



SVENSKT JORDBRUK

2035

*En specialrapport av
Klimatriksdagens jordbruksutskott
april 2022*



ENZO PÉRÈS-LABOURDETTE / YALE E360

Regenerativt synsätt genomsyrar jordbruket

Planeten skyddas

Bördiga, klimatrobusta och näringsrika jordar ger människorna den bästa maten

Klimatriksdagens Jordbruksutskott
april 2022

Förord

Jordbruk är ett stort och hett internationellt forskningsområde. Att rädda planetens förmåga att bidra med jordhälsa och mathälsa är i fokus. Vi tackar Klimatriksdagen som skapat förutsättningarna för oss i Jordbruksutskottet att företa en spännande och lärorik resa. Valet av inriktning klarnade tidigt. Det regenerativa jordbruket har vi tagit som vår uppgift att utforska och formulera oss kring. Vi visar här dess otvetydiga betydelse för det framtida, resilienta jordbruket. I vår grupp, utbruten från Utskottet Jord, mark och vatten, har vi nu satt punkt för vårt arbete, som blir ett bidrag till Klimatriksdagens Klimatomställningsplan till 2035.

Det är inte minst livet under marken som har inspirerat till nya upptäckter, vilket kommer att framgå av rapporten.

Vi menar också att industriell uppfödning av djur ska avskaffas.

Vi skall inte heller importera kött som producerats med antibiotika på nedhuggna regnskogar där man dessutom odlar sojafoder med konstgödsel och biocider.

Vi behöver inte ha färre kor utan ta ut dem från köttindustrierna och sprida dem över landet så att fler gårdar kan sluta sina kretslopp och att mer av betesmarken nyttjas.

Vi ska upphöra med den kycklinguppfödning där kycklingarna lever och slaktas under oacceptabla förhållanden.

Deltagare under hela resan var Eva Avner, Varis Bokalders, Birgitta Henriksson, Lars Schütt, Daphne Thuvesson. Dessutom bidrog Mattias Rubin och Andreas Eklund i valda avsnitt. Stellan Hamrin skrev ett eget avsnitt om Fiskodling på land. Inger Björk skrev om organogena jordar, avsnitt som redovisas separat i Klimatomställningsplan.

Vi är glada över våra nyvunna kunskaper och det vi har åstadkommit. Nu vill vi gärna sprida vårt dokument i världen.

Klimatriksdagens Jordbruksutskott,
Mars 2022
Eva Avner, samordnare

Svenskt Jordbruk 2035

Föreslagna åtgärder inom jordbrukssektorn

Innehåll

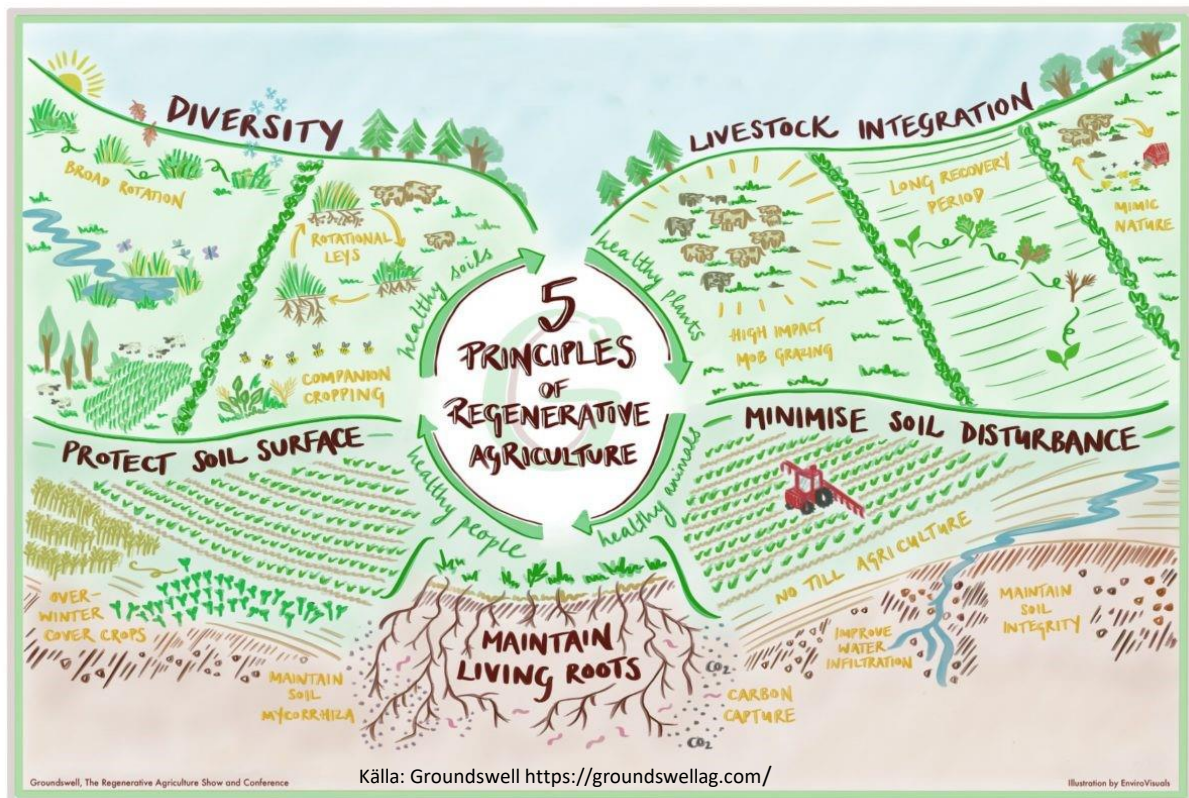
Sammanfattning.....	5
Bakgrund	11
Svenskt jordbruk 2035.....	14
Regenerativt synsätt genomsyrar jordbruket	14
Samhällets stöd för jordbrukets omställning.....	17
Föreslagna åtgärder.....	20
Potential för tillförsel av biobränslen från jordbruket	22
Bedömd utsläppsban.....	23
Lustgasutsläpp från mark vid odling	23
Lustgasutsläpp från lagring och hantering av gödsel.....	25
Koldioxidutsläpp från arbetsmaskiner och lokaler.....	25
Ökad kolinlagring i mark.....	25
Sammanfattning av utsläpp växthusgaser exkl. metan och exkl. från organogena jordar	27
Metanutsläpp	27
Bilaga 1 Regenerativa principer – vägen till framtidens klimatneutrala och lönsamma jordbruk..	29
Bilaga 2 Potential för tillförsel av biobränslen från jordbruket	36
Bilaga 3 Lustgasutsläpp från mark vid odling.....	39

Sammanfattning

Målet

Det övergripande målet är att ställa om jordbruket från en sektor som släpper ut klimatgaser till en sektor som blir en kolsänka, samt att säkra en livsmedelsförsörjning som ger det svenska folket tillräckligt med näringsriktig mat. Maten produceras inom planetens gränser och på ett sätt som ökar den odlade jordens bördighet och resiliens mot klimatförändringar. Därför föreslår vi att fokus i jordbrukspolitiken läggs på en övergång till det regenerativa jordbruket. Detta innebär att de naturliga ekosystemprocesserna i växterna och i marken (energiflöden, vattnets cykler, atmosfärens sammansättning, näringsämnenas kretslopp och samspelet mellan växter, mykorrhizasvampar, andra svampar, bakterier och mikrober) understöds av odlingsåtgärderna. Då skapas samtidigt en bördigare jord, full av liv som håller mer kol och vatten och som kan förse grödorna med de näringsämnen de behöver.

Tillämpningen av Regenerativt jordbruk beror på den enskilda gårdens kontext och förutsättningar. Och man tillämpar fem regenerativa principer som samverkar med de fem ekosystemprocesserna i naturen, som i sin tur utgår från de fem elementen: Solen, vattnet, luften, jorden och livet.



Principer

- Minimal fysisk störning
- Ingen bar mark
- Mångfald
- Levande rötter året om
- Integrerad djurproduktion

Ekosystemprocesser

- Energiflöden
- Vattnets cykler
- Atmosfärens sammansättning
- Näringsämnenas kretslopp
- Samspelet mellan levande arter

Problem vi söker lösa:

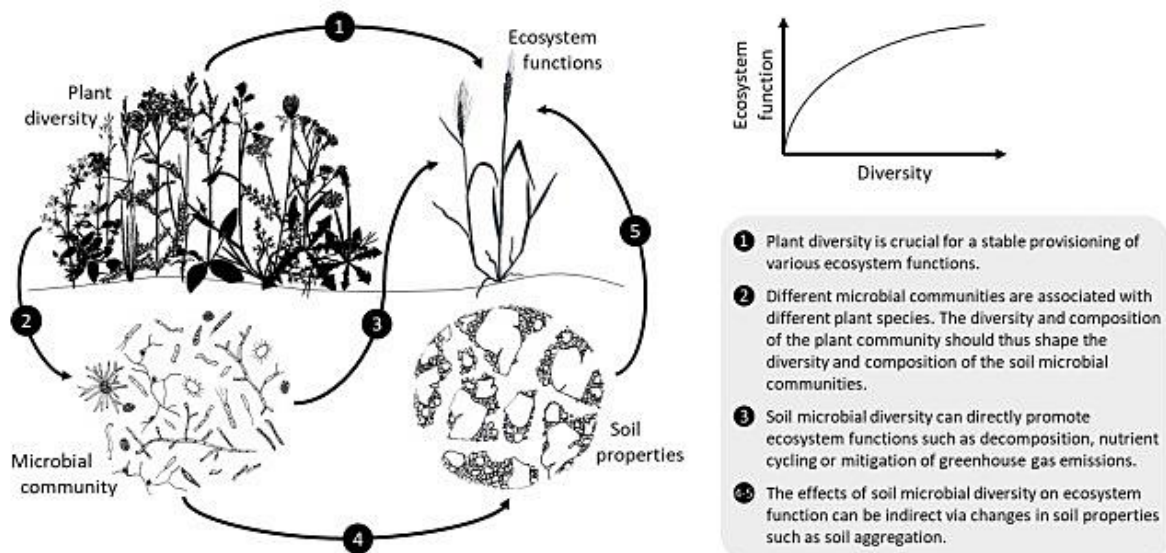
Kretsloppen

Idag har vi för dåligt fungerande kretslopp beroende på storskalighet och specialisering, antingen odlar man grödor eller så föder man upp djur vilket leder till för stora avstånd mellan dem som behöver gödsel och dem som producerar den för att man skall kunna sluta kretsloppen.

Lokal mångsidig matproduktion är att föredra framför specialiserad med internationella flöden. Detta för att kunna förverkliga kretsloppen i livsmedelkedjan och för att stärka allas livsmedelssuveränitet.

Livet i jorden

De naturliga processerna i marken störs av en omfattande användning av konstgödsel, biocider och jordbearbetning. Tillförseln av koncentrerad gödsel hämmar utvecklingen av rotutsöndringar och försvagar därmed mikrolivet i marken. Jordens struktur och vattenhållande förmåga, så väl som jordens och mikrobernas förmåga att frigöra näringsämnen, påverkas därmed negativt.



Källa: Cappeli, S. et al (2021). Utilizing Principles of Biodiversity Science to Guide Soil Microbial Communities for Sustainable Agriculture

Monokulturer och bristande mångfald

Mångfald i antalet arter i växtodlingen är en mycket viktig faktor för att skapa ett rikt mikroliv under markytan. I ett system med flera växtarter knyter mykorrhizasvamparna ihop mikrolivet under växterna till ett stort nätverk så att växterna får tillgång till ett större utbud av substanser. I ett system med få arter blir p.g.a. inomartskonkurrensen nätverket betydligt mindre.

Monokulturer ovan jord skapar ett fattigt liv under markytan med bl.a. ökad mottaglighet för sjukdomsangrepp som följd. De konventionella jordbrukssystemen bygger därför på ständiga tillskott av konstgödsel och kemiska bekämpningsmedel. Den svaga utvecklingen av mikrolivet tillsammans med intensiv jordbearbetning har gjort att kolhalten i framförallt åker med ettårsväxter har sjunkit. Åkrarna släpper också ut växthusgasen lustgas dels som en följd av gödsling dels naturligt från marken i vissa situationer som t.ex. vid vattenmättnad och packad jord.

Maten

Innehållet av näringsämnen i maten har sjunkit rejält under de senaste 70 åren samtidigt som användningen av konstgödsel och pesticider ökat kraftigt. Grödan tar upp det som serveras istället för att få en mångfald produkter från mykorrhizan och de samverkande mikroberna.

Ändrade kostvanor med mindre men hälsosammare kött och mer och näringsrikare vegetabilier, som produceras med hänsyn till lokala förutsättningar, är nödvändigt för att kunna minska klimatbelastningen.

Utsäde

Den internationella fröhandeln har blivit alltmer ensidig och monopoliserad. Man har tagit fram fröer främst för att få en hög avkastning i vikt istället för att öka näringsinnehållet i skörden. Det bristande utbudet i fröhandeln gör också att livsmedelsproduktionen blir allt sårbarare för växtsjukdomar och klimatförändringar. Många fröer måste man också köpa nya varje år och odlingen av dessa fröer kräver konstgödsel och pesticider.

Foder

En stor del av världens mark används för foder åt tamdjur. Proteinproduktionen utnyttjas ineffektivt då djur matas med spannmål och kraftfoder, som utgörs av växter människor kan äta. Med tanke på effektivare total markanvändning ska det kött vi äter komma från djur som utfordras med gräs, hö och annat foder vi människor inte kan äta.

Ekonomi

Lönsamheten i det svenska jordbruket är för dålig. Bonden producerar stapelvaror för livsmedelsindustrin i internationell konkurrens, där ofta inte hänsyn till klimat och miljö tas på samma sätt som i Sverige, utan även i ren priskonkurrens, där kvalitet inte spelar den roll den borde. Insatsvarorna i konventionellt jordbruk är dyra och tar en mycket stor andel av intäkterna i anspråk och ökar risktagandet för bonden.

Omställningen

Målet med omställningen till ett regenerativt jordbruk är att skapa förutsättningar för att bygga bördigare jord med större avkastningspotential och resiliens mot extremväder, förbättrad vatteninfiltration och vattenhållande förmåga, ökad kolinlagring och minskade växthusgasutsläpp, större biologisk mångfald, ett lönsammare jordbruk, ökade möjligheter till lokal livsmedelsförädling och ett hållbart samhälle på landsbygden, samt en hälsosammare och miljövänligare mat.

