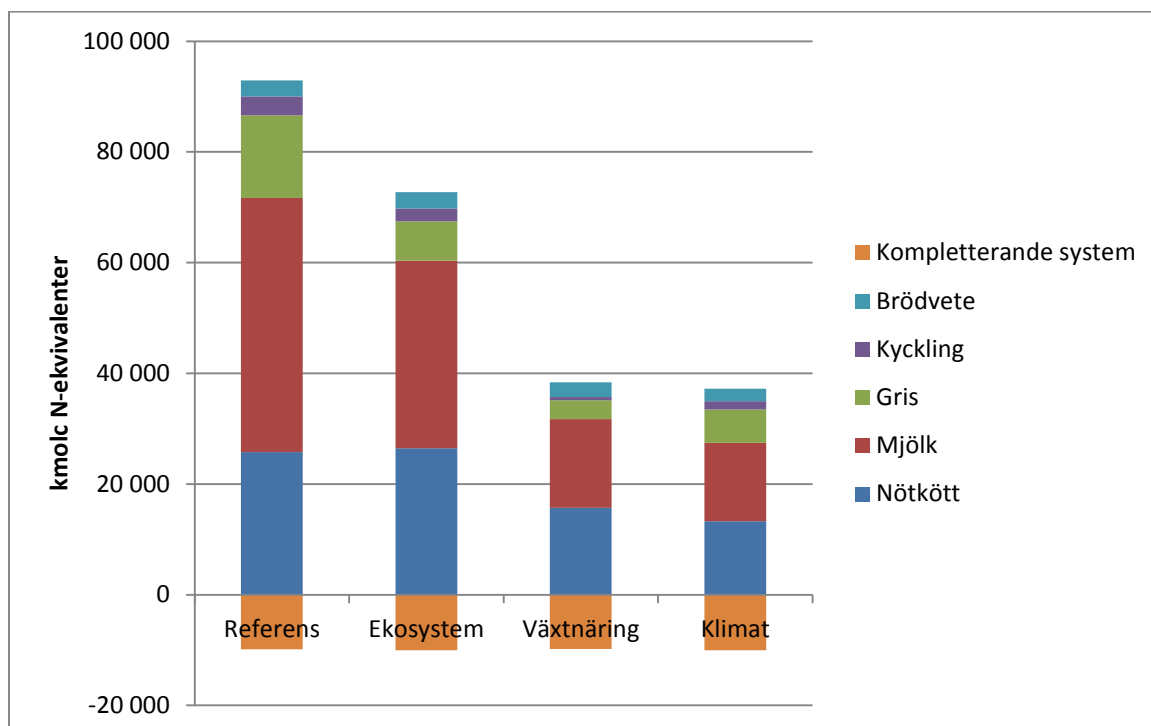
I alla scenarier införs flera åtgärder för att minska ammoniakförlusterna, vilket är det viktigaste bidraget till försurning. Detta syns tydligt i Figur 51 nedan. Den stora minskningen i scenario Växtnäring och scenario Klimat (främst för kyckling-, gris- och mjölkgårdar) beror på att flytgödsel surgörs och, i scenario Klimat, rötas. Dessutom täcks gödsellager i scenario Växtnäring med plasttäck. Dessa åtgärder minimerar ammoniakavgången. I scenario Växtnäring tillkommer ammoniakrening från stall och lager. En specifik lösning som avspeglas i resultaten är förbränningen av kycklinggödsel i scenario Växtnäring, vilket minskar utsläppen av ammoniak. De kompletterande systemen skiljer sig marginellt. De slupna emissionerna vid restprodukthantering har begränsade utsläpp av försurande ämnen.



Figur 51 VGL Potentiella utsläpp av försurande ämnen för produktion av alla råvaror i VGL (ton CO₂-ekvivalenter/år)

Potentiell Övergödning mark VGL-systemet

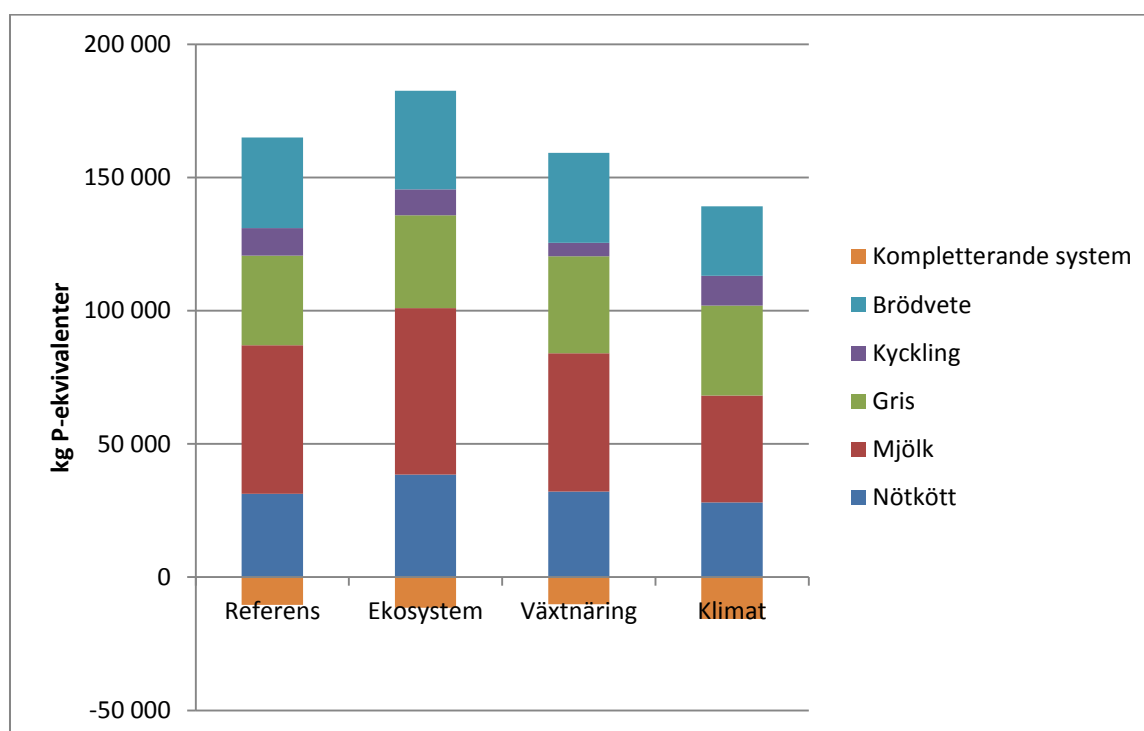
Övergödning mark orsakas till stor del av samma emissioner som försurning (ammoniak), varför resonemanget ovan stämmer in även här.



Figur 52 VGL Potentiell övergödning mark (kmol N-ekvivalenter)

Potentiell övergödning sötvatten VGL-systemet

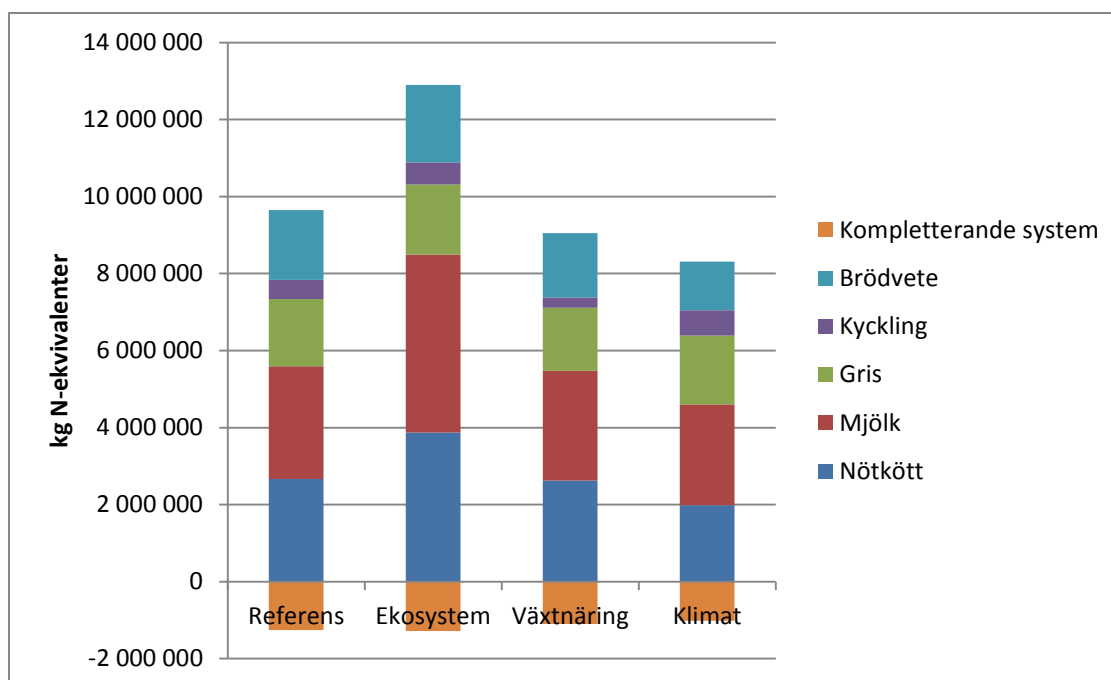
Potentiell övergödning sötvatten orsakas till allra största delen av fosforläckage från åkermark. Inom projektet har få åtgärder föreslagits, då dessa appliceras på landskapsnivå snarare än gårdsnivå. En viss minskning i slättbygd har dock antagits. I samtliga scenarier används mer åkermark (Figur 60) då större andel av fodret odlas inom VGL. De modeller som används för att beräkna fosforläckage är till stor del arealbaserade vilket bidrar till att påverkan ökar i scenario Ekosystem (som har stor markanvändning) och är i princip oförändrade i scenario Växtnäring, medan en viss minskning sker i scenario Klimat (som har lägst markanvändning). Användningen av mark presenteras i Figur 61.



Figur 53 VGL Potentiell övergödning sötvatten

Potentiell Övergödning marin VGL-systemet

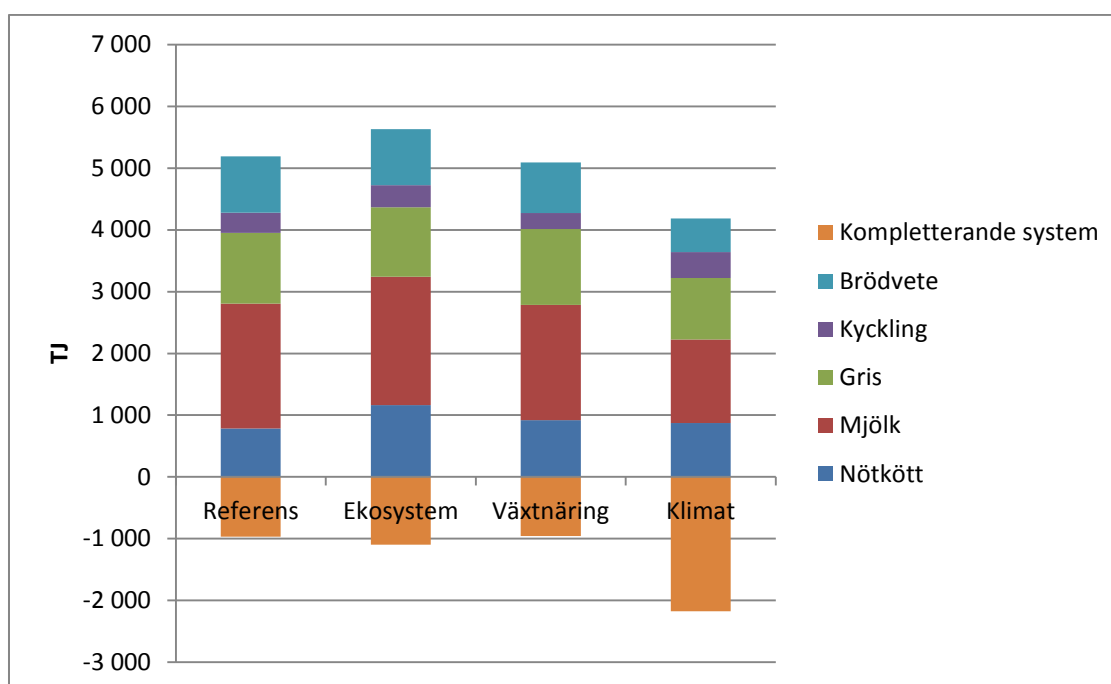
Den viktigaste orsaken till övergödning marin är nitratläckage från åkermark. Till viss del är nitratläckaget arealberoende, men mängden kväve och spridningstidpunkt påverkar också liksom jordbearbetning och växtföljder. Resultaten visas i Figur 54. Scenario Ekosystem uppvisar en ökning av Övergödning marin, vilket förklaras av större areal som brukas, mer plöjning och större andel vårsådda grödor vilket inte vägs upp av de fånggrödor som används i vissa växtföljder. I scenario Växtnäring motverkas de ökade utsläppen som orsakas av större åkerareal av bättre stallgödselhantering, bl.a. av lägre givor per hektar och mer spridning i växande gröda. Detta blir än tydligare i scenario klimat där jordbearbetningen reduceras. De kompletterande systemen har begränsad påverkan på denna miljöpåverkanskategori.



Figur 54 VGL Potentiell övergödning marin

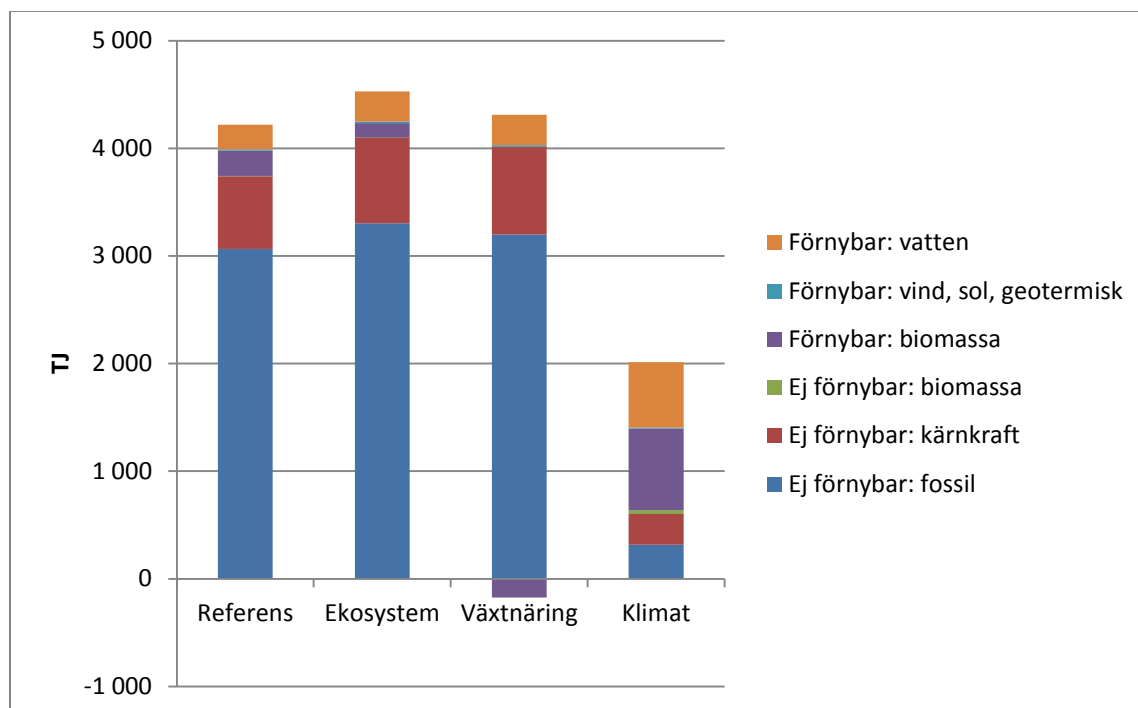
Energianvändning VGL-systemet

Vad gäller energianvändning så uppvisar scenario Ekosystem en viss ökning. Detta förklaras av att produktionen ökar, men också den ökade jordbearbetningen bidrar något. Scenario Växtnäring ökar också produktionen, med bibehållen energiförbrukning, vilket innebär en effektivisering per producerad enhet. I scenario Klimat rötas de flesta biprodukter. Dessutom odlas biogasvall, vilket genererar energi. Vidare ersätter rötresten kvävegödselmedel vilket innebär ytterligare besparingar ("kompletterande system"). Scenario Klimat gynnas också av kylning istället för torkning av spannmål, mindre jordbearbetning och BAT-gödsel.



Figur 55. VGL kumulativ energianvändning (TJ-ekvivalenter/år)

I Figur 56 visas energianvändningen uppdelat på energikälla, som netto (den inbesparade energin subtraheras alltså från den i systemet använda energin). Det är mycket tydligt att de åtgärder som används i scenario Klimat har stor potentiell effekt. Biobränslen, fossilfri el samt en energibesparing i alla led spelar in. De kompletterande systemen är också utformade för att producera energi. Summan av detta innebär att den totala energiförbrukningen (trots ökad produktion) kan halveras och med en nettobetraktelse är VGL systemet nära på fossilfritt (25% av energin är fossil, främst från produktion av mineralgödsel).



