

# Ökad produktivitet i jordbruket

- hur påverkas miljön?





AgriFood Economics Centre

# Ökad produktivitet i jordbruket

- hur påverkas miljön?

Gustav Eskhult  
Torbjörn Jansson  
Sabina Dellstig

För mer information kontakta:  
Torbjörn Jansson 018 67 17 88  
E-post: [torbjorn.jansson@slu.se](mailto:torbjorn.jansson@slu.se)

AgriFood Economics Centre  
Box 7080  
220 07 Lund  
SWEDEN  
<http://www.agrifood.se>  
Gustav Eskhult, Torbjörn Jansson, Sabina Dellstig  
Rapport 2023:2

## Förord

Inom jordbruket görs det kontinuerligt tekniska framsteg, till exempel bättre maskiner, avel och växtförädling. Utvecklingen bidrar till en effektivare produktion och minskad användningen av insatsvaror som har en negativ effekt på miljön. Samtidigt har utvecklingen bidragit till en intensifiering av jordbruket som kan förvärra olika miljöproblem. Denna rapport utreder vilken effekt produktivitetens utvecklingen inom svenskt jordbruk har haft på klimatutsläpp, övergödning och biologisk mångfald. Ofta kan det vara svårt att särskilja effekterna av teknisk utveckling från andra förändringar, till exempel en ökande befolkning och högre inkomster som leder till ökad produktion av jordbruksprodukter. Därför bygger denna rapport på modellsimuleringar där förändringar i produktivitet isoleras och studeras separat från andra faktorer som påverkar jordbrukets produktion och därmed miljöpåverkan. Simuleringarna kompletteras med statistik över utvecklingen för jordbruksproduktionen och dess miljöpåverkan under de senaste decennierna.

Fredrik Wilhelmsson

Staffan Waldo

Lunds universitet

Sveriges lantbruksuniversitet

Lund, mars, 2023



## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>FÖRORD</b>	<b>3</b>
<b>INNEHÅLLSFÖRTECKNING</b>	<b>5</b>
<b>SAMMANFATTNING</b>	<b>7</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>11</b>
<b>FÖRKORTNINGAR</b>	<b>15</b>
<b>1 INLEDNING</b>	<b>17</b>
<b>2 JORDBRUKETS PRODUKTIVITET OCH MILJÖPÅVERKAN – EN TILLBAKABLICK</b>	<b>21</b>
2.1 Utveckling av produktiviteten	22
2.2 Utveckling av produktion och konsumtion	24
2.3 Utveckling av miljöpåverkan	26
<i>Utsläppen av växthusgaser har minskat</i>	26
<i>Växtnäringsbalans och näringsläckage till vattendrag och hav</i>	30
<i>Biologisk mångfald</i>	32
<b>3 EN MODELL AV SVENSKT JORDBRUK</b>	<b>35</b>
3.1 Vad är CAPRI-modellen?	35
<i>Utbudsmodellen i CAPRI</i>	36
<i>Produktionsteknik och produktivitet i CAPRI-modellen</i>	37
3.2 Miljöindikatorer i CAPRI	40
<i>Växthusgasutsläpp från jordbruket</i>	40
<i>Växthusgasutsläpp från förändrad markanvändning</i>	42
<i>Läckage av växtnäring</i>	43
<i>Påverkan på biologisk mångfald</i>	44
<b>4 SCENARIER</b>	<b>47</b>
4.1 Förändring av avkastning	49
4.2 Förändrad foderåtgång och behov av växtnäring	50
<b>5 PÅVERKAN PÅ PRODUKTIONENS STRUKTUR</b>	<b>51</b>
5.1 Jordbrukets användning av åkermark och gräsmark	51
5.2 Antalet djur och deras foderbehov	53
5.3 Jordbrukets användning av gödsel	56
<b>6 RESULTAT – MILJÖEFFEKTER</b>	<b>59</b>
6.1 Utsläpp av växthusgaser	59
6.2 Näringsläckage till havet	62

6.3	Påverkan på biologisk mångfald	63
6.4	Vilka teknikförändringar har haft störst effekt på miljön?	66
<b>7</b>	<b>SLUTSATSER OCH DISKUSSION</b>	<b>71</b>
	<b>REFERENSER</b>	<b>75</b>
	<b>BILAGOR</b>	<b>81</b>
	Resultat från regressioner	82
	<i>Bilaga 1: Avkastning från växtproduktion</i>	82
	<i>Bilaga 2: Avkastning från animalieproduktion</i>	83
	<i>Bilaga 3: Energibehov för djur</i>	84
	<i>Bilaga 4: Proteinbehov för djur</i>	85
	<i>Bilaga 5: Gödsel faktorer</i>	86
	Resultat från CAPRI-simulering	87
	<i>Bilaga 6: Antalet djur i respektive scenario</i>	87
	<i>Bilaga 7: Mängden foder för respektive djurkategori</i>	88



## Sammanfattning

Denna rapport undersöker sambandet mellan produktivitetens utveckling och miljöpåverkan i den svenska jordbrukssektorn under perioden 1985 till 2013. Under denna period förbättrades jordbrukets miljöpåverkan genom minskade årliga utsläpp av växthusgaser och minskat läckage av växtnäringsämnen från jordbruket till Östersjön. Däremot försämrades artrikedomen i jordbrukslandskapet mätt som antalet fåglar av olika arter. Under samma period ökade produktiviteten inom de flesta produktionsgrenar. Mjölkkorna gav mer mjölk 2013 än 1985, och avkastningen av spannmål per hektar ökade. Produktivitetsökningarna beror på en kombination av ny teknik och av förändrade ekonomiska förutsättningar såsom högre arbetskostnader som lett till ökad mekanisering.

Hur har produktivitetsökningen inom jordbruket påverkat miljöbelastningen? Att enbart titta på förändringar i miljöpåverkan över tid kan vara missvisande eftersom produktivitetsökningar har skett samtidigt som konsumtionsmönster och produktion förändrats. Sverige får under perioden fler invånare som i genomsnitt har högre inkomster och äter mer kött per person och år men dricker mindre mjölk, samtidigt som EU-medlemskapet lett till ökad handel. För att kunna skilja effekten av produktivetsförändringar från de många andra förändringar som skett gör vi modellberäkningar. Till vår hjälp har vi CAPRI-modellen, en simuleringsmodell av jordbrukets produktion, handel och miljöpåverkan. Vi simulerar två scenarier för det svenska jordbruket: *referensscenariot* och *Teknik1985-scenariot*. I båda scenarierna producerar jordbruket lika mycket livsmedel som år 2013 (det senaste kompletta året i CAPRI-modellens databas) men medan produktiviteten i referensscenariot är densamma som 2013 så motsvarar produktiviteten i Teknik1985-scenariot den produktionsteknik som användes 1985. I båda scenarierna beräknar vi tre olika indikatorer för jordbrukets miljöpåverkan: utsläpp av växthusgaser till atmosfären, näringsläckage till havet och habitat i landskapet som gynnar biologisk mångfald.

Vi ändrar produktiviteten i modellen till 1985 års nivå genom att ändra användningen av insatsvaror, såsom gödsel och foder, och avkastningen av produkter, per hektar eller per djur. Skillnaden i produktivitet mellan 2013 och 1985 har vi skattat med hjälp av CAPRI-modellens egna historiska data. Genom att tvinga modellen att producera lika mycket livsmedel i båda scenarierna samtidigt som handeln hålls konstant, kan vi studera effekten av produktivitetens utvecklingen på jordbrukets användning av mark och andra insatsvaror. Dessa resultat använder vi sedan för att beräkna miljöindikatorer.

Resultaten visar att teknikutvecklingen har sänkt växthusgasutsläppen från jordbruket med 37 procent jämfört med scenariot utan teknisk utveckling. Den största klimatvinsten kommer av att jordbruket kräver 12 procent mindre jordbruksmark än vad det hade gjort om man använt 1985 års teknik, främst på grund av högre produktivitet inom växtproduktionen. Det innebär att en del av jordbruksmarken som annars hade behövt vara åkermark kunnat växa igen och bli skog. Tack vare detta är skogens årliga kolinlagring 3,5 miljoner ton högre i referensscenariot än i Teknik1985-scenariot.

Inom animalieproduktionen är det framförallt mjölkproduktionen som blivit mer effektiv. Produktivitetens utvecklingen har inneburit att det krävs färre kor och mindre foder än om mjölken producerats med 1985 års teknik. Det i sin tur gör att det krävs mindre av andra insatsvaror såsom mark och mineralgödsel. Mjölkkor och andra nötkreatur är viktiga eftersom de tillsammans använder cirka 90 procent av allt foder, och foder är en insatsvara vars produktion kräver mycket mark och gödsel.

Tack vare minskad djurhållning minskar metanutsläppen från jordbruket, och tack vare den minskade användningen av mineralgödsel minskar utsläppen av lustgas från jordbruksmarken. Sammanlagt har den tekniska utvecklingen lett till en minskning av metangas och lustgasavgångar med ungefär 540 tusen ton CO<sub>2</sub>-ekvivalenter, vilket motsvarar fem procent av utsläppen från jordbrukssektorn. Dessutom innebär den

minskade användningen av mineralgödsel att utsläppen av koldioxid vid dess produktion minskar med 160 tusen ton

När det gäller näringsläckage från jordbruket visar beräkningarna att överskottet av kväve och fosfor är 23 respektive 59 procent lägre i referensscenariot än i Teknik1985-scenariot. Det beror främst på att den växtnäring som jordbruket själv producerar i form av stallgödsel och växtrester används mer effektivt och att ett mindre överskott av näring lämnas kvar på åkern. En effektivare gödslingsteknik innebär också att det inte behöver tillföras lika mycket mineralgödsel. Ett lägre överskott av växtnäring innebär, allt annat lika, mindre utlakning och därigenom mindre övergödning av Östersjön, samt mindre belastning på grundvattentäkter.

För att undersöka påverkan på biologisk mångfald har vi analyserat effekten på storleken på fågelpopulationer. Fåglar är i toppen av näringskedjan på åkermarken och därför bra indikatorer för biologisk mångfald. Vi använder en studie som beräknat antalet fåglar per hektar för olika marktyper, som vi sedan lägger ihop med markförändringar i CAPRI-modellen. Resultaten är inte entydiga men tidigare undersökningar visar att fåglar på åkermarken har minskat i Sverige sedan 1990-talet och vi visar att detta skulle kunna förklaras av att arealen åkermark i Sverige har blivit mindre till följd av teknikutvecklingen. Det saknas dock uppgifter om hur arealerna för åkerkantzoner – den marktyp där fåglar trivs bäst – förändrats av teknikutvecklingen, liksom vilka specifika tekniker som använts inom jordbruket och hur dessa påverkar fågelpopulationerna. Vi kan därför inte säga säkert hur den biologiska mångfalden påverkats av en högre produktivitet inom jordbruket.

Sammanfattningsvis visar vår rapport att högre produktivitet minskat utsläppen av växthusgaser och växtnäring. Högre skördar och effektivare mjölkproduktion har gjort att en del av jordbruksmarken kunnat växa igen och bli skog som binder kol, och att utsläppen från djurhållningen har minskat. En effektivare gödslingsteknik har lett till att mindre näringsämnen läcker ut från jordbruksmarken, vilket troligen

bidragit till minskad övergödning. När det gäller den biologiska mångfalden går effekten av teknikutvecklingen inte att fastställa med säkerhet men resultaten indikerar att den påverkats till det sämre.

## Summary

This report examines the relationship between productivity development and environmental impact in the Swedish agricultural sector from 1985 to 2013. During this period, the annual emissions of greenhouse gases from agriculture decreased and the leakage of crop nutrients to the Baltic Sea was reduced. In contrast, biodiversity deteriorated as indicated by a shrinking number of birds of different species living in the agricultural landscape. Productivity increased in most branches of production over the study period. Dairy cows produced more milk in 2013 than in 1985, and the yield of grain per hectare increased as well. Productivity increases are a result of a combination of new technology and changing economic conditions such as higher labour costs, which have led to increased mechanisation.

In what way has agricultural productivity growth affected environmental impact? Simply observing changes in environmental outcome over time can be misleading as productivity increases have occurred simultaneously with changes in consumption and production patterns. Between 1985 and 2013, Sweden's population grew and income increased. The average person now eats more meat but drinks less milk than in 1985, while the EU membership has led to increased trade. To distinguish the effect of productivity changes from the many other changes that have occurred, we do model calculations. We use the CAPRI model, a simulation model of agricultural production, trade and environmental impact. We simulate two scenarios for Swedish agriculture: the reference scenario and the Technology1985 scenario. In both scenarios, agriculture produces the same amount of food as in 2013 (the latest year in the CAPRI model database), but while productivity in the reference scenario is the same as in 2013, productivity in the Technology1985 scenario corresponds to the technology of 1985. In both scenarios, we calculate three different indicators of the environmental impact of agriculture: greenhouse gas emissions to the atmosphere, nutrient leakage to the sea, and biodiversity-friendly habitats in the landscape.

We change the productivity of the model to 1985 levels by changing the use of inputs, such as fertiliser and feed, and the yield of products, per hectare or animal. The difference in productivity between 2013 and 1985 is estimated using the CAPRI model's own historical data. By forcing the model to produce the same amount of food in both scenarios while holding trade constant, we can isolate the effect of productivity changes on agricultural use of land and other inputs. We then use these results to calculate environmental indicators.

The results show that technological development has reduced greenhouse gas emissions from agriculture by 37 percent compared to the scenario with no technological development. The largest climate gain comes from the fact that agriculture requires 12 percent less farmland than it would have done using the 1985 technology, mainly due to higher productivity in crop production. This means that some of the agricultural land that would otherwise have been arable land can become forest. As a result, annual forest carbon sequestration is 3.5 million tonnes higher in the reference scenario than in the Technology 1985 scenario.

In the livestock sectors, milk production in particular has become more efficient. This productivity development has meant that fewer cows and less feed are required than if milk had been produced using the 1985 technology. This in turn means that less is required of other inputs such as land and mineral fertiliser. Milk cows and other cattle are important because they together use about 90 percent of all feed, and feed is an input whose production requires substantial amounts of land and fertiliser.

Reducing livestock reduces methane emissions from agriculture, and reducing the use of mineral fertilisers reduces emissions of nitrous oxide from agricultural land. Overall, technological developments have reduced methane and nitrous oxide emissions by about 540 thousand tonnes of CO<sub>2</sub> equivalents, which corresponds to five percent of emis-

sions from the agricultural sector. In addition, the reduced use of mineral fertilisers reduces CO<sub>2</sub> emissions from fertiliser production by 160 thousand tonnes.

In terms of nutrient leakage from agriculture, our calculations show that the surplus of nitrogen and phosphorus is 23 percent and 59 percent lower respectively in the reference scenario than in the Technology1985 scenario. This is mainly due to more efficient use of plant nutrients produced by agriculture itself in the form of manure and crop residues, leaving less excess nutrients in the fields. More efficient fertilisation techniques also mean that less mineral fertiliser needs to be applied. A lower surplus of plant nutrients will, all other things being equal, mean less leaching and thus less eutrophication of the Baltic Sea, as well as less pressure on groundwater supplies.

To investigate the impact on biodiversity, we analysed the effect on the size of bird populations. Birds are at the top of the food chain on arable land and are thus a good indicator. We use a study that calculated the number of birds per hectare for different types of land (habitats), which we then combine with changes in land types in the CAPRI model. The results are not conclusive but previous studies show that birds on arable land have declined in Sweden since the 1990s, and our results indicate that this could be explained by the reduction in arable land due to technological development. There is, however, a lack of data on how the area of field border zones - the most favourable type of land for birds - have changed as a result of technological development, as well as on the specific technologies used in agriculture and how these affect bird populations. We therefore cannot say with certainty how biodiversity has been affected by higher agricultural productivity.

In conclusion, our report shows that productivity increases have reduced greenhouse gas emissions and nutrient leakage. Higher yields allow some agricultural land to grow back into forests that sequester carbon from the atmosphere. More efficient dairy production has also contributed to reduced emissions. More efficient fertilisation techniques have led to less nutrient leakage from farmland, which should lead to

less eutrophication. In terms of biodiversity, the impact of technological development cannot be determined with certainty, but the results indicate that it has been adversely affected.



# Förkortningar

CAPRI	Common Agricultural Policy Regional Impact (Namn på simuleringsmodell)
CO <sub>2</sub>	Koldioxid
CO <sub>2</sub> -ekv	Växthusgasers påverkan uttryckt i CO <sub>2</sub> -ekvivalenter
CH <sub>4</sub>	Metangas
FAO	FN:s livsmedels- och jordbruksorganisation
GWP100	Global uppvärmningspotential för(Global warming potential) för växthusgaser i ett hundraårigt perspektiv
Helcom	Helsingforskonventionen
IPCC	Förenta nationernas klimatpanel
LULUCF	Markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (Land Use & Land Use Change & Forestry)
N <sub>2</sub> O	Lustgas
OECD	Organisationen för ekonomiskt samarbete och utveckling
PLC	Baltic Sea Pollution Load Compilation
UNFCCC	Förenta nationernas klimatkonvention



# 1

## Inledning

Jordbruket står idag för cirka en fjärdedel av världens utsläpp av växthusgaser (Poore & Nemecek, 2018) och kan lokalt minska den biologiska mångfalden och påverka naturliga livsmiljöer för växter och djur genom markomvandling, övergödning, tillförsel av bekämpningsmedel, bevattning och dränering. Samtidigt kan jordbruket även ha en positiv inverkan på miljön, till exempel genom hävd av betesmarker med höga naturvärden eller genom att öka den biologiska mångfalden i skogs- och mellanbygder.

Parallellt med att jordbrukets negativa miljöeffekter behöver minska för att komma tillrätta med klimatkrisen och andra miljöproblem, måste dess produktion öka för att möta en växande befolkning. Mellan år 2010 och 2050 beräknas efterfrågan på mat i världen, räknat i kalorier, öka med mellan 30 och 60 procent (van Dijk m.fl., 2021). En ökad produktivitet inom jordbruket kan göra det möjligt att öka matproduktionen samtidigt som mindre miljöresurser används, exempelvis genom att växnäringsämnen utnyttjas mer effektivt eller genom att mindre jordbruksmark behövs. Produktivitetens utveckling kan även ge negativa miljöeffekter, till exempel om den bygger på att mer bekämpningsmedel eller gödsel används. I denna rapport tittar vi närmare på hur produktivitetens utvecklingen inom det svenska jordbruket påverkat olika miljöaspekter.

I Sverige har växthusgasutsläppen från jordbruket minskat med 11 procent sedan 1990 (Jordbruksverket, 2022). Även läckaget av växnäringsämnen som kan bidra till övergödning har minskat över tid (Jordbruksverket, 2020c). Under samma period har produktiviteten i jordbruket

ökat inom flera områden, såsom inom mjölkproduktionen och växtproduktionen, men huruvida detta är en bidragande orsak till att jordbrukets miljöpåverkan minskat går inte säga utan att undersöka frågan närmare. Sedan 1980-talet har den inhemska produktionen av vissa livsmedel såsom nötkött och vete minskat. Dessa produkter importeras istället i högre grad från andra länder (FAOSTAT, 2021a, 2021b). Även andra omvärldsfaktorer, inte minst Sveriges inträde i EU år 1995, kan påverka jordbrukets produktion och effekter på miljön.

Rapporten försöker besvara följande fråga:

*Har jordbrukets produktivitetsutveckling under de senaste decennierna inneburit att dess negativa miljöpåverkan minskat?*

Vi analyserar frågan genom att undersöka hur stor miljöpåverkan det svenska jordbruket hade haft om det tvingats producera samma mängd livsmedel med 2013 års respektive 1985 års teknik. Vi avgränsar studien till att omfatta tre typer av miljöpåverkan: utsläppen av växthusgaser, växtnäringsöverskott på fälten som kan leda till näringsläckage, samt jordbrukets inverkan på biologisk mångfald.

Scenarierna simuleras med hjälp av CAPRI-modellen, en jämviktsmodell av den europeiska jordbrukssektorn. Vi valde 2013 som jämförelseår eftersom det var det senaste året i CAPRI-modellens databas vid tiden för denna studie. Fördelen med att använda en simuleringsmodell är att vi kan ändra produktiviteten i modellen, samtidigt som andra faktorer som exempelvis handelsflöden hålls konstanta. På så sätt kan vi isolera effekten av produktivitetsutvecklingen. Vi antar alltså att även om produktiviteten i svenskt jordbruk förändras, så är den totala produktionen av livsmedel i Sverige densamma. En viktig avgränsning är därmed att vi inte analyserar hur konsumtion och handel påverkas av produktivitetsutvecklingen.

Rapporten är indelad i sju kapitel. Kapitel 2 tar upp ekonomisk teori om produktivitetsutveckling samt redogör för hur det svenska jordbrukets

produktion och miljöpåverkan har utvecklats över tid. I kapitel 3 beskrivs de delar av CAPRI-modellen vi använder för våra beräkningar. I kapitel 4 redogör vi för det scenario som simulerar effekterna av en utebliven teknisk utveckling och hur det definieras i CAPRI-modellen.