Därför föreslår vi

- en fokuserad satsning på att ställa om jordbruket till ett ekologiskt kretsloppsjordbruk som tillämpar regenerativa principer och lokalt anpassade metoder. Grunden i näringstillförseln utgörs av de naturliga processerna i marken istället för som idag av konstgödsel. Samverkan mellan växterna och mykorrhizan, övriga svampar och mikrober i marken utvecklas med en kombination av flera regenerativa metoder som beskrivs längre fram och i bilaga. De styrmedel vi vill framhålla för att förverkliga satsningen är bl.a.
 - ekonomiska bidrag till mellangrödor och till vall i växtföljden och till andra metoder som ökar kolinlagringen i marken
 - att staten tar ansvar för att det i varje län skapas inspirationsgårdar med fokus på uppbyggande av kunskapsbank kring regenerativa principer och lokalt anpassade metoder som utvecklas i samverkan med intresserade bönder som kan delta i försöksverksamheten mot ersättning
 - att regenerativa principer och metoder inkluderas i utbildningar på alla nivåer och att on-lineutbildning stöttas
 - att konstgödsel belastas med skatt¹ så att användningen i mesta möjliga mån avvecklas

¹ Den dag konstgödsel tillverkas utan fossila råvaror blir den dyrare likafullt. För att påskynda omställningen kan en skatt åtminstone motsvarande skillnaden i kostnad mellan fossil och fossilfri konstgödsel införas, men de

- att kemiska bekämpningsmedel fasas ut
- att resurser sätts av dels för utveckling av metoder och teknik för att sköta ett lokalt anpassat regenerativt jordbruk dels för växt- och husdjursförädling som stöttar ett mångsidigt, klimatpositivt, ekologiskt, kretsloppsanpassat och regenerativt jordbruk.
- att den ekologiska regenerativa kretsloppsgården är modell för det framtida jordbruket. En kretsloppsgård är en gård eller flera gårdar i samverkan, som är i balans, där ingen konstgödsel och ytterst lite annan näring tillförs utifrån, där kemiska bekämpningsmedel inte används och där idisslare spelar en viktig roll för att omvandla biomassa till livsmedel. Näringsläckaget är litet, det sker en koluppbbyggnad i marken så att den blir en kolfälla istället för att avge koldioxid och utsläpp av lustgas minimeras. Vall är viktig i växtföljden. Tillämpning av regenerativa principer och lokalt anpassade metoder är en del i denna utveckling.
- att Sverige verkar för att EU-CAP för programperioden som börjar 2028 görs om så att större delen av det direkta stödet flyttas från arealstöd till stöd för ekosystemprocesser och ekosystemtjänster.
- att Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU, överförs från närings- till utbildningsdepartementet. SLU får därmed samma uppdragsgivare som övriga akademiska lärosäten.
- att landsbygden ges möjligheter att utvecklas med målsättningen att fler människor ska verka och ha sin utkomst i landsbygden. Förutom självklara prioriteringar som att staten tar ansvar för bredbandsutbyggnaden och att digitaliseringens möjligheter når alla och att tillgången till transporter och kollektivtrafik förbättras kraftigt föreslås att
 - gränsen på 4 ha för att söka gårdsstöd tas bort och gränsen för EU stöd till småbruken sätts till högst 100 ha istället för LRF/ Sveriges nuvarande förslag på 400 ha (Genomsnittsstorleken på gårdar i Sverige ligger på runt 50 ha)
 - stöd ges till att etablera sig och testa/tillämpa många olika metoder som jordbrukare.
 - småskaliga former av regenerativt jordbruk stöds (permakultur, skogsträdgårdar, fiskodlingar och handelsträdgårdar), som ger ett bredare underlag för mer lokal förädling
 - kommunerna och regionerna i sin upphandling prioriterar lokal och hälsosam mat som produceras i linje med regenerativa principer och som bidrar till en hållbar ekonomi på landsbygden
 - stadsodlingar understöds för att öka lokal tillgång till färsk frukt och grönt och öka kunskapen om viktiga ekologiska processer och regenerativa principer och metoder.

Andra mer specifika åtgärder vi föreslår för att minska jordbrukets utsläpp av växthusgaser under övergångsfasen är inom områdena:

- Gödselhantering. Beräkningsgrunderna och principerna för Jordbruksverkets rekommenderade gödselgivor ska revideras. Precisionsgödsling ska tillämpas. All stallgödsel skall behandlas på något sätt för att minska metan- och lustgasutsläpp – i första hand genom fermentering, som kan göras på gården, – i andra hand genom kompostering eller rötning till biogas där rötresten efterkomposteras. Fermenterad gödsel (kan även göras på gröna växter) innehåller mer kol än rötrester och driver de fyra ekologiska processerna och skyndar på kolinlagringen och grödans tillväxt.
- Arbetsmaskiner och lokaluppvärmning. Den nedsatta bränsleskatten på diesel i jordbruket ska tas bort snarast och ersättas med ett generellt avdrag på bruttointäkten för alla jordbrukare. Även om jordbruket har möjligheter att förse samhället med underlag till biogas, så är det i första hand elektrifiering vi ser framför oss som ersättning för dagens dieseldrivna arbetsmaskiner. Lokaler kan värmas med värmepumpsteknik som tar vara på spillvärme och andra lokala lågtemperaturkällor. Omställningen kommer att kunna vara helt klar före 2035.

negativa effekterna i jordbruket är oberoende av framställningssätt. Ett alternativ till skatt är ett handelssystem med användningsrätter.

Bedömda effekter på utsläppen

Utsläppen av lustgas

Dagens utsläpp från odling på mineraljordar på strax under 2,5 Mton uttryckt i koldioxidekvivalenter borde enligt vår bedömning kunna minska med åtminstone i storleksordningen 1 Mton vid övergång till regenerativt jordbruk och eliminering av merparten av konstgödseln. Under processen mot regenerativt kan det konventionella jordbruket genom precisionsgödsling och andra åtgärder för att minska överanvändning också minska lustgasutsläppen.

Ökad inlagring av kol i jordbruksmark

Med regenerativa metoder, som ger ett betydligt livaktigare mikroliv i marken och livaktigare kol- och näringsutbyte mellan växter och mikrober, och med mer perenna inslag i växtföljden som t.ex. vall, ökar kolinbindningen i mark. Det kol som har sitt ursprung i rotexudat binds också i organiska föreningar som är stabilare än de som har sitt ursprung i nedbrytning. I andra länder och växtzoner finns uppföljningar som visar på mycket stora effekter av regenerativa metoder på kolinbindningen, medan det i Sverige finns begränsat med resultat från långtidsförsök, dock finns resultat av långtidsförsök med mellangrödor. Dessa visar på en genomsnittlig kolinlagring som översatt till koldioxid motsvarar 1,1 ton per ha och år och att inbindningen bör kunna fortgå i ett antal decennier. Med denna försiktiga ansats applicerad på all åkermark och en del av betesmarken söder om de två nordligaste jordbruksområdena så uppgår potentialen till ökad inbindning av koldioxid till 2,8 Mton per år.

Utsläpp av lustgas (CO ₂ e) och upptag av koldioxid				ackumule- rat 2022-- 2035
	2020	2035	2050	
<i>Utsläpp lustgas (CO₂e)</i>				
från mark vid odling	2 454	2 000	1 150	32 100
från gödselhantering	329	300	250	4 400
	2 783	2 300	1 400	36 500
<i>Upptag koldioxid (LULUCF)</i>				
av mineraljordar	-312	-750	-2 800	-5 800
Netto utsläpp resp. upptag (-)	2 471	1 550	-1 400	30 700

Metanutsläpp och djurhållning.

Förändringar i metanflödet har stor påverkan på jordens uppvärmning. Relativt små förändringar i flödet av metan skapar snabba uppvärmnings- respektive avkylningseffekter. Enligt en relativt nyligen introducerad beräkningsmodell så ger en långsiktigt fallande trend motsvarande -10% på 30 år noll i uppvärmningseffekt. Varje permanent minskning i flödet därutöver bidrar till avkylning.

I idisslars fodermältning produceras metangas. Även enmagade djur skapar vissa utsläpp. Av Sveriges metanutsläpp svarar idisslarnas fodermältning för 62%. Jämfört det globala snittet är detta högt, men det beror bl.a. på att Sverige inte har någon egen utvinning av fossila bränslen. Idisslarna, främst kor, spelar en viktig – nästan avgörande – roll i det framtida jordbruket. De kan omvandla biomassa vi inte kan äta till livsmedel – bl.a. utnyttja vallar som är viktiga i växelbruket – och genom betet bidra till koluppbbyggnad i marken. Det är inte kornas fel att vi har en klimatkris, men sett i ljuset av att det är mycket svårt att sänka utsläppen av koldioxid så att de ligger inom Sveriges återstående utrymme, så måste de totala metanutsläppen minska fram till 2035. Genom att minska antalet enmagade djur (grisar och fjäderfä) med 50% (EU importtull på "regnskogssoja" och ökande priser pga extremväder kommer att påskynda omställningen till mer integrerad djurproduktion) och metanutsläppen från gödselhantering och övriga sektorer i

samhället (främst från deponier), så bedömer vi att antalet idisslare fram till 2035 kan bibehållas på oförändrad nivå i Sverige för att nå en total minskning av metanemissionerna med 14%.

Med introduktionen av generativa kretsloppsjordbruk kommer utsläppen av klimatgaser från jordbrukssektorn i Sverige att minska väsentligt. Detta kommer även att påverka utsläppen i andra länder, dels genom att vi importerar mindre av livsmedel som framställs med stora klimatutsläpp, dels för att vi genom att tillämpa regenerativa jordbruksmetoder kommer att bli ett föredöme för andra. Dessa utsläppsminskningar är inte inkluderade i våra beräkningar.

Bakgrund

Global utblick

Globalt sett uppskattas jordbruket och maten svara för 18-26% av utsläppen². Förändrad markanvändning där skog, bl.a. på torvmark, omvandlas till betes- eller åkermark är en starkt bidragande orsak till koldioxidutsläpp. Odlingsåtgärderna – inte minst den omfattande och ökande användningen av konstgödsel³ – medför lustgasutsläpp. Åkermarken degraderas genom sjunkande multhalt och jorderosion på många håll i världen, vilket medför svårigheter att upprätthålla skördarna trots ökade givor av konstgödsel och bekämpningsmedel.

Jordbrukets expansion och rationalisering och städers utvidgning medför förlust av habitat för vilda växter och djur. Det mångåriga bruket av syntetiska gödselmedel, bekämpningsmedel och kemikalier har kraftigt decimerat antalet insekter. Forskare talar om ett pågående massutrotande av insekter och förutser att 40% av antalet studerade insektsarter hotas av utrotning och att huvudorsaken är det intensiva jordbruket⁴. Även invasiva arter och klimatförändringarna bidrar till artutrotningen. Den biologiska väv i vilken människan ingår blir alltså tunnare och tunnare.

Ökad köpkraft och ökande befolkning ökar trycket på större produktion samtidigt som det på flera håll i världen är en överkonsumtion av mat och stort matsvinn – undernäring är snarare ett fattigdomsproblem och brist på resurser än ett problem med brist på mat. Flera färdplaner som skisserar på scenarier för framtiden pekar på ändrade kostvanor med mindre men bättre kött och mer och näringsrikare vegetabilier. Odlingar behöver ta sin utgångspunkt i lokala förutsättningar. Det är nödvändigt för att kunna föda en växande befolkning och samtidigt minska klimatbelastningen.

Klimatförändringen ändrar förutsättningarna för jordbruk. Nederbördsförhållandena ändras, regn faller inte på samma sätt som förr och är mer oförutsägbart. Varmare atmosfär håller mer vatten och nederbörden blir kraftigare. Vissa regioner drabbas av långa torrperioder och eller av hetta. Glaciärerna i Himalaya och Anderna, som nu är viktiga för jämn och säker färskvattentillgång för livsmedelsproduktionen för väldigt många människor, krymper snabbt.

En omfattande användning av antibiotika i djurhållningen i många länder bidrar till spridning av antibiotikaresistens.

Svenska förhållanden

Svenskt jordbruk har precis som övrigt europeiskt jordbruk genom konstgödselanvändningen utvecklats mot en långtgående specialisering och stordrift. Växtodlingsgårdar producerar spannmål för foder till djur långt därifrån, vilket gör det svårt att sluta kretsloppen. Djurfoder, främst soja, importeras, vilket också försvårar cirkulära system.

Av den areal som odlas med spannmål och andra ettårsgrödor är det en mindre del som används till grödor för humankonsumtion. På större delen odlas spannmål mm för djurfoder, vilket är ett energiineffektivt sätt att utnyttja åkermarken på.

² FAO anger ungefär 18% för 2018 <https://www.fao.org/3/cb3808en/cb3808en.pdf> för jordbruk inkl. effekt av förändrad markanvändning. Maten inkl. fiske, förädling och distribution svarar enligt <https://ourworldindata.org/food-ghg-emissions> för 26%.

³ Konstgödselanvändningen var år 2000 102 kg kväve/ha odlad mark och hade 2018 ökat till 137 kg/ha enligt Världsbanken <https://data.worldbank.org/indicator/AG.CON.FERT.ZS> Sverige ingår med 100 kg/ha.

⁴ Se t.ex. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006320718313636>

Specialiseringen driver utvecklingen mot monokulturer och stora enheter, vilket är i överensstämmelse med den svenska strategin om att som överordnat mål arbeta för ett internationellt konkurrenskraftigt jordbruk. Konsekvensen är både utarmning av jorden och allt sämre biologisk mångfald i jordbrukslandskapet. Sverige har svårt att nå sitt miljö kvalitetsmål *Ett rikt odlingslandskap*. Utvecklingen går åt fel håll.

Odlingsmetoderna förorsakar i de vanliga mineraljordarna nettoutsläpp av växthusgaser – lustgasutsläppen från gödsling och från nedbrytning av skörderester överstiger klart kolinlagringen i marken. De dikade torvmarker som svarar för 5-6% av jordbruksarealen ger stora utsläpp av koldioxid och lustgas.

Ekologiskt jordbruk omfattar 18,5% av åkerarealen som snitt för landet med stora regionala skillnader (7% i Skåne mot 32% i Värmland och Jämtland). Av antalet kor var 2020 26% omställda till ekologiskt, av antalet grisar 3% och av antalet slaktkycklingar 1%. Ekologiskt jordbruk är inriktat på giftfri livsmedelsproduktion utan användande av konstgödsel. Avkastningen är lägre i det ekologiska jordbruket såsom det sköts idag jämfört med det med gifter och konstgödsel. För spannmål är hektarskördarna 25-40% lägre.

Sverige har jämfört med de flesta andra europeiska länder högre krav på djurhållning och är mer restriktivt vad gäller antibiotikabehandling. Djurhållningen är för den sakens skull inte utan problem. Specialiseringen har drivit på husdjursförädlingen. Bland annat slaktkycklingar har utvecklats att producera så mycket muskelmassa på så kort tid som möjligt att benstomme och inre organ inte utvecklas i samma takt – djuren har ont och mår inte bra. Robusta raser som är lätta att integrera med växtodlingen utvecklas inte.

Internationella undersökningar om hur näringsinnehållet i den västerländska maten utvecklats under det sista halvsekle visar på en uppseendeväckande utarmning på mineraler, vitaminer och andra essentiella ämnen sedan tiden före 1940-50⁵. Det gäller även och inte minst köttet. Det är inte alls osannolikt att dessa försämringar i innehåll av essentiella ämnen har påverkat folkhälsan. Kvaliteten på maten är beroende av markens förmåga att förse växterna med mineraler och näringsämnen. Dagens specialiserade jordbruk med stor användning av konstgödsel och bekämpningsmedel har satt markens mikroliv ur spel. Detta leder också till lägre kolhalt och försämrade vattenhållande förmåga i marken, vilket i sin tur stressar växterna och gör dem näringsfattigare.

Jordbruket producerar råvaror (stapelvaror) i internationell konkurrens snarare än färsk livsmedel för en lokal marknad. Det är egenskaper som pris, transporttålighet, tillverkningsfrågor och att tåla lång tid på hyllan som premieras framför hög näringstäthet och bra smak. Detta leder till minskad mångfald av sorter och husdjursraser som är anpassade till lokala förutsättningar och som därmed riskerar behöva större insatser av konstgödsel och kemiska preparat. Distributionen domineras också av några få aktörer med centraliserade varuflöden, vilket i praktiken stänger ute många lokala aktörer.

Det svenska jordbrukets lönsamhet är som genomsnitt sett svag. Utan stöd så var i snitt 64% av jordbruksföretagen lönsamma under perioden 2005–2013⁶. Om alternativkostnaden för eget

⁵ T.ex. Donald Davies et al. *Changes in USDA food composition data for 43 garden crops, 1950 to 1999*. Journal of the American College of Nutrition 2004;23(6):669-82, och David, T. *The Mineral Depletion of Foods Available to US as A Nation (1940–2002) – A Review of the 6th Edition of McCance and Widdowson*. Nutrition Health. 2007;19 (1-2):21-55.

⁶ Konkurrenskraften i svenska gårdar. Jordbruksverkets rapport 2016:14,

arbete och egen jordbruksmark beaktades så var andelen lönsamma företag betydligt lägre, 17%. Även om stöd inkluderas var andelen lönsamma företag endast 43%. Den senaste årliga uppföljningen säger att lönsamheten 2019 var något högre.