Figur 56. Kumulativ energianvändning uppdelat på energikälla (TJ-ekvivalenter/år)

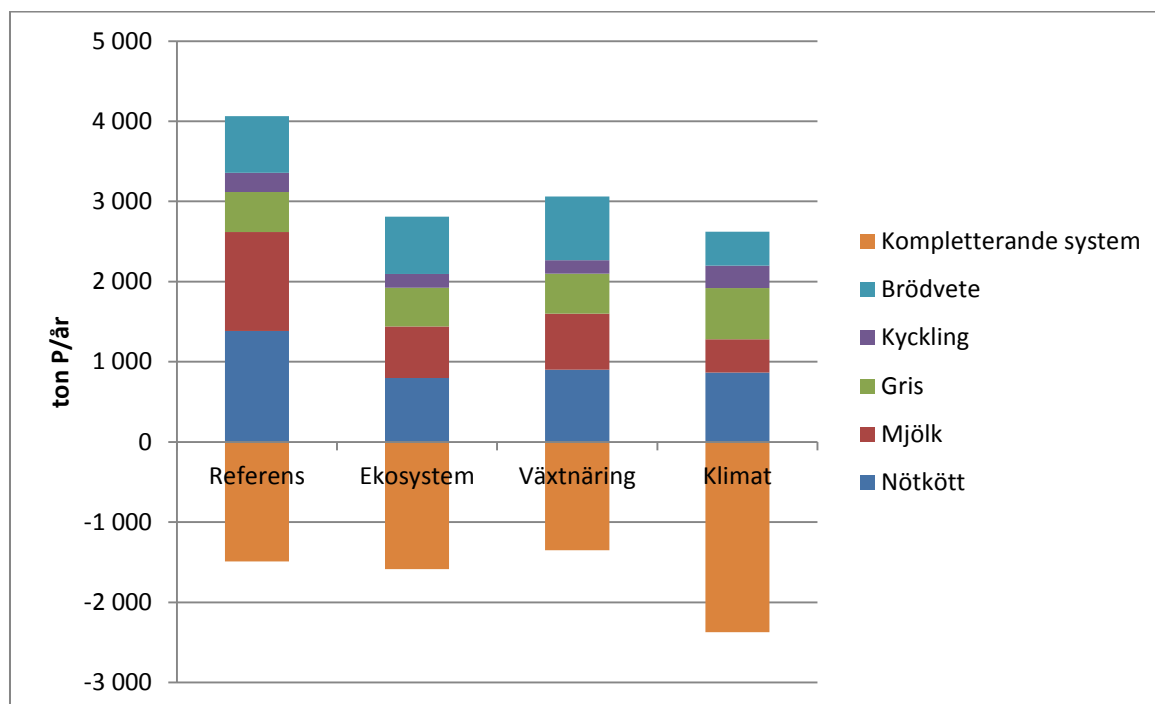
Uttag av fosfor VGL-systemet

Uttag av fosfor har kvantifierats som tillförsel av ny fosfor till systemet. Interna flöden i gödsel och restprodukter som används inom systemet är inte kvantifierade. För uttag av fosfor spelar de exporterade mängderna stor roll (Tabell 12). Scenario Ekosystem exporterar grödor som har ett fosforbehov på cirka 650 ton, scenario Växtnäring cirka 750 ton och scenario Klimat cirka 400 ton. Referensscenariot exporterar cirka 250 ton. Detta avspeglas direkt som ett motsvarande uttag av ny fosfor. De större arealerna i lösningsscenarierna innebär att mer fosfor förloras som läckage (Figur 53), vilket måste ersättas med ny fosfor i produktionssystemet.

I alla lösningsscenarier sprids gödseln på större arealer, och givan anpassas till grödans fosforbehov; det förekommer inte mer fosfortillförsel i systemet än alla gröders totala behov. I Referensscenariot tillförs på typgårdarna med djurproduktion mer fosfor än vad grödorna behöver. Detta fångas inte upp av en ökad övergödning, men bidrar till att fosforhalterna de facto i åkermarken ökar. Det större inflödet av ny fosfor i scenario Referens bidrar till att markens fosforförråd på djurgårdar ökar. Denna fosfor kommer att delvis kunna användas av framtida grödor, och är alltså inte förlorat, men risken för fosforläckage ökar vilket vi inte tagit hänsyn till. För att ökande fosforförråd i mark ska kunna

komma till användning krävs att tillförseln av fosfor i framtiden minskar till under grödornas behov. Den övertillförsel som sker i Referens är cirka 550 ton totalt för VGL.

I scenario Växtnäring förbränns vissa delar av slakteriavfallet, utan fosforåtervinning vilket ger en något minskad effekt av "kompletterande system". I scenario Klimat rötas allt avfall från slakt och mejeri och rötresten används som gödselmedel, vilket innebär att en större andel av den fosfor som finns i biprodukterna återanvänds vilket i sin tur minskar behovet av ny fosfor.



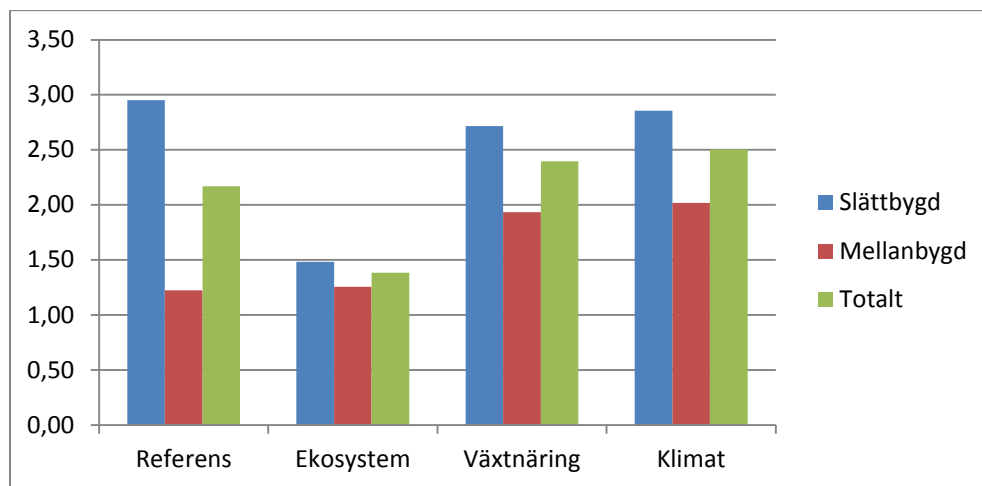
Figur 57. Fosfor som uttag av naturresurs (ton Fosfor/år)

Pesticidanvändning

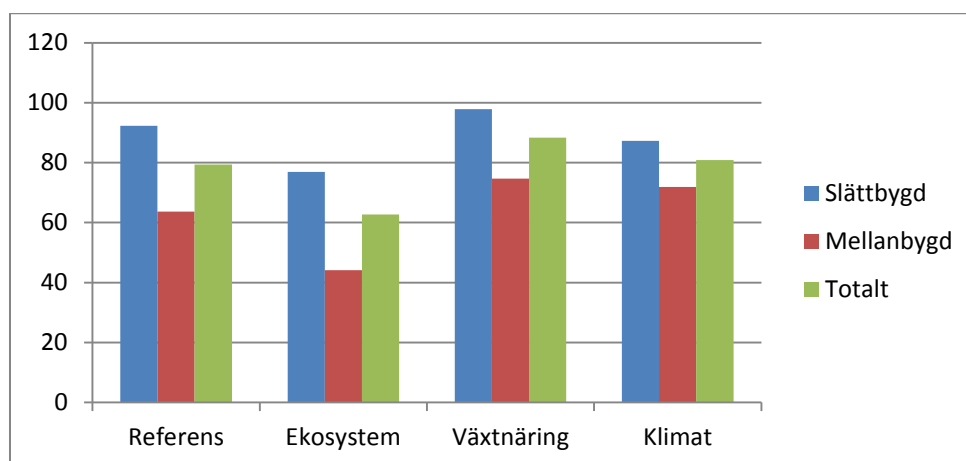
Pesticidanvändningen har kvantifierats som antal hektardoser/hektar, kompletterat med data på hur stor andel av arealen där kemiska bekämpningsmedel används. Detta är relativt grova mått som inte säger något om den ekotoxiska påverkan, men ger en indikation om pesticidberoendet på en generell nivå. I Figur 58 visas pesticidanvändningen för de två typbygderna slättbygd och mellanbygd samt för hela den använda arealen, och i Figur 59 visas på samma sätt hur stor andel av arealen som bekämpas. Vi har valt att inte redovisa per typgård. Detta inte är relevant då produktionen på typgårdarna varierar mellan scenarierna och det skulle kunna ge en missvisande bild. Resultaten för scenario Ekosystem visar att det går att reducera pesticidanvändningen med en kombination av växtföljder, mekanisk ogräsbekämpning och jordbearbetning. Den ökning som sker i mellanbygd beror på att mer ettåriga grödor odlas, medan minskningen i slättbygd främst beror på mekanisk bekämpning och att en grüngödslingsvall ingår i växtföljderna. I scenarier Växtnäring och Klimat odlas mer ettåriga grödor i mellanbygd vilket avspeglas i en högre pesticidanvändning, och då pesticidanvändningen inte minskar i motsvarande grad på slättbygden medför detta att användningen i hela systemet ökar. En specifik orsak till ökningen i framför allt scenario Växtnäring, men också till vis del i scenario Klimat, är att en del av grovfodret utgörs av majsensilage. Detta är en gröda som kräver mer pesticider än annan grovfoderproduktion. Generellt odlas mer av fodret inom

länet, alltså en ökad odling av raps och åkerbönor, där rapsodlingen innebär ökat bekämpningsbehov.

De ökade skördarna medför generellt ett ökat behov av bekämpning. För att över åren nå dessa högre avkastningsnivåer krävs att både svamp och insekter bekämpas vid lägre förekomst.



Figur 58. Pesticidanvändning i scenarierna (hektardos/ha, totalt för systemen)

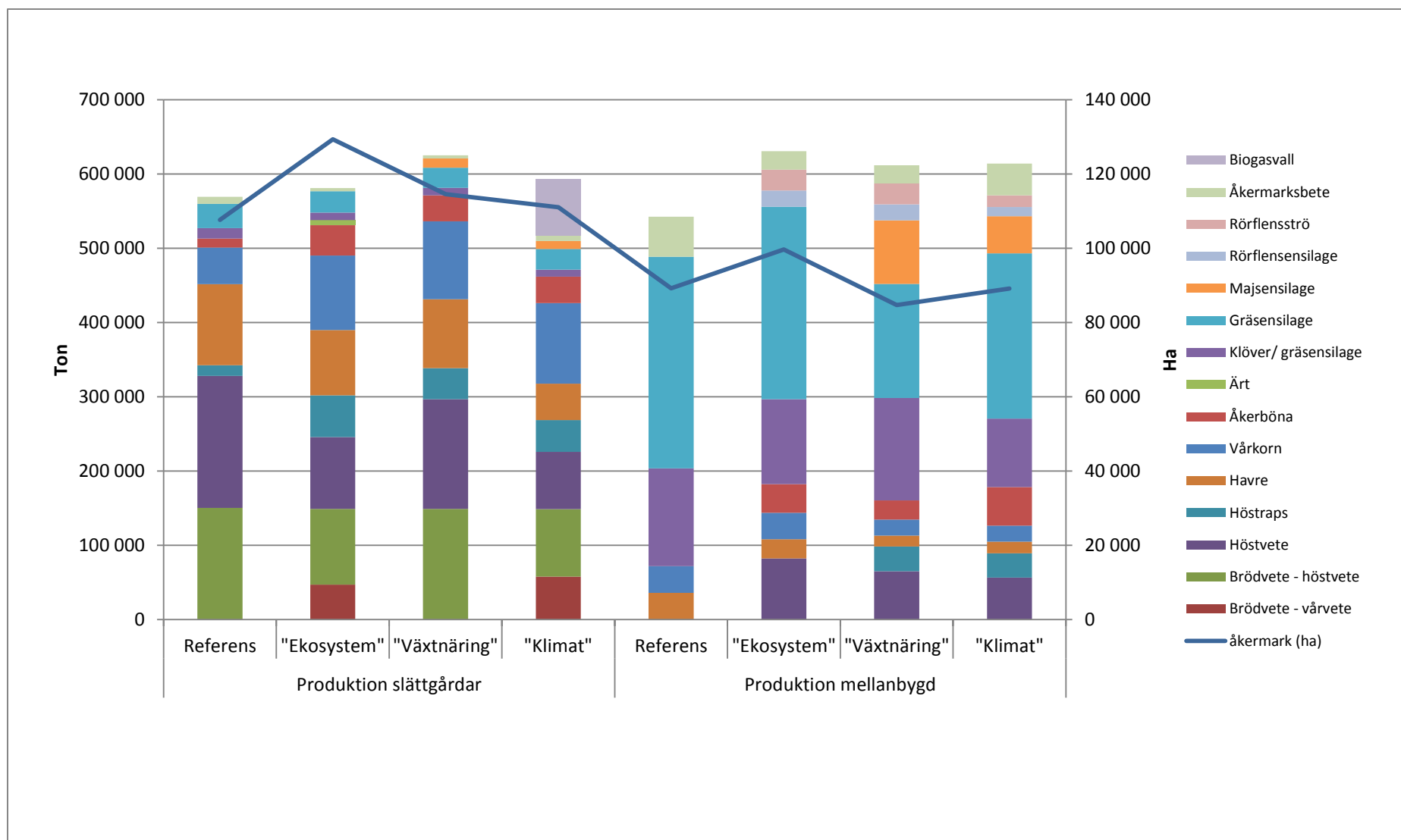


Figur 59 Andel av arealen som bekämpas med pesticider

Markanvändning

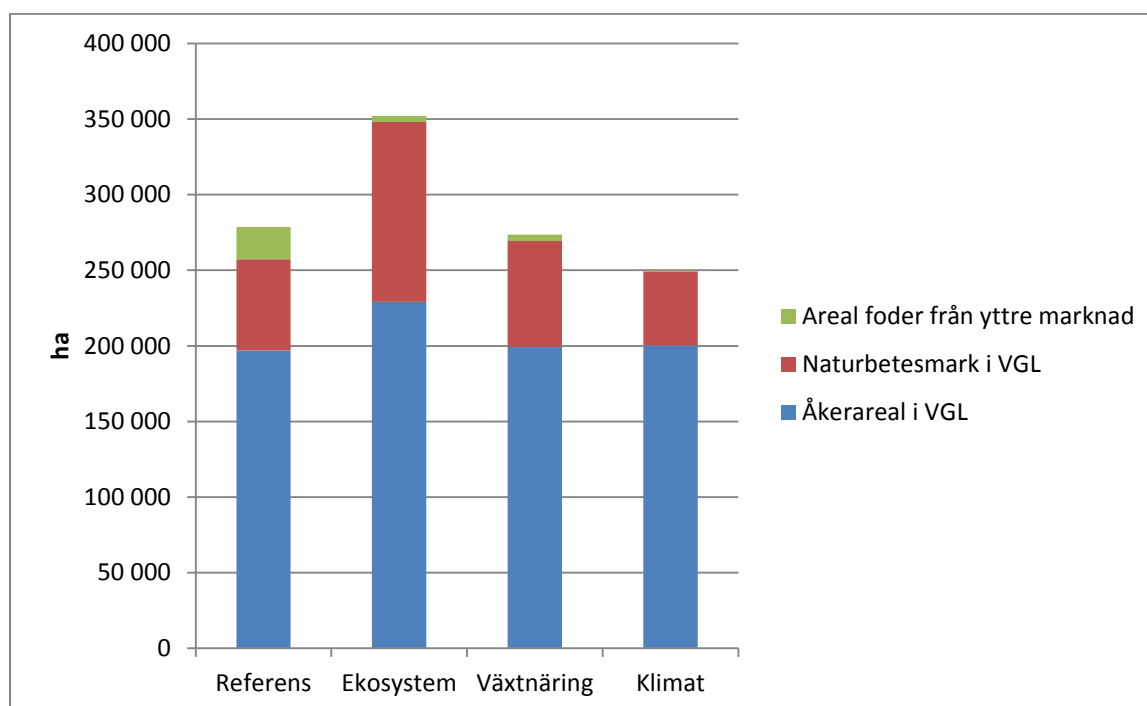
I Figur 60 visas åkermarksarealen (kurva) och produktionen i växtodlingen (staplar) i de tre lösningsscenarierna och Referens. Den totala produktionen ökar i samtliga scenarier, liksom åkermarksanvändningen med undantag för mellanbygd i scenario Växtnäring. Fördelningen av grödor förändras också. För slättbygden i scenario Ekosystem ökar andelen vårsådda grödor, då detta ökar möjligheterna till mekanisk bekämpning och minskar behovet av svampbekämpning. Produktionen av åkerböna och raps ökar i alla lösningsscenarier för slättbygden, vilket är en viktig aspekt för förbättrade växtföljder.

I mellanbygden ökar produktionen av ettåriga grödor kraftigt, inklusive raps och åkerböna. Detta är ett sätt att bättre utnyttja de positiva effekterna av fleråriga vallar i växtföljderna.



Figur 60 Grödor (ton spannmål 14% vattenhalt, ton torrs substans, grovfoder och bete) och totalareal åkermark (ha)

Då de studerade systemen importerar foder till VGL sker även viss markanvändning utanför länet, vilket visas i Figur 61. I alla tre lösningsscenarierna minskar arealen för produktion av import av foder. För referensscenariot utgör areal för importerat foder cirka 10% av den åkerareal som används inom länet. Arealen naturbetesmark ökar betydligt i scenario Ekosystem tack vare den stora andelen stutar på bete och, i viss mån, den högavkastande mjölkproduktionen, vilken leder till större antal dikor. Naturbetet ökar även något i scenario Växtnäring också tack vare fler dikor. I scenario Klimat minskar bruket av naturbetesmark något då nötköttsproduktionen till stor del bygger på intensiv uppfödning av slaktnöt på stall. Naturbetesmarken hävdas till allra största delen av nötköttsproduktionen; i mjölksystemen är det enbart rekryteringskvigor som betar denna marktyp. Nötköttsproduktionen svarar för 80% av naturbetesbruket i Referens, 92% i Ekosystem, 85% i Växtnäring och 75% i Klimat.