Resultaten presenteras i kapitel 5 och 6. I kapitel 5 redovisas hur jordbrukets användning av insatsvaror såsom mark, foder och antal djur påverkas av produktivitsutvecklingen. I kapitel 6 redovisas vilken effekt dessa förändringar ger på växthusgasutsläpp, växtnäringsöverskott och biologisk mångfald. Kapitel 7 summerar rapporten med slutsatser och diskussion.



# 2

## Jordbrukets produktivitet och miljö- påverkan – en tillbakablick

Jordbrukets produktionsteknik sätter ramarna för vad som är möjligt att producera. Med produktionsteknik menar vi både teknik som maskiner och byggnader, men också biologiska samband som jordbruket måste förhålla sig till. Hur mycket gödsel, bekämpningsmedel, vatten och andra insatsvaror som går åt för att producera en viss mängd gröda per hektar, är ett exempel på ett sådant biologiskt samband. Hur mycket foder som åtgår för en viss mjölkavkastning kan vara ett annat.

Ofta kan samma mängd av en produkt framställas med olika kombinationer av insatsvaror. Kemiska ogräsmedel kan ersättas med mekanisk bearbetning, och manuell mjölkning av kor kan ersättas av en automatisk mjölkrobot. Om insatsvarornas priser förändras så kan jordbruk anpassa sig genom att välja en annan kombination av insatsvaror. Under decennierna sedan 1980-talet har priset på arbete i allmänhet stigit medan kapital blivit relativt sett billigare. Det har bidragit till ökad mekanisering och minskad sysselsättning inom jordbruket. För att mäta hur produktionens effektivitet utvecklas kan vi använda produktiviteten som visar relationen mellan användningen av insatsvaror och produktionsmängden. Om produktionsmängden delas med mängden insatsvara av en viss typ så kallas kvoten *produktivitet* eller *partiell produktivitet*. Skörden per hektar är exempelvis markens produktivitet. När jordbruket ändrar kombinationen av insatsvaror så ändras också produktiviteten av insatsvarorna.

Teknisk utveckling innebär att det går att framställa produkter med en kombination av insatsvaror som tidigare inte var möjlig. Inom jordbru-

ket kan teknisk utveckling bestå av till exempel en ny typ av precisionsgödslingsmaskin som gör att gödslingen anpassas bättre till grödans behov och minskar åtgången av gödsel vid en given skördenivå. Det kan också handla om nya sorters utsäde, eller om avelsarbete. Teknisk utveckling kan vara bra ur miljösynpunkt om det innebär att det går åt mindre resurser för att framställa samma mängd livsmedel. Huruvida produktivetsförändringar i allmänhet är bra eller dåliga för miljön går inte att säga utan att undersöka närmare hur användningen av alla olika resurser förändras. Dessutom beror miljöpåverkan på fler faktorer än enbart insatsvarornas produktivitet, bl.a. tekniska detaljer såsom placeringen av buffertzoner på jordbruksmarken eller tidpunkten för olika odlingsåtgärder. Sådant kan förändras utan att produktiviteten förändras.

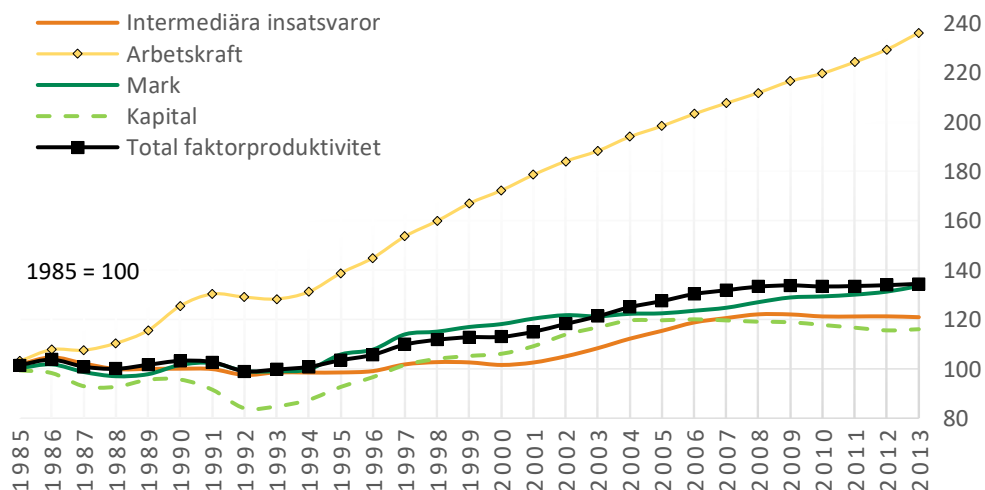
I detta kapitel visar vi hur produktivitet och miljöpåverkan i det svenska jordbruket utvecklats sedan 1980-talet. De olika produktivetsförändringar som ägt rum, såsom ökade hektarskördar och mjölkavkastning, beror både på teknisk utveckling och på att priserna på insatsvaror och produkter har förändrats. Förändringarna i miljöpåverkan beror också på fler faktorer än enbart produktiviteten. Därför kan detta kapitel ge en överblick över de förändringar som skett, men är inte tillräckligt för att fastställa något orsakssamband mellan miljöpåverkan och produktivitet.

## **2.1 Utveckling av produktiviteten**

I detta avsnitt tittar vi närmare på hur produktiviteten utvecklats under de senaste decennierna. Det finns få publicerade analyser av produktivetsutvecklingen i svenskt jordbruk. I Jordbruksverkets rapport *"Jordbrukets produktivitet och struktur"* (2017a) beskrivs utvecklingen för griskött, mjölkproduktion, nötkött och växtodling. Samma datamaterial används i OECD Food and Agricultural Reviews *"Innovation, Agricultural Productivity and Sustainability in Sweden"* (2018).



Figur 2.1 Index över partiell och total faktorproduktivitet i svenskt jordbruk från 1985 till 2013



Källa: OECD, 2018

Figur 2.1 visar utvecklingen för partiell och total faktorproduktivitet (den sammanvägda produktiviteten för alla insatsvaror) i svenskt jordbruk mellan 1985 och 2013. Den totala faktorproduktiviteten (svart linje) har ökat med drygt 30 procent under perioden och en liknande ökning kan ses för den partiella produktiviteten för mark. För kapital och intermediära insatsvaror har produktiviteten ökat med ca 20 procent under samma period. Intermediära insatsvaror inkluderar sådant som gödningsmedel, drivmedel och djurfoder men även veterinärtjänster och reparationer. Produktiviteten av arbete (gul linje) sticker ut med en ökning på 140 procent. Högre kostnader per arbetstimme leder till att jordbrukaren strävar efter att minska användningen av arbetskraft. Men det gör det också ekonomiskt motiverat att investera i till exempel effektivare maskiner vilket gör att den kvarvarande arbetskraften blir mer produktiv

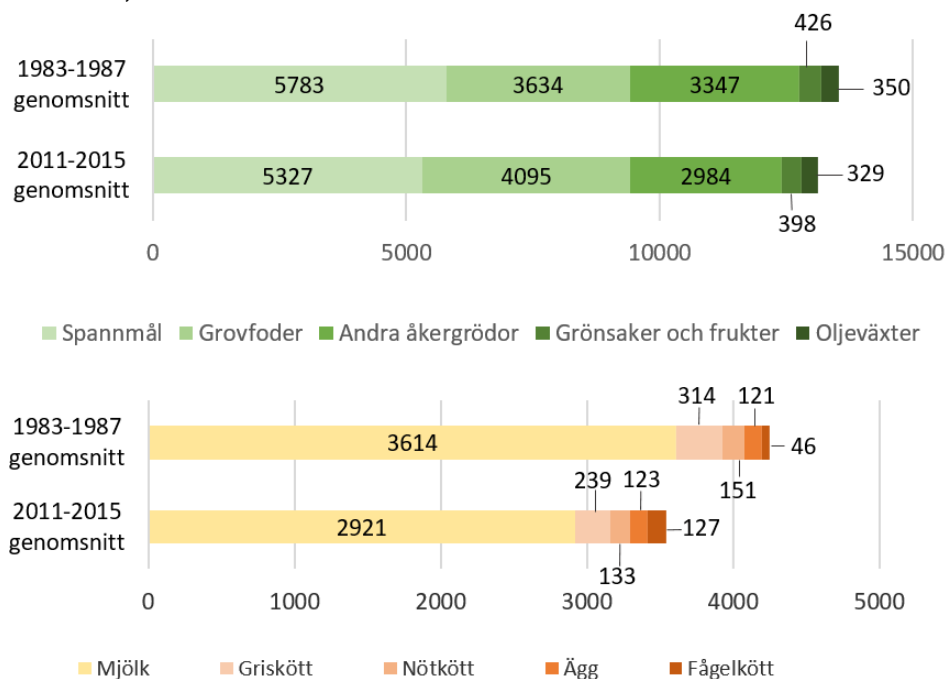
Jordbruksverket har i sin rapport (2017a) gjort en uppdelning av produktivitet över åren 2002 till 2014 på olika produktionsslag, och slutsatsen var att produktiviteten ökar inom sektorerna griskött, nötkött och

mjölk. Produktiviteten för odling av spannmål, oljeväxter och proteingrödor sammantaget har däremot minskat marginellt under samma tidsperiod. Rapporten gör ingen uppdelning på enskilda grödor.

## **2.2 Utveckling av produktion och konsumtion**

Jordbruksarealen och antalet djur inom jordbruket har minskat under de senaste trettio åren. Produktionen har inte minskat i samma utsträckning. Förklaringen är att produktivitetsoökningar har inneburit att det idag krävs färre djur och mindre areal för att producera samma mängd livsmedel som för trettio år sedan. I genomsnitt producerar varje djur perioden 2011-2015 mer än vad de gjorde 1983-1987. En genomsnittlig mjölkko producerar exempelvis cirka 30 procent mer mjölk, vilket gör att det behövs mycket färre mjölkkor för att producera samma mängd mjölk som tidigare (FAOSTAT, 2021b). Trots den ökade avkastningen så har animalieproduktionen minskat något över tid med undantag för fjäderfäsektorn (figur 2.2). Minskningen av antalet mjölkkor har också gjort att en större del av det nötkött som produceras nu kommer från djur av kötttras istället för från utslaktade mjölkkor.

Figur 2.2 Jordbrukets produktion av animaliska och växtbaserade produkter, i tusentals ton



Källa: FAOSTAT, 2021a & 2021b; Jordbruksverket, 2023

Även inom växtodlingen har produktiviteten stigit. Spannmål ger exempelvis 28 procent mer i avkastning per hektar 2011-2015 jämfört med perioden 1983-1987. Det gör att produktionsvolymerna inom växtodlingen kunnat förbli nästan oförändrade samtidigt som den odlade marken har minskat (FAOSTAT, 2021a).

Även om produktionen av animalier minskat något så har mängden kött som konsumeras per capita ökat med 23 procent mellan 1980 och 2020. Ökningen har tillgodosetts genom import. Dryckesmjök idag utgör cirka en tredjedel av alla mjökprodukter som produceras. Konsumtionen av dryckesmjök har dock nästan halverats sen 1980, vilket kan förklara den minskade produktionen i figur 2.1 (Jordbruksverket, 2020b; OECD, 2018).

### 2.3 Utveckling av miljöpåverkan

I föregående avsnitt redovisade vi hur produktiviteten i svenskt jordbruk har utvecklats under de senaste decennierna, och fann att avkastningen per hektar och per djur ökat. I detta avsnitt beskrivs hur jordbrukets miljöpåverkan förändrats över tid. Vi fokuserar på att beskriva utvecklingen inom tre områden: utsläpp av växthusgaser, näringsläckage till vattendrag och hav samt påverkan på biologisk mångfald.

#### *Utsläppen av växthusgaser har minskat*

Jordbrukets växthusgasutsläpp består av metan ( $\text{CH}_4$ ) från idisslande djur och lagring av gödsel, samt lustgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) som främst bildas från gödsel som sprids på fält. Även jordbruksmarken kan ta upp eller avge växthusgaser, framför allt koldioxid ( $\text{CO}_2$ ), och detta redovisas i alla länders rapportering för uppföljning av klimatmålen separat under rubriken "markanvändning och förändrad markanvändning". Utsläpp av koldioxid från förbränning av till exempel diesel i traktorer och andra maskiner är ytterligare en annan kategori av utsläpp som hänger samman med jordbruk men som i klimatrapporteringen ligger utanför jordbrukssektorn.

Metan produceras på tre sätt i jordbruket och alla har att göra med anaerob (syrefri) jäsning. Idisslande djur producerar metangas när de idisslar. Lagring av gödsel skapar också utsläpp av metangas då jäsning sker i gödseln som lagras. Även risodling avger metangas då ris odlas i vattenmättade marker där organiska ämnen bryts ned och avger metangas (UNEP, 2021). För Sverige är enbart de två förstnämnda aktuella då vi inte har risodling.

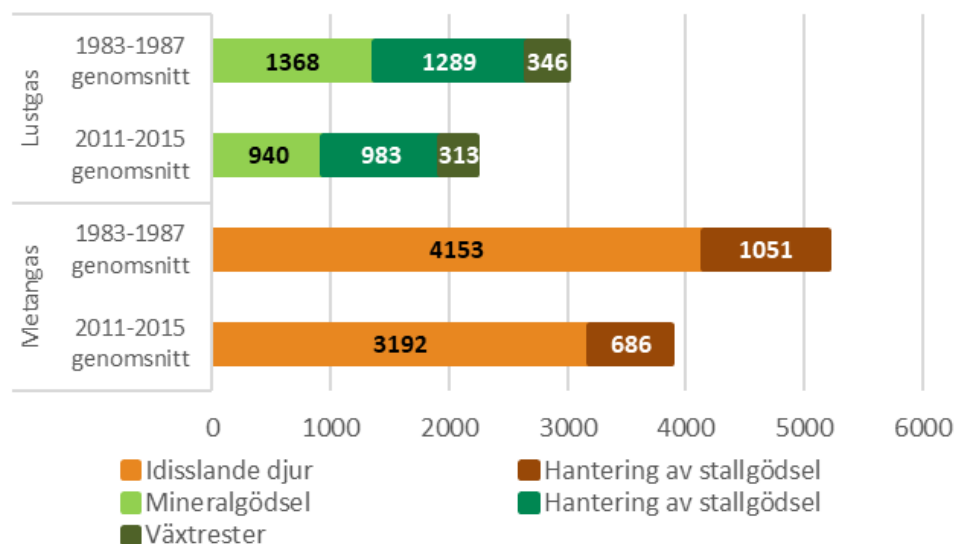
Lustgas bildas vid lagring av stallgödsel och som ett mellansteg i kvävet kretslopp i marken. Kväve sprids genom gödsling på fälten, huvudsakligen i form av nitrat, och är livsviktigt för växterna. I Sveriges klimat är jordbrukets viktigaste källa till utsläpp av lustgas *denitrifikation*. Det innebär att under anaeroba förhållanden, till exempel vattenmättad mark, kan nitraten användas av vissa bakterier istället för syre, med lustgas som en biprodukt. Denitrifikation kan undvikas om gödselgivan anpassas till växtens upptag så att det inte ansamlas nitrat i

mark och vattendrag. Lustgas kan också bildas till följd av jordbearbetning av torvjordar (Butterbach-Bahl m.fl., 2013; EPA, u.å) samt vid lagring av gödsel.

Både lustgas och metangas bryts sakta ned till andra gaser och har därför kortare livslängd i atmosfären än koldioxid. Däremot är dessa gasers växthusgaseffekt starkare än koldioxidens så länge de finns kvar i atmosfären. För att kunna jämföra dem och räkna ut jordbrukets samlade klimatpåverkan brukar man räkna om utsläppen av metan och lustgas till koldioxid-ekvivalenter genom att beräkna vilken mängd koldioxid som skulle ge samma påverkan under de närmaste hundra åren (Myhre m.fl., 2013). Detta innebär att ett ton metan motsvarar 25 ton koldioxid och ett ton lustgas 298 ton koldioxid.

Enligt statistik från FN:s livsmedels- och jordbruksorganisation, FAO (se figur 2.3), minskade utsläppen av metan och lustgas från den svenska jordbrukssektorn med cirka 12 procent under perioden 1985-2013. Utsläppen kan variera mycket mellan enskilda år beroende på till exempel vädervariationer, därför använder vi genomsnittet av fem år kring 1985 och 2013. Minskningen tillskrivs främst minskad djurhållning (Naturvårdsverket, 2020), vilket har en direkt effekt på utsläppen av metan. Antalet djur påverkar också hur mycket foder jordbruket behöver producera, vilket i sin tur påverkar utsläppen av lustgas från åkermarken.

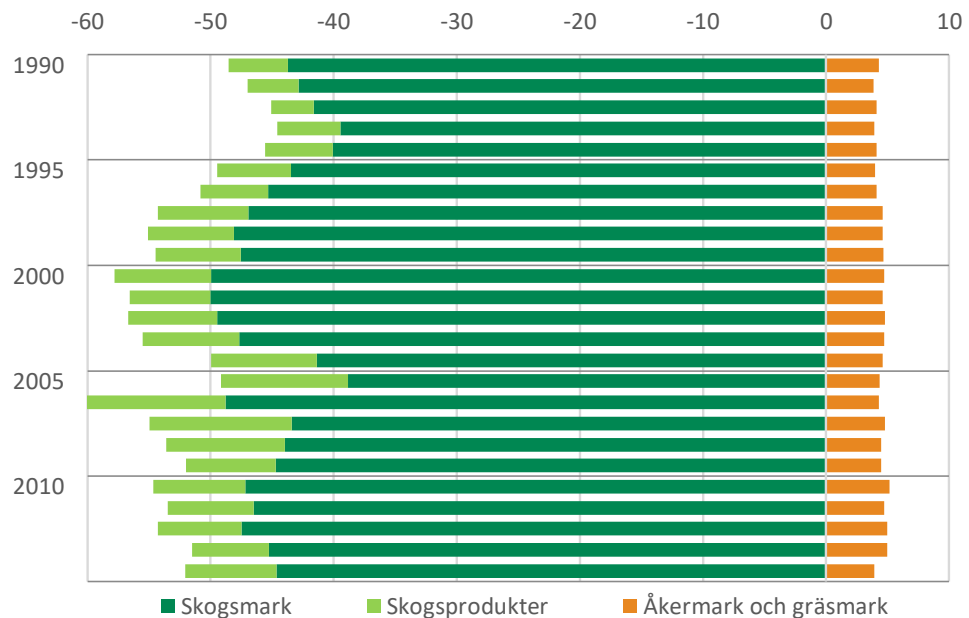
Figur 2.3 Metan- och lustgasavgångar från jordbruket i Sverige för åren 1983-1987 och 2011-2015, i tusentals ton koldioxidekvivalenter



Källa: FAOSTAT, 2020

Figur 2.4 visar upptag och avgång av koldioxid från olika slags markanvändning (LULUCF) mellan åren 1990 och 2013. Över tid har åkermark som varit mindre produktiv vuxit igen och blivit skog (SCB, 2019). Växande skog tar upp koldioxid från atmosfären, så kallad kolinlagring eller kolsänka. Därför visas skogsmark och skogsprodukter som negativa utsläpp i figur 2.4 (gröna staplar). Jordbruksmarken (orangea staplar) har däremot avgivit koldioxid.

Figur 2.4 Växthusgasavgångar från markanvändning för åren 1990–2014, i koldioxidekvivalenter, i miljontals ton



Källa: OECD, 2021c, Indikator för kolinlagring och utsläpp från markanvändning

Trenden är att jordbruksmark omvandlas till skogsmark, och därigenom blir kolinlagringen större. Upptaget av koldioxid genom skogsmark och skogsprodukter motsvarar enligt LULUCF-rapporteringen cirka 70 procent av utsläppen i alla andra samhällssektorer och den största delen utgörs av upptaget genom den växande skogen (mörkgröna staplar). Skogsprodukter utgör kolsänkor eftersom det bundna kolet finns kvar i produkterna under lång tid. (Naturvårdsverket, 2021; SCB, 2019).

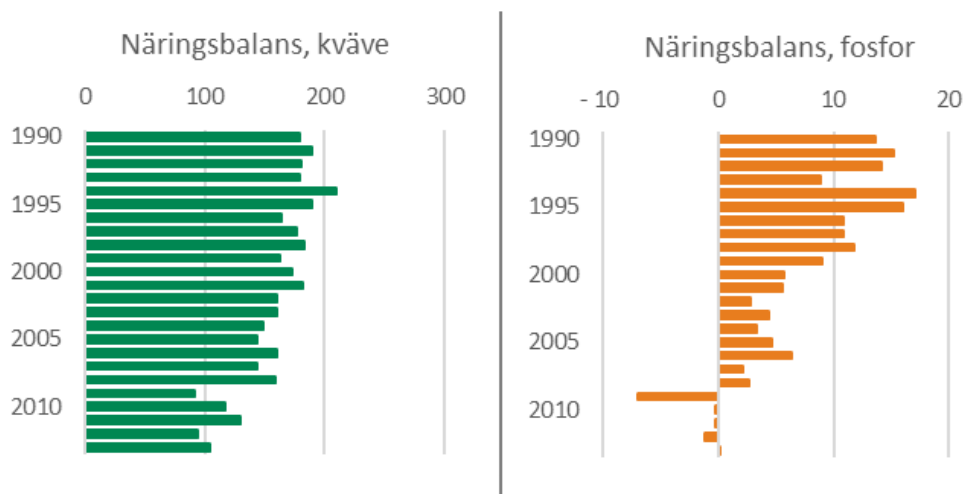
Jordbruket, som använder cirka sju procent av Sveriges samlade 45 miljoner hektar mark (Jordbruksverket, 2020a), orsakar betydande utsläpp från markanvändning. Utsläppen från jordbruk är cirka fyra till fem miljoner ton per år. Utsläppen från *Åkermark och gräsmark* i figur 2.4 består mest av utsläpp från åkermark, medan utsläppen från betesmark och annan gräsmark är förhållandevis små. De största utsläppen från åkermark sker när organiskt material i mullrika jordar såsom utdikade torvmarker bryts ner (Naturvårdsverket, 2021).