Sverige är en del av EU:s gemensamma jordbrukspolitik. Stöd utgår dels som ett arealbaserat direktstöd, som i sin helhet utgörs av EU-medel, dels som bidrag till landsbygdsutveckling, där medlemsländerna får bidra med medfinansiering. Fr.o.m. 2023 skall 25% av direktstödet gå till miljö- och klimatåtgärder och 10% som omfördelning till mindre lantbruk.

Värdefull jordbruksmark försvinner genom exploatering. Åkerarealen minskade med ungefär 30 000 ha 2016–2020, varav 3 000 ha genom exploatering för vägar, bebyggelse etc. Det var samma storleksordning som den tidigare femårsperioden. Denna mark kan aldrig återställas. De största förlusterna sker i Skåne.

Sveriges årliga utsläpp av växthusgaser i jordbrukssektorn

Utsläppen uppgick 2020 till 6,9 Mton koldioxidekvivalenter enligt den officiella statistiken för territoriella utsläpp. Då ingår metanutsläpp omräknade till 3,2 Mton koldioxidekvivalenter. Metan vill vi särbehandla och räkna på för sig. Den är kortsiktigt en mycket stark växthusgas, men jämfört med koldioxid och lustgas bryts den ner snabbare. Därför är det mer relevant att mäta förändringen i metanutsläpp än att ackumulera utsläppen, när man ska jämföra utsläppen mot en utsläppsbudget.

De utsläpp som förorsakas av jordbruksmark på så kallade organogena jordar behandlas i eget kapitel tillsammans med utsläpp från skogsmark på organogena jordar. Med organogena jordar menas i allmänhet dikad torvmark, de våtmarker och sjöar som förr dikades ut. De motsvarar ungefär 5-6% av jordbruksmarken, men släpper ut stora mängder koldioxid och lustgas. Lustgasutsläppen ingår i de territoriella utsläppen med 0,8 Mton (koldioxidutsläppen redovisas dock på annat ställe; se nedan).

Exklusive metan och exklusive utsläpp från organogena jordar uppgick utsläppen från jordbrukssektorn 2020 således till **2,8 Mton koldioxidekvivalenter. Merparten är lustgas.**

Utsläpp från traktorer och andra arbetsmaskiner ingår inte i den officiella statistiken för jordbrukssektorn. Dessa är en del av utsläppen från sektorn arbetsmaskiner. Jordbruket ingår där med 475 kton. Likaså är det med uppvärmning av lokaler som ligger i uppvärmningssektorn. Jordbruket ingår där med 105 kton.

Markens upptag och utsläpp av koldioxid ingår inte i begreppet territoriella utsläpp, utan ligger i en egen kategori kallad LULUCF ("Land Use, Land Use Change and Forestry"). Jordbruket exklusive utsläppen från organogena jordar visar 2020 på ett **upptag av koldioxid 0,3 Mton** medan de organogena jordarna släppte ut 3,2 Mton.

Svenskt jordbruk 2035

Regenerativt synsätt genomsyrar jordbruket – skapar mindre utsläpp och bidrar till att lagra kol i marken; ger bördigare, mer klimatrobusta och näringsrika jordar och därmed näringstättare mat.

Förståelsen för regenerativa metoder⁷ och vad de innebär har slagit igenom brett. 2035 – efter mindre än 15 år – har alla jordbrukare blivit medvetna om vad det innebär, har besökt en inspirationsgård eller gått en utbildning. Fram till 2035 har metoderna börjat testas och tillämpas på nästan alla jordbruk. Starten i början på 2020-talet gick till att börja med trögt. Bidrag till mellangrödor från 2023 och ett bidragssystem från 2029 i ett omgjort CAP, där huvuddelen av jordbruksstödet ges efter omfattningen på ekosystemtjänster, har tillsammans med allt dyrare konstgödsel och bränslen, och rikare informationsflöde, fått upp takten i att börja tillämpa metoderna. På cirka hälften av arealen praktiseras regenerativa metoder fullt ut. Lönsamheten i jordbruket har ökat.

Effekterna med förbättrad jordstruktur visade sig tämligen snart efter införandet, liksom att kunna reducera tillförseln av konstgödsel och annan koncentrerad gödsel och av vissa pesticider (fungicider). De bönder som hållit på länge har kunnat konstatera att de har kunnat sluta helt med konstgödsel och även har kunnat upphöra med de andra pesticiderna. De kan vidare konstatera att de regenerativa metoderna i jordbruket har skapat bättre och stabilare ekonomi då utlägg för insatsvaror minskat kraftigt och odlingarna inte är så känsliga för sjukdom, torka och kraftiga regn. De ekologiska gårdarna har även de vidareutvecklats med regenerativa metoder (mindre jordbearbetning, mer mångfald i odlingen och maxad fotosyntes). De har på så sätt inte bara förbättrat jordens bördighet och kolinlagring utan också ökat sin lönsamhet.

Många gårdar är, trots att idisslare spelar en inte oviktig roll i det regenerativa jordbruket, huvudsakligen växtodlingsgårdar med inga eller få djur. Antalet blandgårdar med både växtodling och djurhållning har ökat. Vall har blivit en viktig del av växtföljden även på växtodlingsgårdar. Vallarealen har ökat. Hälften av antalet jordbruk tillämpar kretslopp för den egna gården eller i samverkan. Kretslopp innebär att det är balans på gården eller på gruppen av gårdar på så sätt att energiinnehåll och näringsämnen i de produkter som lämnar området balanseras av vad området förmår åstadkomma i kolbyggande från fotosyntesen, kvävefixering från luften och tillgodogörande av mineraler via mikrobernas arbete. Dessa gårdar använder alltså ingen konstgödsel.

Att påföra fermenterad biomassa eller stallgödsel har visa sig vara ett effektivt sätt att snabbare bygga upp kol i marken och öka grödans tillväxt. Näringsstatus i grödan följs noga. Vid behov av näringstillskott tillförs i första hand biostimulanter⁸ tillverkade lokalt.

Djuren går ute och betar mer än de gjorde förr – nötkreatur är rent av ute hela året – och betet har organiserats för att maximera biomassans tillväxt och djurens hälsa. Stallgödseln behandlas på något sätt innan den läggs på åkern (i första hand fermentering). Idisslarnas foder utgörs till en större del av grovfoder som produceras lokalt. Import av kraftfoder har upphört då den försvårar etablerandet av cirkulära system. Antalet idisslare är ungefär lika stort som det var 15 år tidigare. Antalet gårdar med djur har ökat. Tidigare växtodlare har insett värdet av att integrera djur med sin växtodling.

⁷ Vad regenerativt jordbruk är beskrivs i särskilt PM. Se bilaga 1.

⁸ Exempel på biostimulanter är fiskhydrolysat, annat fermenterat biomaterial, kompost och kompost-te.

Arealen för att odla spannmål till djurfoder har minskat avsevärt. Fodret till enmagade djur (gris och fågel) utgörs till stor del av restprodukter istället, bland annat skadad eller lågkvalitativ spannmål. Antalet grisar och slaktkycklingar är lägre än det var 15 år tidigare. De är i större utsträckning utomhus och är en del av regenerativa odlingssystem på mångsidiga gårdar.

Det är mer perenna växter i jordbrukslandskapet. På slätterna har flera lantbrukare börjat med alléodling där rader med buskar och träd också anlagts. Det skapar ett stabilare lokalt klimat och säkrare skörd, som bidrar till att mer näringsämnen från djupare lager tillgängliggörs, att mer stabilt kol binds in i marken och att livsmiljöer för pollinatörer och andra livsformer skapas.

Den mat som produceras i Sverige 2035 är näringstätare och av bättre kvalitet än tidigare. Detta uppskattas av konsumenterna, som förstår kvalitetsskillnader. Det näringsrikare betet, som är ett resultat av rotationsbetet, ger ett bättre och hälsosammare kött med bättre fettsyresammansättning och högre halt av mineraler.

Livsmedelsförsörjningen är trots klimatförändringarna mindre osäker tack vare diversifiering och riskspridning. Jordarnas bördighet och resiliens har förbättrats. De kan motstå extremväder bättre.

Den påbörjade omställningen av jordbruket till att använda regenerativa metoder har understötts av att samhället satt av resurser för forskning och växt- och djurförädling samt bidragit till utveckling av metoder och teknik. Forskningen har bl.a. inkluderat omfattande grundforskning om de naturliga processerna i marken och tillämpad forskning om hur denna kunskap kan användas i design av jordbrukssystem. Att återkoppla och värdesätta erfarenheter från jordbrukare som praktiskt tillämpat nya metoder har därvid visat sig varit viktigt för att föra forskningen och kunskapsutvecklingen framåt. Växt- och djurförädlingen ingår som verktyg i strategin att göra svenskt jordbruk klimatpositivt och på växtsidan ingår därför bland annat att utveckla äldre spannmålssorter (djupare rötter, näringsrikare), baljväxter och att bredda tillgången på mellangrödor. Husdjursaveln går bl.a. ut på att skapa robustare och mångsidigare djur. Metod- och teknikutvecklingen har bl.a. inriktats på att hjälpa fram system för att hantera skörd i multiväxsystem och bygga infrastruktur kring nya grödor. Regenerativa metoder är inskrivet i läroplanen inte bara för naturbruksgymnasier och SLU utan även för grundskolor och gymnasier, eftersom de ses som en integrerad del av det hållbara cirkulära samhälle vi eftersträvar.

Bidragssystemen har ändrats från generella gårdsstöd till bidrag för åtgärder som befrämjar ekosystemtjänster, d.v.s. gemensamma nyttigheter som ökad kolinlagring, ökad bördighet och resiliens, ökad biologisk mångfald, mindre näringsläckage och förorening av grundvatten. Det har fått till konsekvens att storskaliga jordbruk med monokulturer inte längre gynnas av bidragssystemet.

Ändringar har också skett i andra EU-länder. EU:s CAP-systems, vars tyngdpunkt – trots de ändringar som kom att tillämpas från 2023 med *eco-schemes* – tidigare har legat på att skydda det insatsberoende konventionella jordbruket, har från programperioden 2029 ändrats så att det innehåller väsentligt utökad anslagsdel för ekosystemtjänster. Detta har lett till en mer uthållig lönsamhet för jordbruket.

Utsläppen av lustgas från brukningen av åkermark har visat sig minska trots att mer kväve finns bundet i jorden. Även metanutsläppen från fodersmältningen från idisslare har minskat något mer än beräknat som effekt av att nästan alla idisslare nu är ute och betar under växtsäsongen, så att metan har lättare att tas upp i det naturliga kolkretsloppet.

Jordbruksmark med mineraljord (93% av arealen) och som tillämpar regenerativa metoder har blivit en kolsänka och tillväxten av kolsänkan bedöms fortsätta under lång tid. Jordbruket på mineraljordar är därmed klimatpositivt.

Svenskt jordbruk 2035

Samhällets stöd för jordbrukets omställning

Utveckling av gårdar och jordbruk

Sveriges strategiska plan för jordbruket 2035 innefattar stöd och ersättningar som till sin omfattning motsvarar tidigare jordbrukarstöd, sektorsspecifika stöd samt stöd och ersättningar i landsbygdsprogram. Fokus har dock ändrats. Merparten av stöden utgår för ekosystemtjänster inklusive klimatnytta, jordhälsa och jordens förmåga att klara klimatförändringarna. Det innebär att bonden bidrar till ständigt ökad kolinlagring och ett rikt mikroliv i marken och därmed till bättre jordhälsa och matkvalitet. De bönder som genomfört en omställning till regenerativt jordbruk/ekologiskt jordbruk får fortsatt bidrag för levererade ekosystemtjänster.

Den strategiska planen bygger på att klimat- och miljömässigt hållbara och lönsamma företag utvecklas inom jordbrukssektorn. Stöden till jordbruket styrs direkt till aktiva jordbrukare och fokus är på hållbarhet. Klimatnyttan är avgörande för alla stöd. Speciellt även små gårdar omfattas. Satsningar på kunskap och innovationer samt stöd till investeringar och unga jordbrukare har varit framgångsrika och kvarstår.

Punkter att särskilt lyfta fram om vad som hänt sedan början på 2020-talet:

Jordbruksstrategin är nu att skapa lönsamhet med kvalitet och långsiktig hållbar livsmedelsproduktion och bygga på tillit mellan konsument och producent. Ökad biologisk mångfald, kolinlagring och utvecklat mikroliv i jorden har visat sig framgångsrikt att kombinera med förbättrad lönsamhet. Provtagningstekniker har utvecklats och prover ska fortsätta att kontinuerligt tas på jorden, skördar och djur. Det regenerativa cirkulära jordbruket är vägledande för rådgivningen. Experiment- och inspirationsgårdarna om regenerativa metoder som etablerats i hela landet fortsätter sin verksamhet. Deras roll har varit viktig för att få jordbrukare att våga pröva nytt och för att hjälpa jordbrukaren att hitta de åtgärder som passar den enskilda gården bäst.

4 ha-gränsen är borta. Gränsen för omfördelning av EU-stöd till småbrukare har satts till 100 ha. Gårdsstöd kan nu sökas av många fler, även för brukningsformer som permakultur. Gränsen för skattebefriad inkomst har höjts, vilket också förbättrat bondens ekonomi. Momsskattelättnader har införts för närproducerad och ekologisk mat. Nedlagda gårdar har väckts till liv genom ekonomiska bidrag och regionalt kunskapsstöd. Kollektiva och kooperativa ägarformer har blivit vanligare, då regelverk som försvårat sådana, ändrats. Samverkan mellan gårdar för att gemensamt skapa kretslopp har underlättats genom olika initiativ.

Regler för djurhälsan har skärpts ytterligare. Vi har därmed totalt sett färre grisar och fjäderfä, men fler av dessa än tidigare är integrerade i blandjordbruk och är större delen av året utomhus. Köttets kvalitet har förbättrats då djuren får i sig en mer mångsidig föda. Förändringen förväntas fortsätta och bonden kan fortsatt söka investeringsstöd för förändring av stallar, utbyte av djurbesättning och andra kostnader för omläggningen.

Redan 2021...sa forskare i Sverige: "Ju mer kolinlagring desto bättre resiliens". Odlingsmetoder som ger en högre kolhalt i åkermarken kan skydda odlingar i ett framtida förändrat klimat enligt en ny studie 2021 från Lund. De metoder som krävs är dock på kort sikt kostsamma för jordbrukare, påpekar forskarna, som efterlyser riktade miljöersättningar. De pågående klimatförändringarna utgör ett hot mot den framtida livsmedelsförsörjningen. I Sverige väntas den globala uppvärmningen leda till att odlingssäsongen blir längre, men också till att vädret blir mer varierat och att risken för extremväder ökar, något som kan leda till sämre skördar. Att öka jordbrukets motståndskraft i ett framtida klimat är därför avgörande.

Forskare vid Agrifood Economics Centre och Centrum för miljö- och klimatvetenskap (CEC) vid Lunds universitet undersökt om en ökad kolhalt i marken kan öka jordbrukets motståndskraft – svaret är ja⁹. Sammantaget är det tydligt att brukningsmetoder som bevarar eller lagrar kol i marken, till exempel perioder med gräsvall eller mellangrödor, kan fungera som en försäkring för framtida skördar, menar forskarna vid CEC. Men flera vanliga brukningsmetoder som används i dag, med intensiv bearbetning och odling av jorden, utarmar i stället marken på kol. Och att gå över till andra metoder skulle på kort sikt vara kostsamt för många jordbrukare. - Därför kan det under en period krävas riktade styrmedel till slättbygd för att underlätta övergången till mer jordvänliga brukningsmetoder eftersom de miljöersättningar som finns i dag generellt är för låga för att locka till sig något större intresse, menar forskarna. De påpekar att en ökad kolinlagring i marken ger en minskad klimatpåverkan från jordbruket. Vinsterna med mer jordvänliga brukningsmetoder blir därför flera¹⁰.