Figur 61. Total markanvändning för produktion i VGL-systemet, inklusive mark som används för importerat foder (ha/år)

Sammanfattning av konsekvensanalyser

Genom att förändra sättet livsmedel produceras på kan slutprodukternas kvalitet påverkas på olika sätt, liksom andra aspekter som djurvälstånd och produktsäkerhet. Dessutom finns risk att nya produktionsmetoder kan uppfattas som negativa av konsumenter. I arbetet med att identifiera nya och mer hållbara produktkedjor är det centralt att dessa aspekter inte påverkas negativt. De nya systemen måste hålla samma eller förbättrad standard, annars kommer de nya systemen att ha svårt att bli verklighet. För att förhindra att projektet utvecklar system som är orealistiska har de föreslagna förändringarnas konsekvenser analyserats med avseende på mikrobiell produktsäkerhet, produktkvalitet, konsumentreaktioner och djurvälstånd. Djurvälstånd är naturligtvis bara relevant fram till djuret avlivats, medan de övriga aspekterna har ett kedje- och produktperspektiv. De experter som utfört dessa så kallade konsekvensanalyser har tillsammans definierat uppgiften och arbetssättet. Skillnaderna mellan områdena är stora, men en gemensam ansats krävdes för att

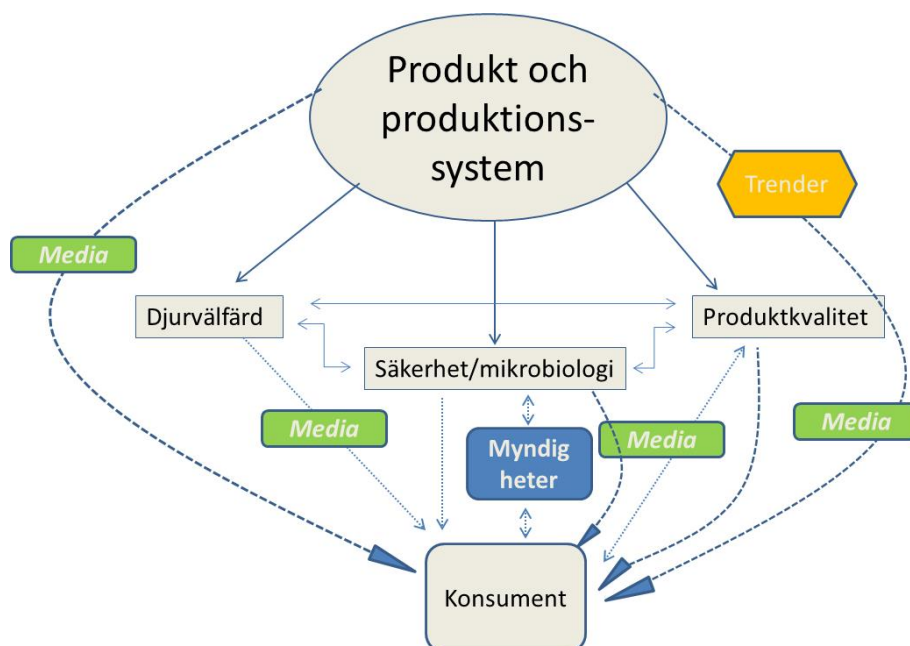
analyserna skulle utföras med likartad detaljeringsgrad. I möjligaste mån har kunskap från litteratur använts och refererats, men i många fall är det så väl etablerad kunskap som använts så detta inte varit möjligt. Detta skiljer sig också mellan konsekvensområdena.

Då projektet arbetar med hypotetiska system är det inte möjligt att göra kvantifierade konsekvensanalyser, utan ambitionen har varit att utifrån expertis inom de olika konsekvensområdena kvalitativt bedöma tänkbara konsekvenser.

Många konsekvenser är kopplade, framför allt konsekvenserna för konsumenternas uppfattning beror till stor del på de övriga konsekvensområdena. Exempelvis påverkas konsumenterna av rapporter om bristande djurvälstånd eller mikrobiologiska risker på samma sätt som bristande produktkvalitet får konsekvenser för konsumenternas uppfattning. Därför har vi valt att beskriva de generella delarna av konsumentuppfattning separat nedan. I Figur 62 visas en översiktlig bild av kopplingar mellan konsekvensområden och informationsvägar till konsument.

Konsumentaspekter, generell beskrivning

Konsumentbeteende är sällan förutsägbart och det är ofta föränderligt över tid. Konsumentval är därför ett komplext område att kartlägga oavsett vilken produkt som är i fokus, dels för att äta och dricka är bland de mest vanliga mänskliga beteendena, dels för att våra livsmedelsval är styrda av bl.a. vanor, traditioner, sociala och religiösa sammanhang liksom produkters sensoriska kvaliteter och processerna kring dess produktion. Gällande animaliska produkter är etiska frågeställningar om djurhållning och slakt viktiga aspekter för en del konsumenter. Andra yttre produktfaktorer så som förpackning, varumärke, märkning osv är också viktiga aspekter för konsumenters reaktioner kring kvalitet, om produkten anses prisvärd eller passande för den enskilde konsumentens behov och önskemål. Medias påverkan på konsumentreaktioner är relativt stor, om än att reaktionerna inte brukar vara bestående. Men det är svårt att sja om vad som kommer att få stort utrymme i media och också vad av detta som kommer att få ett stort genomslag bland de flesta.



Figur 62 Översiktlig bild av kopplingar mellan produktionssystemet och konsekvensområden och hur konsumenten får information

Nedan återfinns en sammanfattning av konsekvensanalyserna från rapporterna från projektets steg 3 (se Hessle *et al*, 2014, Bertilsson *et al*, 2014, Göransson *et al*, 2014, Wall *et al*, 2014, Sonesson *et al*, 2014, och Stenberg *et al*, 2014). I dessa rapporter presenteras också de referenser som bedömningarna delvis bygger på.

Nötkött och ryggbiff

Produktkvalitet

De faktorer som bland hållbara matvägars lösningsscenarier bedöms ha potential att påverka livsmedelskvalitet är: djurmodell (kön) och utfodringsintensitet. Mängden produkt, uttryckt som slaktvikt, är densamma i referensscenariot som för alla scenarion. Beroende på ras och kön förändras muskelansättningen och med det också mängden ätbart kött hos de olika djurkategorierna.

I scenario Ekosystem föreslås att en stor del av mjölkarna insemineras med icke-könsorterad kötttrassperma, vilket, förutom ökat kötttrassinslag, ger en ökning av andelen slaktkviga. Därutöver föreslås en övergång från ungtjur till stut för handjuren av såväl mjölk/kötttraskorsning som kötttrass. Sammantaget medför förändringarna i ras och kön att mängden ätbart kött minskas något. Förändringen i kön ger rimligtvis positiva effekter på köttkvaliteten jämfört med referensscenariot medan det påverkar foderomvandlingsförmåga, tillväxtpotential och muskelansättning negativt. När mjölkproduktionen är högentensiv och det därmed blir färre slaktnöt från mjölkproduktionssystemet, balanseras detta av ökad andel djur från kötttrasser i dikalvsproduktionen. I Ekosystem ökas andelen grovfoder i foderstaterna, främst genom ökat naturbete, vilket påverkar både fettsyrafördelningen mot högre halter fleromättade fettsyror (särskilt de intressanta n-3-fettsyror), men även smak.

Scenarierna Växtnäring och Klimat delar beskrivningen i stora delar av analysen, men valet mellan medel- och högentensiv mjölkproduktion kommer att påverka förhållandet mellan mängden kött från mjölk/kötttraskorsnings- respektive kötttrassdjur, med större andel kött från mjölk/kötttraskorsningar i medelintensiv mjölkproduktion. Med medelintensiv mjölkproduktion (Klimat) ökar mängden ätbart kött 0,5 % medan den blir oförändrad med högentensiv mjölkproduktion (Växtnäring). Med den intensiva utfodringen i Växtnäring och Klimat kommer djuren i allmänhet att slaktas vid lägre ålder än i referensscenariot, vilket leder till lägre tvärbindningsgrad i bindväven och därför ökad mörhet. Dock är effektstorleken av denna möjliga köttkvalitetsförbättring rimligtvis begränsad.

Utfodringsintensitet har som tidigare nämnts potential att påverka livsmedelskvalitet. Förutom djurtypen distut i Ekosystem finns inget lågentensivt alternativ med bland lösningsscenarierna. Större direkta effekter på köttkvalitet erhålls i princip enbart från mycket extensiva system, emedan skillnaden i intensitet mellan de föreslagna alternativen inte bedöms ha någon påtaglig direkt effekt.

Bedömning av de föreslagna scenarierna: Sammantaget kommer lösningsscenarierna sannolikt att påverka köttkvalitet i storleksordningen: Ekosystem > Växtnäring och Klimat > referens.

Produktsäkerhet

För att göra en systematisk värdering krävs en bedömning över möjliga faror och hur dessa påverkas längs varje produktionskedjan (mikrobiologisk exponeringsbedömning). Speciellt viktigt är att studera situationer där nya "kretslopp" uppstår och som kan innebära att faror selekteras och anrikas i produktionskedjan. BSE är ett exempel på en fara som uppstod genom en processteknisk förändring av foder följt av en anrikning i produktionsledet. Problem med *Salmonella enteritidis* uppstod på grund av en koncentrerad till få uppfödare av avelsdjur.

En övergripande genomgång görs nedan över faror i olika produktionskedjor samt en första identifiering över vad som påverkar dessa faror. Några viktiga aspekter på förändringar som kan ha betydelse listas nedan. En viktig fara som är betydande för nötkött är VTEC¹⁰. Andra faror som kan förekomma är *Listeria monocytogenes* och *Staphylococcus aureus*. Även *Salmonella* spp. och MRSA är tänkbara faror, men förekomsten av dessa hos svenska nötkreatur är i nuläget mycket låg. För importerat nötkött är det dock betydligt vanligare med *Salmonella* spp. och MRSA.

- Ett flertal slaktmoment har stor betydelse för spridning av patogena bakterier. Om dessa förändras måste en riskbedömning göras.
- Dekontaminering med varmt vatten eller ånga är en CCP (critical control point = kritisk kontrollpunkt) som påverkar produktsäkerheten och borde användas.
- Vid kylning av slaktkroppen ska temperaturen vara 7°C eller lägre inom 24 h.
- Införande av varmstyckning kräver en särskild utredning.
- För att förhindra tillväxt av patogener som VTEC och salmonella ska köttet förvaras vid 4°C eller lägre.

Bedömning av de föreslagna scenarierna: Lösningsscenarierna är inte beskrivna på en detaljeringsnivå som medger bedömning av förändrad risk. Dock antas inga stora förändringar av systemen vilket sannolikt innebär oförändrad risk.

Djurvelfärd

Inhysning, skötsel och utfodring av den lilla kalven är central för att främja djurets hälsa och produktionsförmåga. I såväl referens- som lösningsscenarier sker vidareuppfödning av kalvar på andra gårdar än födelsegården för såväl mjölkras- som köttaskalvar. Att köpa in djur och flytta djur till en ny besättning ökar risken för nedsatt hälsa, eftersom djur från olika besättningar och av olika åldrar riskerar att blanda och olika luftvägs- och tarminfektioner sprids bland kalvarna. I lösningsscenarierna tillämpas så kallad omgångsuppfödning, där djur av olika åldrar inte blandas med varandra i samma stall. Förflyttningar och omgrupperingar ger även upphov till stress, som i sin tur minskar immunförsvaret och ökar mottagligheten för smittämnen. I scenarier där besättningsstorleken ökar kan man teoretiskt befara att kalvar köps in från fler gårdar för att täcka behovet. Dikalvsproduktionen har smittskyddsmässiga fördelar eftersom kalvarna har en mer stabil uppväxt och minskade påfrestningar på immunförsvaret. Dessutom bidrar det faktum att kalvarna är äldre när de förmedlas till vidareuppfödning till att hälsan oftast är bättre.

Olika raser har lite olika spektrum av ökad risk för sjukdomar oberoende av skötsel och miljöfaktorer. Dessutom är korsningsdjur tack vare den så kallade heterosiseffekten i regel mer motståndskraftiga än renrasiga djur. I lösningsscenarierna är en större andel av ungnöten korsningsdjur än i Referensen, vilket torde göra dem lite mer motståndskraftiga. Emellertid är sannolikt skillnader i utfodring, skötsel och inhysning mer betydelsefullt sett till helheten.

De slaktungnöt som föds upp mer intensivt, Referens- och lösningsscenarierna Växtnäring och Klimat, får en foderstat som innehåller större andel kraftfoder och därmed mindre andel grovfoder än slaktungnöten i scenario Ekosystem. Detta gör att de förra löper större risk för vissa sjukdomar och störningar kopplat till hög stärkelsehalt såsom foderleda, fång, trumsjuka (gasansamling i våmmen)

och leverbölder. I det alternativ som hälften av grovfodret utgörs av stärkelserikt majsensilage är risken särskilt stor.

I scenario Ekosystem hålls samtliga nötkreatur på bete, till skillnad från övriga scenarior där endast hondjur och dikalvar hålls på bete medan ungtjurar hålls på stall. Att hålla nötkreatur på bete främjar i huvudsak deras hälsa och välfärd. De positiva effekterna är att de får röra sig fritt vilket gör att de tränar sina muskler och leder och får sitt rörelsebehov tillgodosett. Den största djurvälståndsmässiga risken med nötkreatur på bete är betesburna parasiter.

Bedömning av de föreslagna scenarierna: Det är inte möjligt att med någon större precision går att utvärdera djurhälso- och djurvälståndseffekterna, men eftersom scenarierna inte omfattar några förändringar i utrymme och andra aspekter på djurens närmiljö så kommer inte djurhälsa och djurskydd att försämrats jämfört med dagens läge (Djurskyddslagens minimiregler).

Konsumentaspekter

Aspekter kring djurhållning, uppfödning, djurtransporter och slakt är otroligt viktiga aspekter för en del konsumenter. Även om kvaliteten på slutprodukten i sig inte nödvändigtvis behöver beröras av djurhållningen och djurets välbefinnande är det definitivt något som kan påverka konsumentens attityd till produkten

För konsumenten är emellertid inte pris den enda faktor som beaktas vid köp av nötkött. Många svenska konsumenter är villiga att betala mer för ett högkvalitativt kött. De viktigaste aspekterna för ätkvalitet hos nötkött är mörhet, saftighet och smak. Lösningsscenario Ekosystem medför att en större andel av slaktungnöten föds upp som stutar och kvigor istället för som ungtjur, vilket bör ge högre och jämnare kvalitet avseende mörhet, saftighet och smak. Vid sidan om produktkvaliteten kan även produktionskvaliteten i lösningsscenario Ekosystem ge ett mervärde. Koncept som marknadsför bete på naturbetesmark inom en viss region som ett mervärde kan ta ut ett merpris. Emellertid är mervärdet närproducerat viktigare för konsumenten än själva produktionsformen. Andra lokala koncept marknadsför de förmodat hälsobringande aspekterna betesdriften medför som ett tillägg till en hög ätkvalitet.

Gris och rökt skinka

Produktkvalitet

Den enskilt viktigaste parametern med möjlig inverkan på livsmedelskvalitet rör foderstatens utformning, särskilt med avseende på fettsyrasammansättning. Dock kommer den största fodermängden även i lösningsscenarierna utgöras av spannmål. I och med att inget av scenarierna har någon tillsats av foder med hög fetthalt kommer fettsyraprofilen inte påverkas nämnvärt av de olika foderstaterformuleringarna. Inte ens scenario Ekosystem, vilket torde ha den största påverkan i och med sin stora andel rapsmjöl, torde komma att påverka fettsyrasammansättningen i större utsträckning. De mindre skillnader som likafullt skulle kunna uppstå som följd av foderstatens utformning torde dock påverka modellprodukten ytterst marginellt.

Bedömning av de föreslagna scenarierna: De lösningar som presenteras bygger till stor del på dagens uppfödning, foder och raser samt teknik och hantering, så sannolikheten för negativ påverkan på produktkvaliteten bedöms som liten.

Produktsäkerhet

Slakt: Den levande grisen bär på bakterier exempelvis i tarm, på hud och i munhålan. Under slakt förs dessa bakterier till slaktkroppen och förs sedan vidare till det styckade köttet. En god slakthygien är således avgörande för att förhindra att slaktkroppen blir kontaminerad. På det styckade köttet avgörs bakterietillväxten av förpackningsatmosfär och av lagringstemperaturen. En faroidentifiering och karakterisering visar vilka bakterier som kan tillväxa på det styckade köttet vid kylagring. Utförandet av rengöring och desinfektion är avgörande för säkerhet på griskött. En viktig fara som är unik för gris är *Yersinia enterocolitica*. Andra faror som kan förekomma är *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter jejuni* och *Staphylococcus aureus*. Även *Salmonella* spp. och MRSA är tänkbara faror, men man hittar dessa väldigt sällan hos svenska grisar i nuläget. I Danmark, men även andra länder, är dock förekomsten av MRSA avsevärt högre.