### Växtnäringsbalans och näringsläckage till vattendrag och hav

Överskott av växtnäring inom jordbruket kan leda till att näringsämnen läcker till vattendrag, sjöar och hav, där den kan orsaka övergödning och leda till algblomning och syrefria bottenar. Även dricksvattenreservoarer kan påverkas av växtnäringsläckage.

Figur 2.5 visar växtnäringsbalanserna för kväve och fosfor<sup>1</sup> mellan 1990 och 2013. Växtnäringsbalansen är skillnaden mellan å ena sidan tillförsel i form av mineralgödsel, stallgödsel och näring från övriga källor såsom växtrester, och å andra sidan upptag genom grödans tillväxt. En del av tillväxten förs bort som skörd, medan en annan del blir kvar som växtrester. Ett överskott i växtnäringsbalansen innebär ett ineffektivt nyttjande av näringsämnen, men även näringsläckage som orsakar skador på miljön.

Figur 2.5 Växtnäringsbalanser i svenskt jordbruk, i tusentals ton



Källa: OECD, 2021b, tillförsel, bortförsel av näringsämnen samt växtnäringsbalans

Om det finns ett underskott innebär det att växterna tillförs för lite näring vilket ger dålig tillväxt och på sikt kan minska markens bördighet. Överskotten av både kväve och fosfor har minskat. För fosfor ses i figur 2.5 för åren efter 2008 exempel på negativ växtnäringsbalans, det vill

<sup>1</sup> Fosfor används i jordbruket i form av fosfat. När vi i rapporten anger en vikt av fosfor så är det mängden fosfat som avses.

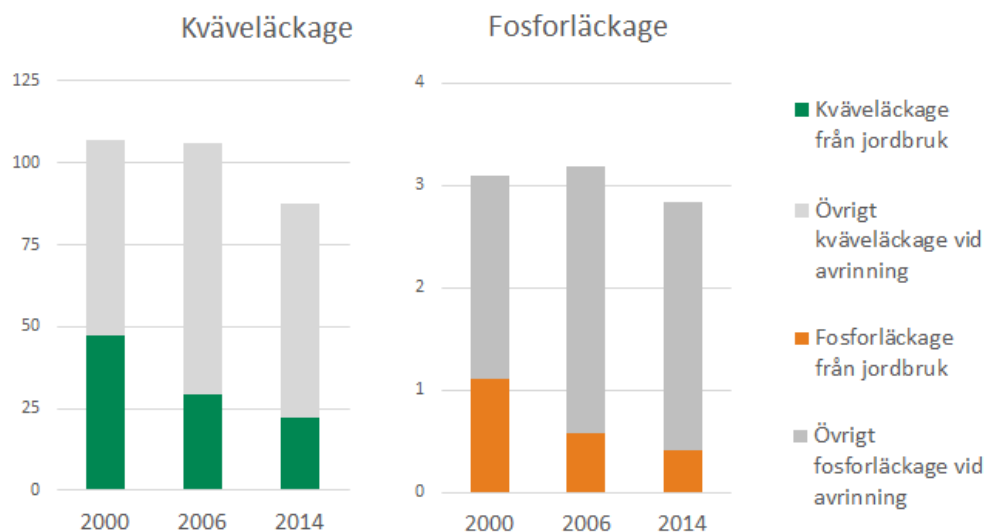


säga att mer fosfor tas bort ifrån fälten än vad som läggs på. Det fungerar under en begränsad tid eftersom marken kan lagra fosfor under många år.

Ett överskott av näringsämnen kan bidra till näringsläckage till omgivande miljöer, däribland till Östersjön. Data från Helsingforskommissionen (HELCOM, 2004, 2011 & 2018) visar att utsläppen till Östersjön från alla östersjöländer har minskat över tid. För jordbruket mäts näringsläckaget i avrinning från jordbruksmarken till Östersjön via till exempel åar och floder.

Figur 2.6 visar utdrag av Sverige-data från HELCOM:s rapportering av växtnäringsläckage. Den gröna stapeln är jordbrukets andel av kväveläckage från avrinning från svensk mark. Den orangea stapeln visar detsamma för fosforläckaget. I figuren kan man se att läckaget av kväve och fosfor från jordbruket till Östersjön har halverats mellan år 2000 och 2014.

Figur 2.6 Kväve- och fosforläckage till Östersjön från Sveriges jordbruk, i tusentals ton



Källa: HELCOM, 2004, 2011 & 2018

Läckaget av kväve till Östersjön från jordbruksmarken har minskat mer över tidsperioden än vad kvävegivorna har minskat. För fosfor är förhållandet det motsatta: växtnäringsbalansen har minskat till nära noll eller varit negativ (figur 2.5) men trots det uppskattades läckaget från jordbruksmarken till Östersjön till fyrahundra ton fosfor 2014 (figur 2.6). Att minska läckaget av fosfor tar längre tid än att minska läckaget av kväve, eftersom fosfor binds hårt i jorden och frigörs under lång tid. Därför tar det lång tid innan effekten av åtgärder att minska fosforläckaget får effekt i Östersjön (Greppa Näringen, u.å).

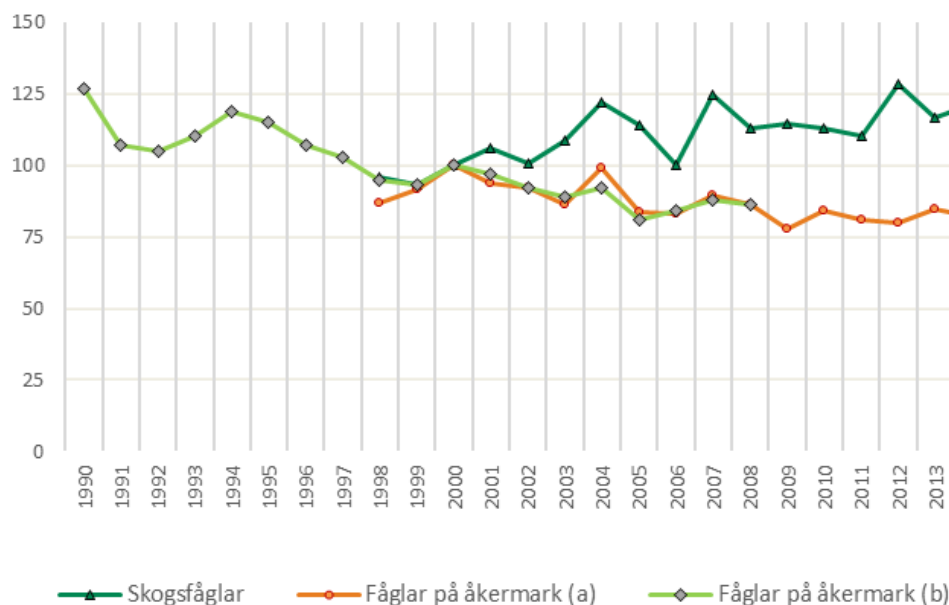
Sammanfattningsvis visar vår genomgång att svenskt jordbruk har minskat överskottet av växtnäringsämnen i åkermarken sedan 1990. Detta kan bero på flera saker men troligtvis mest på bättre gödslings-teknik och att jordbruksarealen har minskat. Under samma tid har även näringsläckaget till Östersjön minskat i större omfattning.

### *Biologisk mångfald*

FN:s konvention om biologisk mångfald slår fast att bevarande och hållbart nyttjande av biologisk mångfald är av avgörande betydelse för att tillgodose behovet av mat och hälsa för världens växande befolkning (FN, 1992). Det högentensiva jordbruket utarmar artrikedomen både ovanför och under jorden genom sättet att bruka marken och användningen av jordbrukets insatsvaror (Dasgupta, 2021).

För att mäta den biologiska mångfalden i jordbruket har fåglar använts som indikatorer (Eurostat, 2021). Fåglar är högt upp i näringskedjan på åkermarken, är relativt lätta att övervaka jämfört med många andra grupper av organismer samt känsliga för förändringar i miljön, inklusive föroreningar och habitatförändringar. Figur 2.7 visar hur sådana indikatorer på artrikedomen förändrats över tid för arter som lever i skog och i åkerlandskap i Sverige. Medan index för skogsfåglar förbättrats så har index för fåglar på åkermark försämrats över tid.

Figur 2.7 Index över fåglar i jordbruksmark och skogsmark i Sverige



Källa: Skogsfåglar och Fåglar på åkermark (a) OECD, 2022a, Fåglar på åkermark (b) OECD, 2022b<sup>2</sup>

Ett sätt att skapa utrymme för biologisk mångfald i jordbruket är att avsätta jordbruksmark för bevarande och spridning av livsmiljöer för vilda djur och för upprätthållande av ekosystemtjänster (Benton m.fl., 2021). Svenska fågelpopulationer skulle kunna växa om nedläggningen av lågproduktiv jordbruksmark minskar. Även insatser för att gynna blandjordbruk, det vill säga gårdar med både djurhållning och växtproduktion, skulle gynna tillväxten av fågelpopulationer. Andra åtgärder är att anlägga träda, samt minskad användning av mineralgödsel och växtskyddsmedel (Jordbruksverket, 2017b). En ökad andel naturbetesmarker har också visat sig ha en positiv inverkan på den biologiska mångfalden, mätt i antalet växtarter i jordbrukslandskapet (AgriFood, 2022).

Flera studier visar att träda och liknande miljöåtgärder stärker den biologiska mångfalden. Åkerkantzoner mellan till exempel åker och skog

<sup>2</sup> Fåglar på åkermark (b) kommer från en äldre statistisk sammanställning från 2013 och har inkluderats för att ge en längre tidsserie.

är särskilt viktiga för mångfald och arttäthet (Sasaki m.fl., 2020). Att lägga mark i träda kan gynna fågelpopulationer och pollinerare (Robleño Moreno, 2016). Mer omfattande metastudier visar att mindre intensivt jordbruk alternativt avsättning av mark till miljöåtgärder såsom träda, ökar antalet arter av fåglar, insekter och växter (Van Buskirk & Willi, 2004). Att lägga mark i träda har dessutom visat sig kunna främja den biologiska mångfalden samtidigt som avkastningen från jordbruket upprätthålls (Ekroos et al, 2014).

# 3

## En modell av svenskt jordbruk

*I detta kapitel görs en detaljerad genomgång av de delar av CAPRI-modellen som används i simuleringarna. Läsaren kan välja att hoppa fram till beskrivningen av scenarierna i [kapitel 4](#) eller till resultaten i [kapitel 5](#).*

I kapitel 2 visade vi hur jordbrukets produktivitet, produktion och miljöpåverkan förändrats under de senaste decennierna. Eftersom både produktiviteten och produktionen förändrats samtidigt så är det svårt att bedöma i vilken utsträckning den förändrade miljöpåverkan orsakats av förändrad produktivitet, såsom ökade hektarskördar, och av förändrad produktion, såsom minskad mjölkproduktion och ökad växtodling. Med hjälp av en simuleringsmodell kan vi förändra en faktor i taget, medan övriga omständigheter hålls oförändrade, och beräkna hur jordbrukets miljöpåverkan förändras av just den faktorn. Mer specifikt kan vi införa olika produktivitetsförändringar och beräkna hur olika miljöindikatorer förändras samtidigt som vi håller produktionen konstant. Modellen kan liknas vid ett bio-ekonomiskt laboratorium där samspelet mellan olika mekanismer kan studeras.

Simuleringsmodellen vi använt heter CAPRI, och den beskrivs i detta kapitel. Kapitlet har två delar. Först går vi igenom vad CAPRI-modellen är och vilka teoretiska antaganden och data den bygger på. Därefter beskriver vi hur CAPRI beräknar olika miljöindikatorer.

### 3.1 Vad är CAPRI-modellen?

CAPRI-modellen (Common Agricultural Policy Regionalized Impact) är en global partiell jämviktsmodell för jordbrukssektorn, med fokus på Europeiska unionen. Den har utformats för analys av konsekvenserna av jordbruks-, miljö- och handelspolitiken. Den har en utbudsmodell där jordbruksproduktionen beräknas, som täcker EU och några andra

europiska länder, samt en marknadsmodell som beräknar priser, efterfrågan och handel med jordbruksprodukter för 44 handelsregioner som tillsammans representerar resten av världen. Modellen använder statistiska trender och expertdata för att generera ett scenario där produktion, konsumtion och priser är i jämvikt, och som antas inträffa om inga förutsättningar förändras. Detta är modellens referensscenario. I simuleringar med modellen förändras någon eller några av förutsättningarna, och modellen beräknar hur produktion, konsumtion och priser skiljer sig från jämvikten i referensscenariot.

### *Utbudsmodellen i CAPRI*

Jordbruksproduktionen modelleras i utbudsmodellen i CAPRI. Produktionen modelleras för 276 regionala gårdsmodeller: en gårdsmodell för varje NUTS2-region i EU, Storbritannien, Norge, västra Balkan och Turkiet. Sveriges produktion modelleras av åtta sådana regionala gårdsmodeller. Utbudsmodellen omfattar 51 jordbruksprodukter. Dessa produceras av 50 odlings- och djuraktiviteter i var och en av regionerna<sup>3</sup>. För detta används nio generella insatsvaror och växtspecifika insatsvaror, samt de tre typer av makronäringsämnen som ingår i mineralgödsel – kväve, fosfor och kalium. Modellen har även intermediära insatsvaror i form av sex olika mellangrödor, nio olika ungdjuruppfödningensaktiviteter, stallgödsel och tio insatsvaror som berör djurfoder.

Varje regional gårdsmodell maximerar den regionala jordbruksinkomsten till givna priser och jordbruksstöd, och begränsas av tillgänglighet av jordbruksmark, jordbrukspolitiska styrmedel och foder- och växtnäringsbehov i varje område. Användningen av vissa insatsvaror i CAPRI styrs av fasta koefficienter, såsom mängden utsäde som krävs per hektar av varje gröda. Andra insatsvaror kan varieras utifrån ekonomiska och biologiska förutsättningar. Exempelvis kan mineralgödsel bytas mot stallgödsel så länge grödans behov av växtnäring tillgodoses, och olika typer av foder användas för att täcka djurens näringsbehov. Växtodlingen i modellen kräver de tre näringsämnena kväve, fosfor och kalium

---

<sup>3</sup> En "aktivitet" kan producera en eller flera olika produkter, se nedan.

medan djuren behöver energi, protein, fibrer, och grisar även aminosyran lysin.

I vår studie vill vi hålla produktionen konstant för att kunna identifiera effekten av förbättrad produktionsteknik, det vill säga ökad produktivitet, på miljön. Även priserna hålls konstanta vid 2013 års nivå<sup>4</sup>, och därför använder vi inte marknadsmodellen.

CAPRI innehåller flera databaser, bland annat en regional databas för jordbrukets produktion och användning av insatsvaror i EU:s NUTS2-regioner. Databasen byggs upp av data hämtad från FAOSTAT, Eurostat, IPCC och DG-Agri för åren 1984 till 2013. Tidsserierna används för att bestämma mängden insatsvaror som krävs och hur mycket som produceras i de olika produktionsaktiviteterna i varje region i referensscenariot, men även priser för insatsvaror och produkter, samt utbud och efterfrågan (Britz & Witzke, 2014).

### *Produktionsteknik och produktivitet i CAPRI-modellen*

I kärnan av CAPRI-modellen finns så kallade *produktionsaktiviteter*. Att odla en hektar vete, eller föda upp en kalv till en kviiga är exempel på produktionsaktiviteter. Produktionsaktiviteterna använder olika insatsvaror och avkastar olika produkter enligt, i huvudsak, konstanta koefficienter (Britz & Witzke, 2014). Produktionstekniken, och indirekt produktiviteten, bestäms alltså i modellen av hur mycket av varje insatsvara som krävs och hur stor avkastningen är per hektar eller djur. Jordbruket kan också i viss mån växla mellan olika insatsvaror beroende på hur till exempel priserna eller tillgången förändras.

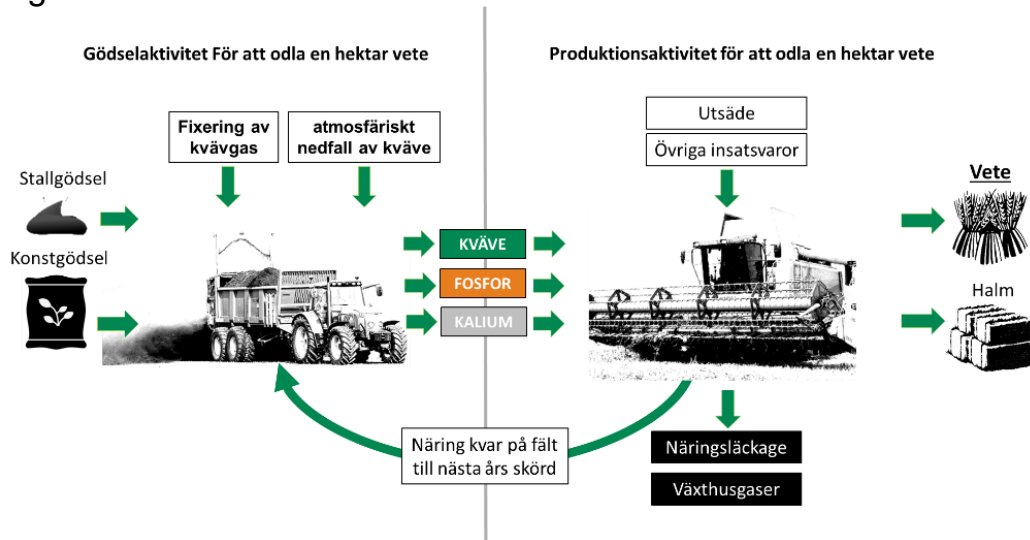
För att beräkna omfattningen av de olika produktionsaktiviteterna så antas att jordbrukarna strävar efter att maximera sin vinst, givet de priser och de begränsningar som finns i modellen. Om produktionstekniken förändras så förändras också de ekonomiska förutsättningarna, och därmed också omfattningen av varje produktionsaktivitet. För att

---

<sup>4</sup> Detta utgör en systemgräns i studien: vi studerar endast en förändring av tekniken i Sverige och håller allt annat konstant.

kunna variera intensiteten i produktionen, och därmed även den partiella faktorproduktiviteten, så finns flera varianter av de flesta produktionsaktiviteter som använder mer eller mindre insatsvaror för att ge mer eller mindre skörd per hektar eller tillväxt per djur. Dessutom finns det olika sätt att tillgodose behovet av vissa insatsvaror: växtnäingsbehovet kan tillgodoses genom gödsling med till exempel handelsgödsel och stallgödsel, och djurens behov av näring kan tillgodoses genom utfodring med olika fodermedel. Även gödsling och utfodring är aktiviteter i modellen.

Figur 3.1 Produktionen av vete under ett år i CAPRI-modellen



Bildkällor: commons.wikimedia.org<sup>5</sup>, flickr.com<sup>6</sup>, pixabay.com,

Produktionsaktiviteterna i modellen hänger ihop med varandra på flera sätt. Vissa aktiviteter producerar, förutom primärprodukter som säljs som livsmedel, intermediära insatsvaror som används av andra aktiviteter. Exempelvis innebär produktion av vete även produktion av halm och växtnäring i form av växtrester. Figur 3.1 illustrerar produktion av vete i CAPRI. Uppfödningen av djur innebär, utöver produktion av

<sup>5</sup> Bild på Gödselspridare: bearbetat fotografi "Manure spreader Record 2" av Werktuigendagen, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9865794>, licens: CC BY-SA 2.0

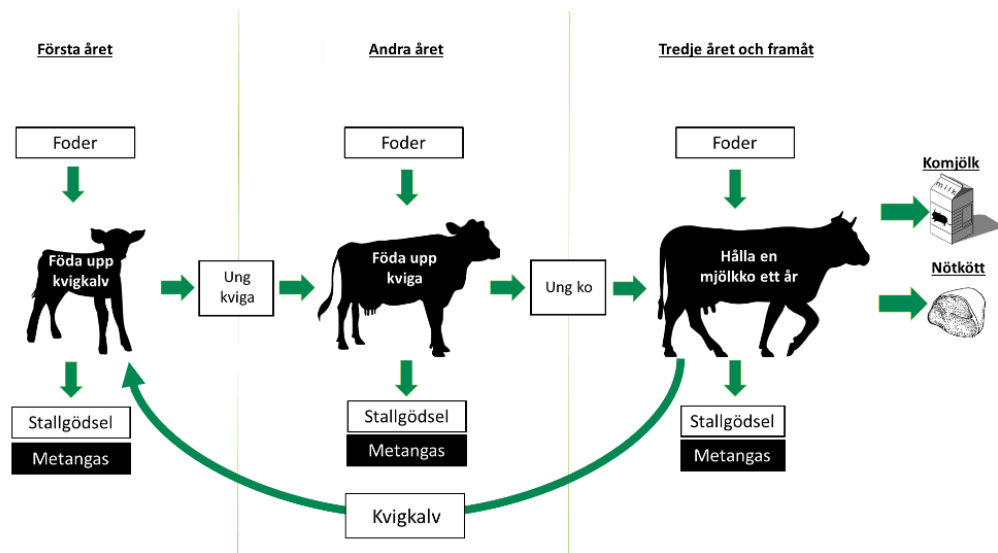
<sup>6</sup> Bild på skördetröska: bearbetat fotografi av Fribblelib, <https://www.flickr.com/photos/10746069@N08/1313328167>, licens: CC BY 4.0



kött, även produktion av stallgödsel och ungdjur. I modellen sker nästan all produktion av både primärprodukter och insatsvaror under ett och samma år. Undantaget är produktion relaterad till nötkreatur samt vissa perenna grödor där produktionscyklerna kan gå över flera år. Figur 3.2 illustrerar processen för att producera en mjölkko.