Åter till 2035!

Forskning och utbildning

Svenska Lantbruksuniversitetets (SLU) uppdragsgivare är inte längre Näringsdepartementet utan Utbildningsdepartementet, där ansvaret för övriga högskolor och universitet ligger. Lantbruksuniversitetet axlar nu rollen som medagerande i att hantera klimatnödläget. Anslagen riktas till den forskning som tar reda på hur jordbrukssektorn kan bidra till att motverka klimatförändringarna och producera livsmedel på ett sätt som gynnar klimat, biologisk mångfald och människors hälsa. Kunskapen och erfarenheterna från de jordbrukare som praktiskt har tillämpat regenerativa metoder har tagits väl om hand och fört utvecklingen framåt. Även grundforskningen om de naturliga processerna i jorden – samspelet mellan växter, svampar och mikrober och om andra faktorer som påverkar jordhälsan – har fått mer resurser.

I tillägg till Experiments- och inspirationsgårdarna har länsstyrelserna och kommunerna anslag för att bygga upp samverkandekontor som kan fungera som nätverk där bönder, forskare och övriga intressenter samlas för att ta del av erfarenheter och ny kunskap och föra utvecklingen framåt.

Skolsystemet har anammat vikten av information om maten och varifrån den kommer.

Övrig utbildning

Redan i början av 20-talet utbildades eleverna på naturbruksgymnasierna i ekologisk odling och kretsloppsjordbruk. Ekologiska, cirkulära och regenerativa principer är nu självklara delar i utbildningsväsende och forskning. Djurhållningen ingår i utbildningen om de cirkulära systemen. Den biologiska mångfaldens betydelse genomsyrar lärandet och forskandet.

Folkbildning

Fortfarande lockas människorna till seminarier och studiecirklar om kopplingar mellan livsstil, sambandet mat och hälsa samt jordens förmåga att bidra till ett gott liv för allt levande.

Åtgärder från 2022 och effekt av dessa

⁹ <https://formas.se/analys-och-resultat/rapporter/2021-04-01-vaxtfoljers-paverkan-pa-inlagring-av-organiskt-kol-i-jordbruksmark.html> och <https://www.lu.se/artikel/nationalekonom-marknaden-driver-jordbruket-fel-hall>

¹⁰ <http://www.agrifood.se/> M Brady

En webutbildning i grunderna i regenerativt jordbruk gick av stapeln hösten 2022. Den hade som förlaga de webutbildningar som ordnats i Finland¹¹. Utbildningen skapade ett stort intresse bland jordbrukare, tillräckligt stort för att många vågade ta risken att pröva nytt under några år för att sedan komma ut med bättre lönsamhet. De höga energi- och konstgödselpriserna underlättade besluten liksom ekonomiska bidrag för mellangrödor. I takt med att allt fler började få erfarenhet och kunde visa resultat började metoderna kännas allt mer trovärdiga bland jordbrukarna och metoderna spred sig som ringar på vattnet. När sedan hela bidragssystemet från 2028 gjordes om så att merparten av bidragen utgick efter omfattningen av ekosystemtjänster tog utvecklingen riktig fart, varför vi nu 2035 kan konstatera att mer än hälften av jordbrukarna börjat tillämpa regenerativa metoder fullt ut och att takten i omläggningen är hög. De experiment- och inspirationsgårdar som staten bidragit till att de finns i alla län har stimulerat till ett fruktbart samarbete mellan bönder, rådgivare, forskare och andra intressenter till en lyckad kunskapsutveckling och omställning av jordbruket.

Webkursen erbjöd också ett informationspaket för medborgare som vill förstå hur mat kan produceras mer hållbart.

Samhällets stöd i form av regelverk och lagar

Vid offentlig upphandling ställs krav på att inhandlad mat skall vara lokalt producerad och med metoder som är hållbara och där maten naturligtvis är näringsrik.

Direktaffärer mellan producent och slutkonsument har underlättats och utvecklats genom mindre regelkrångel. Konsumenterna har lärt sig uppskatta kvalitet. Mer småskalig förädling av livsmedel har uppstått på landsbygden genom att det mångsidigare jordbruket ger mer underlag till förädling och staten har avsatt medel för landsbygdsutveckling.

Sverige har bidragit till att EU:s regelverk kring kemikalier skärpts så att grupper av kemikalier kan förbjudas eller beläggas med restriktioner.

Konstgödsel beskattas eller är föremål för ett handelssystem med successivt sjunkande tillgängliga mängder.

En miljö som lockat till förändring

Redan i grundskolan har ingått att besöka jordbruk, liksom pryverksamhet på gårdar. Stadsodlingar har underlättats. De har utvecklats med intressant innehåll och ger försmak. I förskolan odlas det egna grönsaker. Vad vi äter och hur det är producerat är på allas agendor. Gratis rådgivning till alla gårdar/bönder om klimatneutral odling och djurhållning har underlättat den pågående omställningen. Många fler ungdomar lockas att lära sig och att etablera sig som jordbrukare.

¹¹ En grundläggande onlineutbildning i Finland 2020-2022 finns på <https://www.sitra.fi/sv/projekt/grunderna-i-regenerativt-jordbruk/> och <https://www.regenerativtjordbruk.fi/>. En motsvarande kurs baserad på *Carbon actions* plattform planeras hösten 2022 av Svensk kolinlagring/Miljömatematik AB

Föreslagna åtgärder

En fokuserad satsning på att ställa om jordbruket till ett regenerativt och i slutändan ekologiskt jordbruk är huvudinriktningen. Syftet är att bygga bördig jord med bra struktur, som bättre kan motstå förväntade klimatförändringar med extremväder, och att bedriva ett jordbruk som minst är klimatneutralt eller helst klimatpositivt, som släpper ut minimalt med näringsämnen och som inte bara ger tillräcklig avkastning, utan även ger livsmedel som är av hög kvalitet.

Jordbrukslandskapet ska också bidra till mycket större biologisk mångfald. För att tillgodose alla kraven gäller det att maximalt utnyttja naturens egna processer: fotosyntesen genom att ha grönt med levande rötter så lång del av året som möjligt, skydd av mykorrhiza och dagmaskar genom att undvika plöjning, stopp för erosion genom att hålla jorden täckt, utveckling av mångfalden av mikroorganismer genom att hålla mångfald i odlingen och mer utvecklade växtföljder (där vall är en nyckelgröda), stimulering av samspelet mykorrhiza, mikrober och växtlighet genom t.ex. bete. Genom att INTE använda konstgödsel eller annan koncentrerad gödsel understöds de biologiska processerna i marken.

På sikt kan konstgödsel avvecklas. Det är både en förutsättning för att lyckas och ett resultat av åtgärderna. Bekämpningsmedelsanvändningen kan sänkas och på lång sikt tas bort helt, då växternas stresstålighet ökar och mångfalden i odlingen minskar spridningsrisken. Erfarenheterna från andra länder säger att lönsamheten för en jordbrukare med regenerativa metoder ökar rätt mycket jämfört med att fortsätta konventionellt beroende på mycket lägre kostnader för insatsvaror. Även kostnaden för motorbränsle sjunker och det behövs inte lika kraftfulla traktorer. Dagens ekologiska jordbruk kan öka avkastningen genom bl.a. mer mångfald i odlingen, mindre jordbearbetning och mer grönt året om.

Varför är det då inte fler som redan idag har börjat med regenerativt? Alla signaler och åtgärder från samhället - det politiska (livsmedelsstrategin), ekonomiska (EU CAP och Sveriges strategidokument) och utbildningen (med specialiserad storskalig industrijordbruk som modell) har motverkat lantbrukarnas omställning. Trots denna brist på samhällsstöd finns det lantbrukare - både konventionella och ekologiska - som tagit ledningen i omställningen och tillämpar regenerativa metoder utifrån sina respektive förutsättningar. De sitter nu på stor kunskap, något som också finns samlat hos ideella föreningar.

Signalerna från samhället är blandade. Ettåriga ansökningsperioder för ekonomiska bidrag till mellangrödor, som föreslås av Jordbruksverket som en åtgärd inom de s.k. *eco-schemes* från 2023, är bra. Däremot är det ett allvarligt bakslag att Jordbruksverket föreslår att ta bort bidraget till vall i slättbygder. Vall i slättbygd är den enskilda åtgärd som ger mest ekosystemtjänster. Stöd kan motiveras samhällsekonomiskt¹²; mindre vall kommer att öka användningen av konstgödsel. I våra nordiska grannländer är begreppet regenerativt jordbruk etablerat liksom i flera länder i Europa, men inte i Sverige.

Vi föreslår en omläggning av politiken och en storsatsning på information, utbildning, nätverkande och inspirationsgårdar om regenerativt jordbruk. Samhället ska ta ansvar för att inspirationsgårdar bildas i varje län. Där ska forskare, utbildare och bönder kunna se hur det fungerar och utbyta erfarenheter och vidareutveckla metoderna. Bönder ska dessutom få ersättning för sitt deltagande.

Inom forskningen ska anslagen riktas till den forskning som tar reda på hur jordbrukssektorn kan bidra till att motverka klimatförändringarna och producera livsmedel på ett sätt som gynnar

¹² Brady, M., Hristov, J., Wilhelmsson, F. & Hedlund, K. *Roadmap for Valuing Soil Ecosystem Services to Inform Multi-Level Decision-Making in Agriculture*. Sustainability 2019, 11, 5285.

klimat, biologisk mångfald och människors hälsa. Härvid ska kunskapen och erfarenheterna från de jordbrukare som praktiskt har tillämpat regenerativa metoder tas väl om hand. Även grundforskningen om de naturliga processerna i jorden – samspelet mellan växter, svampar och mikrober och om andra faktorer som påverkar jordhälsan – ska få mer resurser. Vi föreslår vidare att uppdragsgivaren till SLU inte ska vara Näringsdepartementet utan Utbildningsdepartementet. Växtförädlingen ska även omfatta förädling av växter som passar in i ett regenerativt jordbruk som t.ex. att utveckla gamla spannmålssorter, anpassa fler baljväxter till vårt klimat och bredda utbudet av mellangrödor. Husdjursförädlingen ska också syfta till att få fram robusta raser som passar i mångsidiga system. Utvecklingen av metoder och teknik för att effektivisera ett regenerativt jordbruk kan behöva stöttning inledningsvis.

Kretsloppsgården ska vara modellen för det framtida jordbruket. En kretsloppsgård är en gård eller en grupp av gårdar i samverkan som är i balans, där ingen konstgödsel och ytterst lite annan näring tillförs utifrån, och där idisslare ofta spelar en viktig roll för att omvandla biomassa till livsmedel. Näringsläckaget är litet, det sker en koluppyggnad i marken och användningen av pesticider kan upphöra. Vall är viktig i växtföljden och upptar ofta mer än hälften av arealen. Flerårsvallar ingår i växtföljd med t.ex. spannmål och grönsaker. En satsning på en regenerativ utveckling leder i riktning mot fler kretsloppsgårdar. Tas den stora konstgödselanvändningen bort ur systemet och ersätts med mer mångfald i odlingen, kan man anta att en del växtodlare kommer komplettera med djur för att öka lönsamheten. Det regenerativa jordbruket bör som sagts ovan få styrmedel för att komma igång; ett sådant är att låta konstgödseln betala för sina negativa konsekvenser¹³.

Att organisera bete så att marklivet stimuleras genom s.k. rotationsbete har visat sig ge bättre tillväxt av både gröda och djur och hälsosammare djur med bättre kött och borde ha stor potential om det genomförs brett. För att åstadkomma det behövs i första hand utbildning och information.

År 2028 börjar en ny programperiod för EU-ETS. Det är kritiskt för jordbrukets omställning att medel i första hand ges till ekosystemtjänster i stället som generellt arealstöd. Då får det betydelse hur man bedriver jordbruk. Systemet som håller på att införas i Storbritannien skulle kunna vara en modell¹⁴.

Regeringen bör arbeta för ett omstrukturerat EU-CAP där ersättning till största delen ges för gemensamma ekosystemtjänster.

Landsbygden ska ges bättre möjligheter att utvecklas med målsättningen att fler människor ska verka och ha sin utkomst där. Förutom självklara prioriteringar som att staten tar ansvar för bredbandsutbyggnaden och att digitaliseringens möjligheter når alla och att tillgången till kollektivtrafik förbättras kraftigt, föreslår vi att

- de möjligheter till ökad lokal förädling tas tillvara som ett mångsidigare jordbruk ger. Entreprenörskap och nätverkande på landsbygden understöds särskilt.
- gränsen på 4 ha för att söka gårdsstöd tas bort.
- stöd ges till att etablera sig som jordbrukare
- direktkontakt och ökad tillit mellan producent och konsument, bland annat genom växande gräsrotsrörelser som Community Supported Agriculture och rekoringar, underlättas

¹³ Den dag konstgödsel tillverkas utan fossila råvaror blir den dyrare likafullt. För att påskynda omställningen kan en skatt åtminstone motsvarande skillnaden i kostnad mellan fossil och fossilfri konstgödsel införas, men de negativa effekterna i jordbruket är oberoende av framställningssätt. Ett alternativ till skatt är ett handelssystem med successivt sjunkande tilldelning av användningsrätter.

¹⁴ <https://www.gov.uk/government/news/government-unveils-path-to-sustainable-farming-from-2021> och <https://www.gov.uk/guidance/sustainable-farming-incentive-pilot>

- offentliga aktörers inköp av livsmedel ställer krav på lokalproducerat och på livsmedel som bidrar till bevarande av ekosystem

Andra mer specifika åtgärder vi föreslår för att minska jordbrukets utsläpp av växthusgaser är inom områdena gödselhantering respektive energi till arbetsmaskiner och lokaler.

Gödselhantering: Beräkningsgrunderna och filosofin för Jordbruksverkets rekommenderade gödselgivor bör revideras. Precisionsgödsling inom det konventionella jordbruket ska tillämpas. All stallgödsel skall behandlas för att minska metan- och lustgasutsläpp – i första hand genom fermentering, som kan göras på gården, – i andra hand genom kompostering eller rötning till biogas.

Arbetsmaskiner och lokaluppvärmning: Förslaget om att ta bort den nedsatta bränsleskatten på diesel i jordbruket och ersätta med ett generellt avdrag på bruttointäkten för alla jordbrukare bör införas snarast. Även om jordbruket har möjligheter att förse samhället med underlag till biogas, så är det i första hand elektrifiering vi ser framför oss som ersättning för dagens dieseldrivna arbetsmaskiner. Lokaler kan med fördel värmas med spillvärmesystem och värmepumpar, biobränslen från gården eller solenergi med lokal vätgasproduktion. Omställningen kommer att kunna vara helt klar före 2035.

Potential för tillförsel av biobränslen från jordbruket

I **bilaga 2** beskrivs hur vi kommer fram till en bedömd potential för jordbrukssektorn att utifrån restprodukter och iLUCF-fria¹⁵ grödor förse samhället med biogas. Utöver dagens produktion kommer vi fram till **maximalt 5-6 TWh biogas** från restprodukter, medan iLUCF-fria grödor skulle kunna ge lika mycket, men där saknas idag ekonomiska förutsättningar. De senare består av mellangrödor, grödor på ekologiska fokusarealer, vall på träda och extensivt odlad vall på övergiven jordbruksmark. För träda borde det finnas ett samhällsintresse i att ge bidrag för vallodling.

Vi har beaktat att tillgänglig stallgödsel kommer att minska p.g.a relativt sett mer bete och mindre stallhållning och att av tillgänglig gödsel så är det med tanke på kolinlagringen i marken och växternas näringstillskott mer fördelaktigt att fermentera fast gödsel än att skicka den på rötning och få tillbaka rötresten.