- Ett flertal slaktmoment har stor betydelse för spridning av patogena bakterier. Om dessa förändras måste en riskbedömning göras.
- Dekontaminering med varmt vatten eller ånga är CCP som påverkar produktsäkerheten och borde användas.
- Vid kylning av slaktkroppen ska temperaturen vara 7°C eller lägre inom 24 h.
- Införande av varmstyckning kräver en särskild utredning.
- För att förhindra tillväxt av patogener som *Yersinia enterocolitica*, *salmonella* ska köttet förvaras vid 4°C eller lägre.

Bedömning av de föreslagna scenarierna: Lösningsscenarierna är inte beskrivna på en detaljeringsnivå som medger bedömning av förändrad risk. Dock antas inga stora förändringar av systemen vilket sannolikt innebär oförändrad risk.

Foderproduktion. Mögelsvamparna *Fusarium* eller *Botryosphaeria* kan orsaka problem med ex vete. Arter av framför allt släktet *Fusarium* kan bilda mykotoxiner i spannmålsgrödor och majs, vilket gör grödorna otjänliga för både djur och människor. Foder kan vara infekterat med svamp som bildar mykotoxin. Att beakta vid odling; användning av bekämpningsmedel, val av sort.

- Håll koll på utsatthet för mögeltillväxt och eventuell bildning av potenta mykotoxiner. Om så är fallet krävs kunskap om passage till livsmedel.

Bedömning av de föreslagna scenarierna: I scenario Klimat förutsätts kylning av foderspannmål istället för torkning. Detta är en teknik som inte är fullt prövad, varför en viss risk för ökad mögeltillväxt är tänkbar.

I scenario Ekosystem används insådda fånggrödor i flera grödor i växtföljderna. Dessutom används ogräsharvning istället för kemisk bekämpning i flera grödor. Detta kan mer ogräs både i växande gröda och i skörd, vilket i sin tur innebär ökad vattenhalt och därmed ökad risk för mögel i produkterna.

För övrigt innebär de föreslagna systemen inte ökad risk.

Djurvälfärd

Scenarierna är i samtliga fall för rudimentära för att man ska kunna göra en bedömning av djurvälfärd, men då rådande regelverk kommer att följas så kan man anta att det inte föreligger några stora djurvälfärdsskillnader från dagens situation. Djurtransporter regleras av Statens

jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd om transport av levande djur, dessa antas inte förändras.

En viktig aspekt är att de produktivitetsförbättringar som antas i samtliga scenarier förutsätter god hälsa, vilket ställer stora krav på kompetens hos djurskötare och en god stallmiljö.

Konsumentaspekter

Vatteninnehåll i en produkt som skinka kan, även om det ger vissa sensoriska fördelar, ses som negativt och "fusk" hos konsumenter t.ex. att producenten försöker dryga ut produkten. En växande grupp konsumenter har generellt kritisk inställning till förädlade produkter och anser att de flesta produkter innehåller för stor andel tillsatser och konserveringsmedel. Andra produkttegenskaper såsom förpackning kan vara mycket viktigt för konsumenten. I scenario Klimat har en plånboksförpackning antagits, vilket möjligen skulle orsaka konsumentreaktioner. Förpackningsstorlek kan också påverka hur konsumenten uppfattar kilopris/pris per förpackning samt om förpackningen anses passande för hushållet storlek.

Kyckling och fryst kycklingfilé

Produktkvalitet

Den enskilt viktigaste parametern med möjlig inverkan på livsmedelskvalitet rör foderstatens utformning, särskilt med avseende på fettsyrasammansättning. Totalhalten fett är högre i alla lösningsscenarier jämfört med referensscenariot (LS2 > LS3 > LS1 > Ref). Samma trend syns även för linolsyra. Andelen linolensyra är svår att kvantifiera utifrån tillgängliga data, men följer rimligtvis även samma trend. Fettkvaliteten bör dock sättas i relation till totalkonsumtionen av fett. Kött från kyckling har en relativt låg fetthalt (ca 1-5% utan skinn, bröstfilé ca 1-1.5%). Konsumtion av en bröstfilé utgör ca 3% av rekommenderat dagligt fettintag¹¹ och kan därför anses påverka den totala fettsyraprofilen i förhållandevis liten utsträckning.

Bedömning av de föreslagna scenarierna: De lösningar som presenteras för de senare leden i kedjan bygger till stor del på dagens teknik och hantering, så sannolikheten för negativ påverkan på produktkvaliteten bedöms som liten.

Produktsäkerhet

Uppfödning och slakt: Branschorganisationen Svensk Fågel har sedan 80-talet mycket aktivt och även med internationella ögon sett mycket framgångsrikt verkat för åtgärder för minskad förekomst av *Campylobacter* i kycklingflockar. Andelen positiva flockar har reducerats från 60 % till ett årsmedelvärde på 9 % i konventionell produktion. Trots beskrivningen ovan så är en fara vid konsumtion av kyckling förekomst av *Campylobacter* och i liten mån även salmonella. I alla kycklingbesättningar tas prov med avseende på salmonella 14 dagar före planerat slaktdatum. Salmonella är mycket sällsynt. Både *Campylobacter* och salmonella dör vid tillagning. Det är sällan felaktig tillagning som orsakar sjukdom utan det största problemet är korskontaminering innan och vid tillagningen. Några viktiga aspekter på förändringar som kan ha betydelse listas nedan.

- Ett flertal slaktmoment har stor betydelse för spridning av patogena bakterier. Om dessa förändras måste en riskbedömning göras.

- Dekontaminering med varmt vatten eller ånga är CCP som påverkar produktsäkerheten och skulle om det används på rätt sätt öka produktsäkerheten hos kyckling. Aktuell lagstiftning måste dock följas.
- Vid kylning av slaktkroppen ska temperaturen vara 4°C eller lägre inom 24 h.
- För att förhindra tillväxt av patogena bakterier ska köttet förvaras vid 4°C eller lägre.

Foder: Mögelsvamparna *Fusarium* eller *Botryosphaeria* kan orsaka problem med exempelvis vete. Arter av framför allt släktet *Fusarium* kan bilda mykotoxiner i spannmålsgrödor och majs, vilket gör grödorna otjänliga för både djur och människor. Foder kan vara infekterat med svamp som bildar mykotoxin. Vissa toxiner kan överföras till livsmedel som mjölk. Att beakta; användning av bekämpningsmedel, val av sort.

- Håll koll på utsatthet för mögeltillväxt och eventuell bildning av potenta mykotoxiner. Om så är fallet krävs kunskap om passage till livsmedel.

Bedömning av de föreslagna scenarierna: Lösningsscenarierna för djurhållningen är inte beskrivna på en detaljeringsnivå som medger bedömning av förändrad risk. Dock antas inga stora förändringar av systemen vilket sannolikt innebär oförändrad risk.

I scenario Klimat förutsätts kylning av foderspannmål istället för torkning. Detta är en teknik som inte är fullt prövad, varför en viss risk för ökad mögeltillväxt är tänkbar.

I scenario Klimat används insådda fånggrödor i flera grödor i växtföljderna. Dessutom används ogräsharvning istället för kemisk bekämpning i flera grödor. Detta kan leda till mer ogräs både i växande gröda och i skörd, vilket i sin tur innebär ökad vattenhalt och därmed ökad risk för mögel i produkterna.

För övrigt innebär de föreslagna systemen inte ökad risk.

Djurvälfärd

Fodrets påverkan på hur blöt gödseln blir har en avgörande betydelse för fuktigheten i ströbädden vilket i sin tur påverkar risken för att utveckla fotskador (pododermatit) och ev. hudskador på hasar och över bröstmuskulaturen. Ventilationskapacitet, strömedel, vattensystemets utformning och årstider (yttre luftfuktighet) påverkar ströbäddens kondition och därmed risken för utvecklingen av fotskador. De olika scenarierna utgår från olika foderstater; bland annat foder som innehåller drank som i scenario Växtnäring, är en riskfaktor för blöt gödsel.

Scenario Växtnäring: Torv har en gynnsam inverkan på pH i ströbädden och skulle eventuellt kunna buffra. Å ena sidan skulle torv kunna ge en mindre basisk ströbädd för kycklingarnas fötter, å andra sidan har torv förmåga att hålla kvar fukten. Frågan kvarstår hur mycket av ströbädden på slutet av uppfödningen som är torv, eftersom det mesta av ströbädden utgörs av torkad gödsel.

I Svensk Fågels kontrollprogram ingår ett av Djurskyddsmyndigheten godkänt fothälsoprogram. Under överinseende av besiktningsveterinärer, anställda av Livsmedelsverket, utförs bedömning avseende fotskador hos slaktkyckling (och kalkon) vid slakt. Beroende av totalsumman som fastställs vid bedömning vidtas åtgärder enligt ett fastställt åtgärdsprogram som bland annat innebär rådgivning, uppföljning och i förekommande fall sänkning av belägningsgraden.

I många länder regleras inte beläggningen (djurtätheten) i kycklingstallet alls. Inom EU gäller dock maximalt 42 kilo kyckling per kvadratmeter. I Sverige tillåter djurskyddslagen max 20 kilo fågel per kvadratmeter. De uppfödare som är med i Svensk Fågel och följer det av Jordbruksverket godkända och kontrollerade "Klassnings- och Omsorgsprogrammet" tillåts till högre djurbeläggning under förutsättning att uppfödarens stall har godkänts och klassats av riksläkaren. Ju bättre anläggning, stallmiljö och skötsel som uppfödaren har, desto högre beläggning är tillåtet. De bästa anläggningarna får ha upp till 36 kilo per kvadratmeter, dock högst 25 djur per kvadratmeter. I alla lösningsscenarier antas att detta uppnås, vilket innebär att djurhälsan måste vara god.

Konsumentaspekter

En kvalitetsaspekt som kan resultera i starka konsumentreaktioner är ogrundad hög vatteninnehåll i produkten och kan upplevas av konsumenter som fusk och något som producenten försöker dryga ut produkten med. En lägre andel tillsatt saltlake har dock sensoriska fördelar, och för att frångå risken för att lura konsumenten något som enkelt kan förebyggas med kommunikation och information kring produkten.

Mjölk, k-mjölk och ost

Produktkvalitet

K-mjölk: Viktiga kvalitetsegenskaper för är lagringsstabilitet med bibehållande av de sensoriska egenskaperna. Faktorer med avgörande betydelse för k-mjölkens kvalitet hänger samman med utfodring/fodermedel, hygien (foder-, mjölkknings-, djur-, stall-) samt mjölkens mekaniska hantering och risken för uppkomst av lipolys. Utfodringen påverkar bl.a. mjölkfettets omättnadsgrad, varvid ett mer omättat fett i fodret leder till ett mer omättat mjölkfett och större risk för oxidationssmak. Det är därför viktigt med god balans mellan pro- och antioxidanter. Sammanfattningsvis är valet av fodermedel, hanteringen av mjölkråvaran och den allmänna hygien i besättningen kritiska faktorer för hög produktkvalitet vid produktion av k-mjölk.

Bedömning av de föreslagna scenarierna: Det är svårt att peka ut specifika aspekter i de olika lösningsscenarierna som skiljer sig från referensscenariot så till den grad att det skulle kunna få konsekvenser för k-mjölkens kvalitet.

Ost av en speciell typ har specifika karaktäristiska drag avseende utseende, textur, lukt och smak. Stabil produktion av en specifik ost kräver att råvarans sammansättning och egenskaper inte avviker eller varierar för mycket och i synnerhet mjölkens proteinhalt och proteinsammansättning är viktiga kvalitetsparametrar för ystmjölkens koaguleringssegenskaper, ostutbyte och produktkvalitet. En viktig faktor med betydelse för ystmjölkens sammansättning och egenskaper är juverhälsostatus. Vid en juverinflammation, inklusive dess mildare sub-kliniska form, förändras mjölkens sammansättning och andelen kasein av totalprotein minskar, olika serumkomponenter går över i mjölken (inklusive NaCl), pH ökar och mjölkens enzymatiska aktivitet (proteolys, lipolys) ökar. Sammanfattningsvis är proteinhalt/-kvalitet, juverhälsa och hygien (inkl. foderhygien) kritiska faktorer för att garantera hög produktkvalitet vid produktion av ost.

Bedömning av de föreslagna scenarierna: Det är svårt att peka ut specifika aspekter i de olika lösningsscenarierna som skiljer sig från referensscenariot så till den grad att det skulle få konsekvenser för produkten ost.

Produktsäkerhet

För att göra en systematisk värdering krävs en bedömning över möjliga faror och hur dessa påverkas längs varje produktionskedjan (mikrobiologisk exponeringsbedömning). Speciellt viktigt är att studera situationer där nya "kretslopp" uppstår och som kan innebära att faror selekteras och anrikas i produktionskedjan. Tuberkulos är ett exempel på anrikning genom att infekterad mjölk returnerades till mjölkbesättningar. Några viktiga aspekter på förändringar som kan ha betydelse listas nedan. Därefter görs en kvalitativ bedömning huruvida de föreslagna scenarierna medför ökad risk.

Foder: Foder kan vara infekterat med svamp som bildar mykotoxin. Vissa toxiner kan överföras till mjölken och kan därmed även spridas vidare till ost.

- Nya foderslag: Håll koll på utsatthet för mögeltillväxt och eventuell bildning av potenta mykotoxiner. Om så är fallet krävs kunskap om passage till mjölk.

Bedömning av de föreslagna scenarierna: De föreslagna scenarierna innebär inte introduktion av nya fodermedel, men en ökning av raps och grovfoder. Sannolikhet för negativa konsekvenser är liten

Stall: Hygiennivån i stallen är viktig för att minimera kontaminering vid mjölkningen. Djurens hälsostatus är en annan viktig fråga eftersom infektioner i ex vis juver kan överföras till mjölken. Vidare innebär förekomst av zoonotiska bakterier i tarmfloran en spridning till djurets hud, spenar men även till stallmiljön. Speciellt bakterier som klarar pastörisering av mjölk (s.k. pastöriseringsöverlevare) behöver hanteras på gårdsnivå. *B. cereus* är en sådan bakterie; den förekommer i jord och i strömaterial i stall och kan kontaminera spenarna på kor och förs vidare till mjölken.

- Nya foderslag: Håll koll på förekomst av salmonella med flera patogener. Kan nya foder ge positiva effekter på tarmfloran?
- Nya rutiner in- utflöden: Håll koll på nya spridningsvägar via gödsel. Håll koll på etablering av bakterier i djuruppfödning, från avel, uppfödningssystem till förmedling.
- Ökad utedrift: Jord är en vanlig källa till mikroorganismer. För mjölk är det speciellt förekomst av sporbildande bacillus som kan kontaminera exempelvis spenar. Miljösmitta som åvatten, betesmark är en känd för EHEC.

Bedömning av de föreslagna scenarierna: De föreslagna scenarierna innebär inte introduktion av nya foderslag eller gödselhanterings- eller inhysningssystem.

Produktionssystemen i Scenario Ekosystem och Växtnäring innebär ett minskat intag av betesfoder, med samma betesperiod. Detta åstadkoms med mer av rastbeten, vilket möjligen skulle kunna öka risken för sporbildande bacillus då det är fler djur på mindre yta.

Specifikt ost: *Clostridium tyrobutyricum* kan orsaka kvalitetsproblem i ost. Åtgärder för att förebygga kvalitetsfel kan göras i hela kedjan från vallodling till ostlager. Noggrannhet vid ensilage-tillverkning och mjölkningshygien är två viktiga åtgärder. *Streptococcus thermophilus* och eventuellt *Bacillus licheniformis* kan överleva pastörisering och kan orsaka smak- och texturfel i ost. Långa körtider i pastör utan rengöring och desinfektion är en känd orsak. Laktobaciller kan återkontaminera ystmjölken efter pastörisering, en tillväxt i pastören skulle kunna leda till kvalitetspåverkan.

- Ensilage produceras och hanteras så att klostridier undviks.

- Hög mjölkningshygien är centralt
- Långa körtider av pastören ska undvikas
- Nitrat används mot klostridier
- En särskild utredning behövs vid användning av opastöriserad mjölk

Bedömning av de föreslagna scenarierna: I alla lösningsscenarier så ökar andelen ensilage i foderstaterna. Detta skulle kunna utgöra en ökad risk för klostridier i mjölken.

Övriga potentiella risker bedöms inte öka i lösningsscenarierna.

Djurvelfärd

I scenarierna Klimat och Växtnäring har en högre foderintensitet för ökad avkastning valts, vilket kan öka risken för ökad sjuklighet och det kan även leda till en lösare gödsel, vilket i sin tur kan öka risken för mer klövproblem, såsom klövröta. Kor som utfodras mer intensivt får en foderstat som innehåller större andel kraftfoder och därmed mindre andel grovfoder. Detta gör att de löper större risk för sjukdomar och störningar som är kopplade till den ökade kraftfodermängden, vilket ökar påfrestningarna på våmmens mikroflora. Dock innehåller alla foderstater minst 50% grovfoder vilket sannolikt är tillräckligt för att ovanstående inte är utgör ett problem

I scenarierna Klimat och Växtnäring beräknas rekryteringsgraden vara 44 % jämfört med 38 % i referensscenariot och 33 % i scenario Klimat. Detta gör att möjligheterna till en långsiktig avel försämras något eftersom lantbrukaren behöver använda fler kor i en intern rekrytering. En lägre rekryteringsprocent ställer höga krav på att djurhälsan är god, vilket i sin tur kräver skickliga djurskötare och bra stallmiljöer.