De olika produktionsaktiviteterna i modellen påverkar också varandra genom att de i viss mån konkurrerar om exempelvis jordbruksmarken eller den tillgängliga mängden stallgödsel. Jordbruksmarken används även i konkurrens med andra sektorer såsom skogsbruk.

Figur 3.2 Uppfödning av kor under tre år i CAPRI-modellen



Bildkälla: pixabay.com

Stallgödsel och handelsgödsel har olika näringsinnehåll och används utifrån pris och tillgång för att täcka odlingens behov. Hur stor del av näringen i stallgödseln som är tillgänglig för växterna beror på den produktionsteknik som används, och även detta påverkar hur mycket handelsgödsel som behövs. Näringstillgängligheten i stallgödseln beskrivs mer utförligt i nästa avsnitt. Kostnaderna för utsäde och övriga insatsvaror är lika stora per hektar eller djur oavsett hur många hektar eller djur

av varje slag som produceras<sup>7</sup>. Övriga insatsvaror omfattar användning av drivmedel, elektricitet, växtskyddsmedel, maskinkostnader och vissa tjänster.

### **3.2 Miljöindikatorer i CAPRI**

Eftersom produktionen i CAPRI är relativt detaljerat återgiven så kan modellen användas till att beräkna olika miljöeffekter. Vi använder indikatorer inom kategorierna växthusgaser, växtnäringsläckage och biologisk mångfald för att kvantifiera jordbrukets miljöpåverkan. Liknande indikatorer är redan beskrivna i en historisk kontext i kapitel 2. I detta delkapitel förklaras hur respektive indikator fungerar i CAPRI-modellen, samt vilka värden som inte finns i modellen och därför måste tas från andra studier.

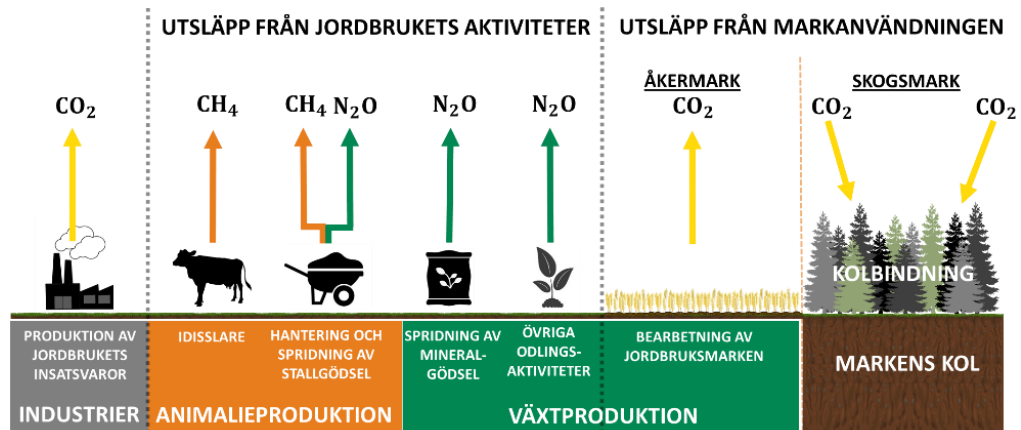
#### *Växthusgasutsläpp från jordbruket*

Varje produktionsaktivitet i modellen antas orsaka en viss mängd utsläpp av metan och lustgas enligt tabeller från den internationella klimatpanelen IPCC. För att kunna väga samman effekten av de tre olika gaserna lustgas, metan och koldioxid så räknar vi om dem till koldioxidkvivalenter. I våra simuleringar har vi antagit att klimatpåverkan (GWP<sub>100</sub>) från ett ton metan och lustgas motsvarar 25 respektive 298 ton koldioxid.

---

<sup>7</sup> För att skapa flexibilitet att förändra avkastningen i odlingen kan modellen välja mellan alternativa aktiviteter som har (konstant) hög respektive låg avkastning och insatsvarubehov.

Figur 3.3 Beskrivning av växthusgasutsläpp i CAPRI-modellen



Bildkälla: pixabay.com

Modellens rapportering av växthusgasutsläpp följer EU:s rapportering till FN:s klimatkonvention (UNFCCC). Figur 3.3 illustrerar hur utsläppen av växthusgaser från olika processer kategoriseras som utsläpp från jordbruket och från dess markanvändning. Dels är det *utsläpp från jordbrukets aktiviteter*, dels *utsläpp från markanvändningen*. Båda dessa representerar olika utsläppssektorer i IPCC:s klimatrapporering. I CAPRI beräknas både utsläppen från jordbrukets aktiviteter och från markanvändningen, såsom frisättning och inlagring av koldioxid i mark när mark används eller omvandlas från jordbruksmark till skog och *vice versa*. Därtill beräknas utsläppen från den industriella produktionen av jordbrukets insatsvaror, där den största delen av utsläppen orsakas av produktionen av mineralgödsel.

Den största utsläppskällan av metan inom jordbruket i Sverige och globalt är idisslande djur, det vill säga nötkreatur, får och getter. Dessutom bildas metan i gödsellager när gödseln jäser. Detta beskrivs i CAPRI som två kategorier: utsläpp av metangas från idisslare och lagring av stallgödsel. I CAPRI:s rapportering över växthusgasutsläpp finns åtta kategorier av lustgasutsläpp som i figur 3.3 sammanfattas som hantering och spridning av stallgödsel, spridning av mineralgödsel och öv-

riga odlingsaktiviteter (Pérez Domínguez m.fl., 2016). Övriga odlingsaktiviteter i det här fallet är växtrester eller gödsel som lämnas på fält av betande djur.

### *Växthusgasutsläpp från förändrad markanvändning*

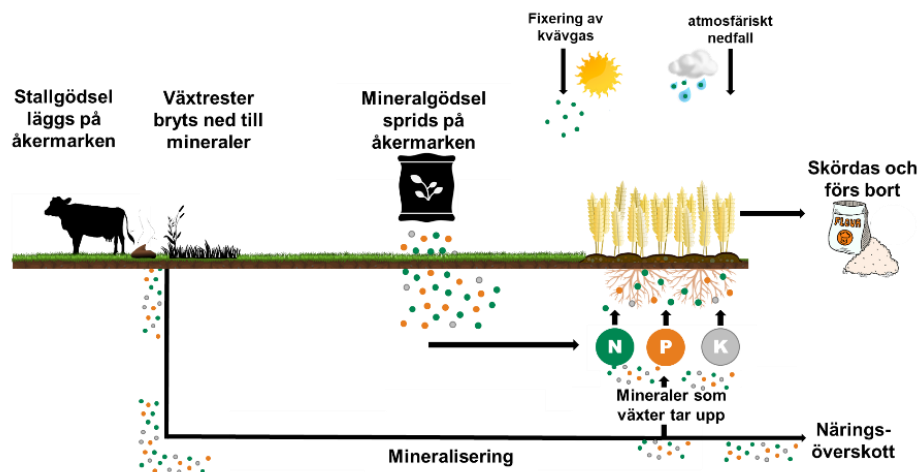
Utöver åker- och betesmark så beräknar CAPRI omfattningen av skogsmark, våtmark, bebyggelse och övrig mark. Mängden jordbruksmark är inte konstant, utan ändras beroende på jordbrukets lönsamhet i varje region. Om lönsamheten per hektar jordbruksmark stiger så kommer jordbruksmarken som markklass utökas på bekostnad av andra markklasser. Vilken omvandling som äger rum beror på vilka marker som finns inom regionen och på vilka markomvandlingar som skett i regionen tidigare år. Det finns även jordbruksmarker som lagts i träda eller andra miljöåtgärder, som skulle kunna producera spannmål eller andra åkergrödor. Dessa marker kan också tas i bruk, och det är ofta billigare än att expandera jordbruksmarken på bekostnad av andra markklasser såsom skogsmark eller våtmark.

Förändrad markanvändning i CAPRI-modellen används för att beräkna effekten på inlagring av kol i marken och frisättning av kol i form av koldioxid. Hur mycket kol som frisätts eller inlagras per år till följd av förändrad markanvändning varierar över tid. Vissa typer av mark, främst skog och våtmarker, kan ha stora lager av kol. Om skogen huggs ner eller våtmarken dikas ut så frigörs lagret av kol initialt snabbt och sedan i avtagande takt. Omvänt kan nya kolsänkor skapas genom skogsplantering på jordbruksmark eller återvätning av utdikade torvmarker, och då påbörjas uppbyggnaden av kollagret. Skapandet och upplösandet av kollager är problematiskt i en statisk modell som CAPRI, där jämvikten representerar produktion och utsläpp per år sedan jämvikt nåtts. I modellen beräknas därför de genomsnittsförändringar per år som krävs för att nå den nya beräknade jämvikten för det år som simuleras i modellen. I beräkningarna i vår studie betyder det att förändringen i markanvändning antas ske mellan 1985 och 2012, och förändringen i kollager delas upp på denna period.

### Läckage av växtnäring

CAPRI-modellen har näringsbalansekvationer för kväve, fosfor och kalium (N, P, K), vilket avbildas i figur 3.4. Grödors upptag av näringsämnen balanseras mot tillförsel av näringsämnen från mineralgödsel, stallgödsel och växtrester. Kväve tillförs även genom atmosfäriskt nedfall och genom kvävefixering, det vill säga vissa växters förmåga att binda kväve ur luften. Näringen som tas upp av växterna förs delvis bort i form av skörd, men en del blir kvar på fälten i form av växtrester, som kan bli till växtnäring för nästa gröda i växtföljden. Näring som inte tas upp av växterna bildar ett överskott som kan leda till utlakning och övergödning. CAPRI simulerar inte vad som händer med överskottet av växtnäring. I verkligheten läcker en del ut till Östersjön. Andra delar kan tas upp av vegetationen och omsättas i vattendrag (retention), eller, som i fallet för kväve som sprids på fält i form av nitrat, omvandlas till kvävgas eller kväveoxider och avgå till atmosfären. Vi antar att om allt annat är oförändrat så leder ett högre växtnäringsöverskott till större läckage och mer övergödning.

Figur 3.4 Näringstillförsel och överskott i CAPRI-modellen



Bildkälla: pixabay.com

Beräkningarna av näringsbalanser beaktar även växtnäringsens tillgänglighet. Tillgängligheten avgör om växten kan ta upp näringen eller inte

och anges relativt mineralgödsel, där all växtnäring antas vara tillgänglig för växterna. I stallgödsel är växtnäringen delvis bunden i olika organiska föreningar och frisätts över lång tid. Tillgängligheten i stallgödsel kan variera kraftigt, från cirka 30–70 procent, beroende på gödseltyp och spridningsteknik. Överskotten av kväve, fosfor och kalium beräknas per NUTS2-region i CAPRI-modellen (Britz & Witzke, 2014). Faktorer för övergödning och tillgänglighet beräknas över tid utifrån modellens historiska data och beskrivs närmare i kapitel 4.

### *Påverkan på biologisk mångfald*

Användningen av åker- och betesmark kan användas för att beräkna mängden tillgängliga habitat för olika slags fåglar, som en indikator för biologisk mångfald. Olsson m.fl. (2021) har gjort en genomgång av 94 fågelarter på jordbruksmarken i södra Sverige och beräknat antalet fåglar per hektar på sex olika typer av mark för var och en av arterna. De olika marktyperna är årligen plöjd mark, vallodling, träda, betesmark samt kantzoner av åkermarken. Arealen multiplicerat med summan av antalet fåglar på respektive marktyp utgör indikatorn för biologisk mångfald i denna rapport. Eftersom observationerna i Olsson m.fl. (2021) är utförda i Skåne så beräknas vår indikator enbart för modellens region Sydsverige, som motsvarar Skåne och Blekinge.

Åkermarkens kantzoner, som enligt Olsson m.fl. (2021) har störst arttätthet, modelleras inte i CAPRI. Studier från Stockholm Environment Institute har skattat den totala mängden sådana kantzoner till 11 000 hektar för hela Sverige (Mistra Eviem, 2018). Vi har antagit att samma andel åkerkantzoner finns i regionen Sydsverige som i hela Sverige. Vi har också antagit att antal fåglar per hektar för respektive marktyp är samma oavsett scenario. Det är alltså enbart mängden av varje marktyp som avgör förändringar i storleken på fågelpopulationen, det vill säga förändringen i den av modellen beräknade biologiska mångfalden.

Eftersom beräkningarna innehåller många förenklade antaganden så bör resultaten av vår indikator för biologisk mångfald tolkas med försiktighet. Artrikedomen i jordbrukslandskapet beror inte endast på arealer, utan även på den teknik som används, till exempel tidpunkt och

frekvens för plöjning, vallskördar, användningen av olika bekämpningsmedel eller om marken tillhör ekologiskt jordbruk. Dessa faktorer finns inte med i modellresultaten.





# 4

## Scenarier

I detta kapitel visar vi hur scenarierna har specificerats i modellen. För att gå direkt till resultaten, hoppa till [kapitel 5](#).

För att undersöka hur produktivitetens utvecklingen förändrat jordbrukets miljöpåverkan så beräknar vi två scenarier med CAPRI modellen. Det första scenariot kallas *referensscenariot* och motsvarar den verkliga situationen år 2013. Det andra scenariot, *Teknik1985-scenariot* beräknas också för år 2013, men innebär att ingen utveckling av jordbrukets produktivitet skett sedan 1985, samtidigt som jordbruket skall producera lika mycket livsmedel som i referensscenariot. Omfattningen av denna produktion visas i figur 4.1. Produktionen i figur 4.1 skiljer sig något från de siffror som redovisas i figur 2.2 på grund av att olika datakällor används<sup>8</sup>.

Mätt i vikt domineras animalieproduktionen av mjölk följt av griskött. Därefter kommer kött från nötkreatur och kyckling samt ägg som alla är av liknande omfattning. Produktionen av fårkött, som endast omfattar 6000 ton, syns inte i figuren och nämns därför inte vidare i redovisningen av resultaten.

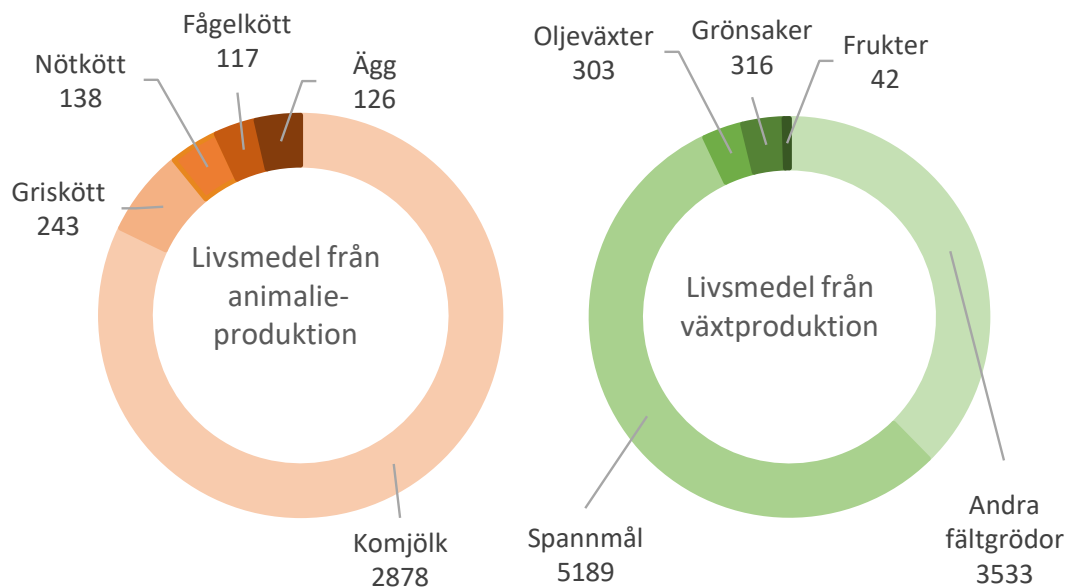
Till skillnad från animalieproduktion redovisas växtproduktionen aggregerat, där varje kategori innehåller många olika grödor. Inom växtproduktionen är *Spannmål* är den största kategorin och innehåller cirka 43 procent vete, 34 procent korn och resten havre, råg och majs. *Andra fältgrödor* är näst störst. Denna kategori består av 69 procent sockerbeter, cirka 27 procent potatis och resten baljväxter. *Oljeväxter* består av raps och rybs, medan *Grönsaker* och *Frukt* består av många olika grödor

---

<sup>8</sup> Modellen baseras på regional statistik från Eurostat, medan figur 2.2 baseras på nationell statistik från FAOSTAT. Dessutom har modellens data justerats så att den överensstämmer med modellens ekvationer

som produceras med en kombination av växthus, frilandsodling och perenna odlingar (träd).

Figur 4.1 Produktion av livsmedel för Sverige år 2013 i CAPRI-modellen, i tusentals ton



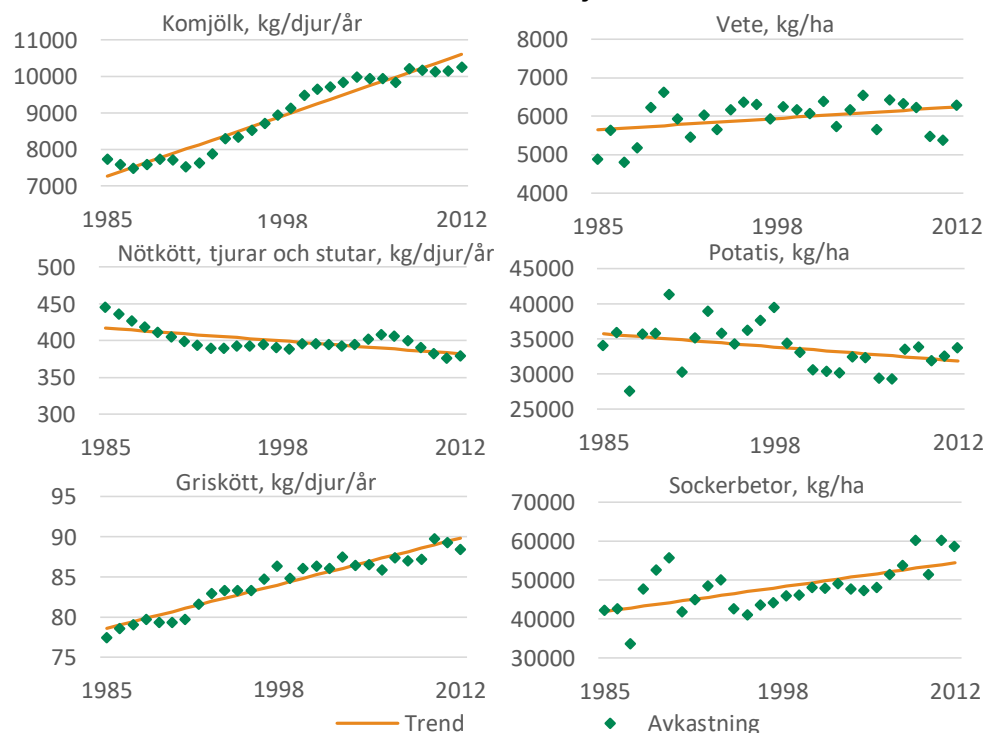
När produktiviteten i modellen ändras, som i Teknik1985-scenariot, så förändras omfattningen av de olika produktionsaktiviteterna, med förändrad miljöpåverkan som följd. Vissa insatsvaror som jordbruket själv kan producera, såsom djurfoder och ungdjur, kan också importeras. För dessa insatsvaror har vi antagit att importen i Teknik1985 är lika stor som den var i referensscenariot, så att miljöbelastningen som uppstår till följd av ett eventuellt ökat behov av insatsvaror kommer med i beräkningarna.

Beräkningarna i Teknik1985-scenariot görs enbart för jordbruksproduktionen i Sverige. Det innebär att vi inte försöker beräkna hur priserna påverkas utan låser dessa till nivån i referensscenariot. Vi har valt denna avgränsning för att kunna isolera effekten av att enbart förändra jordbrukets produktivitet och hålla alla andra faktorer konstanta. Det ligger utanför studiens syfte att studera effekter på konsumtionsmönster och handel med omvärlden.