Vi har jämfört med publicerade utredningar också dragit ner bedömd volym halm med tanke på att så stor andel av dagens spannmål går till djurfoder; där vill vi se mer bete.

¹⁵ iLUC = Indirect Land Use Change, d.v.s. som inte förorsakar en ökad efterfrågan på jordbruksmark som driva exploatering någon annanstans.

Bedömd utsläppsbana

Åtgärder för att få ner utsläppen från organogena jordar redovisas på annat ställe.

Lustgasutsläpp från mark vid odling

Processer i marken

Beskrivning av processerna i marken och hur lustgas bildas finns i **bilaga 3**. Uppgifterna har hämtats från Henriksson, M., Stenberg, M. & Berglund, M. Lustgas från jordbruksmark. Hushållningssällskapet Halland. 2015.

Bedömd utsläppseffekt av regenerativa metoder

Lustgasutsläppen är ett resultat av komplexa biologiska processer och svåra att förutse och beräkna. På övergripande global nivå finns dock ett proportionellt förhållande mellan tillförd gödsel och lustgasutsläpp, men ju mindre skala man studerar desto fler lokala och svårberäknade förhållanden spelar in. En stor del av utsläppen är koncentrerade till enstaka dagar med för denitrifikationen väderberoende gynnsamma förutsättningar. Risken för lustgasutsläpp minskar vid bra jordstruktur, mindre packad jord, mindre jordbearbetning, växande gröda större del av året, mindre tillförsel av koncentrerad gödsel, större inslag av perenna växter samt vid rotationsbete.

Mer kol i marken innebär också mer kväve i marken, där dessa ämnen är bundna i organiska föreningar i bestämda förhållanden – både i levande materia som svampar och andra mikrober som i humus och i dött material. Vid regenerativa metoder jämfört med konventionella tillförs mer av gödseln i form av behandlad (fermenterad eller komposterad) stallgödsel eller grüngödsel. Sådan behandlad gödsel har ett mer optimalt förhållande mellan kol och kväve (högre kol/kvävekvot) än vad obehandlad har och naturligtvis än vad konstgödsel har. Vid ett högre kol/kväveförhållande blir det mindre andel reaktivt kväve som underlag för denitrifikation. En (mycket) större andel av kvävet i grödan i en regenerativ odling kommer från de kvävefixerande frilevande mikroorganismerna, där kvävet har bäddats in i aminosyror och andra halvfabrikat innehållande kol innan det tas upp av grödan. Tillgång till lättillgängligt kol ökar visserligen risken för lustgasutsläpp, men en väl fungerande "växt-mikrob-pump" skapar mer stabilt kol nere i marken än vad en mindre väl fungerande gör.

Sammantaget borde regenerativa metoder skapa förutsättningar för mindre utsläpp av lustgas. Av utsläppen av lustgas från jordbruksmark, som år 2020 uppgick till 2,45 Mton exkl. från organogena jordar uttryckt i koldioxidekvivalenter, hänförs enligt statistiken 1,3 Mton till utsläpp från mineralgödsel m.m. och från indirekta utsläpp. Dessa utsläpp borde kunna påverkas. Med tanke på att det konventionella jordbruket idag har en överkonsumtion av konstgödsel, drar vi slutsatsen att **lustgas motsvarande ungefär 1 Mton CO₂-ekvivalenter kan elimineras med övergång till regenerativa metoder**. Hur mycket härav som kan realiseras fram till år 2035 beror på i vilken takt jordbrukare anammar regenerativa metoder. Med en start på mycket låg nivå, en anslutningsgrad 2035 på 50% och ett antaget förlopp för det enskilda fältet att det tar 8 år att komma upp i full effekt, så inses snabbt att effekten fram till 2035 är begränsad (effekt 2035 180 kton och ackumulerat 600 kton). Det tar tid att återskapa de naturliga processerna.

Mindre konstgödsel i det konventionella jordbruket

Jordbruksverkets rekommenderade gödselgivor bör ses över med målsättningen att alltid ligga på lågkant, för att undvika överoptimala givor. Som framgår av referenserna i bilaga 3 så tillförs en majoritet av skiftena överoptimala gödselgivor. Det är också känt att ju närmare optimal kvävegiva man kommer, desto lägre blir utbytet av extra tillfört kväve. Även om ökade kvävegivor

ökar skördepotentialen så har man i höstveteodling sett att det är de "halvintensiva" odlingssystemen som ger bäst odlingsekonomi.¹⁶

De rekommenderade mängderna sätts idag utifrån förväntat försäljningspris på grödan och förväntat inköpspris för kvävet med restriktioner för miljöpåverkan. Lägre förväntat pris på kväve ger alltså större rekommenderade givor, vilket är olyckligt ur ett klimatperspektiv. Ett mer långsiktigt hållbart pris på konstgödsel beaktat fossilfri tillverkning borde beaktas.

Ökad användning av precisionsgödsling minskar också givorna av konstgödsel.

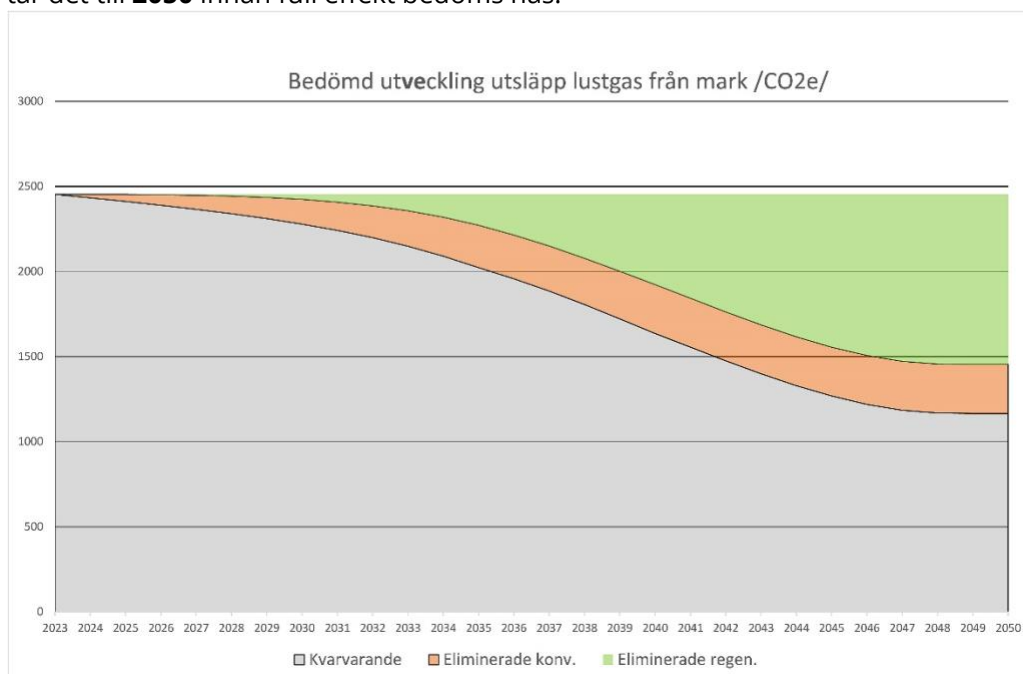
Priset på konstgödsel borde gå upp som ett resultat av övergång till fossilfri tillverkning i kombination med förväntat införande av gränsjusteringsmekanism inom EU. Vi vill se en skatt eller liknande så att redan nu den förväntade merkostnaden för att framställa fossilfri konstgödsel är det som sätter priset.

En minskning i det konventionella jordbruket med 25% av dagens konstgödsel förbrukning är en blygsam målsättning. Det betyder **0,25 Mton CO2e** mindre lustgas 2035.

Resterna efter rötning av stallgödsel innehåller mer mineraliserat och lättillgängligt kväve än vad orötad stallgödsel innehåller och att därmed en ökad biogasproduktion baserat på gödsel medför lägre behov av konstgödsel. Må så vara, men risken för lustgasutsläpp från gödslingen (vare sig den görs med konstgödsel eller rötad stallgödsel) borde inte minska.

Bedömd sammantagen effekt 2035 och senare

År **2035** bedöms lustgasutsläppen kunna vara cirka **0,4 Mton CO2e** lägre både genom effektiviseringar i det konventionella jordbruket och genom införandet av regenerativa metoder. Effekten från regenerativt har en eftersläpning, och vid 100% anslutning några år efter 2040, så tar det till **2050** innan full effekt bedöms nås.



¹⁶ Henriksson, M., Stenberg, M. & Berglund, M. Lustgas från jordbruksmark. Hushållningssällskapet Halland. 2015. Sid. 19.

Lustgasutsläpp från lagring och hantering av gödsel

Lagrad flytgödsel läcker mest metan och lagrad fastgödsel mest lustgas. Lustgasutsläppen från lagring av gödsel uppgår till 300 000 ton CO₂e/år och är alltså i huvudsak från fastgödsel. Härav svarar hästar för 100 000 ton/år.

Jämfört med traditionell hantering ger rötning av gödsel för att producera biogas stora klimatvinster. I en modellberäkning 2013 beräknades utöver substitutionseffekten utsläppsminskningen för samtliga klimatgaser till 292 gram CO₂e/kWh uppgraderad biogas¹⁷. Modellen bygger på en mängd antaganden, t.ex. metanutbyte i processen, hur mycket fastgödsel som blandas med flytgödsel och enbart på rötning av nöt- och svinggödsel. Den visar att de stora vinsterna ligger i minskade metanutsläpp vid lagringen av flytgödsel och minskade lustgasutsläpp vid spridningen, medan lustgasutsläppen vid lagring bara blir marginellt mindre.

Koldioxidutsläpp från arbetsmaskiner och lokaler

Den nedsatta bränsleskatten på diesel i jordbruket kan tas bort snarast och ersättas med ett generellt avdrag på bruttointäkten för alla jordbrukare. Även om jordbruket har möjligheter att förse samhället med underlag till biogas, så är det i första hand elektrifiering vi ser framför oss som ersättning för dagens dieseldrivna arbetsmaskiner även i jordbruket. Lokaler kan värmas med värmepumpsteknik som tar vara på spillvärme och andra lokala lågtemperaturkällor. Omställningen kommer att kunna vara helt klar före 2035. (Utsläppsminskningen på 475 000 och 100 000 ton redovisas inom arbetsmaskiner respektive lokaluppvärmning).

Ökad kolinlagring i mark

Som effekt av regenerativa metoder

Plöjningsfritt eller reducerad markbearbetning, "grönt året om" med fungerande fotosyntes på fältet under större del av året, mångfald i odlingen, utvecklade växtföljder, mer perenna växter inklusive mer vall i växtföljden, rotationsbete och succesiv avveckling av konstgödsel och annan koncentrerad gödsel som ersätts med komposterat eller fermenterat biologiskt material och biostimulanter, så byggs en jord upp med god struktur och ökande halt av organiskt bundet kol.

Det finns begränsade erfarenheter från Sverige. I länder med andra odlingsförutsättningar har mycket stora effekter på kolhalt i mark noterats, bland annat av mer stabila kolföreningar på lite större djup där kolet har sitt ursprung i rotexudat. De nordiska länderna har kortare vegetationsperiod än de flesta andra länder med jordbruk varför vi ska tolka resultat från sydligare belägna länder med försiktighet.

Det vi vet från Sverige är att fånggrödor (mellangrödor) ökar kolhalten. I svenska långtidsförsök har man kommit fram till i genomsnitt 0,3 ton kol eller 1,1 ton CO₂/ha och år¹⁸. En effekt som ansågs kunna påräknas för flera decennier. Här kan man kommentera att egentligen visar försöket att genom att hålla marken grön längre del av året så skapas mer biomassa som bryts ner på fältet och ökar kolhalten, men effekter av åtgärder som gynnar mikrolivet – t.ex. större mångfald i odlingen och växtföljden, mer perenna växter och reducerad bearbetning – fanns ju inte med. Nota bene att huvudgrödan gödslades som vanligt. I brist på mer specifika uppföljningar av regenerativa metoder i Sverige så använder värdet 1,1 ton CO₂/ha och år. Att integrera djur i växtodlingen ger en extra skjuts – den effekten torde tillkomma.

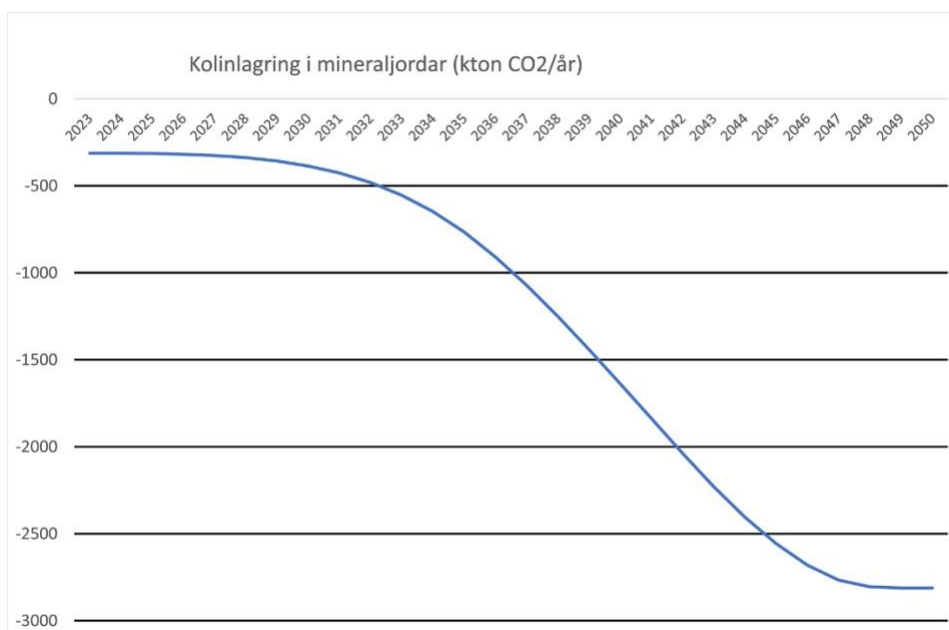
¹⁷ Tufvesson, L., Lantz, M., & Björnsson, L. (2013). Miljönytta och samhällsekonomiskt värde vid produktion av biogas från gödsel. Miljö- och energisystem, LTH, Lunds universitet.

¹⁸ https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/fr-lantbruk/pdf-filer/aktiviteter-2016/thomas_katterer_framtidens_lantbruk_slu_konferens_lantbruk_1-5grader_161026.pdf

Sedan är frågan hur lång tid det tar från att metoderna börjar tillämpas tills full effekt nås. Den enskilde lantbrukaren behöver också pröva sig fram och hitta metoder som passar just den gårdens förutsättningar. Nästa fråga är hur anslutningsgraden kan utveckla sig.

Ekonomiskt stöd för mellangrödor antas finnas tillgängligt från 2023. Satsning på mer utbildning, information och inspirationsgårdar borde kunna börja samma år, samtidigt som konstgödsel och diesel blir dyrare och resultat från pionjärerna börjar dokumenteras. Det förutsätts öka intresset för regenerativa metoder. Från 2029 räknar vi med en omstrukturering av CAP så att merparten av stödet styrs över till ersättning för kollektiva ekosystemtjänster.

Åkerarealen totalt i Sverige uppgår till 2,5 miljoner ha och betesarealen (exkl. skogsbete, fjällbete o. likn.) till 0,38 miljoner ha. Med tanke på den kortare växtsäsongen så räknar vi inte med någon effekt i de två nordligaste odlingsregionerna. Då återstår 2,2 miljoner ha åker och 0,37 miljoner ha betesmark. Därmed inte sagt att regenerativa metoder inte passar i de två nordligaste odlingsregionerna – vallar och rotationsbete kan utvecklas bl.a. – men för att ligga på den försiktiga sidan. Med 100% anslutningsgrad och med 1,1 ton/ha och år, så skulle den årliga koldioxidinbindningen uppgå till **2,8 Mton/år**, men det tar tid att komma dit. Om man antar att 0,5% av arealen ansluts 2023 och ackumulerat 50% har startat 2035 med en successivt ökande anslutningsgrad, och att det tar 8 år för det enskilda fältet att nå full kolinlagringseffekt, då blir koldioxidinlagringen 2035 relativt blygsamma 450 000 ton och ackumulerat har 2022-2035 1,5 Mton lagrats in. De antagna 1,1 ton CO₂/ha och år är väldigt lågt jämfört med vad som uppnåtts i andra länder¹⁹.