Bedömning av de föreslagna scenarierna: Det finns inget i scenariobeskrivningarna som gör att detta går att utvärdera och det finns i detta fall inga skillnader mellan scenarierna när det gäller sinperioder och kalvningar. Kons möjligheter att beta är positivt för djurhälsan i stort. Risken för allmän dödlighet, hälta, klövproblem, spensador, juverinflammationer, kalvningssvårigheter, kvarbliven efterbörd och olika infektioner minskar om korna får gå på mycket bete.

Konsumentaspekter

Mjölk: Många konsumenter känner sig trygga med mjölk i Sverige, de kor som är ute på sommarbete och producerar en produkt som är en av våra mest självklara och näringsrika basprodukter. På senare år har det tillkommit en del hälsotrender via media där mjölk beskrivits som bidragande till uppblåst mage och ökad inflammation vilket egentligen inte har minskat populariteten för komjolk utan snarare skapat fler laktosfria alternativ.

Ost: Till skillnad från dryckesmjölk, som konsumenter helst köper svensk, brukar konsumenter vara mer öppna för att köpa ost från andra länder. Ost finns i flertalet olika varianter, i många olika prisklasser. En del konsumenter anser att ost är en lyxig och dyr delikatessprodukt andra värdesätter att köpa stora hushållsostar som passar hela familjen. Osten har länge varit omttyckt och självklar till maträtter som tacos och över gratänger, men har vunnit än mer mark tack vare hälsodietter såsom LCHF.

Brödspannmål och styckbröd

Produktkvalitet

Viktiga egenskaper hos mjukt vetebröd är brödvolum, textur (porositet), form, tuggmotstånd, elasticitet, skärbarhet, hållbarhet, lukt, smak och färg, näringsammansättning, samt livsmedelssäkerhet. Dessa egenskaper påverkas av både råvarans kvalitet, bakningsprocessen och lagringsförhållanden. Den viktigaste egenskapen hos brödvete är *proteinhalten* och *proteinkvaliteten*, d.v.s. innehåll av *glutenproteiner*. En annan viktig egenskap hos vete är *falltalet*, som är ett mått på α -amylasaktiviteten. Hållbarheten hos bröd är en viktig kvalitetsparameter som bland annat påverkas av lagringsförhållanden. Renhet, vattenhalt, proteinhalt, falltal, rymdvikt och tusenkornvikt påverkar också slutproduktens kvalitet. Kvaliteten hos brödvete påverkas av både vetesort och odlingsmiljö, t ex jordmån och väderlek. Miljöfaktorer som kan påverkas av odlaren är växtföljd, växtnäring, växtskydd, skördetidpunkt och lagring. Kvävetillförsel och kvävetillgänglighet påverkar t ex glutenproteinerna. Bakningsprocessen inkluderar tillsats av olika bakningshjälpmedel (t ex askorbinsyra, enzymer, emulgatorer), blandning av ingredienser, jäsning, formning av degen, ytterligare jäsning och gräddning. Alla dessa steg påverkar slutkvaliteten hos brödet på olika sätt.

I scenario Ekosystem odlas förutom höstvetet också en del vårvete. Vårvetet förväntas ha något högre proteinhalt (12 %) och även andra fördelar som proteinkvalitet och rymdvikt, och skulle därmed kunna ge en något högre brödvolum. I scenario Växtnäring tillförs kvävet i tre givor istället för två som i de andra scenarierna, vilket också skulle kunna leda till något högre proteinhalt. Bekämpning av ogräs och svamp i fält kan påverka kvaliteten hos vetet på olika sätt. I scenario Ekosystem används mindre bekämpningsmedel mot ogräs, vilket skulle kunna ge sämre renhet hos vetet med större inblandning av ogräsfrön.

Bedömning av de föreslagna scenarierna: Sammantaget är skillnaderna i de olika scenarierna troligtvis för små för att påverka slutkvaliteten hos brödet i någon större utsträckning. Dessutom jämnas skillnader i t ex proteinhalt och falltal ut i olika partier med vete hos kvarnarna, för att uppfylla bageriernas krav på kvalitet hos råvaran.

Produktsäkerhet

En övergripande genomgång görs nedan över faror i produktionskedjan för bröd samt en första identifiering över vad som påverkar dessa faror. Några viktiga aspekter på förändringar som kan ha betydelse listas nedan. Därefter görs en kvalitativ bedömning huruvida de föreslagna scenarierna medför ökad risk.

Mögelsvamparna *Fusarium* eller *Botryosphaeria* kan orsaka problem med exempelvis vete. Arter av framför allt släktet *Fusarium* kan bilda mykotoxiner i spannmålsgrödor och majs, vilket gör grödorna otjänliga för både djur och människor. Foder kan vara infekterat med svamp som bildar mykotoxin. Att beakta vid odling; användning av bekämpningsmedel, vala av sort.

- Håll koll på utsatthet för mögeltillväxt och eventuell bildning av potenta mykotoxiner. Om så är fallet krävs kunskap om passage till livsmedel.

Bedömning av de föreslagna scenarierna: I scenario Klimat förutsätts kylning av foderspannmål istället för torkning. Detta är en teknik som inte är fullt prövad, varför en viss risk för ökad mögeltillväxt är tänkbar.

I scenario Ekosystem används insådda fånggrödor i flera grödor i växtföljderna. Dessutom används ogräsharvning istället för kemisk bekämpning i flera grödor. Detta kan leda till mer ogräs både i växande gröda och i skörd, vilket i sin tur innebär ökad vattenhalt och därmed ökad risk för mögel i produkterna.

För övrigt innebär de föreslagna systemen inte ökad risk.

Konsumentaspekter

Bröd är ett traditionellt baslivsmedel som väljs på vana och äts till frukost år ut och år in, men kan också vara det lilla extra som förgyller en måltid och köps i speciella surdegsgrodder. Bröd är en färskvara och en av de produkter som ofta slängs när det blivit torrt och tråkigt. Likaväl som att bröd anses vara ett baslivsmedel och på ett enkelt sätt kompletterar en måltid eller bidrar till ett mellanmål så har bröd de senaste åren förlorat många konsumenter på marknaden. Det har rapporterats om högt sockernehåll i många vardagsbröd och olika hälsotrender har gjort att fler väljer bort bröd. Media har påverkan på konsumenters reaktioner men det är svårt att säga om vad som kommer att få utrymme i media framöver och också vad av detta som kommer få genomslag bland de flesta konsumenterna.

Diskussion

Projekt av denna omfattning ger en stor mängd resultat med olika detaljeringsgrad, vilket ger ett bra underlag för många diskussioner om hur en mer hållbar livsmedelssektor kan utvecklas. Samtidigt innebär omfattningen av projektet att det finns många osäkerheter i resultaten, både i form av bristfälliga data men i än högre grad metodmässiga val och antaganden som måste göras. För att underlätta läsandet av diskussionen har vi delat upp den i två delar, en del som behandlar resultaten och en del som bearbetar metod och ansats i projektet.

Diskussion om metod och ansats

Projektet har byggt på en nära samverkan mellan produktionsspecialister inom de olika produktionsgrenarna, förädling och förpackning, systemanalysexpertis och produktteknikexpertis (konsekvensanalyserna). Detta var en förutsättning för att projektet skulle kunna genomföras. Ambitionen var att koppla ihop detaljerad kunskap från olika områden och syntetisera den förbättringspotential för systemet som helhet. Under projektet har en arbetsmetodik utvecklats som möjliggjort denna integrerade analys. Metodiken fordrar stora insatser för projektledning, svårigheter med att arbeta på detta nya sätt har funnits och det mest uttalade var problemen att hitta gemensamma metoder för beskrivning och kvantifiering av produktionssystemen. Detta har gjort att de olika produktionsgrenarna till viss del har olika nivåer av förbättringspotential. Därför skall resultaten inte användas till en strikt jämförelse mellan produktionsgrenar - fokus bör vara på förbättringar inom en produktionsgren. Resultaten på VGL-nivå bör också förstås mot denna bakgrund, men trots dessa begränsningar ger de en bra överblick över potentialen för förbättringar för hela systemet.

Valet att utforma projektet till att utvärdera tre scenarier påverkar de slutsatser som kan dras. Genom att välja tre prioriteringar av vilka miljö- och resursanvändningskategorier som "optimeras" fås en tydligare bild av vilka val och prioriteringar som måste göras samt ett underlag för konsekvenserna av dessa val och prioriteringar. De tre lösningsscenarierna är inte tre stycken fix och färdiga lösningar som man ska välja mellan, utan till viss del extrema förslag i ett försök att renodla

systemen. Syftet är att "spänna upp Lösningsrymden" för att kunna förstå systemen och fatta beslut, att identifiera utvecklings- och forskningsbehov och att ge underlag för policy-diskussioner (exempelvis stödsystem som landsbygdsprogrammet).

En uppenbar utmaning i projektet har varit den stora mängd resultat som genereras, detta på olika systemnivåer. Med det senare avses att vissa resultat handlar om hela länets lantbruksproduktion, och andra resultat handlar om enskilda produkter på detaljerad nivå. Alla resultat bygger på samma beskrivningar av produktionssystemen. Denna koppling av detaljerade beskrivningar och övergripande analys har varit en målsättning i projektet - oss veterligen är detta inte gjort förut, och det ger stor fördel att kunna analysera fler nivåer i samma studie. Vår bedömning är att vi, trots svårigheter, lyckats hålla ihop de olika systemnivåerna på ett tydligt och konsekvent sätt. Den största svårigheten har varit att föremålet eller basen för resultaten är så komplex att det har visat sig vara svårt att tydligt sortera ut orsak och verkan på hög systemnivå (länet), eftersom det är så många variabler som förändras parallellt och som dessutom ger förändringar i en slags kaskad. Exempelvis samverkar förbättringar i växtodlingen med både förändrad foderstat och ökad effektivitet i djurproduktionen på ett sätt som gör det svårt att se vilken åtgärd som ger en viss effekt. Det är möjligt att göra denna analys, t.ex. genom simuleringar och multivariat analys, men tyvärr har det inte rymts inom projektets budgetramar.

I projektet har vi valt att inte ta stor hänsyn till befintliga styrmedel och stödsystem - lösningsscenarierna har inte utformats i första hand för att passa eventuella styrmedel utan för att minska miljöpåverkan. Detta innebär att våra lösningsscenarier sannolikt blir något längre från dagens realitet. Istället valde vi att analysera vilken potential till miljö- och resurseffektiviseringar som finns utifrån teknik och management. Detta kan sedan leda till en väl underbyggd diskussion om hur stödsystemen kan användas för att underlätta implementeringen av de mest lovande lösningarna, och bidra till kostnadseffektiva miljöförbättringar.

Med bas i de tre lösningsscenarierna kan kombinationer av lösningar identifieras, vilka sammantaget ger större miljövinster på ett kostnadseffektivt sätt. I denna process kan också prioriteringar mellan miljömål införas på ett strukturerat sätt.

Vi har tagit fram resultat på två nivåer: produkt och län. Resultaten på produktnivå följer en enskild produkt fram till butikens lastbrygga medan resultaten på länsnivå följer flödet fram till primär förädling, alltså så länge hela råvaran finns i ett flöde. Resultaten på produktnivå ger kunskap om hur de senare stegen i kedjan kan förbättras och ger underlag för enskilda aktörer som industri, handel och konsumenter att agera för att bidra till en hållbar livsmedelssektor. Denna påverkan kan ske genom aktiva val av produkter, eller genom att ställa effektiva krav på sina leverantörer. Resultaten på länsnivå berör huvudsakligen lantbruket och ger underlag för dels myndigheternas arbete med stödsystem, dels lantbruksnäringens strategiska arbete för näringen som helhet. Det kan också ge underlag för gemensamma satsningar från fler aktörer i kedjan.

De konsekvensanalyser som genomförts i projektet har tillfört mycket, på olika sätt. Konsekvensanalyserna har levererat det som var målet, nämligen att säkerställa att föreslagna lösningar inte innebär risk för negativa konsekvenser. Detta är centralt i analyser av framtida produktionssystem inom livsmedelssektorn, då sannolikheten att system som har negativa konsekvenser skulle bli framgångsrika är liten. Det är helt enkelt en fråga om verklighetsförankring. De konsekvenser som ändå har identifierats har hanterats som "varningsflaggor" för lösningar som

skulle kunna innebära problem vid en implementering av vissa lösningar. På detta sätt vägleds en vidare diskussion om framtida system. Den tidiga involveringen av konsekvensexpertis i utformandet av lösningsscenarier var värdefull och medförde att många lösningar kunde sorteras bort eller justeras så att negativa konsekvenser kunde undvikas. Särskilt stor påverkan hade begränsningen att lantbrukets produktionskostnader inte fick öka nämnvärt. Detta villkor innebar att många tänkbara lösningar sorterades bort, bl.a. ett system med mer lågavkastande mjölkkor som då också skulle svara för hela nötköttsproduktionen. Detta alternativ bedömdes som alltför kostsamt, då mjölkproduktion har stora investeringskostnader, och låg avkastning per ko ger stora kostnader per kg mjölk. På ett sätt gjorde kostnadsbegränsningen att intressanta lösningar valdes bort, men samtidigt innebar begränsningen att det blev mindre frihetsgrader i utformningen av scenarierna, vilket var avgörande för att över huvud taget komma framåt; med alltför stora frihetsgrader är det stor risk att man hamnar i ett stillestånd, förlamad av alla möjligheter. Det ekonomiska villkoret innebar också på ett mer generellt plan att alla lösningsscenarier bygger på ökad produktion, större besättningar och brukningsenheter. Det är alltså inget fritt val som gjorts inom projektet utan en konsekvens av kostnadsvillkoret.

En viktig begränsning är att vi inte inkluderat några förändringar i konsumtion och efterfrågan. Utgångspunkten är oförändrad produktion av livsmedel i Västra Götalands län. Denna avgränsning var nödvändig för att fokusera projektet och gavs av den övergripande frågan i projektet som i korthet var "Hur mycket mindre kan miljöpåverkan bli om vi använder känd kunskap och teknik". Resultaten visade att potentialen är stor, vilket diskuteras mer nedan. Samtidigt vet vi att efterfrågan och konsumtionen kommer att förändras, och att det finns stora flöden av livsmedel både nationellt och globalt. Så hur kan projektet bidra till en mer hållbar livsmedelskonsumtion? Att förändra matvanor är med största sannolikhet en viktig komponent, men det kräver mycket information och kunskap om produktionssystemen för att kostförändringar ska leda till verkliga förbättringar. Stora förändringar i kosten innebär att produktionssystemen påverkas, och som visats i detta projekt är interaktionen mellan produktionsgrenar en betydelsefull faktor. Genom att integrera växtodling och djurhållning kan stora miljövinster göras. En annan aspekt är att vissa miljömål kräver, eller åtminstone stärks av, konsumtion av vissa livsmedel. Det tydligaste exemplet är bevarandet av naturbetesmarker, där nötkött (eller lammkött) produceras, samtidigt som framför allt klimatpåverkan är stor för dessa produkter. Med projektets resultat som bas kan en mer initierad diskussion föras om dessa konflikter och kopplingen mellan konsumtion och hållbara produktionssystem.

En mer teknisk och metodmässig svårighet är frågan om markanvändning. Våra lösningsscenarier producerar mer per hektar tack vare ökade skördar och mer fodereffektiv djurproduktion, vilket kan sägas friställa mark vid oförändrad produktion. Inom LCA kan detta hanteras på olika sätt. Ett sätt är att helt enkelt kvantifiera arealanvändningen 'per se', och betrakta det som en resursanvändning bland andra, där det är en fördel att använda mindre mark per producerad enhet. Ett annat sätt är att försöka fånga dynamiken i livsmedelssystemets markanvändning, där minskat arealbehov innebär förändringar i arealanvändningen "någon annanstans", och försöka kvantifiera miljöeffekterna av detta. Med den senare ansatsen så kan man säga att markanvändning "översätts" till annan miljöpåverkan. Vi har valt att enbart kvantifiera arealbehovet. Om vi valt den andra ansatsen skulle sannolikt resultaten påverkats, men samtidigt skulle en mängd osäkerheter introducerats i analysen. En tredje ansats är att anta att något annat produceras på den överblivna marken, och dessa produkter sparar in emissioner och resursförbrukning från extern produktion. Ett exempel är att odla

energigrödor på överbliven mark. Valet av extra produktion samt vad denna ersätter (på samma sätt som ovan) får då stor påverkan på resultaten, varför vi valt att inte göra på det sättet heller.

En annan aspekt på markanvändning är att vi i samtliga lösningsscenarier antagit att all mulljord inom VGL används till långliggande rörlensvallar. Motivet var att mulljordar svarar för en mycket stor del av lantbrukets totala växthusgasutsläpp trots sin relativt begränsade arealer. Att undvika öppen odling på dessa jordar är ett mycket effektivt sätt att minska växthusgasutsläppen utan att det står i konflikt med andra miljömål. Vårt antagande om att all denna mulljord brukas på gårdar med dikalvsproduktion innebär att nötköttsproduktionen belastas med oproportionerligt stor del av mulljordsutsläppen, främst i referensen, men också i lösningsscenarierna (mulljordar ger större växthusgasutsläpp än mineraljordar även vid långliggande vallar). Detta får betydelse framförallt på de produktrelaterade resultaten; i VGL-analysen finns möjlighet att se hela lantbrukets påverkan och därmed moderera bilden något.