## 4.1 Förändring av avkastning

För att beräkna skillnaden i produktivitet mellan referensscenariot och Teknik1985-scenariot har vi först skattat linjära trender för avkastning, användning av insatsvaror, näringstillgänglighet och foderomvandling, och sedan beräknat skillnaden mellan värdena det första och det sista året i trendlinjen. Anledningen till att vi använder linjära trender är för att undvika att variationer i produktionsutfallet för enskilda år tolkas som teknisk utveckling. De linjära trenderna skattas med hjälp av de historiska data för jordbruksproduktionen som finns i CAPRI-modellen. För Sverige börjar dataserien 1985 och slutar 2012.

Figur 4.2 Exempel på avkastning i svensk primärproduktion över tid i CAPRI-modellen och skattade linjära samband



Figur 4.2 4.2 visar exempel på skattade trender för avkastningen av sex utvalda jordbruksprodukter i CAPRI-modellen. Dessa visar trenden för avkastningen från till exempel ett djur eller en hektar mark. I de allra flesta fall har utvecklingen inneburit en ökande avkastning per djur eller hektar. För några produktionsaktiviteter har avkastningen dock sjunkit

såsom i fallet med nötkött från tjurar och stutar eller odling av potatis<sup>9</sup>. Resultaten kan ses i sin helhet i Bilaga 1 och 2. På samma sätt som för produktionsaktiviteternas avkastning, har skattningar gjorts för djurens energibehov (Bilaga 3), deras proteinbehov (Bilaga 4) samt för fyra olika faktorer som beskriver tekniken för hantering av gödsel (Bilaga 5).

## **4.2 Förändrad foderåtgång och behov av växtnäring**

I Teknik1985-scenariot förändrades avkastningen av kött och mjölk från olika djurslag. För att den förändrade avkastningen ska motsvaras av förändrad utfodring och produktion av stallgödsel så förändrades också de olika parametrar i modellen som styr djurens näringsbehov och gödselproduktion. För energi- och proteinbehov baseras CAPRI:s koefficienter bl.a. på djurens ålder, vikt, tillväxthastighet och avkastning (Nasulli m.fl., 1997). Det innebär till exempel att en ko som har mindre mjölkavkastning behöver mindre protein och energi.

Även växternas behov av gödsel påverkas av teknikutvecklingen, då näringstillgängligheten i stallgödsel och växtrester förändrats över tid. I praktiken beror sådana förändringar på vilken typ av stallar som används och hur gödseln lagras och sprids. Våra skattningar visar att näringstillgängligheten för kväve i stallgödsel relativt konstgödsel (som antas vara en form av näring som växten kan tillgodogöra sig direkt) har ökat från 46 procent till 54 procent. Motsvarande förändring för växtrester är en ökning från 68 till 74 procent (se bilaga 5).

---

<sup>9</sup> Detta kan bero på att produktionen förändrats på sätt som inte syns i data, till exempel att tjurarna är av annan ras eller slaktas vid en lägre ålder, eller att produktionen av potatis flyttat inom regionerna till mindre bördiga jordar. Det är också möjligt att ökande ekologisk odling har bidragit till att sänka genomsnittsavkastningen.

# 5

## Påverkan på produktionens struktur

I detta kapitel redovisas hur jordbrukets produktion och behov av insatsvaror har påverkats till följd av förändrad produktivitet. I nästa kapitel redovisas vad dessa förändringar troligen har inneburit för jordbrukets miljöpåverkan.

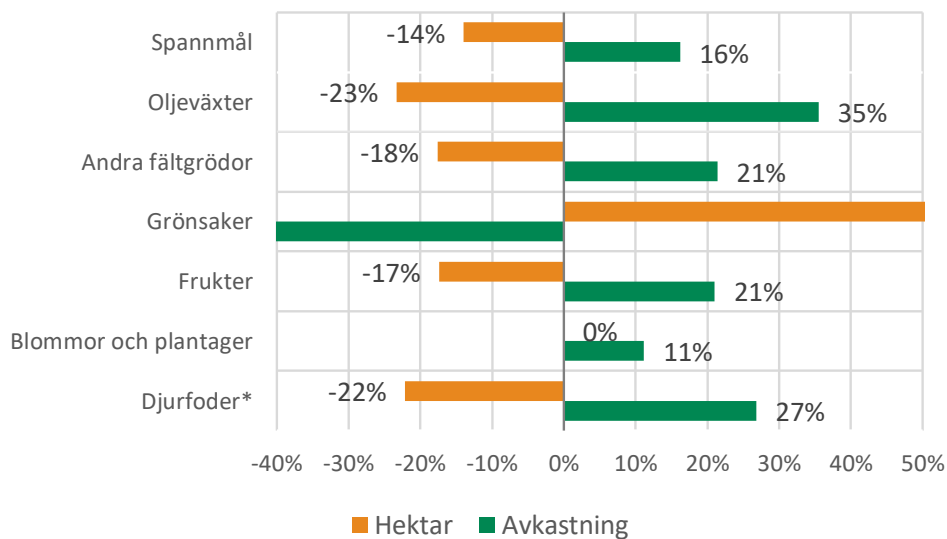
Resultaten från modellanalyserna visar att högre hektarskörddar inom växtodlingen gör att mindre mark odlas, och en högre avkastning inom mjölkproduktionen gör att det behövs färre kor för att producera samma mängd mjölk. Färre mjölkkor innebär också att mindre kött produceras av mjölksektorn, och att det istället blir fler nötkreatur som endast föds upp för köttproduktion. Tillsammans innebär förändringarna inom mjölk- och nötköttsproduktionen att foderåtgången blir lägre, vilket innebär att mindre åkermark krävs för vallodling. Förändringarna i växt- och animalieproduktionen innebär sammantaget att arealen åkermark är cirka 12 procent mindre i referensscenariot, det vill säga det scenario som tar hänsyn till den tekniska utvecklingen. Förändringar i mängden odlad mark, tillsammans med en effektivare användning av stallgödsel, innebär också att användningen av mineralgödsel är lägre än den hade varit med 1985 års produktionsteknik.

### 5.1 Jordbrukets användning av åkermark och gräsmark

Figur 5.1 visar den procentuella skillnaden mellan referensscenariot och Teknik1985-scenariot när det gäller *avkastning* och *hektar* mark. Avkastning är den ändring av produktiviteten som vi skattat statistiskt och lagt in i scenariot, medan hektar är resultatet av modellsimuleringen av Teknik1985-scenariot. Figuren visar att det finns en tydlig koppling mellan avkastningen i växtproduktionen och mängden mark som behövs för

att odla olika typer av grödor. Exempelvis var avkastningen för spannmål 16 procent högre i referensscenariot jämfört med i Teknik1985-scenariot och antalet hektar mark som användes för spannmål 14 procent lägre.

Figur 5.1 Skillnad i avkastning och areal mellan referensscenariot och Teknik1985-scenariot, för olika slags växtodling i Sverige

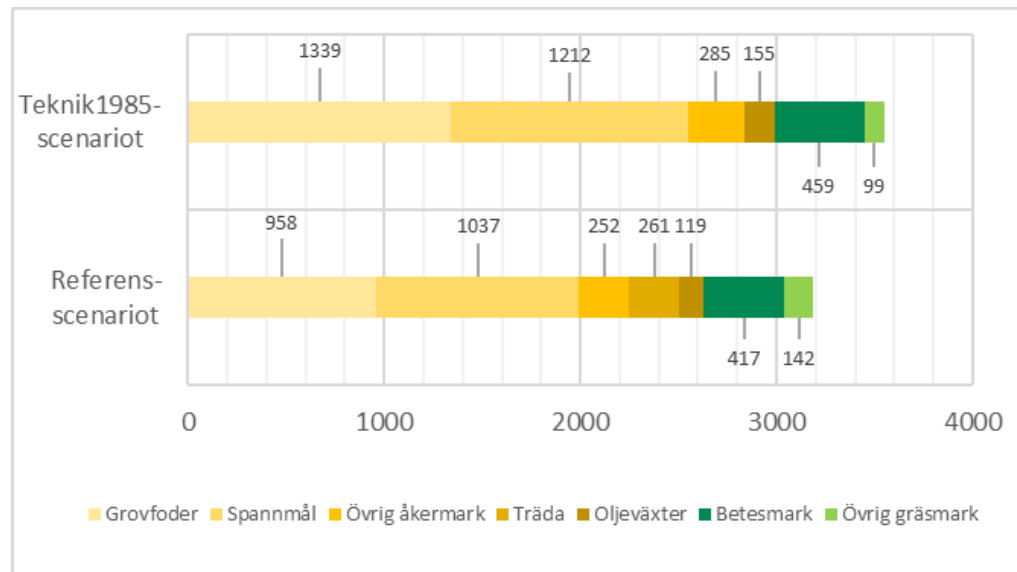


\* Vallodling, majsensilage och betesmarker

Figur 5.2 visar den totala mängden åker- och gräsmark i de två scenarierna samt hur den är fördelad på olika typer av jordbruksaktiviteter. De delar av stapeln som är i gul färgskala tillhör kategorin *åkermark* och de som är i grön färgskala tillhör kategorin *gräsmark*. Av figuren kan man utläsa att produktivitetsutvecklingen inneburit att 381 tusen hektar mindre mark används för produktion av grovfoder såsom ensilage och fodermajs, samt att 175 tusen hektar mindre används för att producera spannmål. Detta motsvarar en minskning med 28 respektive 14 procent. Den högre produktiviteten gör det också möjligt att lägga en större del av åkermarken i träd. I referensscenariot ligger 261 tusen hektar mark i träd jämfört med ettusen hektar i Teknik1985-scenariot (syns ej i figuren). Sammantaget är åkermarken 365 tusen hektar, eller cirka 12 procent, mindre i referensscenariot jämfört med i Teknik1985-scenariot.

Arealen gräsmark är i stort sett oförändrad men en mindre andel av gräsmarken används till bete i referensscenariot än i Teknik1985-scenariot.

Figur 5.2 Markanvändning, åkermark och gräsmark, i tusentals hektar



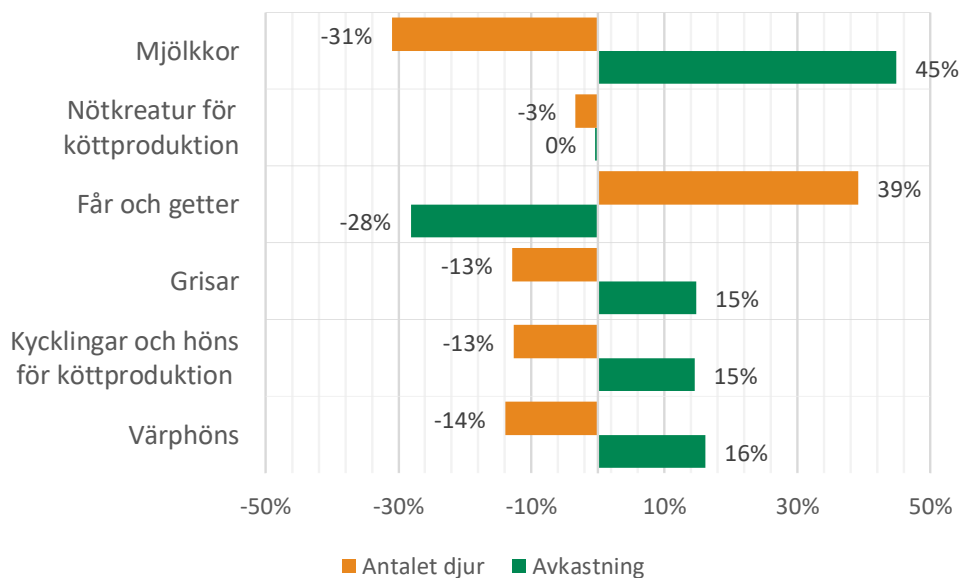
*Grovfoder utgörs av vallodling och majs för ensilage*

## 5.2 Antalet djur och deras foderbehov

Figur 5.3 visar relationen mellan förändrad avkastning för olika kategorier av djur och förändring av antalet djur. *Avkastning* är alltså en skattad förändring i avkastning baserad på historiska data, medan *Antalet djur* är resultatet när vi simulerar scenariot. Avkastningen har ökat mellan år 1985 och 2013 för de flesta kategorier och har inneburit att färre djur krävs i jämförelse med Teknik1985-scenariot. Undantaget är nötkött, vars produktivitet, räknat som kilogram kött per djur som går till slakt, knappt förändrats alls för tjurar, stutar och kvigor sammantaget. När det gäller mjölkkor, vars avkastning ökat med 45 procent, eller 2600 kilogram mjölk per djur per år, krävs det cirka 31 procent, motsvarande 160 tusen, färre djur i referensscenariot än i Teknik1985-scenariot.

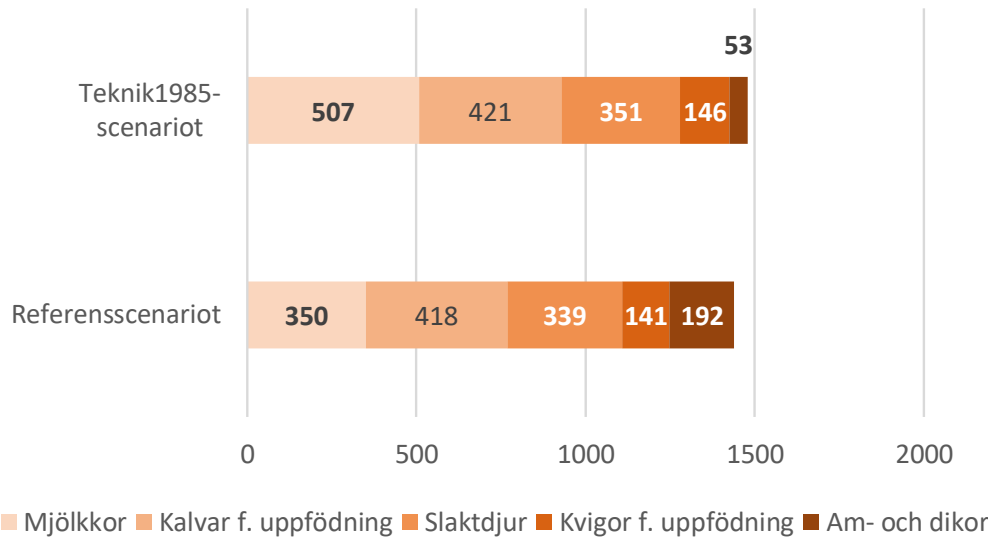
Eftersom nötkreaturen har störst miljöpåverkan kommer vi här att fokusera främst på dem. Figur 5.4 visar antalet nötkreatur för de två scenarierna fördelat på olika kategorier (resultaten för övriga djurgrupper kan ses i Bilaga 6). Sammantaget minskar antalet nötkreatur med 38 tusen djur, eller 2,6 procent, till följd av produktivitet utvecklingen. Den största minskningen kommer från mjölkorna som är cirka 160 tusen färre i referensscenariot än i Teknik1985-scenariot. Detta är en direkt följd av att avkastningen från mjölkkor ökat, vilket även kan ses i Figur 5.3.

Figur 5.3 Skillnad i avkastning och antalet djur i Sverige, i Teknik1985 jämfört med referensscenariot





Figur 5.4 Antalet nötkreatur per scenario, i tusentals djur



För att köttproduktionen ska förbli oförändrad trots att det finns färre mjölkkor krävs det kor av annat slag för att producera kalvar. Därför ökar kategorin *am- och dikor*, dvs. kor som producerar ungefär en kalv varje år men som inte mjölkas. Antalet *slaktdjur*, som i figuren består av både kalvar och äldre djur men inte utslaktade kor, blir något lägre, liksom antalet *kalvar för uppfödning*, dvs. kalvar som ska slaktas nästa år eller bli rekryteringsdjur för mjölk- eller köttproduktionen efter två år. Antalet *kvigor för uppfödning*, dvs. kvigor som nästa år ska bli mjölk- eller am- och dikor förblir nära nog oförändrat.

Produktivitetsutvecklingen innebär att antalet djur av olika slag och djurens behov av foder förändras, så att det totalt sett går åt 4,2 procent mindre foder, mätt i ton, för att producera den givna mängden av kött, mjölk och ägg i referensscenariot jämfört med Teknik1985-scenariot. Det gör i sin tur att mindre areal behövs för foderproduktion, men effekten på markanvändningen är inte lika stor som effekten av att skörden per hektar har ökat (se till exempel kategorin "djurfoder" i figur 5.1).

Den största minskningen av foderanvändning kommer från mjölk-korna, vilkas sammanlagda foderbehov minskar med 2,3 miljoner ton.

Minskningen motverkas i stor utsträckning av att nötkreaturen för köttproduktion blir fler och därför behöver cirka 2 miljoner ton mer foder. Också utfodringen av grisar, får och getter ändras något, men det har mindre betydelse för foderproduktionen och markanvändningen.

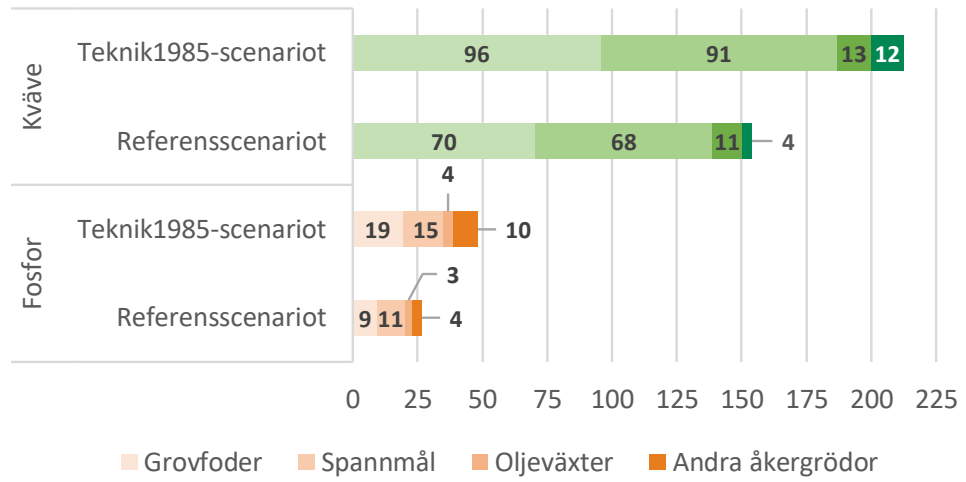
Våra simuleringar visar att fodergrödor påverkas olika av den tekniska utvecklingen, vilket delvis beror på det sätt scenarierna utformats: foderspannmål kan normalt sett handlas internationellt, i motsats till ensilage och bete. I simuleringarna låste vi handeln med foderspannmål till 2013 års faktiska nivå för att undvika att djurens foder produceras i utlandet i scenariot med lägre produktivitet – det skulle göra att en stor del av miljöeffekterna inte fångades upp i våra resultat.

Eftersom avkastningen ökat för alla slags djur utom vissa nötkreatur så har energi- och proteinbehovet per djur också ökat, men räknat per kilogram produkt innebär den tekniska utvecklingen i form av till exempel högre mjölkavkastning snarare en liten minskning av det genomsnittliga foderbehovet. Bilaga 7 redovisar alla djurs foderbehov.

### **5.3 Jordbrukets användning av gödsel**

Användningen av mineralgödsel i jordbruket minskar när produktiviteten ökar. Den främsta förklaringen är att näringen i all gödsel, men framförallt i stallgödseln och växtresterna som jordbruket själv producerar, används mer effektivt. Mängden stallgödsel som djuren producerar minskar visserligen något eftersom djuren äter mindre foder, men inte i samma utsträckning som det totala behovet av växtnäring. Därför räcker stallgödseln till en större del av växternas behov och användningen av mineralgödsel minskar. Som vi såg i avsnitt 5.2 behöver även mindre foder odlas till följd av högre produktivitet inom djurhållningen, vilket ytterligare minskar behovet av växtnäring på åkrarna, men denna effekt är relativt liten. Figur 5.5 visar användningen av mineralgödsel i de två scenarierna fördelat på växtkategori. Den största delen används till grovfoder och spannmål i båda scenarierna men i mindre omfattning i referensscenariot.

Figur 5.5 Användning av mineralgödsel, i tusentals ton





# 6

## Resultat – Miljöeffekter

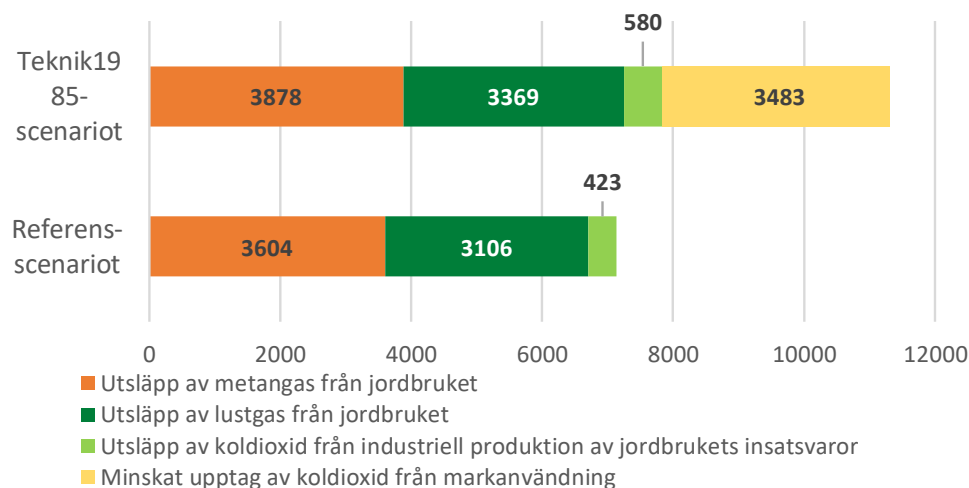
Föregående kapitel visade hur produktivitetsförändringar påverkar behovet av mark, djur och växtnäringsämnen för att producera en given mängd jordbruksprodukter. I detta kapitel beskrivs konsekvenserna för miljön. Tre miljöaspekter finns med i analysen – utsläpp av växthusgaser, överskott av näringsämnen och påverkan på biologisk mångfald. Sist i kapitlet undersöker vi vilka tekniska förändringar som haft störst effekt på miljön genom att göra tre ytterligare simuleringar där produktivitetsförändringar för växtproduktionen, animalieproduktionen och gödslingstekniken undersöks var för sig.