Kolinlagring som effekt av fermentering av gödsel och skörderester

¹⁹ Pionjären Gabe Brown i North Dakota, U.S.A. har arbetat med metoderna sedan 1993. Perioden fram till 2006, då han arbetade med plöjningsfritt, växelbruk och mellangrödor, ökade kol-inlagringen med 4,86 ton/ha och år, medan kolinlagringen därefter, när han tillfört en mycket stor mångfald i odlingen och integrerat djurhållningen med växtodlingen, fått upp kolinlagringstakten till fabulösa 24,75 ton/ha och år utan utplaning. Vi får bara hoppas att vi har något av en prärieeffekt även i Sverige.

Genom att fermentera gödsel och skörderester tillförs växter och mark mer kol jämfört med att låta tillverka biogas och använda rötad gödsel. Hur stor den slutliga effekten är på markkolet är okänt.

Sammanfattning av utsläpp växthusgaser exkl. metan och exkl. från organogena jordar

Utsläpp av lustgas (CO ₂ e) och upptag av koldioxid			ackumule- rat 2022-- 2035
	2020	2035	
<i>Utsläpp lustgas (CO₂e)</i>			
från mark vid odling	2 454	2 000	32 100
från gödselhantering	329	300	4 400
	2 783	2 300	36 500
<i>Upptag koldioxid (LULUCF)</i>			
av mineraljordar	-312	-750	-5 800
Netto utsläpp resp. upptag (-)	2 471	1 550	30 700

Metanutsläpp

Förändringar i metanflödet har stor påverkan på jordens uppvärmning. Relativt små förändringar i flödet skapar snabba uppvärmnings- respektive avkylningseffekter. Enligt den relativt nyligen introducerade GWP* metoden²⁰ så ger en långsiktigt fallande trend motsvarande -10% på 30 år noll i uppvärmningseffekt. Varje permanent minskning i flödet därutöver bidrar till avkylning.

Metanutsläpp vid hantering av gödsel

Framförallt lagring av flytgödsel och djupströgödsel ger metanutsläpp. Även gödsel från fågel och häst bidrar till metanutsläppen. Genom att hålla nere lagringstiden och antingen fermentera gödseln på plats eller skicka iväg den för biogasproduktion och få rötad biorest i retur, kan metanförlusterna reduceras ordentligt. Utsläppsminskningen i biogasalternativet är av Tufvesson et al (2013) beräknad till ungefär 80% för metan. Det borde vara möjligt att kunna halvera metanutsläppen från gödselhantering med hälften från 10 000 till 5 000 ton metan/år.

Metanutsläpp vid djurens fodermältning

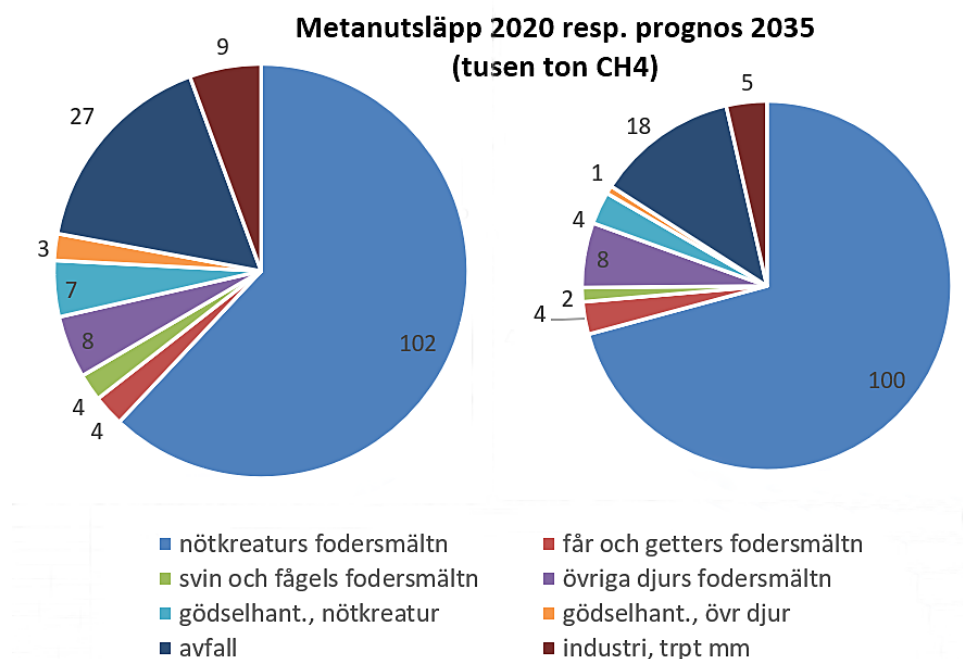
I idisslars fodermältning produceras metangas. Av Sveriges metanutsläpp 2020 på 164 tusen ton svarade nötkreaturens fodermältning för 62%. Se cirkeldiagram. Idisslarna spelar dock en viktig – nästan avgörande – roll i det framtida jordbruket. De kan omvandla biomassa vi inte kan äta till livsmedel – bl.a. utnyttja vallar som är viktiga i växelbruket – och genom betet bidrar de till koluppbbyggnad i marken. De animaliska produkternas kvalitet och näringsinnehåll ökar också genom de regenerativa metoderna i foderproduktion och betets organisering. Vi utgår ifrån att nötboskapsstammen i stora drag kommer att vara lika stor 2035 som idag, även om den kommer att vara fördelad på annat sätt, och att den förmodade minskningen av köttkonsumtionen går ut över importen.

²⁰ GWP=Global Warming Potential. *-tecknet är en symbol för en ny beräkningsgrund där uppvärmningseffekten beräknas på förändringen i flödet, inte de ackumulerade utsläppen. Metoden har beskrivits av John Lynch et al (2020) *Demonstrating GWP*: a means of reporting warming-equivalent emissions that captures the contrasting impacts of short- and longlived climate pollutants*

Sveriges totala metanutsläpp kan minska genom åtgärder i andra sektorer. Utsläppen från avfall är till största delen metanläckage från deponier. Genom ett långsiktigt arbete med att få ner avfallsmängderna och genom lagstiftning har deponierna minskat kraftigt i omfattning. År 2000 var metanutsläppen från deponier 115 tusen ton metan, år 2010 60,4 tusen ton och 2020 23,1 tusen ton. Årstakten i minskning 2010-2020 var 9%. En fortsatt minskning kan förutses, men mindre. Om minskningstakten 2021-2035 är 4% blir utsläppen 2035 12,75 tusen ton, vartill ska läggas andra delar inom avfallssektorn. Utsläppen från samrötningsanläggningar kan förväntas öka. Hela avfallssektorn kan då förväntas landa på 17,5 tusen ton metan.

Industrisektorn med utsläpp nu på 9 tusen ton måste minska, bl.a. som effekt av mindre läckage vid produktion av vätgas som nu framställs med naturgas och i framtiden med fossilfria råvaror. Många utsläpp är diffusa och svåra att komma åt, varför en prognos om en knapp halvering till 5 tusen ton kan vara ambitiös.

Icke idisslande ("enmagade") husdjurs fodersmältning skapar också metanutsläpp. Hit räknas fågel, svin och häst. Det är ur klimatsynpunkt önskvärt att antalet höns och svin minskar och att djuren i större utsträckning är en integrerad del av det regenerativa jordbruket och i huvudsak lever på restprodukter och inte på spannmål odlad med avsikt att föda djur. En kombination av medvetnare konsumenter, dyrare soja och andra insatsvaror och att andelen regenerativa gårdar ökar borde kunna minska antalet grisar och kycklingar. Här har räknats med en nedgång med 50%.



En minskning av de totala metanutsläppen i Sverige med 14% från 164 till 141 tusen ton mellan 2020 och 2035 är då möjlig bara med en liten justering av nötkreaturens metanutsläpp från 102 till 100 tusen ton, d.v.s. i princip ett oförändrat antal djur.

Bilaga 1 Regenerativa principer – vägen till framtidens klimatneutrala och lönsamma jordbruk

Regenerativt jordbruk handlar om att bygga upp livet i jorden och på så sätt få bördigare och produktivare jordar som bättre motstår klimatförändringarnas effekter, släpper ut mindre växthusgaser, ökar inlagringen av kol och vatten och ger hälsosammare mat. "Mata mikrolivet i marken istället för att gödsla grödan".

Regenerativt jordbruk understödjer och stimulerar mikrolivet i marken och bygger på samspelet mellan växterna och markens mikroorganismer. Detta samspel driver de fyra ekosystemprocesserna energiflöden, vattnets cykler, näringsämnenas kretslopp och interaktionen mellan levande arter. Ytterst drivs processerna av solens energi, som växterna genom fotosyntesen förvandlar till socker som görs tillgänglig till mikrolivet från växternas rötter. Mikroorganismerna i marken frigör i sin tur bundna näringsämnen både för sin egen tillväxt och för växternas behov. Vid nedbrytning av döda mikroorganismer, rötter och växtrester frigörs också näringsämnen. Ju mer biomassa som kan fånga solenergi, desto mer energi till mikrolivet, som i sin tur kan stödja växterna med mer näring.

Att studera mikrolivet i marken mer i detalj har tack vare ny teknik blivit möjligt först på senare år samtidigt som insikten har vuxit fram att den överväldigande delen av mikroorganismerna inte låter sig studeras i laboratorium. Gamla sanningar har därför börjat ifrågasättas, bl.a. har nu uppfattningen om att kvävet och kolets kretslopp i huvudsak bygger på nedbrytning av dött material – den s.k. *soil foodweb* modellen – starkt reviderats. Mikroliv har en än viktigare uppgift i att bygga upp markens levande ekosystem. Vi befinner oss i ett paradigmskifte vad gäller synen på vad som händer i marken och hur processerna ska understödjas för att öka avkastning och kolinlagring. Det är fortfarande mycket som vi inte vet, men forskning pågår (dock inte så mycket i Sverige).

Så fungerar det

➤ Utbyte av socker mot näringsämnen

Växternas rötter utsöndrar socker (kolväten) som rotexudat. Mykorrhizasvampar och även saprofytiska svampar tillgodogör sig dessa genom sina hyfer och transporterar vidare till andra mikroorganismer. Rotutsöndringarna är energirika sockerföreningar som är lätt att utvinna energi ifrån. De ger energi till en mängd bakterier och andra organismer. I utbyte får växten näringsämnen, som kommer från bakteriers och andra organisms ämnesomsättning, och som transporteras via mykorrhizanätverket. Detta transporterar även vatten och gör mer vatten växttillgängligt.

➤ Nätverket i marken

Sammankopplingen med ett utvecklat mykorrhizanätverk gör att växten har en väldigt mycket större kontaktyta mot omgivningen. Svamparnas hyfer mellan intilliggande växter kan också vara sammankopplade så att växten får tillgång till ett ännu större nätverk. Svampar, växter och mikroorganismer kommunicerar med varandra med hjälp av signalsubstanter. Det finns även mikroorganismer på och i växten. Dessa deltar också i nätverket.

➤ Aggregatbildning

Mykorrhizasvamparna i jordbruksmark avger ett protein, ett limämne, kallat glomalin. Glomalin är under utforskning (upptäcktes 1996). Man tror dess uppgift är att försegla svampens hyfer så det kan bära vatten och näringsämnen. Fina rottrådar, svamphyfer,

klumpar med bakterier (s.k. mikroaggregat), små mineralkorn och partiklar bildar makroaggregat, som är små världar för sig med miljarder bakterier och arkéer. I makroaggregaten sker en mängd transaktioner och utbyten mellan mikroberna. Med hög biologisk aktivitet bildas mycket makroaggregat och jorden får bra struktur med mycket luft och bra förmåga att både hålla vatten och ta hand om plötsliga vattenöverskott. Glomalinet hjälper antagligen till att förstärka strukturen.

➤ Kväve

Frilevande kvävefixerande bakterier och arkéer lever i utrymmen med nedsatt syretillgång såsom inuti makroaggregat, mellan rottrådar och partiklar och inuti höljen runt rottrådar och hyfer. Med energi från rotutsöndringarna har de med hjälp av ett enzym, nitrogenas, som kräver syrefattiga förhållanden för att vara aktivt, förmåga att bryta bindningen mellan atomerna i kvävemolekyler och bygga aminosyror som via mykorrhizan går till växten. Växten kan sedan med mindre energiinsats bygga proteiner av aminosyrorna. Det uppstår därmed mindre kväveläckage. Om lantbrukaren tillför högkoncentrerat kväve, som lätt mineraliseras, saktar de kvävefixerande organismerna ner sitt arbete och går i viloläge (växten får ju kväve utan att mata mikrolivet). En del av kvävet tas då i första hand upp av växten i nitratform. Att bygga proteiner av nitrat är mer energikrävande för växten och det blir mindre över till rotexudat. Det blir också nitrat kvar i växten, vilket inte är hälsosamt. **Konstgödsel och annan högkoncentrerad gödsel är därför negativt för jorduppbbyggnadsprocessen.** En stor del av kvävet tas dessutom inte upp av växterna och leder till övergödningar i ytvattnet och nitratförgiftning i grundvattnet.

Bakteriers kol-kväve-kvot ligger runt 5:1, vilket innebär en hög kväveandel. Bakterier utgör föda för mikroskopiska djur, bl.a. rundmaskar (nematoder). Dessa har en kol-kväve-kvot på runt 10:1, vilket innebär att de via utsöndringar måste göra sig av med kväve. Sådana utsöndringar kan svara för en stor del av det kväve som blir tillgängligt för växterna. De stimulerar också växtens utveckling av sidorötter.²¹ Ju högre upp i näringskedjan desto högre kol-kväve-kvot. Även djur på olika nivåer i näringskedjan har alltså betydelse för kvävetillförseln.

➤ Mångfald

Mångfald av växter gynnar livet under marken. Mikroorganismer av samma art är obenägna att samarbeta sinsemellan (inomartskonkurrens). Växter från olika arter (eller ännu hellre olika växtfamiljer) och som växer intill varandra skapar däremot en större genpool med mikroorganismer av olika arter som är benägna att samarbeta. Jämfört med monokultur skapar därför en "multikultur" en större biologisk aktivitet i marken. Mångfald i odlingen har visat sig vara en av nyckelfaktorerna för hög aktivitet i marken och att därmed försörja växterna med näringsämnen. Den större genpoolen ger växterna större tillgång till olika signalsubstanter och byggbitar – som t.ex. aminosyror – och gör att växterna bättre kan motstå sjukdomsangrepp och är stresståligare. Det har visat sig att **det finns ett direkt samband mellan producerad biomassa och antal arter** på den studerade ytan²² liksom mellan mångfald av växtarter och halten organiskt kol och kväve (ständigt ökande) i såväl det övre jordlagret som på lite större djup²³. Det senare förklaras med att den över tid sjunkande

²¹ Bardgett R. (2009). The Biology of Soil - A community and ecosystem approach. Oxford University Press.