I produktstudierna har vi allokerat miljöpåverkan och resursförbrukningen för gris- och nötslaktkroppen på alla produkter som genereras, på basis av alla produkters försäljningsvärde för företaget. Detta är konsekvent med andra allokeringssituationer i systemet, som exempelvis mellan mjöl och olja för soja och raps, eller kött och mjölk för mjölkbesättningar. Dock innebär det att resultaten blir svåra att jämföra med andra LCA-studier, samt att de skulle förändras över åren oberoende av hur produktionssystemen förändras. En annan aspekt är att de inte vägleder val av produkt (för konsument, industri och handel) på ett effektivt sätt. Genom att produkter med ett lågt pris får lägre miljöpåverkan kan dessa framstå som bättre miljöval. Dock innebär detta val inte att mer av den miljövänliga produkten kan produceras utan att andra styckningsdetaljer eller produkter också produceras. Produktionen av alla enskilda produkter från en slaktkropp är länkade genom djurets fysiologi, varför en skillnad mellan styckningsdetaljer inte speglar verkligheten.

Osäkerheter

I studien har ett mycket stort antal parameter kvantifierats och utgjort grund för beräkningar av miljöpåverkan, resursförbrukning och produktionskostnader. Detta är helt nödvändigt för att kunna besvara projektets frågeställningar. I systemanalysprojekt finns inte alternativet att inte kvantifiera en parameter, då detta är liktydigt med att sätta värdet på den till noll. Med det mycket stora antalet parametrar följer osäkerheter i kvantifieringen. Kunskapsläget och datatillgången varierar och i många fall har projektet tvingats förlita sig på erfarenheter och antaganden. För LCA-resultaten tillkommer att de beräkningsmodeller som används för att kvantifiera potentiell miljöpåverkan (baserat på kvantifieringar av flöden av enskilda ämnen) har inneboende osäkerheter av samma orsaker. Detta innebär att resultaten inte är exakta beskrivningar av systemen, utan ska betraktas som väl underbyggda indikationer. Detta är ett generellt problem i systemanalyser av alla slag, och inget som helt går att undvika. Det är viktigt att vara medveten om detta när resultaten ska tolkas.

En specifik osäkerhet som kan ha stor betydelse för resultaten för klimatpåverkan är markens kolomsättning. I projektet har vi valt att inte inkludera detta i beräkningarna. Matjorden i normal svensk åkerjord innehåller i storleksordningen 100 ton kol/ha, och flödena till och från markens kolförråd är stora. Förändrade odlingsmetoder har potential att påverka dessa flöden, och därmed bidra till ökade eller minskade utsläpp av koldioxid. Det är dock svårt att koppla enskilda odlingsåtgärder till förändrade kolflöden och förändringarna kan variera mycket mellan år. De förändringar som antagits i lösningsscenarierna är i de flesta fall sådana som kan antas öka

kolinlagringen eller minska kolförlusterna. Ökade skördar, mindre jordbearbetning, fånggrödor och jämnare fördelning av stallgödsel är alla åtgärder som sannolikt innebär ökad kolinlagring. Om kolinlagringen i mark hade inkluderats i beräkningarna skulle sannolikt resultaten för klimatpåverkan sjunka ytterligare.

I VGL-resultaten har vi inkluderat användningen av biprodukter, och antagit att de nyttigheter (energi, växtnäring osv) som produceras ersätter annan produktion av samma nyttighet. Detta är vedertaget inom LCA, men innebär att antaganden om vilken produktion som ersätts. Detta kan få stora konsekvenser för resultaten, i synnerhet om antagandet är att någon kraftigt miljöpåverkande produkt ersätts. Vi har genomgående valt att ersätta produktion av medeltyp (svensk fjärrvärmemix, svensk elproduktion) vilket gör att de slupna emissionerna inte är så stora. Om vi istället antagit att vi ersatt en produktion som är på marginalen i exempelvis elsystemet så skulle det inneburit större slupna emissioner, och därmed lägre total miljöpåverkan för VGL-systemet i alla scenarier.

Resultatdiskussion

Det viktigaste resultatet var att det finns mycket stor miljöförbättringspotential i livsmedelssektorn genom att implementera redan känd kunskap och teknik. Alla produktionsgrenar kan minska sin miljöpåverkan och resursförbrukning betydligt utan att produktionskostnaderna i lantbruket ökar eller att det uppstår negativa konsekvenser för produktkvalitet, produktsäkerhet och djurvälstånd. Vi har inte heller funnit anledning till att starka konsumentreaktioner skulle uppstå med de föreslagna systemen. Dock finns ett antal punkter som bör diskuteras för att resultaten ska tolkas på ett korrekt sätt.

Resultat för lösningsscenarierna speglar till viss del var "de bästa ligger idag", då vi som tumregel använt de 25% bästa av dagens producenter som rimlig målbild när vi kvantifierat scenarierna. Det är inte så att vi helt konsekvent använt detta - ofta finns inte data och det är heller inte alltid relevant. "Som de 25% bästa" har fungerat som en "kompass" vid avvägningar och antaganden. Insikten från detta är att de scenarier vi analyserat till inte obetydlig del är en beskrivning av vilken miljöprestanda dagen bästa producenter har. Förenklat kan man säga att om alla producenter nådde produktionsresultat som dagens bästa skulle en betydande del av den förbättringspotential vi antagit kunna realiseras. Samtidigt inser vi att det inte är enkelt att nå dessa produktionsresultat - det kräver mycket av den enskilda producenten och det måste finnas en infrastruktur som stödjer denna effektivitetsförbättring. För att förbättra livsmedelssektorns miljöprestanda kan det vara mer effektivt att lyfta de 50% minst effektiva producenterna än att få de bästa att bli ännu mer effektiva. Ur ett LCA-forskningsperspektiv blir det tydligt att det normala förfaringssättet, att huvudsakligen jobba med medelvärden, gör att viktiga förbättringsmöjligheter inte blir identifierade.

Man kan också fråga sig varför inte denna produktivitetsförbättring sker på rent ekonomiska grunder? Varför är inte fler producenter lika effektiva som dagens bästa, då det skulle innebära förbättrad ekonomi? Projektet ger inga svar, men det är uppenbart att det är en väsentlig fråga för branscher, myndigheter och politiker. Att öka produktionseffektiviteten kräver stor kunskap inom många områden, i vissa fall även stora investeringar. En del av förklaringen kan vara att vissa delar av lantbruksproduktionen har andra bevekelsegrunder än att maximera det ekonomiska utbytet. Många lantbruk drivs på deltid av sociala skäl, det är en livsstil och kanske familjetradition. För andra produktionsgrenar är sannolikt kompetenskraven det som hämmar. Att se alla samband mellan

insats och avkastning är mycket svårt och att göra rätt val på en högre systemnivå kan vara extremt komplicerat. Slutligen kan en effektivisering kräva stora ekonomiska investeringar vilket är ett risktagande som lantbrukaren inte är beredd att ta givet dagens dåliga lönsamhet (och även prognoser för framtiden) inom jordbruket.

Interaktionen mellan produktionssystem måste tas hänsyn till vid analys av resultaten. Ett tydligt exempel där interaktionen mellan produktionssystem är viktig är produktionen av mjölk och nötkött. Genom att öka produktionseffektiviteten i mjölkproduktionen uppstår ett behov av ökad dikobaserad nötköttsproduktion, som har högre miljöpåverkan för fler miljöpåverkanskategorier men också bidrar positivt till andra aspekter som biologisk mångfald genom bruk av naturbetesmarker. Dessutom ökar sannolikt produktkvaliteten med en ökad dikobaserad produktion. Därutöver är konsumentens inställning till naturbetesbaserad produktion mer positiv än nötköttsproduktion på stall (som tjurar oftast föds upp idag och i scenarierna Växtnäring och Klimat). För att kunna uttala sig om de olika mjölkproduktionssystemens miljöpåverkan måste de förändringar som sker i nötköttsproduktionen inkluderas i diskussionen. Detta är en konsekvens av vårt val att anta oförändrad produktionsvolym. Om dynamiken i efterfrågan på nötkött från olika produktionssystem hade inkluderats skulle diskussionen bli annorlunda, vilket vore en mycket intressant fråga att studera i kommande projekt.

På mer specifik nivå är det viktigt att inte studera miljöpåverkan av enskilda grödor. Vid utformning av scenarierna har ambitionen varit att förbättra hela systemets prestanda, inte enskilda grödor. Detta har inneburit att fler åtgärder används som ökar miljöpåverkan för enskilda grödor.

Generellt för djurproduktionssystemen så är fodret den enskilt viktigaste parametern för resultaten. Både effektiviteten, sammansättningen och odlingen påverkar resultaten. För att arbeta effektivt med foderfrågan krävs att man tar ett helhetsgrepp. Att utforma foderstater som möjliggör en effektiv djurproduktion är första steget. Nästa steg är att jämkä foderstaterna utifrån vilken miljöpåverkan de enskilda komponenterna har och därefter inleda en process med odlingsexperter, där fodret styr utformningen av växtföljder. Ofta är det möjligt att byta vissa komponenter i fodret för att möjliggöra bättre växtföljder som ger miljövinster (som kan vara olika beroende på vilka miljömål som står i fokus). Ett exempel från projektet är att höstsådd spannmål byttes ut mot vårsådd för att möjliggöra vårbearbetning. Detta innebar ökade möjligheter att bekämpa ogräs på våren och minskade problemen med svamp, och därmed minskade behovet av kemiska bekämpningsmedel. Slutligen fann vi att stora vinster fanns även i de tekniska lösningarna. Som exempel kan nämnas att man genom att minska fodersvinnet i stallet ökade fodereffektiviteten trots att djuren konsumerar samma mängd. För att öka fodereffektiviteten krävs mer analyser av främst egenproducerat foder, nya tekniska lösningar liksom att insikten om kostnaderna med svinn förtydligas.

Effekten av olika sätt att utnyttja de relativt stora volymer biprodukter som genereras har analyserats på VGL-nivå. I scenario Klimat antas att de flesta animaliska biprodukter rötas, med återföring av rötresten till jordbruket. Detta ger vinster både för energibalansen, men också genom att inflödet av ny fosfor till systemet minskar. Förbränning av biprodukter med återvinning av fosfor från askor ger också positiva effekter, men då kvävet i biprodukterna går förlorat försämrar energibalansen jämfört med rötning. I projektet har inte kostnader för dessa system inkluderats, vilket är en viktig begränsning i resultaten.

Resultaten för kostnader i lantbruket är baserade på beskrivningarna av scenarierna kombinerat med data för produktionskostnader. Det har inte varit möjligt att inkludera alla kostnader som sannolikt skulle krävas i scenarierna. Ett exempel är det sannolikt ökade behovet av produktionsuppföljning (foderanalyser, vägning av djur osv). Inte heller kostnader för den ökade kompetens som är en förutsättning för att våra scenarier ska vara realistiska. Denna kompetens kan skapas genom utbildning, inköp av rådgivningstjänster eller ökad samverkan och specialisering inom olika delar av produktionen (exempelvis djurskötsel och växtodling).

Våra resultat visar att det finns ett antal avgörande konflikter mellan miljömål, alltså att åtgärder som stärker vissa miljömål innebär försämringar för andra. Konflikter finns inom produktionsgrenar, men också i kombinationen av produktionsgrenar. En tydlig konflikt finns mellan minskad användning av bekämpningsmedel (scenario Ekosystem) och minskad klimatpåverkan, övergödning och förurning. För att minska behovet av bekämpningsmedel krävs mer mekanisk bearbetning. Vidare blir skördarna något lägre vilket ökar utsläppen per kg gröda. Detta är en konflikt som är svår att lösa - det är helt enkelt ett val som måste göras om vilka miljömål som är viktigast. Dock kan kompromisser göras men det är osannolikt att det finns ett system som ger bäst utfall för alla miljöpåverkanskategorier.

En annan konflikt är mellan brukandet av naturbetesmarker, vilket är viktigt för bl.a. biologisk mångfald, och klimatpåverkan. För att kunna bruka stora arealer naturbetesmarker krävs att nötkreaturen får en stor del av sitt foder från bete. En stor del av nötköttet i Sverige kommer från handjur, och för att dessa ska kunna gå på bete krävs att de kastreras (tjurar på bete utgör en arbetsmiljörisk). Sammantaget innebär detta att fodereffektiviteten minskar om mycket naturbete ska användas, eftersom stutar har sämre fodereffektivitet. Dessutom är fodervärdet mer varierat och svårare att styra på bete än i stall. Genom att intensifiera mjölkproduktionen och använda stutar, som i Scenario Ekosystem, fås sammantaget en oförändrad klimatpåverkan men en mycket större areal naturbetesmark i hävd. Om man däremot intensifierar nötköttsproduktionen, som i scenario Klimat, fås lägre klimatpåverkan både totalt och per kg nötkött, men arealen naturbetesmark minskar.

I våra utgångsscenarier finns flest konflikter mellan scenario Ekosystem och de andra två lösningsscenarierna. Få konflikter finns mellan scenario Växtnäring och scenario Klimat. Det skulle vara möjligt att kombinera dessa båda lösningsscenarier utan att behöva göra allvarliga kompromisser mellan miljömål.

I projektet har vi inte inkluderat ett ekologiskt scenario. Motivet var att målsättningen med projektet var att förutsättningslöst utgå från olikam miljömål, och låta detta styra utformningen av systemen. Om ett ekologiskt alternativ hade inkluderats hade detta brutit denna princip, då ekologisk produktion redan föreskriver ett antal produktionsmetoder. Detta hade inneburit svårigheter att analysera resultaten på det sätt vi syftade till. Det är också möjligt att analysera ekologisk produktion med samma metodik, för även inom ekologisk produktion finns det målkonflikter av det slag som beskrivits ovan, och dessa kan hanteras på samma sätt som i detta projekt.

Konsekvensanalyserna visade att lösningsscenarierna i stort sett inte innebar negativa konsekvenser för någon av de andra hållbarhetsaspekterna i projektet. En del "varningsflaggor" av typen "för att lösningsscenariot inte ska innebära några negativa konsekvenser måste följande uppfyllas" identifierades dock inom de flesta konsekvensområden. Konsekvensanalyserna kunde emellertid inte

göras på den detaljeringsnivå som planerats i inledningen av projektet då scenariobeskrivningarna i många fall inte var tillräckligt detaljerade.

Slutsatser

- Det finns stor potentialen att minska miljöpåverkan och resursförbrukningen i den svenska livsmedelssektorn med bibehållen produktionsvolym samtidigt som produktkvalitet, produktsäkerhet och djurvälfaerden inte försämras, kostnaderna för primärproduktion ökar eller att risken för negativa konsumentreaktioner uppstår.
- De presenterade lösningsscenarierna ska inte ses som färdiga lösningar att välja mellan. De är utformade för att kunna förstå systemet och kartlägga viktiga aspekter och kopplingar inom systemet. Det är möjligt att kombinera föreslagna lösningar från de olika lösningsscenarierna.
- Den enskilt viktigaste faktorn bakom resultaten för djurproduktionen är ökad produktionseffektivitet i hela kedjan, främst lantbruket.
- Effektivitetsförbättringar bygger till stor del på god djuromsorg och kompetenshöjning hos djurskötare. Detta innebär att kompetens i produktionen är centralt och att god djurvelfärd bidrar till miljömässig hållbarhet.
- Att inkludera konsekvensanalyser ökade projektets värde då de föreslagna lösningarna blev mer realistiska. Att införa begränsningar innebär också att processen att välja lösningar underlättades.
- Ansatsen med konsekvensanalyser kan användas för att effektivisera och konkretisera utformning av scenarier generellt.
- Att analysera systemet som en helhet innebär att samverkan mellan produktionsgrenar kan utnyttjas, till skillnad från i studier av enskilda produktionsgrenar.
- De analyserade lösningsscenarierna innebär ökad markanvändning inom VGL pga. mer odling av foder inom länet och minskad foderimport. Markanvändningen minskar i foderexporterande länder.
- Vissa val av systemlösning är mindre väl underbyggda och ska ses som ett sätt att testa lovande och intressanta lösningar, exempelvis förbränning av kycklinggödsel.
- Det finns konflikter mellan miljömål. Tydligaste exemplet är att målet om bibehållen eller ökat bruk av naturbetesmarker står i konflikt med målet att minska klimatpåverkan från nötköttsproduktionen.
- Ett annat exempel på konflikt mellan miljömål är att en minskad användning av pesticider ger sämre miljöprestanda med avseende på klimatpåverkan, försurning och övergödning.
- Ur miljö- och resurssynpunkt är det viktigt att foderstater utformas i första hand för att optimera effektiviteten i djurproduktionen, men därefter bör foderstaterna justeras för att möjliggöra bättre växtföljder i odlingen.
- Förbättringspotentialen för mjölk- och nötköttsproduktion måste analyseras samtidigt då systemen är kopplade till varandra. Att utforma lösningar för en effektivare mjölkproduktion

utan att ta hänsyn till hur dessa påverkar nötköttsproduktionen kan ge sub-optimala lösningar. Samma gäller det omvända.

- Stor miljöförbättringspotential finns i att minska svinnet i kedjan, både i lantbruket (foderspill, dödlighet) och i förädling.
- Minskad dödlighet är en viktig faktor för att öka den totala effektiviteten i animalieproduktionen, varför god djurvälstånd är en del av en mer miljövänlig produktion.
- Transporter betyder relativt lite för alla typer av miljöpåverkan och resursanvändning, med undantag för bröd.
- Val av energislag (fossilfri energi) i kedjan får genomslag i de flesta produktionsgrenar.
- Ur miljö- och resurssynpunkt är rötning av biprodukter att föredra framför förbränning med fosforåtervinning.
- Genom att röta framför allt animaliska biprodukter kan behovet av nytt fosfor minskas betydligt, vilket är en viktig faktor för hållbar livsmedelsproduktion.