### 6.1 Utsläpp av växthusgaser

Resultatet av vår analys visar att produktivitetsutvecklingen inom jordbruket sänkt utsläppen av växthusgaser med 37 procent jämfört med om vi hade haft samma teknik som 1985. Minskningen i utsläpp beror främst på att åkermarken blivit mindre till förmån för skogsmarken. Eftersom skogen binder koldioxid från atmosfären blir effekten att nettoutsläppen av växthusgaser minskar. Även utsläppen av metan och lustgas, liksom indirekta koldioxidutsläpp från produktionen av mineralgödsel, minskar när produktiviteten ökar.

I figur 6.1 jämförs utsläppen av växthusgaser som är direkt eller indirekt orsakade av jordbruket mellan Teknik1985-scenariot och referensscenariot. Den orangea stapeln utgör metangasutsläpp och den mörkgröna lustgasutsläpp. Den ljusgröna stapeln är koldioxidutsläpp från den industriella produktionen av insatsvaror som jordbruket använder och innefattar framför allt produktionen av mineralgödsel. Den gula delen av stapeln motsvarar det minskade upptaget av koldioxid i Teknik1985-scenariot till följd av att skogsarealen är mindre i jämförelse med referensscenariot.

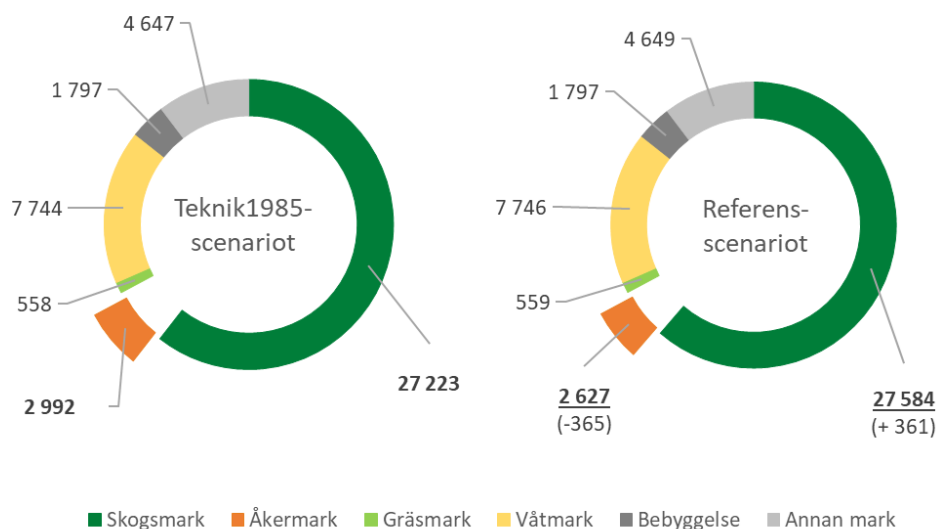
Figur 6.1 Utsläpp från jordbrukets produktion, markanvändning och produktion av insatsvaror, i tusentals ton CO<sub>2</sub>-ekvivalenter



Utsläppen i referensscenariot är cirka 4,2 miljoner ton lägre än i Teknik1985-scenariot, vilket motsvarar 37 procent mindre utsläpp. Utav dem kommer cirka 3,5 miljoner ton från skillnaden i markanvändning. Utsläppen av koldioxid vid industriell produktion av insatsvaror är cirka 157 tusen ton lägre per år. Utsläppen av metangas och lustgas är cirka 275 respektive 263 tusen ton CO<sub>2</sub>-ekvivalenter lägre i referensscenariot. Eftersom inlagringen av kol i marken är av annan karaktär än de årliga utsläppen från jordbrukets processer (se avsnitt 3.2) så är det värt att notera att produktivitetsökningen gjort att jordbrukets årliga utsläpp minskat även utan hänsyn tagen till den förändrade kolinlagringen.

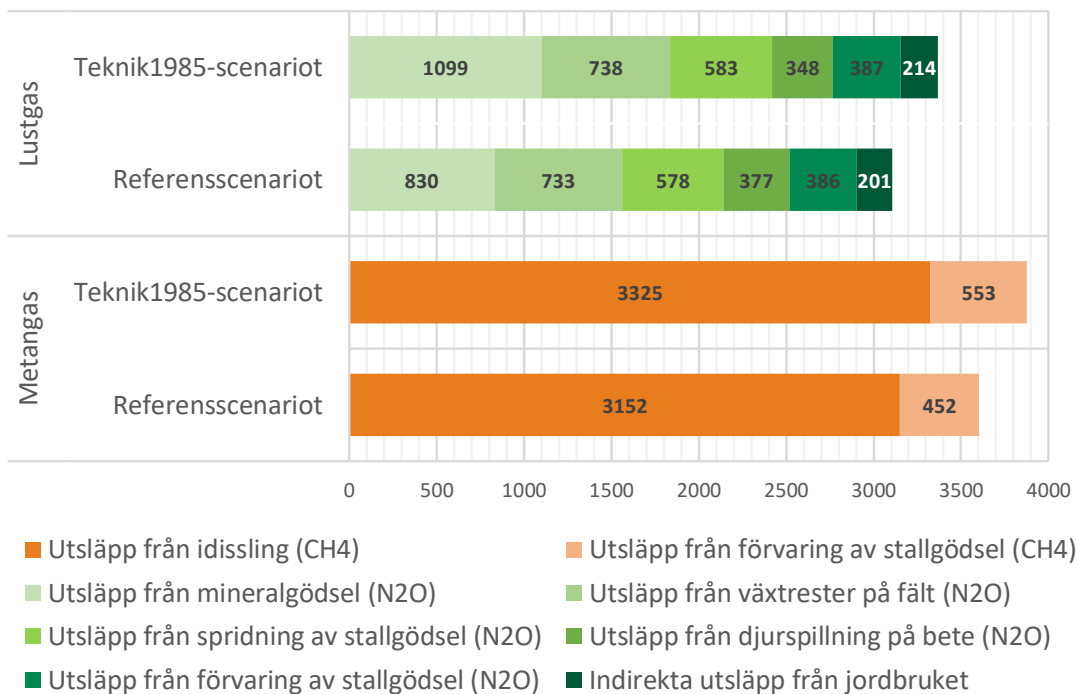
Figur 6.2 visar markanvändningen i de två scenarierna för alla markkategorier som tillsammans utgör Sveriges landyta på cirka 45 miljoner hektar. Figuren visar att åkerarealen är 365 tusen hektar (12 procent) mindre i referensscenariot jämfört med i Teknik1985-scenariot medan skogsarealen är 361 tusen hektar (1 procent) större. Jämfört med historiska nivåer så innebär detta att jordbruksarealen i Teknik1985 är något större än den var år 1985.

Figur 6.2 Sveriges markanvändning i Referens- och Teknik1985-scenariot, i tusentals hektar



Figur 6.3 bryter ned utsläppen av lustgas och metangas på olika aktiviteter inom jordbruket. Den största delen av metangasutsläppen kommer från idisslande djur (framför allt nötkreatur) och en mindre del från hanteringen av stallgödsel. Båda typerna av utsläpp minskar när produktiviteten ökar men den största minskningen i absoluta tal kommer från idisslande djur. Utsläppen av metangas från stallgödselhantering är cirka 102 tusen ton koldioxidekvivalenter (18 procent) mindre i referensscenariot, medan utsläppen från idisslande djur är 173 tusen ton koldioxidekvivalenter (5,2 procent) mindre per år. Utsläppen av metan från idissling och gödselhantering förändras på olika sätt eftersom antalet djur av olika slag förändras. Exempelvis minskar antalet grisar och fjäderfä, som inte idisslar, och därigenom utsläppen från deras gödselhantering. Även uppfödningssystemen för nötkreatur förändras när det blir färre mjölkkor men fler am- och dikor. För lustgas beror de lägre utsläppen i referensscenariot på en totalt sett mindre användning av växtnäring, vilket innebär att jordbruket använder mindre mineralgödsel. Utsläppen av lustgas från mineralgödselanvändning minskar därigenom med 255 tusen ton (24 procent) jämfört med Teknik1985-scenariot.

Figur 6.3 Utsläpp av lustgas och metan från jordbruket



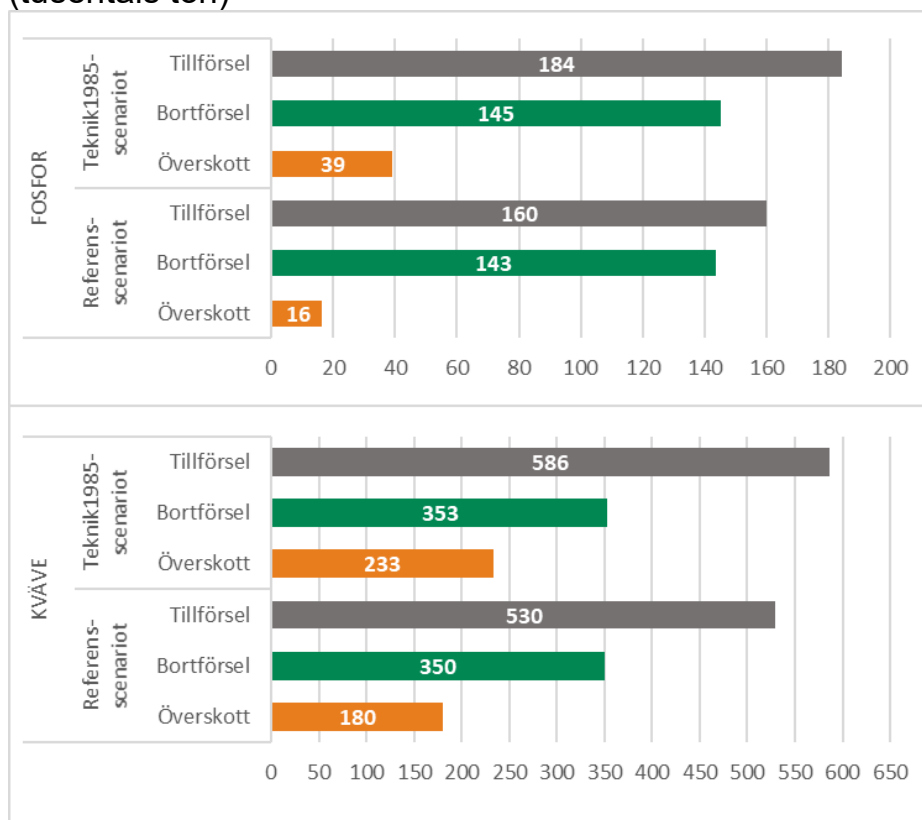
## 6.2 Näringsläckage till havet

Våra simuleringar visar att mindre outnyttjade näringsämnen lämnas kvar på fälten i referensscenariot än i Teknik1985-scenariot. Orsaken är en bättre gödslingsteknik som gör det lättare för växter att tillgodogöra sig framförallt stallgödseln. Detta innebär i sin tur ett mindre näringsläckage, men det går inte att säga hur stor effekten på läckaget blir utan att känna till ytterligare tekniska detaljer.

Figur 6.4 visar tillförsel, bortförsel och överskott av fosfor och kväve i varje scenario. För fosfor är överskottet 23 tusen ton (59 procent) lägre i referensscenariot och för kväve 53 tusen ton (23 procent) lägre. I referensscenariot är näringen i stallgödsel och växtrester mer tillgänglig för växterna än i Teknik1985-scenariot. Det gör att en mindre del av växternas behov behöver täckas av mineralgödsel, samtidigt som överskottet blir mindre från den otillgängliga näringen i stallgödseln och växtrestererna.



Figur 6.4 Tillförsel, bortförsel och överskott av fosfor och kväve (tusentals ton)



Omfattningen av retention av näringsämnen och de-nitrifikation beror på många omständigheter utöver mängden växtnäring, men ofta antas att om allt annat är lika så innebär ett minskat överskott av växtnäring att läckaget minskar. Det betyder att växtnäringsläckaget i referensscenariot troligen är lägre än i Teknik1985-scenariot.

### 6.3 Påverkan på biologisk mångfald

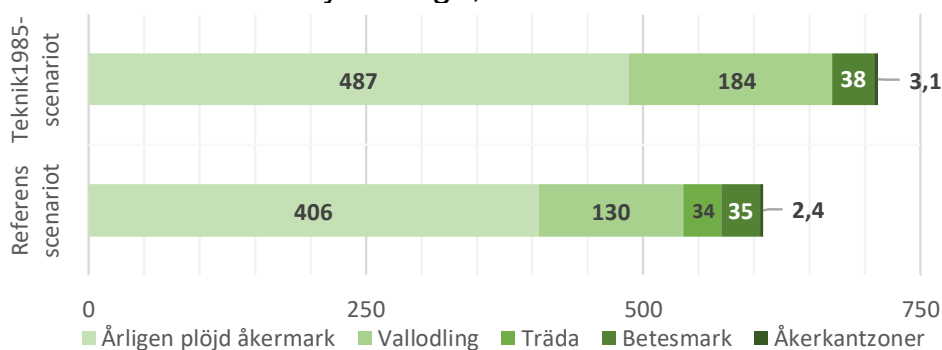
Våra beräkningar pekar på att den biologiska mångfalden inom jordbrukslandskapet försämrats till följd av produktivitetsutvecklingen. Begränsningar i simuleringsmodellen gör det dock svårt att dra några säkra slutsatser.

Vi har beräknat markanvändningen i de två scenarierna och därefter multiplicerat arealerna med antalet fåglar för respektive marktyp enligt observationer i Olsson m.fl. (2021). Eftersom observationerna är utförda

i Skåne så beräknas vår indikator enbart för modellens region Sydsverige, som motsvarar Skåne och Blekinge.

Figur 6.5 visar jordbruksmarkens användning i Sydsverige. Kategorin *Årligen plöjd åkermark* är tagen ur Olsson m.fl. (2021) och antas i CAPRI-modellen motsvara all mark som används för spannmål, oljeväxter och andra fältgrödor.

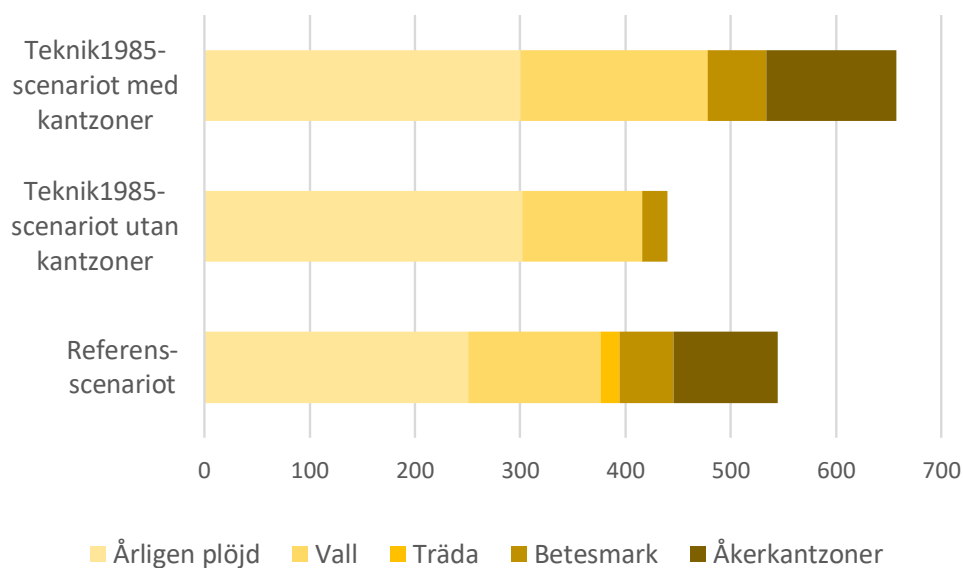
Figur 6.5 Antal hektar för årligen plöjd åkermark, slåttervall, betesmark och träda i Sydsverige, i tusentals hektar



Olsson m.fl. (2021) finner att åkerkantzoner är den mest attraktiva ytan för fåglar. Enligt Mistra EvieM (2018) finns det cirka 11 000 hektar åkerkantzoner i Sverige. Det är omöjligt att säga om åkerkantzoner finns i Teknik1985-scenariot eftersom CAPRI inte modellerar sådana åtgärder och vi inte har tillgång till någon inventering liknande Mistra EvieM. Om 11 000 hektar åkerkantzoner fanns i CAPRI, skulle de utgöra 0,5 procent av jordbruksmarken i modellen. I Teknik1985-scenariot behövs mer åkermark i produktion jämfört med referensscenariot och trädan är därför mindre. Om åkermark prioriteras över träda i Teknik1985-scenariot är det osäkert i vilken utsträckning åkerkantzoner finns kvar i jordbruket. Därför testas två varianter av Teknik1985-scenariot: en där åkerkantzoner fortsatt utgör 0,5 procent av arealen, och en helt utan kantzoner. I referensscenariot antas att arealen åkerkantzoner är densamma som i Mistra EvieM (2018), det vill säga 11 000 hektar.

Figur 6.6 visar våra beräkningar över antal fåglar som lever i de olika områdena på och omkring åkermarken i referensscenariot och i Teknik1985-scenariot med och utan kantzoner.

Figur 6.6 Antalet fåglar som lever på eller nära åkermarken för området Sydsverige i de olika scenarierna, i tusentals individer



Om andelen kantzoner hålls konstant så blir slutsatsen att teknisk utveckling har gjort att den biologiska mångfalden minskat – antalet fåglar blir lägre än i Teknik1985-scenariot. Om teknisk utveckling däremot gjort att mark frigjorts för kantzoner så blir slutsatsen den omvända.

Eftersom antalet fåglar i jordbrukslandskapet antas hänga samman med mängden jordbruksmark, och en del jordbruksmark omvandlas till skogsmark där andra organismer lever, så borde en fullständig beräkning också ta hänsyn till en eventuell ökning av antalet organismer som lever i skogsområden, på samma sätt som inlagringen av kol i den växande skogen togs med i beräkningen av växthusgasutsläppen. Detta kunde inte göras på grund av brister i dataunderlaget.

Det finns flera okända parametrar som påverkar den biologiska mångfalden och som inte varit möjliga att modellera. Beräkningarna här utgår ifrån att samma arttäthet råder på samma typ av mark i båda scenarier

men biologisk mångfald beror på fler faktorer än enbart arealer av olika marktyper. Vi vet att odlingsteknikerna skiljer sig åt mellan de två scenarierna men vi känner inte till de tekniska detaljerna. Kanske användes andra typer av maskiner och kemiska bekämpningsmedel 1985 än 2013? Det borde rimligen påverka den biologiska mångfalden på de olika marktyperna. Slutsatsen blir att vi inte kan säga så mycket om hur den biologiska mångfalden påverkas av den tekniska utvecklingen utan ytterligare antaganden om tekniska detaljer och styrmedel på miljöområdet. Icke desto mindre såg vi i kapitel 2, figur 2.7, att antalet fåglar i jordbrukslandskapet minskat över tid, och det ligger nära till hands att tro att detta hänger samman med en minskning av jordbruksarealen.

#### **6.4 Vilka teknikförändringar har haft störst effekt på miljön?**

För att se vilka av teknikförändringarna som varit viktigast för att minska utsläppen av växthusgaser och överskottet av näringsämnen, undersöks här tre delscenarier som simulerar hur jordbruket hade sett ut om det skett en produktivitetsutveckling inom enbart växtproduktionen, enbart animalieproduktionen eller enbart gödslingstekniken.<sup>10</sup> Simuleringarna visar att teknikutvecklingen inom växtproduktionen varit den viktigaste faktorn för att minska jordbrukets utsläpp av växthusgaser. Detta beror på att en högre avkastning inom växtproduktionen minskar den mängd jordbruksmark som behövs, vilket gör det möjligt för en del av marken att växa igen och bli skog. När det gäller att minska överskottet av näringsämnen har istället en effektivare gödslingsteknik varit viktigast.

Utöver de tre nya scenarierna visar vi även resultaten för referensscenariot, här kallat Scenario 1, det vill säga det scenario där produktivitetsutveckling har skett inom alla jordbrukets delar. Resultaten presenteras som *förändringar i utsläpp respektive näringsöverskott i förhållande till Teknik1985-scenariot*. De scenarier som undersöks sammanfattas i tabell 6.1.