²² Lange, M., Eisenhauer, N., Sierra, C. et al. *Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage*. Nat Commun 6, 6707 (2015). <https://doi.org/10.1038/ncomms7707>

²³ Baserat på bl.a. uppgifter från Jena-experimentet: Markus Lange, Eva Koller-France, Anke Hildebrandt, Yvonne Oelmann, Wolfgang Wilcke, Gerd Gleixner, Kapitel sex - *How plant diversity impacts the coupled water, nutrient and carbon cycles*, Editor(s): Nico Eisenhauer, David A. Bohan, Alex J. Dumbrell, Advances in Ecological Research, Academic Press, Volume 61, 2019, sidorna 185-219.

halten av nitrat- och fosfatjoner i jordlösningen (på grund av att de försvinner med skörden) initierar en ökad produktion av kolrika rotexudat – och ju fler växtarter desto större respons. Detta i sin tur sätter fart på den mikrobiella aktiviteten även på större djup. I det tyska fortfarande pågående långtidsförsöket Jena-experimentet, som ligger till grund för flera rapporter om biodiversitet²⁴, har man kommit fram till att dela in studerade växter i fyra funktionella grupper liksom i låga örter, höga örter, gräs och baljväxter och att ju fler arter och representanter från de funktionella grupperna som växer tillsammans, desto större biomassa och mer inlagrat kol.

➤ Kolinlagring

Rotutsöndringarna betyder mycket mer för kolinlagringen i mark än man tidigare trott. De skapar kol 5-30 gånger fortare än förmultningsprocesserna, och kolet hamnar längre ner och är stabilare. Vissa forskare hävdar att halten kol som kommer från rotutsöndringar och ligger lite djupare egentligen inte har någon mättnadspunkt, utan kan fortsätta öka under mycket lång tid. Begreppet "*microbial carbon pump (MCP)*" introducerades av Liang 2017²⁵, som också gör en distinktion mellan kol som har sitt ursprung i förmultning (*ex vivo*) respektive i rotexudat (*in vivo*) och hävdar att det senare ligger djupare och är stabilare.

➤ Fosfor

Fosforlösande bakterier arbetar tillsammans med andra organismer – särskilt svampar. Fosfor finns i marken i bundna former, i organisk substans eller kemiskt, som inte växten kan tillgodogöra sig. Den absoluta merparten av tillförd löslig fosfor binds snabbt till icke vattenlösliga former (pH under 7 till järn- eller aluminiumfosfat, pH över 7 till kalciumfosfat). För att växterna ska kunna försörjas med fosfor måste livet i marken kunna omsätta den bundna fosfor till vattenlösliga fosfatjoner, vilket är den form som växterna tar upp. I denna omvandling deltar växterna själva genom att utsöndra syror från rötterna. Dessutom deltar en mängd olika mikrober som tillsammans med vittringen är viktiga för att göra markens hårt bundna mineral växttillgängliga²⁶. Bakteriernas arbete stängs dock av och de går i viloläge om man som lantbrukare tillför vattenlösligt fosfor. Jorduppbryggnadsprocessen stannar då av – "fosforparadoxen". I svenska jordar uppges den bundna fosformängden i allmänhet ligga på 1-2 ton per ha att jämföra med fosforinnehållet på 20 kg av en skörd av spannmål från ett ha, motsvarande 50-100 års behov, men det är stora lokala variationer^x.

➤ Fotosyntesen

Fotosyntesen är processen där levande organismer tar hand om energin från solljus och lagrar den i kemiska bindningar. Den är grunden för nästan allt liv och det är ju närmast självklart att ju mer av det instrålade ljuset som fångas upp desto mer liv. Det gäller i stunden där många olika växter med olika bladutformning som täcker ytan väl tar vara på solljuset bättre än en monokultur och sett över växtsäsongen där en åker, som alltid är grön, fångar mer energi än en jord som är naken delar av året.

➤ Betande djur

Betande djur kan förstöra mark genom överbetning, men också bygga hälsosamma och kolrika jordar om växtligheten inte betas ner för mycket och om växterna får tid till

²⁴ T.ex.: Judith Prommer, Tom W. N. Walker, Wolfgang Wanek, Judith Braun, David Zezula, Yuntao Hu, Florian Hofhansl, Andreas Richter. *Increased microbial growth, biomass, and turnover drive soil organic carbon accumulation at higher plant diversity*. Global Change Biology. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/gcb.14777>

²⁵ Liang, C., Schimel, J. & Jastrow, J. *The importance of anabolism in microbial control over soil carbon storage*. Nat Microbiol 2, 17105 (2017). <https://doi.org/10.1038/nmicrobiol.2017.105>

²⁶ Fosfor i ekologiskt lantbruk. Jordbruksverket. 2004.

återhämtning – där betet är kortvarigt med många djur, som sedan drar vidare. Då stimulerar växterna mykorrhizan och mikroberna för att sätta igång en reparationsprocess. Enligt nordamerikanska mätningar påverkas inte rotsystemet om högst 50% av biomassan betas, medan fotosyntesen vid större betestryck inte förmår försörja rötterna på samma sätt, och den totalt producerade biomassan under ett år då blir lägre²⁷. Hur betet och fållorna organiseras har stor betydelse inte bara för mängden grönfoder utan också för kvaliteten på fodret och därmed även köttets kvalitet.

Så gör man

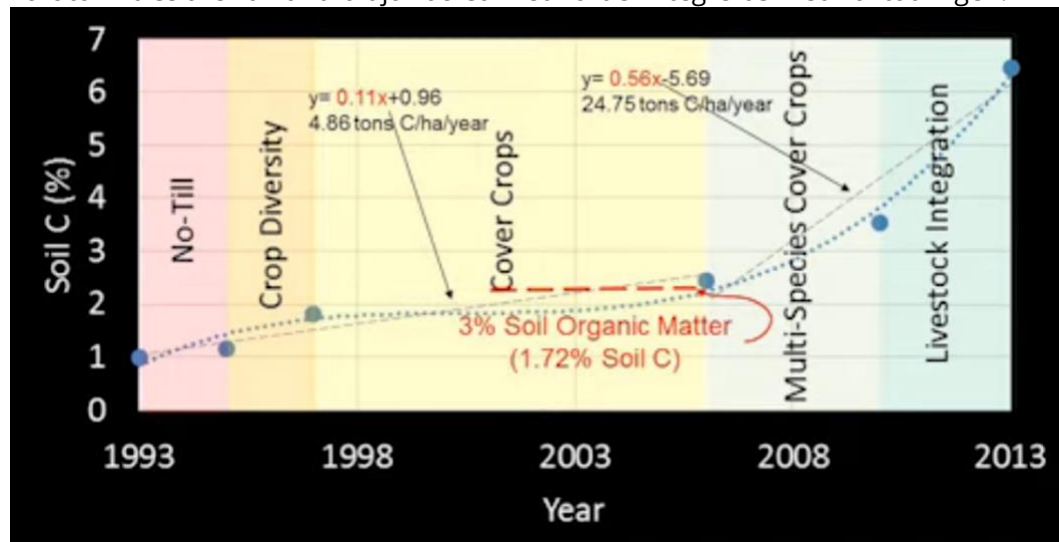
Genom att bland annat

- hålla **markytan grön med levande rötter så stor del av året som möjligt** och maximera utnyttjandet av fotosyntesen, ökar produktionen av biomassa och aktiviteten under jord blir högre. Detta åstadkommes genom botten- och mellangrödor och utvecklade växtföljder, som hakar i varann med minimalt med bar mark emellan. T.ex. när spannmålen mognar är dess fotosyntes väldigt låg. Det kan kompenseras med insådda bottengrödor som då grönskar – helst av flera olika arter. En mellangröda kan också sås så att den utvecklas efter skörd av huvudgrödan och är grön hela hösten och vintern. Förutom att fortsätta mata mikrolivet, tar den också upp kväve från skörderesterna som istället för att läcka ut i naturen kan föras vidare till nästa års huvudgröda när mellangrödan bryts eller vissnar ner.
- ha **mångfald i odlingen med så många arter som möjligt** som representerar flera funktionella grupper byggs ett stort mykorrhiza- och mikrobnätverk upp, som förser växterna med näringsämnen och signalsubstanser, som i sin tur skapar mer stresståliga växter. Kolförrådet i marken växer.
- använda **vall i växtföljden**. Vall består av perenna gräs med inslag av baljväxter. De har djupa rötter. Ju fler växtarter desto bättre för mikrolivets utveckling och därmed för vallen.
- **reducera markbearbetningen** så att livet i marken störs så litet som möjligt. Grödor, t.ex. vall, bryts inte med plöjning utan med grunda bearbetningsmetoder som med s.k. "gåsfötter". Direktsådd tillämpas. Markpackning undviks.
- lägga upp en plan att avveckla användningen av konstgödsel och **på några års sikt helt upphöra med att använda konstgödsel** och därefter upprätthålla en viss kvävegödsling med hjälp av biostimulanter.
- **avveckla användningen av bekämpningsmedel**; fungicider tidigt i processen och vara ytterst restriktiv med pesticider och herbicider och avveckla dem så fort det går.
- tillföra **komposterat eller fermenterat organiskt material** såsom stallgödsel eller grönmassa och tillföra biostimulanter. Biostimulanter kan exempelvis utgöras av kompostthé eller fermenterat material eller av fiskhydrolysat, som påförs på växten ("*priming*") eller på eller grunt i marken. Komposterat eller fermenterat material eller lösningar därav är rikt på "halvfabrikat", signalsubstanser o.s.v. och extra tillskott av kol och näringsämnen.
- **skydda jorden**. Erosion genom regn och vind gör att organiskt material och näringsämnen försvinner från åkern och hamnar på fel ställe där de bidrar till övergödning plus att åkermarken blir mindre bördig. Naken jord ska undvikas, den ska vara täckt med växande gröda eller skyddad av skörderester, vilket inte bara skyddar mot erosion utan också mot hetta och skapar ett bättre mikroklimat för rötter och markliv.
- **integrera** växtodling med djurhållning. Regenerativa metoder på en växtodlingsgård ger resultat, men genom att introducera djur ökar möjligheterna ytterligare. Kolinlagringen tas till nya höjder, vilket framgår av nedanstående diagram, som är en uppföljning av kolhalten på Gabe Browns 1000 ha stora gård i North Dakota. Man kan se hur de regenerativa metoderna utvecklats sedan 1993. Mångfald av mellangrödor (d.v.s. samodling) och introduktion av djur i växtodlingen gav extra skjutsar åt kolinlagringen och därmed jordens bördighet och förmåga

²⁷ Grass: A stockman's crop and how to harvest more of it" (Harland E. Dietz). 1989.

att ta hand om näringstillförsel och göra växterna mer stresståliga. Han har inte använt konstgödsel.

Förutom idisslare kan andra djur också med fördel integreras med växtodlingen.



Kolhalten hos Gabe Brown, North Dakota, som (av ekonomiska skäl inte hade råd med konventionella metoder och) använt regenerativa metoder sedan 1993. Mångfald av täckgrödor (mellangrödor) och integration av boskap i växtodlingen har kraftigt ökat kolhalten i jorden. Observera att tillväxten inte avtagit i något skede.

- organisera betet som **rotationsbete** – där betesmarken är indelad i mindre fällor som betas intensivt under kort tid och dit djuren återkommer först efter en återhämtningstid för växterna. Detta medför att växterna får en chock och skickar intensivare signaler till mykorrhizan om att reparationsarbete måste sättas igång. "Växtpumpen" börjar gå på högvarv. Djuren betar också fler – mindre smakliga – växtsorter än de annars hade, vilket bidrar till att upprätthålla mångfald bland växterna. Det blir mer biomassa och den är av bättre kvalitet. När djuren återkommer är gräset högt och de behöver inte beta alldeles nere vid marken. Risken för parasiter minskar genom att det är långt mellan gångerna och att djuren inte betar ända nere vid marken. Djurhälsan förbättras. Djuren kan med fördel hållas ute så stor del av året som möjligt. Det befrämjar djurhälsan. Under vegetationsperioden så medför bete också snabbare medbrytning av metan.

Rotationsbete kan vidareutvecklas med s.k. "*follow-leader*"-system, där ett djurslag följs av ett annat för att på så sätt maximera utnyttjandet av olika näringsnischer och öka den totala animalieproduktionen.

- anpassa åtgärderna efter **den enskilda gårdens förutsättningar**. Det skiljer i jordmån, topografi, klimat och markens historia och annat som gör att upplägget för den enskilde är unikt.

så kan jordbruket bedrivas uthålligt.

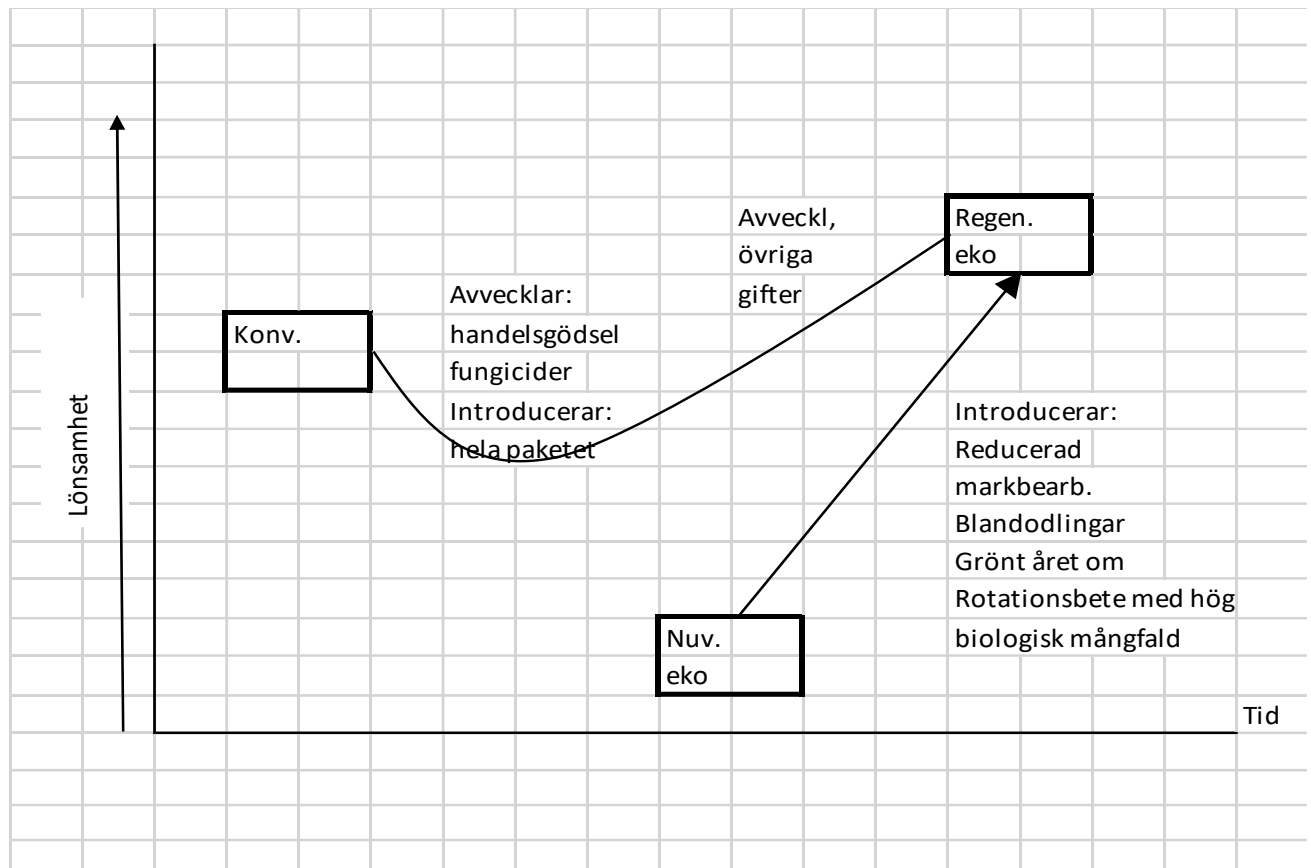
Så blir det - effekter av förändringarna

- Jordstrukturen förbättras med en dramatiskt ökad infiltration och vattenhållande förmåga. Marken tål både torka och skyfall bättre samtidigt som grödan klarar sig bättre vid översvämningar. Avkastningen speciellt torrår ökar. Våta år så blir det mindre vattensjuka

partier. Lustgasavgången minskar kraftigt som en effekt dels av att tillförseln av koncentrerad kvävegödsel upphör, dels av jämnare vattenförhållanden i jorden

- Bördigheten och det organiskt bundna kolet i marken ökar. Uppföljning av kolinlagringen från utländska jordbruk som tillämpat konsekventa regenerativa metoder under många år ger mycket höga resultat²⁸ – framförallt för relativt stabilt kol på nivån 0,3 – 1 m med sitt ursprung i rotutsöndringar och inte från nedbrytning – och där ökningen ser ut att fortsätta år för år.
- Jordens ekosystem motstår effekten av klimatförändringarna bättre. Det gäller både skyfall, torka och extrem hetta.
- Mat har bättre näringsinnehåll. Hög biologisk aktivitet och ett utvecklat mikroliv i marken skapar tillgång till fler näringsämnen.
- Djuren har bättre hälsa, då de får förutsättningar att leva ett mer naturligt liv.
- Förbättrad ekonomi pga mycket lägre kostnader för insatsvaror och mycket mindre traktorkörning. Mångsidigare produktionsinriktning ger riskpridning och förutsättningar till mer lokal förädling.
- Dagens konventionella och ekologiska metoder utvecklas och möts i morgondagens regenerativa ekologiska jordbruk, som utan detaljregleringar klarar av att producera näringsrik och hälsosam mat till den lokala marknaden med minimal klimatbelastning. Den underliggande lönsamheten kommer att förbättras, men kommer i sig inte att räcka för att få upp lönsamheten på acceptabel nivå. För jordbruket kommer – med dagens livsmedelspriser – gårdstöd och bidrag fortfarande att vara nödvändiga tillskott, vilka dock behöver omstruktureras så att ekosystemtjänster (t.ex. biologisk mångfald, kolinlagring) premieras och klimat- och miljöbelastning diskvalificeras ("polluter-pays-principen" ska gälla även för jordbruket).