Fortsättning

Resultaten från projektet kan användas på fler sätt. Ett är att den samlade kunskapen om livsmedelssektorns miljöpåverkan och dess förbättringspotential kan ingå i diskussioner om samhällets stöd och styrning av framför allt lantbruket. Enskilda aktörer som lantbrukets organisationer, företag och handel kan använda resultaten till strategiarbete och kommunikation. Resultaten skulle också kunna utgöra en grund för märkningsföretag som KRAV och Svenskt Sigill i arbetet med att förbättra sina kriterier. För att använda resultaten inom offentlig upphandling krävs sannolikt mer arbete. Rådgivare och konsulter inom livsmedelssektorn kan nyttiggöra både resultaten och ansatsen i projektet för att öka sin förståelse för miljöprestanda och hur kopplingar mellan produktionsgrenar ser ut.

Ett projekt av den här typen väcker också många nya frågor. Det finns ett fortsatt stort behov för mer forskning och utveckling inom området. Några centrala områden för vidare forskning är att:

- Studera systemet i ett längre tidsperspektiv där mer omfattande förändringar kan inkluderas i analysen.
- Beskriva system med andra begränsningar. Exempelvis kan begränsningen på kostnadsökning ersättas med mål om lönsamhet. Detta innebär att även intäktssidan ingår, vilket ger möjligheter att inkludera produktionssystem som ger högre intäkter.
- Studera hur en förändrad konsumtion påverkar utfallet och hur påverkas produktionssystemens utformning för att möta miljömålen
- Analysera dagens "mönstergårdar", dvs. de mest produktionseffektiva producenterna och förädlingsföretagen. Detta skulle ge en bild av spridningen idag vilket skulle ge underlag för förbättringsåtgärder som är både möjliga och har stora fördelar både ekonomiskt och miljömässigt.
- Utveckla konsekvensanalysdelen i projektet. Som sagts tidigare så är detta ett nytt koncept inom forskning om framtida mer hållbara livsmedelsproduktionssystem.

Referenser

- Agroscope. LCA and Sustainability Assessment: Methods, Data and Tools. Hämtad på <http://www.agroscope.admin.ch/oekobilanzen/01199/index.html?lang=en>
- Agriwise, Områdeskalkyler och Databok som utges varje år av SLU. <http://www.agriwise.org/>.
- Andersson, J., Brunge, K. & Walla, T., 2011. Biogas från gödsel och gräs i kombination med dikalvsproduktion – möjligheter och problem. SLU studentarbete. <http://www.bing.com/search?q=biogas+fr%C3%A5n+g%C3%B6dsel+och+gr%C3%A5s+i+kombination+med+dikalvsproduktion&src=ie9tr>
- Baky, A. 2013. Life Cycle Inventory & Assessment Report. Combustion of Horse Manure with Heat Utilisation. Baltic Forum. December 2013.
- Berglund, M., Wallman, M., 2011. Utsläpp av växthusgaser i växtodling – underlag till klimatcertifiering. Klimatmärkning av mat, rapport 2011:1.
- Bennet, S. 2012. Ecotoxicity in LCA – A review of methods and an assessment of the ecotoxic impact of pesticide use in Swedish winter wheat and Brazilian soybean production. SIK-rapport 855.
- Bertilsson, J., Barr, U.-K., Borch, E., Gunnarsson, S., Hamberg, L., Lindbom, I., Lorentzon, K., Lundh, Å., Nielsen, T., Nilsson, K., Normann, A., Salomon, E., Sindhøj, E., Sonesson, U., Sundberg, M., Åström, A., Östergren, K. 2014. Hållbara matvägar – referens- och lösningsscenarioer för mjölkproduktion och framställning av konsumtionsmjölk och lagrad ost. SIK-rapport 886, december 2014. SR 886; ISBN 978-91-7290-341-8
- Björnsson, L., *et al* (2013). Impact of biogas crop production on greenhouse gas emissions, soil organic matter and food crop production – A case study on farm level. Report No 2013:27, f3, The Swedish Knowledge Center for Renewable Transportation Fuels, Sweden. Available at www.f3center.se.
- Cofoten/STANK in MIND 1.20 (www.Jordbruksverket.se)
- Ecoinvent Centre 20130. Ecoinvent data, version 3.0. Ecoinvent Reports No. 1-25. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, Switzerland.
- EPLCA. European Platform of LCA. Tool SALCA-biodiversity 061. <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/ResourceDirectory/tool.vm?tid=183>
- Eriksson, L., Bohlin, F., Hörnfeldt, R., Johansson, T., Lindhagen, A. & Woxblom, A.-C., 2011. Skog på jordbruksmark – erfarenheter från de senaste decennierna. Rapport 11 Institutionen för skogens produkter, SLU.
- European Commission (2011), Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability: International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook- Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context. First edition November 2011. EUR 24571 EN. Luxembourg. Publications Office of the European Union.
- EvaPig. 2012. EvaPig® a free software for calculating energy, protein and mineral values of pig feeds. <http://www.evapig.com/>
- Feedipedia - Animal Feed Resources Information System - INRA CIRAD AFZ and FAO © 2012-2013. <http://www.feedipedia.org>

Fodermix, <http://www.fodermix.se/>

Flysjö, A., Cederberg, C., Strid, I. 2008. LCA-databas för konventionella fodermedel - miljöpåverkan i samband med produktion (Version 1). SIK-rapport 772

Flysjö, A. 2012. Greenhouse Gas Emissions in Milk and Dairy Product Chains. Improving the Carbon Footprint of Dairy Products. Ph D Thesis. 2012. Aarhus University, Department of Agroecology, Science and Technology.

Frischknecht R, & Jungbluth N, (2003, eds.). Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods. Final report ecoinvent 2000, Swiss Centre for LCI. Duebendorf, CH

Göransson, Leif., Barr, U.-K., Borch, E., Brunius, C., Florén, B., Gunnarsson, S., Hamberg, L., Lindbom, I., Lorentzon, K., Nielsen, T., , Normann, A., Salomon, E., Sindhøj, E., Sonesson, U., Sundberg, M., Åström, A., Östergren, K. 2014. Hållbara matvägar – referens- och lösningsscenarier för grisproduktion och framställning av rökt skinka. SIK-rapport 887, december 2014. SR 887; ISBN 978-91-7290-342-5.

Hessle, A., Barr, U.-K., Borch, E., Brunius, C., Florén, B., Gunnarsson, S., Hamberg, L., Lindbom, I., Lorentzon, K., Nielsen, T., Normann, A., Salomon, E., Sindhøj, E., Sonesson, U., Sundberg, M., Åström, A., Östergren, K. 2014. Hållbara matvägar – referens- och lösningsscenarier för nötköttproduktion och framställning av ryggbiff. SIK-rapport 885, december 2014 SR 885; ISBN 978-91-7290-340-1

IPCC. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Volume 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.

Johnsson, S., Kumm, K.-I., Jeppsson, K.-H., Lidfors, L., Lindén, B., Pettersson, B., Ramvall, C.-J., Schönbeck, P. & Törnquist, M., 2004. System för nötköttproduktion. Rapport 5, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa. SLU. Skara.

Jordbruksverket, 2012, Riktlinjer för gödsling och kalkning 2013, Jordbruksinformation 12, Jordbruksverket, Jönköping

Jordbruksverket, 2014a. Kemisk ogräsbekämpning 2014/2015.

Jordbruksverket, 2014b. Bekämpningsrekommendationer 2014 – Svampar och insekter.

Kumm, K.-I., 2006. Vägar till lönsam nöt- och lammköttproduktion. Rapport 11 från Institutionen för husdjurens miljö och hälsa. SLU Skara.

Lantmännen Lantbruk, 2012. Produktblad, Yara N-sensor™

http://www.lantmannenlantbruk.se/Documents/V%c3%a4xtodling/N%20Sensor/Produktblad_Yara%20N%20sensor.pdf.

Lantz, M. & Börjesson, L., 2011. Biogas från gödsel och vall; analys av föreslagna åtgärder. Envirum AB.

Ljung, E., Palm, O. & Rodhe, L., 2013, Ökad acceptans för biogödsel inom lantbruket, Rapport 47 Kretslopp & Avfall, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala

Nelson, B.-O., 2002. Modell för beräkning av lönsamheten i nötköttproduktionen. SLA:s analysgrupp. Ängelholm.

NTM, nätverket för transport och miljö. www.ntm.a.se

Persson, M. U., Henders, S., Cederberg, C. 2014. A method for calculating a land-use change carbon footprint (LUC-CFP) for agricultural commodities – applications to Brazilian beef and soy, Indonesian palm oil. *Global Change Biology*, Volume 20, Issue 11, pages 3482–3491, November 2014

Rodhe, L. & Salomon, E., 1992, Spridning av flytgödsel i stråsäd, JTI-Rapport 139, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala

SimaPro 7. 2007. PRé Consultants B.V. Amersfoort. Nederländerna. www.pre.nl

SLU. 2012. Fodertabell för gris. <http://www.slu.se/sv/fakulteter/vh/institutioner/institutionen-for-husdjurens-utfodring-och-varld/verktyg/fodertabeller/fodertabell-for-gris/> Besökt 2012-05

Sonesson, U., Lorentzon, K., Andersson, A., Barr, U.-K., Borch, E., Brunius, C., Hamberg, L., Lindbom, I., Nielsen, T., Normann, A., Åström, A., Östergren, K. 2014. Hållbara matvägar – referens- och lösningsscenarier för brödveteproduktion och framställning av styckbröd. SIK-rapport X, december 2014. SR 889; ISBN 978-91-7290-344-9.

SOU 2014. Tillväxt och värdeskapande. Konkurrenskraft i svenskt jordbruk och trädgårdsnäring.

Stenberg, B., Sonesson, U., Stenberg, M. 2014. Hållbara matvägar – utgångs- och lösningsscenarier för växtodling. SIK-rapport X, december 2014. SR 890; ISBN 978-91-7290-345-6.

Strömberg, B., Herstad Svärd, S. 2012. Bränslehandboken, Värmeforsk rapport nr 1234.

Tufvesson, L., Lantz, M. 2012. Livscykelanalys av biogas från restprodukter. Rapport nr 76, mars 2012. Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för teknik och samhälle.

Wall, H., Barr, U.-K., Borch, E., Brunius, C., Gunnarsson, S., Hamberg, L., Lindbom, I., Lorentzon, K., Nielsen, T., Nilsson, K., Normann, A., Salomon, E., Sindhøj, E., Sonesson, U., Sundberg, M., Åström, A., Östergren, K. 2014. Hållbara matvägar – referens- och lösningsscenarier för kycklingproduktion och framställning av fryst kycklingfilé. SIK-rapport 888, december 2014. SR 888; ISBN 978-91-7290-343-2

Bilaga 1 Nötköttsproduktion och framställning av ryggbiff - sammanfattning av referens- och lösningsscenarier (se Hesse *et al*, 2014)

	<u>Refererensscenario</u>	<u>Lösningsscenario 1</u> Ekosystem (hög mjölk)	<u>Lösningsscenario 2</u> Växtnäring (hög mjölk)	<u>Lösningsscenario 3</u> Klimat (medel mjölk)
Slaktade djur	Mjölkkö (21091) Mj. Ungtjur (21138) Diko (5916) Slaktkviga (4932) Ungtjur (10602)	Mjölkkö (19503) Mj. Slaktkviga (10457). KöttX Stut (10178), KöttX Diko (5562) Slaktkviga (5552) Stut (11060)	Mjölkkö (19503) Mj. Ungtjur (20357), KöttX Diko (5548) Slaktkviga (5537) Ungtjur (11032)	Mjölkkö (18375) Mj. Ungtjur (31774), KöttX Diko (3137) Slaktkviga (2938) Ungtjur (6045)
Avvänningsvikt mjölkrastjurar/kvigor	100 kg vid 80 dagar	110 kg kvigkalvar 120 kg tjurkalvar	120 kg tjurar	120 kg tjurar
Avvänningsvikt dikalvar kvigor/tjurar	250 kg kvigor 275 kg tjurar vid 210 dagar	275 kg kvigor 300 kg tjurar	Som Ekosystem	Som Ekosystem
Dikovikt	775 kg	750 kg	Som Ekosystem	Som Ekosystem
Könssorterad sperma dikalvsproduktion	Nej	Nej	Nej	Nej
Rekrytering dikor	20%	20%	20%	20%
Dödlighet dikalvar, tjur	6,3%	1,9%	1,9%	1,9%
Dödlighet dikalvar, kviga	5,1%	1,5%	1,5%	1,5%
Dödlighet mjölkrastjurar	11,2%	3,4%	3,4%	3,4%
Antal kalvar/diko&år	0,858	Som Referensscenario	Som Referensscenario	Som Referensscenario

	<u>Refererensscenario</u>	<u>Lösningsscenario 1</u> Ekosystem (hög mjölk)	<u>Lösningsscenario 2</u> Växtnäring (hög mjölk)	<u>Lösningsscenario 3</u> Klimat (medel mjölk)
Dikor som blir kadaver (%)	2%	1%	1%	1%
Slaktålder mjölkraskviga	28-29 mån	24 månader	-	-
Slaktålder mjölkrastjur	18 månader	-	14 mån	15 mån
Slaktålder mjölkrasstut	-	24 månader	-	-
Slaktvikt mjölkraskviga	275 kg	290 kg	-	-
Slaktvikt mjölkrastjur	310 kg	-	330 kg	330 kg
Slaktvikt mjölkrasstut	-	320 kg	-	-
Slaktålder dikalv kviga	24 mån	21 mån	16 mån	21 mån
Slaktålder dikalv tjur	17 mån	-	13 mån	14 mån
Slaktålder dikalv stut	-	30 mån	-	-
Slaktvikt dikalv kviga	290 kg	310 kg	280 kg	310 kg
Slaktvikt dikalv tjur	340 kg	-	360 kg	360 kg
Slaktvikt dikalv stut	-	390 kg	-	-
Gödselhantering dikor	Fast	Fast	Fast	Fast
Gödselhantering slaktungnöt	Flytgödsel med svämtäcke	Flyt med svämtäcke	Flyt med plastdukstäckning, surgörning vid spridning	Flyt med svämtäcke, surgörning i lager
Ensilage	Gräs/klöver	Gräs/klöver Rörflen dikor	50/50 klöver/majs Rörflen dikor	Gräs/klöver Rörflen dikor
Andel ensilage av totalt foder	56%	47%	48%	57%
Andel bete av totalt foderintag	25%	50%	35%	22%
Andel spannmål av totalt	17%	2%	14%	18%

	<u>Refererensscenario</u>	<u>Lösningsscenario 1</u> Ekosystem (hög mjölk)	<u>Lösningsscenario 2</u> Växtnäring (hög mjölk)	<u>Lösningsscenario 3</u> Klimat (medel mjölk)
foder				
Andel proteinkraftfoder av totalt foder	1%	1%	3%	3%
Betesperiod växande djur	1/5 – 15/10	Som referensscenario	Som referensscenario	Som referensscenario
Betesperiod dikor	15/4 – 15/11	Som referensscenario	Som referensscenario	Som referensscenario
Betesdjur	Kvigor, dikor	Kvigor, stutar, dikor	Kvigor, dikor	Kvigor, dikor

Bilaga 2 Mjölkproduktion och framställning av konsumtionsmjölk och lagrad ost - sammanfattning av referens- och lösningsscenarier (se Bertilsson *et al*, 2014)

	<u>Referensscenario</u>	<u>Lösningsscenario 1</u>	<u>Lösningsscenario 2</u>	<u>Lösningsscenario 3</u>
		Ekosystem	Växtnäring	Klimat
Mjölkavkastning, (kg ECM/ko&år)	8 300	11 000	11 000	9 000
Inkalvningsålder (månader)	27	24	24	24
Rekryteringsprocent (%)	38	44%	44%	33%
Dödlighet kalvar (förändring i %)		-70%	-70%	-70%
Dödlighet kor (förändring i %)		-45%	-45%	-43%
Foderstater	Bete, klöver/gräsensilage, betfor, spm, mineraler, protein-krf	Bete, klöver/gräsensilage, betfor, spm, åkerböna, expro, rapskaka, mineraler	Bete, klöver/gräsensilage, majsensilage, betfor, spm, åkerböna, expro, mineraler	Bete, gräsensilage, majsensilage, spm, åkerböna, expro, rapskaka, mineraler
Elanvändning (förändring i %)		-	-	-20%
Gödsel	Flytgödsel	Flytgödsel	Flytgödsel	Flytgödsel
Gödsellagring	Svämtäcke	Svämtäcke	Plastduk + surgörning vid spridning	Surgörning i lager

	<u>Referensscenario</u>	<u>Lösningsscenario 1</u>	<u>Lösningsscenario 2</u>	<u>Lösningsscenario 3</u>
		Ekosystem	Växtnäring	Klimat
Karensmjölk (%)	3%	4%	4%	2%
Energianvändning i förädlingen (förändring i %)	---	*	*	-25 %, grön el och biobränslen
Fodermjölk i mejeriet (förändring i %)	---	*	*	-50 %
Svinn i ostbitningen (förändring i %)	---	*	*	-50 % bitningssvinn
Interna kassationer (förändring i %)	---	*	*	Noll
Transportarbete (förändring i %)	---	*	*	-4 % Biodiesel

* Förändringar i denna del av kedjan påverkar huvudsakligen utgångsscenariot 3 Klimat. Några lösningsscenarier har inte fram för de andra lösningsscenarierna.