---

<sup>10</sup> Vi gör inga sådana delscenarier när det gäller den biologiska mångfalden eftersom resultaten för biologisk mångfald i grundsimuleringarna är osäkra på grund av andra faktorer.

Tabell 6.1 Scenarier för att bryta ner effekten av teknisk utveckling

		Scenario nr			
		1	2	3	4
2013 års teknik används för:	Växtproduktion	x	x		
	Animalieproduktion	x		x	
	Gödslingsteknik (teknik för hantering av stallgödsel och annan växtnäring)	x			x

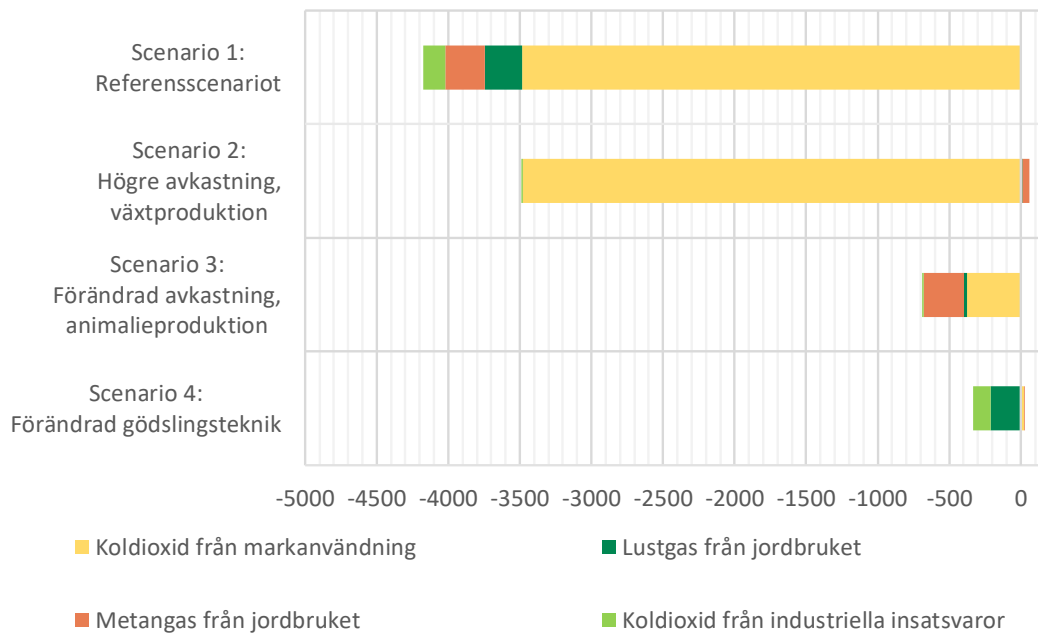
I figur 6.7 ser vi skillnaden i växthusgasutsläpp mellan de fyra scenarierna och Teknik1985-scenariot vad gäller utsläppen av växthusgaser. Eftersom modellen inte är linjär så kan inte resultaten av de enskilda simuleringarna av scenario 2–4 adderas för att få resultatet av scenario 1 men de ger oss likväl en indikation om vilken påverkan de enskilda parametrarna har.

Av figuren kan utläsas att Scenario 2 (växtproduktion har hög produktivitet) är det delscenario som har störst utsläppsminskning jämfört med Teknik1985-scenariot. När enbart växternas produktivitet ökar till 2013 års nivå minskar utsläppen med 3,5 miljoner ton koldioxidekvivalenter, varav den absolut största delen kommer från förändrad markanvändning. Som beskrivits tidigare beror detta på att mer jordbruksmark kan frigöras till förmån för skogsmarken när avkastningen per hektar ökar. Scenario 2 har marginellt högre utsläpp av metangas och lustgas än Teknik1985-scenariot. Detta beror på att den ändrade avkastningen förändrar produktionens fördelning över olika regioner och att antalet djur av olika slag förändras något.

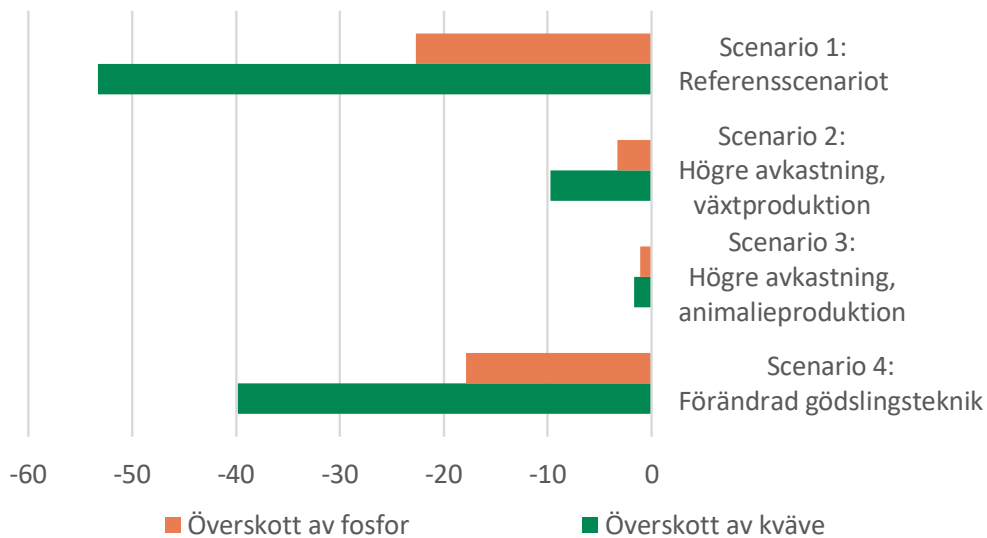
Näst störst effekt på växthusgasutsläppen har Scenario 3 (förändrad produktivitet i animalieproduktionen). Resultaten från det scenariot visar att hela minskningen i utsläppen av metan kommer från en förändrad produktivitet inom animalieproduktionen. En förändrad gödslingsteknik (Scenario 4) påverkar utsläppen av lustgas samt koldioxid från

jordbrukets insatsvaror (främst mineralgödsel) mest men har minst effekt på de sammanlagda växthusgasutsläppen.

Figur 6.7 Förändringar i växthusgasutsläpp jämfört med Teknik1985-scenariot, i tusentals ton CO<sub>2</sub>-ekvivalenter



Figur 6.8 Skillnad i överskott av näringsämnen för olika ändringar i modellen jämfört med Teknik1985-scenariot, i tusentals ton



Figur 6.8 visar skillnaden mellan Scenario 1–4 och Teknik1985-scenariot vad gäller näringsöverskottet i jordbruksmarken. Som framgår av figuren är det den förändrade tekniken för hantering av gödsel (scenario 4) som haft störst effekt på näringsöverskottet. En ändring av enbart gödslingstekniken till 2013 års nivå innebär att överskottet av fosfor blir 18 tusen ton lägre och överskottet av kväve 40 tusen ton lägre än i Teknik1985-scenariot. Förändringarna i avkastning för växtproduktion respektive animalieproduktion påverkar också överskottet av näringsämnen, men i mindre utsträckning än tekniken för gödselhantering.





# 7

## Slutsatser och diskussion

Vår analys visar att produktivitetens utvecklingen inom jordbruket har minskat jordbrukets miljöpåverkan på två viktiga områden. Utsläppen av växthusgaser har blivit mindre än vad den annars skulle ha varit, och växtnäringen används effektivare vilket, gör att läckaget av kväve och fosfor till miljön är mindre än vad det annars skulle vara. Den biologiska mångfalden har dock troligen påverkats negativt men begränsningar i dataunderlaget gör det svårt att dra några säkra slutsatser.

Utsläppen av växthusgaser beräknas vara 4,2 miljoner ton koldioxidekvivalenter, eller motsvarande 37 procent, mindre jämfört med om Sverige skulle ha producerat lika mycket mat som 2013 men med 1985 års teknik. Den minskade klimatpåverkan beror i första hand på att jordbruksmark omvandlats till skog som binder koldioxid från atmosfären. Mindre markanvändning inom jordbruket är ett resultat av att skördarna per hektar är högre men också av att en effektivare animalieproduktion innebär att mindre djurfoder behöver odlas. Märk väl att eftersom vi begränsat handeln med jordbruksprodukter till 2013 års nivåer så sker inga förändringar utanför Sveriges gränser i de scenarier som vi analyserat – det är alltså inte möjligt (i modellen) för ökad import eller minskad export att kompensera för de minskade skördarna i Sverige. Därigenom utesluter vi att en del av jordbrukets miljöpåverkan flyttas utomlands. I Sverige har en hel del jordbruksmark omvandlats till skog under den tidsperiod som omfattas av studien. Många faktorer har påverkat den utvecklingen, men med hjälp av vår simuleringsmodell har vi kunnat isolera effekten av den tekniska utvecklingen från andra trender i samhället.

Även utsläppen av lustgas och metan är mindre tack vare att jordbrukets insatsvaror används effektivare. Utsläppen av lustgas hänger starkt samman med mängden kväve som omsätts i marken. Om gödslingen möter grödans behov mer exakt, genom till exempel förbättrad teknik för lagring och spridning av stallgödsel, så omsätts totalt sett en mindre mängd kväve, och därmed avgår – allt annat lika – en mindre mängd kväve i form av lustgas. Ett liknande förhållande gäller för utfodring av djur, framförallt mjölkkor. Genom tekniska förändringar och framsteg inom avel så ger mjölkkor nu en större mängd mjölk per djur, och utfodringen anpassas bättre till varje djurs mjölkavkastning. Därigenom avgår mindre metan till atmosfären per kilogram producerad mjölk.

Samma mekanismer som gjort att avgångarna av växthusgaser generellt sett minskat per kilogram produkt över de senaste decennierna har också bidragit till att minska överskottet av växtnäring. Enligt våra beräkningar har teknisk utveckling gjort att överskottet av kväve från jordbruket idag är 23 procent lägre än vad det annars skulle ha varit, och att överskottet av fosfor är 59 procent lägre. Det har bidragit till att minska övergödningen i Östersjön och belastningen på dricksvattenreservoarer.

Produktivitetsutvecklingens påverkan på biologisk mångfald är inte entydig. Ökade hektarskörda har i våra simuleringar lett till att vissa typer av mark som är värdefulla ur ett biologiskt perspektiv, såsom träda, har kunnat öka medan andra, såsom betesmark och vallodling, har minskat. Nedläggning av jordbruksareal har också lett till att andra typer av markanvändning utanför jordbruket har ökat. Våra beräkningar indikerar att habitatet för många fågelarter i jordbrukslandskapet sammantaget blivit mindre. De tar dock inte hänsyn till den biologiska mångfalden i markanvändning utanför jordbruket, såsom skog på nedlagd jordbruksmark. De tar inte heller hänsyn till att produktionstekniken förändrats på andra sätt, till exempel vad gäller användningen av bekämpningsmedel, både till följd av teknisk utveckling och av regleringar.

De beräkningar som vi redogjort för i denna rapport syftar till att isolera effekten av endast en av de många förändringar som skett inom svenskt jordbruk under de senaste 35 åren, nämligen den tekniska utvecklingen, medan alla andra faktorer hålls oförändrade. I verkligheten hänger många olika förändringar samman: tekniska framsteg inom sektorn såsom mjölkrobotar, precisionsjordbruk och avels- och förädlingsarbete, sprids över nationsgränser. Därigenom påverkas priser och internationell handel, kanske även miljöpolitiken och i ett globalt perspektiv människors hälsa och länders befolkningsutveckling. Ökande inkomster har också gjort att konsumtionens sammansättning förändrats över tid. Konsumtionen av kött per person och år har ökat, medan till exempel mjölkkonsumtionen per person minskat. Om nettoeffekten av förändrade konsumtionsmönster är en övergång mot mer utsläppsintensiva livsmedel, så motverkar det miljövinsterna jämfört med våra resultat, medan de förstärks om konsumtionen gått mot mindre utsläppsintensiva varor. Sådana förändringar har vi dock uteslutit i våra scenarier.

Förändringar i omvärlden kan också stimulera teknisk utveckling och förändringar i produktivitet. Ett exempel på det, som vi illustrerade i kapitel 2, är att högre löner och billigare kapital kan leda till ökad mekanisering. Vårt modellerade scenario kan alltså inte tolkas som en beräkning av hur världen skulle ha sett ut utan teknisk utveckling, utan är en beräkning av den isolerade effekten av teknisk utveckling på jordbrukets miljöpåverkan.

Avslutningsvis kan vi konstatera att det svenska jordbrukets produktivitet är hög i ett globalt perspektiv. Mjölkkavkastningen per ko var under 2020 mer än tre gånger så hög som det globala genomsnittet (FAOSTAT, 2021c), och spannmålsskördarna var ungefär 50 procent högre i Sverige. Om produktiviteten inom jordbruket kunde öka i de delar av världen där den nu ligger långt under nivån i Sverige skulle det kunna leda till betydande miljövinster globalt: färre djur och mindre jordbruksmark skulle behövas för att producera samma mängd livsmedel, vilket skulle leda till minskade utsläpp av växthusgaser, samtidigt som det skulle skapa utrymme för ökad kolinlagring i form av skog och annan naturlig vegetation.



## Referenser

AgriFood (2022). "Ekologisk odling för mer biologisk mångfald - var får man mest för pengarna?". (Policy Brief 2022:1). Lund: AgriFood Economics Centre.

Benton, T.G., Bieg, C., Harwatt, H., Pudasaini, R., Wellesley L. (2021). "Food system impacts on biodiversity loss: Three levers for food system transformation in support of nature". Chatham House. <https://www.chathamhouse.org/2021/02/food-system-impacts-biodiversity-loss>

Britz, W., Witzke, P. (2014). "CAPRI Documentation ". [https://www.capri-model.org/docs/capri\\_documentation.pdf](https://www.capri-model.org/docs/capri_documentation.pdf) [hämtad 2021-08-20]

Butterbach-Bahl, K., Baggs, E. M., Dannenmann, M., Kiese, R., & Zechmeister-Boltenstern, S. (2013). "Nitrous oxide emissions from soils: how well do we understand the processes and their controls?". *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 368(1621) <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2013.0122>

Dasgupta, P. (2021) "The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review". (London: HM Treasury)

van Dijk, M., Morley, T., Rau, M.L. (2021). "A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010–2050". *Nat Food* **2**, pp. 494–501.

Ekroos, J., Olsson, O., Rundlöf, M., Wätzold, F., Smith, H.G. (2014). "Optimizing agri-environment schemes for biodiversity, ecosystem services or both?". *Biological conservation*, vol. 172, pp. 65-71.

EPA (Environmental Protection Agency), (u.å.). "Overview of Greenhouse Gases". <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>. [hämtad 2022-03-22]

Europeiska Kommissionen (u.å.). "Spannmål, oljeväxter, proteingrödor och ris". [https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/plants-and-plant-products/plant-products/cereals\\_sv](https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/plants-and-plant-products/plant-products/cereals_sv). [Hämtad: 2021-11-08]

Eurostat (2015). "Agricultural accounts and prices". [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Archive:Agricultural\\_accounts\\_and\\_prices&oldid=221373](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Archive:Agricultural_accounts_and_prices&oldid=221373) [hämtad 2021-08-16]

Eurostat (2021). "Statistics explained: Biodiversity". [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Biodiversity\\_statistics#Populations\\_of\\_common\\_birds](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Biodiversity_statistics#Populations_of_common_birds) [hämtad 2021-11-03]

FAOSTAT (2020). "Emissions totals" (indikator). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/GT> [hämtad 2021-11-08]

FAOSTAT (2021a). "Production Quantity, Crops primary" (indikator). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> [hämtad: 2021-11-08]

FAOSTAT (2021b). "Production Quantity, Livestock primary" (indikator). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> [hämtad: 2021-11-08]

FAOSTAT (2021c). "Production Quantity, Livestock primary" (indikator). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> [hämtad: 2023-01-13]

FN (1992). "Convention on biological diversity" . Rio de Janeiro, 5 June 1992

Greppa Näringen, u.å, "Övergödning". Tillgänglig via: <https://greppa.nu/fakta-miljo-och-klimat/overgodning> [hämtad 2021-10-28]

HELCOM (2018). "Sources and pathways of nutrients to the Baltic Sea". Baltic Sea Environment Proceedings No. 153. Helsingforskommissionen.

HELCOM, 2011. "The Fifth Baltic Sea Pollution Load Compilation (PLC-5)". Balt. Sea Environ. Proc. No. 128. Helsingforskommissionen.

HELCOM, 2004. "The Fourth Baltic Sea Pollution Load Compilation (PLC-4)". Balt. Sea Environ. Proc. No. 93. Helsingforskommissionen.

IPCC, 2006, "Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use" - Chapter 10: Emissions from Livestock and Manure Management. National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). IGES, Japan.

Jordbruksverket (2017a). "Jordbrukets produktivitet och struktur: Produktivitetstillväxt och strukturutveckling inom produktionen av griskött, nötkött och mjölk samt inom växtodlingen (2002–2014)". Rapport 2017:21.

Jordbruksverket (2017b). "What measures should be taken to improve conditions for Swedish Farmland Birds, as reflected in the Farmland Bird Index?". Utvärderingsrapport 2017:5.

Jordbruksverket (2020a). "Jordbruksmarkens användning 2020". Slutlig statistik. <https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2021-02-03-jordbruksmarkens-anvandning-2020.-slutlig-statistik> [hämtad 2022-10-23]

Jordbruksverket (2020b). "Livsmedelskonsumtion av animalier. Preliminära uppgifter 2020". <https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2021-03-16-livsmedelskonsumtion-av-animalier.-preliminara-uppgifter-2020> [hämtad: 2021-06-17]

Jordbruksverket (2020c). "Övergödning och läckage av växtnäring". <https://jordbruksverket.se/jordbruket-miljon-och-klimatet/overgodning-och-lackage-av-vaxtnaring> [hämtad 2022-10-18]

Jordbruksverket (2022). "Jordbruket och klimatet". <https://jordbruksverket.se/jordbruket-miljon-och-klimatet/jordbruket-och-klimatet> [hämtad 2022-10-18]

Jordbruksverket (2023). "Hektar- och totalskörd efter län och gröda. År 1965-2021". [https://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas\\_Skordar/JO0601J01](https://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas_Skordar/JO0601J01).

[px/table/tableViewLayout1/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625](https://www.livsmedelsverket.se/px/table/tableViewLayout1/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625) [hämtad 2023-10-18]

Livsmedelsverket (2021). "Miljösmarta matval" <https://www.livsmedelsverket.se/matvanor-halsa--miljo/miljo/miljosmarta-matval2/kott-och-chark>, [hämtad 2021-09-08]

Mistra EvieM (2018). "Multifunktionella buffertzoner i och kring jordbruksmark". SR8, Stockholm Environment Institute.

Myhre, G., Shindell, D., Bréon, F.-M., Collins, W., m.fl. (2013). "Chapter 8: Anthropogenic and Natural Radiative Forcing". Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. pp. 659–740.

Nasuelli, P., Palladino, G., Setti, M., Zanasi, C., Zucchi, G. (1997). "FEED MODULE: Requirement Functions and Restriction Factors". Working Paper 97-12

Naturvårdsverket (2020). National Inventory Report Sweden 2020 - Greenhouse Gas Emission Inventories 1990-2018, UNFCCC

Naturvårdsverket (2021). "Nettoutsläpp och nettoupptag av växthusgaser från markanvändning (LULUCF)". <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-nettoutslassapp-och-nettoupptag-fran-markanvandning/> [hämtad 2022-03-10]

OECD (2018). "Innovation, Agricultural Productivity and Sustainability in Sweden". OECD Food and Agricultural Reviews. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264085268-en>.

OECD (2021a). "Nutrient balance" (indikator), [https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/nutrient-balance/indicator/english\\_82add6a9-en](https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/nutrient-balance/indicator/english_82add6a9-en), [hämtad 2021-11-15]

OECD (2021b). "Environmental performance of agriculture - nutrients balances" (Edition 2020). OECD Agriculture Statistics (database). <https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/data/oecd->



[agriculture-statistics/environmental-performance-of-agriculture-nutrients-balances-edition-2020\\_56c32ee0-en](https://stats.oecd.org/) [hämtad: 2021-11-15]

OECD (2021c). "Total Greenhouse Gas from LULUCF" (indikator). <https://stats.oecd.org/> > Agriculture and Fisheries > Environmental indicators for agriculture > Agri-environmental other indicators > AEI by countries [hämtad 2021-11-04]

OECD (2022a). "Farm Birds Index". <https://stats.oecd.org/>> Agriculture and Fisheries > Environmental indicators for agriculture > Agri-environmental other indicators > Farm Birds Index [hämtad 2022-11-05]

OECD (2022b). "Biodiversity", 2013 Edition of the OECD Environmental Database. <https://stats.oecd.org/> > Agriculture and Fisheries > Environmental indicators for agriculture > Environmental indicators for Agriculture – Previous edition > Environmental performance of Agriculture 2013 > Biodiversity [hämtad 2022-11-05]

Olsson, O., Brady, M.V., Stjernman, M., Smith, H. (2021). "Optimizing Species Richness in Mosaic Landscapes: A Probabilistic Model of Species-Area Relationships". *Frontiers in Conservation Science*, vol 2, pp 57-69

Pérez Domínguez, I., Fellmann, T., Weiss, F., Witzke, P., Barreiro-Hurlé, J., Himics, M., Jansson, T., Salputra, G., Leip, A. (2016). "An economic assessment of GHG mitigation policy options for EU agriculture (EcAMPA 2)". JRC Science for Policy Report, EUR 27973 EN, 10.2791/843461

Poore, J., & Nemecek, T. (2018). "Reducing food's environmental impacts through producers and consumers". *Science* 360(6392): 987-992

Robleño Moreno, I. (2016). "Fallow lands as a tool for farmland biodiversity conservation". Doctoral Thesis, University of Lleida

Sasaki, K., Hotes, S., Kadoya, T., Yoshioka, A. & Wolters, V. (2020). "Landscape associations of farmland bird diversity in Germany and Japan". *Global ecology and conservation*, vol. 21, pp. e00891.