Bilaga 3 Grisproduktion och framställning av rökt skinka - sammanfattning av referens- och lösningsscenarier (se Göransson *et al*, 2014)

	<u>Referensscenario</u>	<u>Lösningsscenario 1</u>	<u>Lösningsscenario 2</u>	<u>Lösningsscenario 3</u>
		Ekosystem	Växtnäring	Klimat
Dödlighet smågris (%)	20	12	12	12
Dödlighet slaktsvin (%)	1,8	1,2	1,2	1,2
Avvanda kultingar/sugga&år	23,8	30	30	30
Rekrytering suggor (%)	52,5	46	46	46
Kött (%)	58,2	60,2	60,2	60,2
Foder sugga inkl rekrytering (kg/år)	1619	1649	1638	1630
Foder smågris (kg/smågris upp till 30 kg levande vikt)	43	39	36	36
Foder slaktsvin (kg/slaktsvin från 30 till 115 kg levande vikt)	238	209	210	208

	<u>Referensscenario</u>	<u>Lösningsscenario 1</u>	<u>Lösningsscenario 2</u>	<u>Lösningsscenario 3</u>
		Ekosystem	Växtnäring	Klimat
Foderstater	Vete, korn, havre, <u>soja</u> , raps	Vete, havre, korn, <u>raps</u> , åkerböna, syntetiska aminosyror Lägre N, P, K	Vete, havre, korn, <u>soja</u> , <u>raps</u> , syntetiska aminosyror Lägre N, P, K	Vete, havre, korn, raps, <u>åkerböna</u> , syntetiska aminosyror Lägre N, P, K
Gödsel	Flyt, djupströ till sinsuggor	Flytgödsel	Flytgödsel	Flytgödsel
Gödsellagring	Svämtäcke	Svämtäcke	Plastduk + surgörning vid spridning	Surgörning i lager
Energianvändning stallar (förändring i %)	---	Som referens	Som referens	-25%, grön el och biobränslen
Energianvändning i förädlingen (förändring i %)	---	*	*	-25 %, grön el och biobränslen
Svinn i förädlingen (%)	5,5 %	*	*	3,2 %
Transporter (förändring i %)	---	*	*	Minskat transportarbete

* Förändringar i denna del av kedjan påverkar huvudsakligen utgångsscenariot Klimat. Några lösningsscenarier har inte fram för de andra lösningsscenarierna..

Bilaga 4 Kycklingproduktion och framställning av fryst kycklingfilé - sammanfattning av referens- och lösningsscenarier (se Wall *et al*, 2014)

	<u>Referensscenario</u>	<u>Lösningsscenario 1</u>	<u>Lösningsscenario 2</u>	<u>Lösningsscenario 3</u>
		Ekosystem	Växtnäring	Klimat
Åtgärd				
Dödlighet under uppfödning	3%	3%	3%	3%
Levandevikt vid slakt	1,9 kg	1,9 kg	1,9 kg	1,9 kg
Ströbädd	Spån	Spån	Torv (lägre NH ₃)	Spån
NH ₃ -skrubber	Nej	Nej	Ja (95% reduktion)	Nej
El (kWh/kg levande vikt)	0,2	0,2	0,2	0,2
Diesel (samma enhet)	0,013	0,013	0,013	0,013
Värme, biobränsle (samma enhet)	1,0	1,0	1,0	1,0
Värme olja (samma enhet)	0,11	0,11	0,11	0,11
Gödselhantering	Klet	Klet	Klet	Rötning
NH ₃ -förluster stall+lagring (ton/år totalt)	57,2	58,4	1,4	37,3

	<u>Referensscenario</u>	<u>Lösningsscenario 1</u>	<u>Lösningsscenario 2</u>	<u>Lösningsscenario 3</u>
		Ekosystem	Växtnäring	Klimat
N₂O emissioner lagring (ton/år totalt)	0,97	0,99	0,7	0,37
Syntetiska aminosyror	ja	mer	mer	mer
Foderstat	Vete, soja, raps	Vete, havre, Vetefodermjöl, soja, raps. ärter, drank	Vete, vetefodermjöl, raps, ärter, drank	Vete, vetefodermjöl, raps, ärter, drank
Energi förädling och transporter	Svensk elmix, diesel, svensk fjärrvärmemix	Svensk elmix, diesel, svensk fjärrvärmemix	Svensk elmix, diesel, svensk fjärrvärmemix	Biobränsle, biodiesel och fossilfri el

Bilaga 5 Brödveteproduktion och framställning av styckbröd - sammanfattning av referens- och lösningsscenarier (se Sonesson *et al*, 2014)

Åtgärd	Referensscenario	Lösningsscenario 1 Ekosystem	Lösningsscenario 2 Växtnäring	Lösningsscenario 3 Klimat
Energi för bakning				15% reduktion
Elektricitet	Svensk medelel	Svensk medelel	Svensk medelel	Fossilfri
Fordonsbränslen	Diesel	Diesel	Diesel	Biodiesel
Värme till bakning	Motsvarande svensk fjärrvärmemix	Motsvarande svensk fjärrvärmemix	Motsvarande svensk fjärrvärmemix	Biobränsle

Bilaga 6 Växtodling - sammanfattning av referens- och lösningsscenarier (se Stenberg *et al*, 2014)

	<u>Referensscenario</u>	<u>Lösningsscenario 1</u>	<u>Lösningsscenario 2</u>	<u>Lösningsscenario 3</u>
		Ekosystem	Växtnäring	"Klimatpåverkan"
Stallgödsel nedbrukning	Inom 24 h	Omedelbart	Omedelbart	Omedelbart
Spridningstidpunkt	Huvudsakligen höst, samt försommar i växande gröda	Mer före vårsådd, lite höst	Före vårsådd, växande gröda	Som Sc2
Gödselbehandling	---	En del fastgödsel från dikalvsproduktionen förbränns.	Syrabehandling av flytgödsel vid spridning. En del fastgödsel och all kycklinggödsel förbränns med återvinning av fosfor.	En del grisgödsel, en del flytgödsel från mjölk- och dikalvsproduktionssystemen rötas.
Växtnäring P	22 kg/ha	Efter behov	Efter behov	Efter behov

Växtföljder		Bättre, grüngödslingsgröda på slätten, baljväxter, Mjölkgård och nötkött odlar avsalugrödor, långliggande rörflen på dikogårdar, fånggrödor	Bättre, baljväxter, fånggrödor, majsensilage, långliggande rörflen på dikogårdar	Bättre, biogasvall på slätten, baljväxter, Mjölkgård och nötkött odlar avsalugrödor, majsensilage, långliggande rörflen på dikogårdar
Växtskydd		Mekanisk + kemisk	Kemisk	Kemisk
Precisionsodling		Nej	Ja	Ja
Sparsam körning		7% bränslebesparing	7% bränslebesparing	7% bränslebesparing
Precisionsstyrning		Nej	2% tids- och bränslebesparing	2% tids- och bränslebesparing
Jordbearbetning		Mer, ogräsharvning, plöjning	Konv.	Begränsad, mindre plöjning, direktsådd
Bränslen/el	Diesel, fossila bränslen, svensk medelel	Diesel, fossila bränslen, svensk medelel	Diesel, fossila bränslen, svensk medelel	Bioenergi, fossilfri el
Spannmålsbehandling	Torkning	Torkning	Torkning	Kylning

Bilaga 7 LCA-Resultat för växtodling

Växthusgasutsläpp för grödor i alla scenarier (g CO₂-ekv./kg vara med 14%VH för spannmål och baljväxter, 9% VH för raps). "Slätt" avser växtodling-, gris- och kycklinggårdar, "mellanbygd" avser mjölk- och nötköttsgårdar.

	Referens, slätt	Referens mellanbygd	Ekosystem slätt	Ekosystem mellanbygd	Växtnäring slätt	Växtnäring mellanbygd	Klimat slätt	Klimat mellanbygd
Brödvete - vårvete			649				460	
Brödvete - höstvet	620		642		526		410	
Höstvet	666		574	540	560	437	423	446
Höstraps	1341		1168	956	1154	797	784	685
Havre	550	657	489	395	522	343	379	327
Vårkorn	586	657	569	395	486	343	367	327
Åkerböna	275		340	220	299	269	211	229
Ärt			359					
Klöver/ gräsensilage		642		536		543		493
Gräsensilage		660		536		522		460
Majsensilage						303		299
Rörflensensilage				1224		995		1279
Åkermarksbete		69		123		122		106
Biogasvall						0	432	

Försurning för grödor i alla scenarier (mol H⁺-ekv./kg torr vara med 14%VH för spannmål och baljväxter, 9% VH för raps). "Slätt" avser växtodling-, gris- och kycklinggårdar, "mellanbygd" avser mjölk- och nötköttsgårdar.

	Referens, slätt	Referens mellanbygd	Ekosystem slätt	Ekosystem mellanbygd	Växtnäring slätt	Växtnäring mellanbygd	Klimat slätt	Klimat mellanbygd
Brödvete - vårvete								
Brödvete - höstvet	3		3		3		3	
Höstvet	5		3		3		3	
Höstraps	16		11		8		6	
Havre	5	12	2	2	3	2	3	2
Vårkorn	4	12	4	2	3	2	3	2
Åkerböna	1	0	1		1		1	1
Ärt								
Klöver/ gräsensilage		19		13		6		5
Gräsensilage		16		13		5		3
Majsensilage								
Rörflensensilage								
Biogasvall							3	

Övergödning mark för grödor i alla scenarier (molc N ekv./kg torr vara med 14%VH för spannmål och baljväxter, 9% VH för raps). "Slätt" avser växtodling-, gris- och kycklinggårdar, "mellanbygd" avser mjölk- och nötköttsgårdar.

	Referens, slätt	Referens mellanbygd	Ekosystem slätt	Ekosystem mellanbygd	Växtnäring slätt	Växtnäring mellanbygd	Klimat slätt	Klimat mellanbygd
Brödvete - vårvete			11				12	9
Brödvete - höstvet	11		12		10		9	
Höstvet	20		11	29	11	10	10	
Höstraps	59		44	49	29	33	23	21
Havre	19	52	8	7	9	7	10	8
Vårkorn	14	52	14	7	9	7	10	8
Åkerböna	3		5	4	4	14	3	3
Ärt			5			0		0
Klöver/ gräsensilage		83		57		25		19
Gräsensilage		69		57		27		34
Majsensilage						8		7
Rörflenssilage				11		12		11
Biogasvall							9	

Övergödning sötvatten för grödor i alla scenarier (kg P ekv./kg torr vara med 14%VH för spannmål och baljväxter, 9% VH för raps). "Slätt" avser växtodling-, gris- och kycklinggårdar, "mellanbygd" avser mjölk- och nötköttsgårdar.

	Referens, slätt	Referens mellanbygd	Ekosystem slätt	Ekosystem mellanbygd	Växtnäring slätt	Växtnäring mellanbygd	Klimat slätt	Klimat mellanbygd
Brödvete - vårvete			0,17				0,13	0,11
Brödvete - höstvet	0,13		0,13		0,12		0,12	
Höstvet	0,13		0,13		0,12	0,12	0,11	0,12
Höstraps	0,11		0,22	0,19	0,23	0,22	0,18	0,17
Havre	0,16	0,15	0,15	0,16	0,16	0,17	0,15	0,14
Vårkorn	0,15	0,15	0,15	0,16	0,15	0,17	0,14	0,14
Åkerböna	0,10		0,24	0,20	0,21	0,22	0,20	0,18
Ärt			0,25					
Klöver/ gräsensilage		0,09		0,09		0,09		0,08
Gräsensilage		0,09		0,09		0,08		0,07
Majsensilage						0,08		0,08
Rörflenssilage				0,10		0,10		0,11
Biogasvall							0,11	

Övergödning Marin för grödor i alla scenarier (kg N ekv./kg torr vara med 14%VH för spannmål och baljväxter, 9% VH för raps). "Slätt" avser växtodling-, gris- och kycklinggårdar, "mellanbygd" avser mjölk- och nötköttsgårdar.

	Referens, slätt	Referens mellanbygd	Ekosystem slätt	Ekosystem mellanbygd	Växtnäring slätt	Växtnäring mellanbygd	Klimat slätt	Klimat mellanbygd
Brödvete - vårvete			4,0				4,4	4,9
Brödvete - höstvet	4,5		5,3		3,1		3,9	
Höstvet	4,7		4,8	7,7	3,1	2,5	3,9	5,7
Höstraps	4,4		10,2	8,8	7,9	9,2	5,4	7,0
Havre	7,0	6,0	4,9	3,6	5,6	3,5	4,2	3,6
Vårkorn	6,9	6,0	6,8	3,6	5,5	3,5	4,4	3,6
Åkerböna	4,1		9,4	14,2	6,6	7,6	6,1	9,5
Ärt			14,0					
Klöver/ gräsensilage		4,6		4,0		3,0		3,1
Gräsensilage		4,5		4,0		3,0		3,3
Majsensilage						2,9		5,7
Rörflensensilage				2,9				3,1
Biogasvall							4,9	

Bilaga 8. Biprodukter som fodermedel

Vissa biprodukter kan användas som foder. Utgångspunkten här är att biprodukterna skulle använts som foder till grisar och att det därmed framförallt är proteinet och energin i fodret som ska ersättas.

De alternativa fodermedlen antas vara spannmål (korn) och sojamjöl. Soja är framförallt ett proteinfoder medan spannmål både ger energi och protein. Om råvarans kvot mellan protein och energi ligger mellan kornets och sojamjölets kvot behövs det både korn och sojamjöl för att ersätta råvaran som fodermedel. Om råvaran däremot har ett högt energiinnehåll men knappt innehåller något protein utgår vi från att råvaran utfodrats tillsammans med sojamjöl. Det innebär att minskad användning av råvaran som foder även innebär minskad förbrukning av sojamjöl och att korn därmed ersätter både råvaran och sojan som dragits bort från fodermarknaden. Mängden "ersatt" soja blir därmed negativ. På samma sätt kan mängden korn bli negativ om ett mycket proteinrikt foder ska ersättas.

I praktiken behöver man ta hänsyn till fler parametrar än energi och protein vid jämförelse mellan olika fodermedel. Grisar är enkelmagade djur och de har därmed större krav på aminosyrasammansättningen än vad nötkreatur och andra idisslare har. Det innebär t ex att ett kg protein i foder A inte fullt ut kan ersätta ett kg protein i foder B om aminosyrasammansättningen är sämre i foder A. Här utgår vi från soja, som har en mycket bra aminosyrasammansättning, som alternativt proteinfoder. Det innebär att beräkningarna snarare överskattar än underskattar mängden soja som behöver ersättas. Dessutom görs beräkningarna på nationell nivå och då kan skillnaderna i proteinkvalitet balanseras upp av ett större foderflöde än om beräkningarna gjorts på gårdsnivå. En annan parameter att ta hänsyn till är fodermedlens innehåll av lignin och cellulosa. Högt innehåll av lignin och/eller cellulosa begränsar grisarna foderintag. I bedömningen om råvarans användningsområden har hänsyn redan tagits till om råvaran överhuvudtaget är lämplig som fodermedel.

Uppgifter om sojamjöllet och kornet har hämtats från SLUs fodermedelstabeller (SLU, 2012). Energin anges som MJ omsättbar energi, d v s bruttoenergin minus energi som avgår med träck och urin. Proteininnehållet anges som g råprotein. Soja och korn innehåller 12,8 MJ respektive 11,5 MJ omsättbar energi per kg (våtvikt). Proteininnehållet i soja och korn är 45 % respektive 10 % (våtvikt).

Råvarornas fodervärde beräknas utifrån deras innehåll av olika kolkällor, se Tabell B 1. Råvarornas kolinnehåll fås av Orware-vektorn som beskriver råvarornas sammansättning. Den kemiska sammansättningen för protein antas vara $C_{16}H_{24}O_5N_4$, vilket innebär att kolet utgör 54,5 % av proteinets vikt och att ett kg kol i protein därmed motsvarar 1,83 kg protein. Mängden omsättbar energi för olika kolkällor har beräknats i foderoptimeringsprogrammet EvaPig (EvaPig, 2012). Grisar utnyttjar mycket av energin i fetter, proteiner och enkla kolhydrater, men kan knappt utnyttja energin i lignin och cellulosa (Tabell B 1). Mängden omsättbar energi per kg näring har räknats om till MJ per kg kol genom att utgå från typiska kemiska formler för respektive näringsämne.

Tabell B 1 Matris för att beräkna en råvaras fodervärde vid utfodring av grisar. Avser råvarans innehåll av protein och omsättbar energi.

	C-lignin	C-stärkelse & socker	C-fett	C-protein	C-cellulosa
Protein (kg protein/kg C)	0	0	0	1,83	0
Omsättbar energi (MJ/kg näring)	1,04	16,1	36,2	19,3	1,04
Omsättbar energi (MJ/kg C)	1,56	40,3	47,4	35,4	2,47

I efterhand (på en potentialbedömningsnivå) får man kontrollera dels om inblandningförhållandena av soja och korn är rimliga med tanke på maximala andelar, dels med tanke på den nationella omfattningen av djurhållning. De mängder kli och fodervetemjöl som genereras vid malningen av brödvetemjöl i projektet skulle kunna användas av gris



Huvudkontor / Head Office:

SIK, Box 5401, SE-402 29 Göteborg, Sweden.

Telephone: +46 (0)10 516 66 00, fax: +46 (0)31 83 37 82.

Regionkontor / Regional Offices:

SIK, Ideon, SE-223 70 Lund, Sweden.

Telephone: +46 (0)10 516 66 00.

SIK, Forslunda 1, SE-905 91 Umeå, Sweden.

Telephone: +46 (0)10 516 66 00.

SIK, c/o Almi, Box 1224, SE-581 12 Linköping, Sweden.

Telephone: +46 (0)10 516 66 00.

www.sik.se