SCB (2019). "Markanvändningen i Sverige", Sjunde utgåvan

UNEP (FN:s miljöprogram) (2021). "Methane emissions are driving climate change. Here's how to reduce them." <https://www.unep.org/news-and-stories/story/methane-emissions-are-driving-climate-change-heres-how-reduce-them> [hämtad: 2022-03-22]

Van Buskirk, J. & Willi, Y. (2004). "Enhancement of Farmland Biodiversity within Set-Aside Land". *Conservation biology*, vol. 18, no. 4, pp. 987-994.

## Bilagor

Bilaga 1-5 är resultat från regressionsanalyser utförda på CAPRI:s egen tidseriedata för avkastning från produktion mellan åren 1985 och 2012 (28 år). Bilaga 1 och 2 utgör resultat från regressioner utförda på produktionsaktiviteter. Bilaga 4 och 5 utgör resultat från regressioner utförda på energi- och proteinbehov inom animalieproduktionen. Bilaga 5 utgör resultat från regressioner utförda på gödsel faktorer. Kolumnen till höger i samtliga tabeller, "Andel 1985/2012" är den skattade avkastningen 1985 uttryckt som andel av 2012 års nivå. Denna procentuella siffra multipliceras med den avkastning som är i referensscenariot.

Bilaga 6-8 utgör en fördjupning av resultaten i kapitel 5 och 6.

## Resultat från regressioner

### Bilaga 1: Avkastning från växtproduktion

Regressioner gjorda på avkastning från produktionsaktiviteter inom växtproduktion i CAPRI för åren 1985-2012. Enhet: Kilogram per hektar.

<i>Produktionsaktivitet (Avkastning/ha/år)</i>	<i>Konstant</i>	<i>Lutning</i>	<i>P- värde</i>	<i>Std.fel</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>Andel, 1985/2012</i>
<b>SPANNMÅL</b>						
<i>Vete</i>	5625,0	21,9	0,051	456,8	0,14	90,52%
<i>Råg</i>	3838,0	82,6	0,000	418,4	0,73	63,75%
<i>Korn</i>	3604,9	35,8	0,000	362,8	0,41	79,02%
<i>Havre</i>	3542,6	16,0	0,148	459,7	0,08	89,16%
<i>Majs</i>	9920,0	-143,6	0,000	260,5	0,96	165,72%
<i>Övrig spannmål</i>	2067,7	131,7	0,000	768,2	0,67	38,22%
<b>OLJEVÄXTER</b>						
<i>Raps</i>	1806,8	33,0	0,000	311,3	0,44	67,35%
<i>Övriga oljevaxter</i>	760,2	57,3	0,000	427,6	0,56	34,58%
<i>Baljväxter</i>	1422,5	69,2	0,002	866,3	0,31	44,41%
<b>ANDRA FÄLTGRÖDOR</b>						
<i>Baljväxter</i>	1422,5	69,2	866,3	0,002	0,31	44,41%
<i>Potatis</i>	35867,5	-143,8	0,059	3111,8	0,13	112,19%
<i>Sockerbetor</i>	41439,9	464,3	0,000	4776,0	0,40	76,97%
<i>Övriga fältgrödor</i>	70,1	0,1	0,940	30,5	0,00	97,97%
<b>GRÖNSAKER</b>						
<i>Tomater</i>	159531,5	20286,2	0,000	38905,7	0,95	24,72%
<i>Övriga grönsaker</i>	44684,1	-1156,2	0,000	9429,4	0,51	353,56%
<b>FRUKTER</b>						
<i>Äpplen</i>	6318,3	653,1	0,000	4026,2	0,65	28,33%
<i>Övriga frukter</i>	3440,1	-21,3	0,260	788,6	0,05	120,18%
<b>ÖVRIG TRÄDGÅRDSODLING</b>						
<i>Plantskolor</i>	26423,9	4075,5	0,000	32794,9	0,52	21,70%
<i>Blommor</i>	382751,6	-2959,0	0,066	65832,8	0,12	126,64%
<b>DJURFODER</b>						
<i>Fodermajs</i>	20147,1	570,7	0,000	699,5	0,98	57,35%
<i>Ensilage</i>	18302,3	315,7	0,000	560,3	0,96	68,60%
<i>Gräs, bete, intensivt</i>	8683,3	84,7	0,000	550,1	0,62	79,32%
<i>Gräs, bete, extensivt</i>	20261,0	197,6	0,000	1283,5	0,62	79,32%

## Bilaga 2: Avkastning från animalieproduktion

Regressioner gjorda på avkastning från produktionsaktiviteter inom animalieproduktion i CAPRI för åren 1985-2012. Enhet: Kilogram per djur per år. "Hög" och "låg" syftar till om det är hög eller låg produktions teknik som används.

<b>Produktionsaktivitet (Avkastning/djur/år)</b>	<b>Konstant</b>	<b>Lutning</b>	<b>P- värde</b>	<b>Std.fel</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Andel, 1985/2012</b>
<b>MJÖLK</b>						
<i>från mjölkkor, hög</i>	7141,7	123,6	0,000	279,4	0,93	68,53%
<i>från mjölkkor, låg</i>	4282,5	74,3	0,000	167,6	0,93	68,48%
<b>NÖTKÖTT</b>						
<i>från kvigor, hög</i>	339,5	-1,1	0,089	26,5	0,11	109,59%
<i>från kvigor, låg</i>	226,3	-0,7	0,089	17,7	0,11	109,59%
<i>från tjurar, hög</i>	418,1	-1,3	0,000	12,1	0,45	109,16%
<i>från tjurar, låg</i>	278,8	-0,9	0,000	8,1	0,45	109,16%
<i>från tjurkalvar</i>	94,5	3,5	0,000	9,8	0,90	50,70%
<i>från kvigkalvar</i>	168,5	0,1	0,777	16,9	0,00	98,22%
<i>från ammekor, från mjölkkor</i>	435,8	-0,1	0,834	16,3	0,00	100,50%
	68,4	0,4	0,234	12,3	0,05	87,89%
<b>FLÄSKKÖTT</b>						
<i>från slaktgrisar</i>	78,2	0,4	0,000	1,0	0,92	87,50%
<i>från suggor</i>	43,5	0,5	0,005	7,3	0,27	75,64%
<b>KYCKLINGKÖTT</b>						
<i>från slaktkycklingar</i>	1329,7	7,2	0,022	127,1	0,19	87,24%
<i>Från värphöns</i>	870,3	4,7	0,022	83,2	0,19	87,24%
<b>FÅR OCH GETKÖTT</b>						
<i>från får och getter</i>	22,4	-0,2	0,000	0,4	0,91	123,98%
<i>från mjölkfår</i>	7,5	-0,1	0,007	1,8	0,25	185,26%
<b>ÄGG</b>						
<i>från värphöns</i>	13308,9	80,4	0,002	1007,2	0,31	86,05%

### Bilaga 3: Energibehov för djur

Regressioner gjorda på djurs energiåtgång i CAPRI för åren 1985-2012. Enhet: Kilogram per djur och år (per tusentals djur för fjäderfä). För "uppfödning, nöt" menas processen där en kalv blir en kviga, såsom i modellen som beskrivits i kapitel 3.1. "Hög" och "låg" avser vilken typ av produktionsteknik som används.

<i>Energi</i>	<i>Konstant</i>	<i>Lutning</i>	<i>P-värde</i>	<i>Std.fel</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>Andel, 1985/2012</i>
<b>MJÖLKKOR</b>						
<i>Mjölkkor, hög</i>	41586,2	361,4	0,000	896,2	0,93	81%
<i>Mjölkkor, låg</i>	32837,8	217,0	0,000	536,7	0,93	85%
<b>ÖVRIGA NÖTKREATUR</b>						
<i>Tjurar, hög</i>	27762,6	-406,2	0,000	2085,5	0,75	169%
<i>Tjurar, låg</i>	11649,4	-131,9	0,000	1157,6	0,51	145%
<i>Kvigor, hög</i>	21113,2	-266,1	0,001	3512,1	0,32	154%
<i>Kvigor, låg</i>	8610,9	-127,6	0,021	2483,3	0,17	170%
<i>Ammekor</i>	20341,2	-1,3	0,272	54,9	0,04	100%
<i>Tjurkalvar</i>	1984,8	170,9	0,000	707,1	0,82	34%
<i>Kvigkalvar</i>	6672,5	-17,1	0,455	1071,3	0,02	107%
<b>UPPFÖDNING, NÖT</b>						
<i>Dräktiga kvigor</i>	23747,5	5,7	0,714	723,9	0,00	99%
<i>Tjurkalv blir tjur</i>	8380,9	0,4	0,549	31,4	0,01	100%
<i>Kvigkalv blir kviga</i>	7909,3	4,6	0,000	55,4	0,36	98%
<b>GRISAR</b>						
<i>Slaktsvin</i>	1903,5	18,4	0,000	47,5	0,92	80%
<i>Suggor</i>	9906,3	46,5	0,000	174,4	0,85	89%
<b>FJÄDERFÄ</b>						
<i>Värphöns</i>	288511,6	619,3	0,000	7257,8	0,37	95%
<i>slaktkycklingar</i>	25756,0	225,1	0,010	3831,6	0,22	81%
<b>ÖVRIGA IDISSLARE</b>						
<i>Får och getter</i>	778,7	-7,2	0,000	17,9	0,93	134%

#### Bilaga 4: Proteinbehov för djur

Regressioner gjorda på djurs proteinåtgång i CAPRI för åren 1985-2012. Enhet: Kilogram per djur per år (per tusentals djur för fjäderfä). För "uppfödning, nöt" menas processen där en kalv blir en kviga t ex i modellen som beskrivits i kapitel 3.1. "Hög" och "låg" avser vilken typ av produktionsteknik som används.

<i>Proteinbehov</i>	<i>Konstant</i>	<i>Lutning</i>	<i>P-värde</i>	<i>Std.fel</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>Andel, 1985/2012</i>
<b>MJÖLKKOR</b>						
<i>Mjölkkor, hög</i>	836,1	9,9	0,000	24,5	0,93	76%
<i>Mjölkkor, låg</i>	596,7	5,9	0,000	14,7	0,93	79%
<b>ÖVRIGA NÖTKREATUR</b>						
<i>Tjurar, hög</i>	435,7	-6,0	0,000	26,8	0,80	162%
<i>Tjurar, låg</i>	226,4	-2,4	0,000	19,8	0,53	141%
<i>Kvigor, hög</i>	406,7	-5,0	0,000	51,5	0,43	152%
<i>Kvigor, låg</i>	200,3	-2,8	0,026	55,5	0,17	162%
<i>Ammekor</i>	403,4	0,0	0,015	0,3	0,19	100%
<i>Tjurkalvar</i>	62,6	3,7	0,000	14,5	0,84	41%
<i>Kvigkalvar</i>	154,7	-0,3	0,532	20,6	0,01	105%
<b>UPPFÖDNING, NÖT</b>						
<i>Dräktiga kvigor</i>	511,6	0,1	0,706	17,4	0,01	99%
<i>Tjurkalv blir tjur</i>	174,8	0,0	0,536	0,7	0,01	100%
<i>Kvigkalv blir kviga</i>	161,3	0,1	0,003	1,3	0,28	99%
<b>GRISAR</b>						
<i>Slaktsvin</i>	38,2	0,3	0,000	0,9	0,92	81%
<i>Suggor</i>	217,6	1,1	0,000	4,2	0,85	88%
<b>FJÄDERFÄ</b>						
<i>Värphöns</i>	5075,2	10,9	0,000	127,7	0,37	95%
<i>kyckling</i>	646,2	5,0	0,006	80,0	0,24	83%
<b>ÖVRIGA IDISSLARE</b>						
<i>Får och getter</i>	19,6	-0,2	0,000	0,4	0,93	128%

### **Bilaga 5: Gödsselfaktorer**

Regressioner gjorda på CAPRI:s gödsselfaktorer för åren 1985-2012. Enhet: Multiplikativ övergödningsfaktorer anger hur mycket gödsling som krävs i relation till grödans faktiska upptag, och additiv övergödningsfaktor anger samma sak fast i kg per hektar. Näringstillgångsfaktorerna anger hur stor del av växtnäringen i gödseln och växtresterna som faktiskt tas upp av grödan.

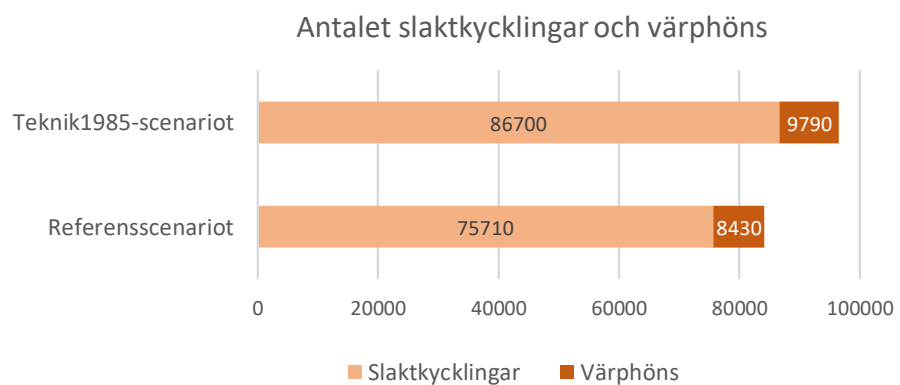
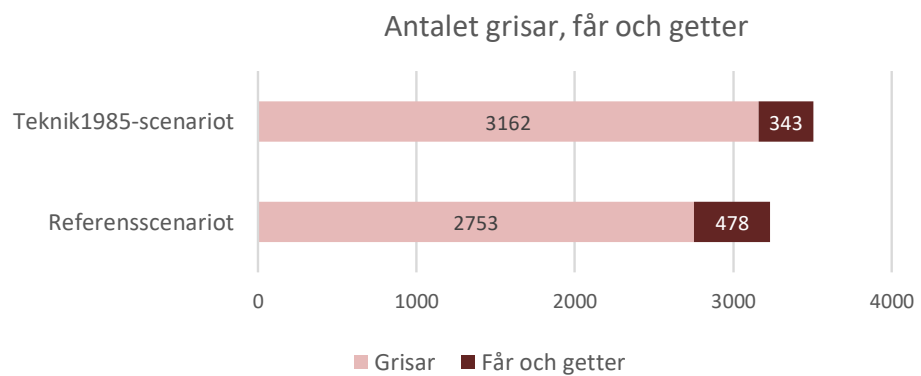
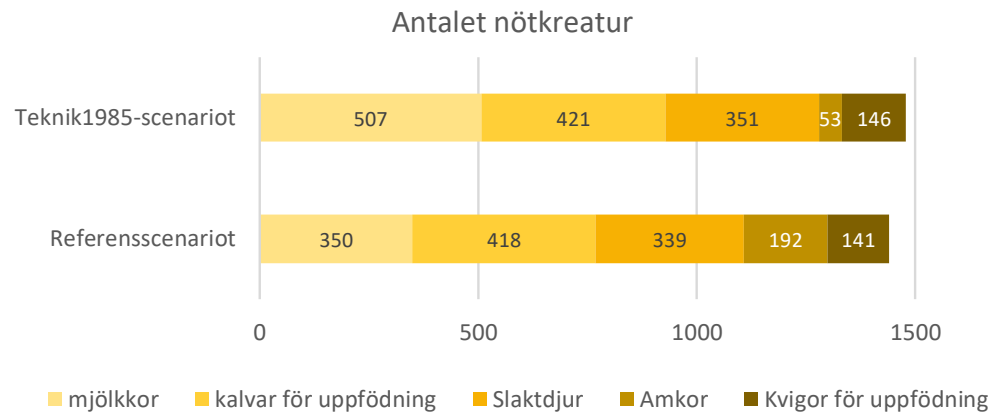
<b>Gödsselfaktorer</b>	<b>Konstant</b>	<b>Lutning</b>	<b>P-värde</b>	<b>Std.fel</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Andel, 1985/2012</b>
<i>Multiplikativ övergödningsfaktor</i>	1,121	-0,001	0,004	0,013	0,276	102,30%
<i>Additiv övergödningsfaktor</i>	4,643	-0,029	0,001	0,325	0,366	120,86%
<i>Näringstillgångsfaktor för växtrester relativt mineralgödsel</i>	0,678	0,002	0,002	0,026	0,324	92,17%
<i>Näringstillgångsfaktor för stallgödsel relativt mineralgödsel</i>	0,459	0,003	0,002	0,038	0,313	85,00%



## Resultat från CAPRI-simulering

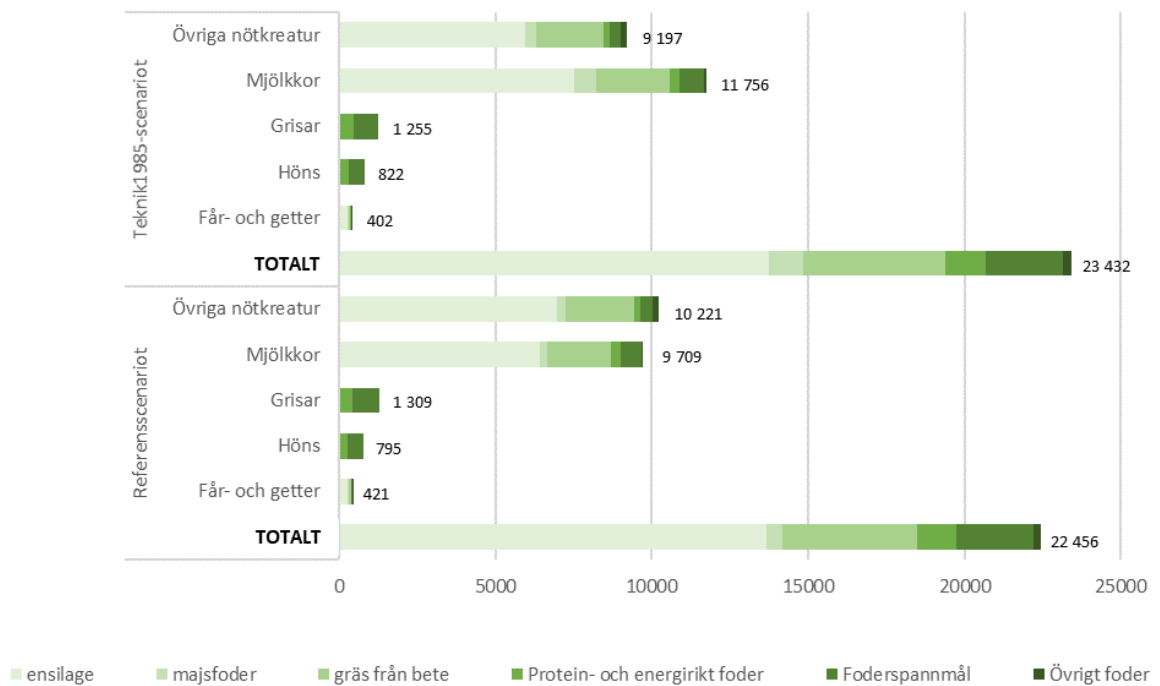
Figuren visar antalet djur i tusental för åtta typer av djur.

### Bilaga 6: Antalet djur i respektive scenario



### Bilaga 7: Mängden foder för respektive djurkategori

Figuren visar behovet av olika slags foder för fem grupper av djur. Alla fodertyper visas i tusentals ton (torrsubstans för grovfoder).



---

### Vad är AgriFood Economics Centre?

**AgriFood Economics Centre** utför kvalificerade samhällsekonomiska analyser inom livsmedels-, jordbruks- och fiskeriområdet samt landsbygdsutveckling. Verksamheten är ett samarbete mellan Sveriges lantbruksuniversitet och Lunds universitet och syftar till att ge regering och riksdag vetenskapligt underbyggda underlag för strategiska och långsiktiga beslut.

### Publikationer

AgriFood Economics Centre ger ut tre typer av publikationer som vänder sig till beslutsfattare, myndigheter och en intresserad allmänhet. **Policy Briefs** är lättillgängliga sammanfattningar av en av våra vetenskapliga publikationer. **Fokus** är kortare analyser och **Rapporter** är längre analyser som även ges ut i tryckt format. AgriFood skriver också vetenskapliga artiklar och working papers som i huvudsak vänder sig till en vetenskaplig publik. Våra publikationer kan laddas ned på <https://www.agrifood.se/publications.aspx>.

### Kontakt

AgriFood Economics Centre  
Box 7080, 220 07 Lund

---