²⁸ För jordbrukaren och entreprenören Niels Olsen, som var den som först erhöll betalt för kolinlagring i det australiska federala systemet med kolkrediter, uppmättes förändringen av markkol 2019 till 11,2 ton CO₂e/ha och år och till 13,7 ton 2020. Olsen har inte använt fosfor- eller kvävegödsling de senaste 20 åren. Kolinlagringen fortsätter öka. Mätningen skedde ner till 1 meters djup. Mer än hälften av kolet fanns under 30 cm djup och 2/3 av kolet ansågs komma från rotutsöndringar. Se även: <https://www.theland.com.au/story/5981001/money-in-dirt-the-future-of-carbon-farming/>



Referenser till bilaga 1

MCP (Microbial carbon pump)

Liang, C., Schimel, J. & Jastrow, J. The importance of anabolism in microbial control over soil carbon storage. *Nat Microbiol* 2, 17105 (2017). <https://doi.org/10.1038/nmicrobiol.2017.105>

Soil microbial carbon pump: Mechanism and appraisal Chao Liang* Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China *Soil Ecol. Lett.* 2020, 2(4): 241–254 <https://doi.org/10.1007/s42832-020-0052-4>

Fosfor

Plassard C, Becquer A, Garcia K. Phosphorus Transport in Mycorrhiza: How Far Are We? *Trends Plant Sci.* 2019 Sep;24(9):794-801. doi: 10.1016/j.tplants.2019.06.004. Epub 2019 Jul 1. PMID: 31272899.

Biodiversitet

Cappelli, Seraina L., Luiz A. Domeignoz-Horta, Viviana Loaiza, and Anna-Liisa Laine. 2021. "Utilizing Principles of Biodiversity Science to Guide Soil Microbial Communities for Sustainable Agriculture." *EcoEvoRxiv*. May 10. doi:10.32942/osf.io/tm5eh. Denna artikel ger en bra sammanfattning och har en omfattande referenslista.

Bilaga 2 Potential för tillförsel av biobränslen från jordbruket För biogasproduktion från restprodukter

Gödsel

I Tufvesson et al (2013)²⁹ beräknas potentialen för biogas från gödsel uppgå till 2,6 TWh. Då har de räknat med stallgödsel från nöt och svin och att all flytgödsel fångas upp och att en viss mängd av fastgödseln blandas i (det finns begränsningar i maximal halt torrs substans i hygieniseringssteg och i rötningen). Börjesson (2016)³⁰ och i uppföljning 2021) uppskattade potentialen till 2,8 TWh biogas.

Rötresten efter att gödseln passerat röt-kammaren innehåller för växterna lättillgänglig näring och används som gödsel. Utsläppen av växthusgaser är totalt sett mindre vid rötning än vid traditionell lagring även obeaktat att fossila bränslen ersätts. Rötresten har dock en låg C/N-kvot (för lite kol i förhållande till kväve; kolet finns ju i biogasen), vilket stör processerna i marken. Ur jordbrukets synpunkt är det bättre att på gården fermentera gödseln istället för att röta den. Den fermenterade slutprodukten har en C/N-kvot som är närmare optimal och innehåller korta rotexudatliknande kolföreningar, som bidrar till uppsnabbad aktivitet mellan växter och mikroorganismer och en snabbare koluppsättning i marken.

All gödsel ska behandlas för att minska utsläppen av växthusgaser under lagring och spridning. Helst ser vi att den fermenteras, men passar det inte det i det enskilda fallet, så bör den rötas. Betets andel av djurens näringsintag ska också öka, vilket minskar mängden stallgödsel. Potentialen för att tillverka biodrivmedel (biogas) sätts förslagsvis till 1,0 – 1,5 TWh/år.

Halm

I Börjesson (2013) har halmen analyserats med avseende på hur mycket som kan finnas gripbart efter att hänsyn tagits till vad som stannar kvar på fältet och hur mycket som går åt som strö i djurhållningen. I Börjesson (2016) och i den efterföljande uppdateringen av denna i Börjesson (2021) har den gripbara volymen, av den totala volymen halm på 19,3 TWh, identifierats till 3,6 TWh, varav nästan hälften i Skåne och resten i Mälardalen och Västra Götaland. I djurtäta områden som Kalmar län finns inget halmöverskott. Börjeson bedömer att halm-tillgången i ett längre perspektiv sjunker till 2,5 TWh 2050. Prade et al (2017)³¹ kommer till ungefär samma resultat; 16% av all halm som produceras skulle kunna vara tillgänglig för biobränslen. De räknar i termer av biodrivmedel efter produktionsförluster (utbyte 49–79% för biogas) och hamnar på 2,2 TWh.

Med tanke på att av dagens spannmålsproduktion en stor del går till djurfoder och bygger på tillförsel av konstgödsel, en utveckling som vi vill bryta och ersätta med mer kretslopps-baserat jordbruk, så bör vi räkna med mindre tillgängliga halmvolymen för bioenergi, t.ex. 1,2 – 1,7 TWh/år.

Blast och överskottssensilage

²⁹ Tufvesson, L., Lantz, M., & Björnsson, L. (2013). Miljönytta och samhällsekonomiskt värde vid produktion av biogas från gödsel. (LUTFD2/TFEM—13/3077-SE+(1-91); Vol. 86). Miljö- och energisystem, LTH, Lunds universitet.

³⁰ Börjesson, P. (2016). Potential för ökad tillförsel och avsättning av inhemsk biomassa i en växande svensk bioekonomi. Lund University. Department of Technology and Society. Environmental and Energy Systems Studies.

³¹ Thomas Prade, Lovisa Björnsson, Mikael Lantz & Serina Ahlgren (2017) Can domestic production of iLUC-free feedstock from arable land supply Sweden's future demand for biofuels?, Journal of Land Use Science, 12:6, 407-441, DOI: 10.1080/1747423X.2017.1398280

Prade et al (2017)³ beräknar att blast från sockerbetor och potatis skulle kunna bidra med 0,5 TWh biogas vid 80% insamling. De gör också en beräkning av s.k. överskottsensilage som motsvarar inte mindre än 11% av hela biomasseproduktionen på vall och bete och är en teoretisk beräkning av skillnaden mellan produktion och vad djuren egentligen skulle behöva. Det är ett tveksamt synsätt. "Överproduktionen" kommer ju att gå åt och bara en mycket liten del blir i praktiken kasserad.

Även här bör vi tänka på möjligheten för den enskilda gården att kunna ta hand om restprodukterna genom fermentering och dra ner potentialen för biogas till maximalt i storleksordningen 0,3 TWh.

För biogasproduktion från grödor

Varken Börjesson eller Prade et al talar om biobränslen från dedikerade odlingar av t.ex. spannmål och sockerbetor utan bara om restprodukter av något slag. Förslaget till ny taxonomi klassar enbart biodrivmedel baserade på grödor, som inte kan användas som människoföda eller foder, som hållbara. Fordon som släpper ut koldioxid ur avgasröret klassas som inte hållbara. Taxonomin är inte fastställd än. Sverige har skattebefrielse på biogas till 2030. Däremot är det högst tveksamt om skattebefrielsen på rena biodrivmedel som HVO100 eller FAME/RME kan upprätthållas, vilket kan påverka traktorbränslen i jordbruket.

Mellangrödor, ekologiska fokusarealer

Prade et al (2017)³ gör en beräkning av potentialen grönmassa från mellangrödor som hinner sås efter skörd av huvudgrödan och tillväxa och skördas innan vintern. De baserar beräkningen på området söder om 61 breddgraden och selekterar fram de arealer och växtföljder som har ett tidsfönster som möjliggör skörd efter huvudgrödan och beaktar sjunkande avkastningen från söder till norr. De förutsätter att mellangrödan gödslas, vilket är i strid med gällande bestämmelser, och kommer fram till en potential motsvarande 2,2 TWh biogas. Här kan anmärkas att ett sådant synsätt förutsätter ett ännu mer intensivt och industriellt utnyttjande av marken med en gröda i taget. Mellangrödor är ett viktigt inslag i det regenerativa jordbruket, inte bara för att hålla grönt året om, utan även i samodlingar. Det kan inte uteslutas att vissa bönder finner det ekonomiskt och lämpligt att skörda den för biogas. Andra sätt att utnyttja mellangrödor (inklusive bottengrödor och samodlade mellangrödor) är att låta de vissna ner och förmultna, låta djur beta dem eller skörda för grüngödsel, t.ex. för att fermentera. Som underlag för biogas borde vi därmed räkna med väsentligt mindre än i ovanstående bedömning, säg max 1 TWh.

Med dagens bidragssystem måste jordbrukare i slättbygderna för att få förgröningsstöd, under vissa förutsättningar, sätta av ekologiska fokusarealer för ökad biologisk mångfald på minst 5% av åkerarealen och hålla undan dem från produktion. Prade et al (2017) bedömer att det finns en potential på 2,2 TWh biogas genom att skörda på dessa arealer. Arealerna är avsatta för den biologiska mångfaldens och andra miljömåls skull, men det är tillåtet att skörda grödan för energiändamål. Även Börjesson (2021) har med denna möjlighet.

Vall på övergiven jordbruksmark och på träda

I en studie publicerad 2016 beräknades övergiven åkermark, som skulle kunna brukas igen, uppgå till 88 000 ha³², varav 65% av ytan avsåg skiften på mer än 1 ha. Under antagandet att hela arealen skulle användas för lågintensiv vallodling utan gödning och med en skörd per år, så

³² Olofsson, J. & Börjesson, P. (2016) Nedlagd åkermark för biomassaproduktion – kartläggning och potentialuppskattning. Report No 2016:01, f3 The Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuels and Foundation, Sweden. Available at www.f3centre.se

beräknar Prade et al (2017) biogaspotentialen rent tekniskt till 1 TWh. Det är en ekonomisk fråga om de arealer som övergetts för ekonomins skull åter kan börja odlas.

Ungefär 150 000 ha av åkerarealen ligger i träda som en del av växtföljderna. Om samma antaganden görs här som för övergiven åkermark, med det undantag att skörden antas ligga 10% istället för 30% under vad en normal åker avkastar, så skulle den extra vallodlingen ge 2,3 TWh³. Med tanke på ambitionen att hålla grönt året om och att vall består av perenna växter och är ett viktigt inslag i den regenerativa odlingen, så borde detta vara en åtgärd som ska eftersträvas, och bidragssystemen utformas så att åtgärden gynnas.

För biogasproduktion från andra organiska restprodukter

I Börjesson (2021) bekräftas tidigare bedömning om en potential om ökad produktion med sammanlagt 1,5 TWh biogas från matavfall och slam från reningsverk och cirka 1 TWh från avfall från livsmedelsindustrin.

Summa bedömd maximal biogasproduktion genom rötning

Restprodukter från jordbruket som gödsel, halm, blast och överskottssensilage plus organiska restprodukter från andra sektorer skulle alltså maximalt kunna ge 5-6 TWh biogas utöver dagens produktion på 2 TWh. Det svenska målet att producera 7 TWh biogas genom rötning kräver således – så som vi ser det – maximalt utnyttjande av de restprodukter vi bedömer kan finnas tillgängliga.

iLUC-fria grödor³³ – exempelvis de mellangrödor och vall på övergiven mark och träda som nämns ovan – blir antagligen nödvändiga för att nå det uppsatta målet. Idag är det inte lönsamt. En annan möjlighet är att utveckla system för att skörda bladvass. Om resterna efter rötning av bladvass läggs på åkern, är det ett sätt att cirkulera näringsämnen som annars skulle förorsaka övergödning. Här finns potential om tekniken kan utvecklas. Ekonomiska styrmedel borde undersökas. Det finns ett samhällsintresse i att fånga upp dessa näringsämnen.

Fasta biobränslen

Energiskog med Salix på åkermark

Arealen Salix uppgår idag till inte mer än drygt 8 000 ha och är sjunkande. Odlingen kräver god mark och tämligen mycket gödsling och ogräsbekämpning. Det är svårt att få lönsamhet i annat än odlingar som ligger nära värmeverk och helst också nära verksamhet som kan leverera slam eller rötrest att gödsla med. Där kan odlingarna också spela en roll som vegetationsfilter. Med dessa produktionsmetoder och begränsningar är det svårt att se några större volymer med Salix.

Trädplantering på övergiven jordbruksmark

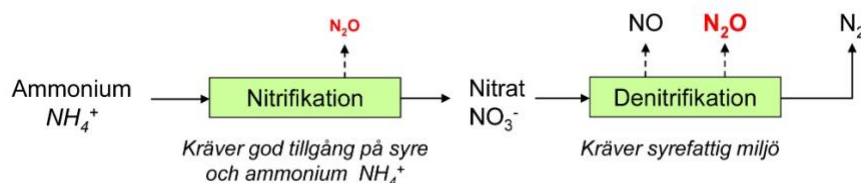
Statistiken om övergiven jordbruksmark är bristfällig. Vi vet egentligen inte hur stor arealen är och i vilken status den befinner sig. 2016 publicerades en beräkning⁴ som kom fram till att det då fanns 88 000 ha som varit åker och som åter skulle kunna bli åker. 86% av arealen var skiften större än 0,5 ha och 65% större än 1 ha. Ovan redogörs för en beräkning av hur mycket vall som skulle kunna skördas vid lågintensiv återodling. Alternativ användning är trädplantering eller beskogad betesmark. Perioden fram till 2035 kan ge bara marginella trädbränsletillskott.

³³ iLUC = Indirect Land Use Change, d.v.s. som inte förorsakar en ökad efterfrågan på jordbruksmark som driva exploatering någon annanstans.

Bilaga 3 Lustgasutsläpp från mark vid odling

Uppgifterna har hämtats från Henriksson, M., Stenberg, M. & Berglund, M. Lustgas från jordbruksmark. Hushållningssällskapet Halland. 2015.

Lustgas bildas när kväve i form av organiskt material och andra kemiska föreningar bryts ner och mineraliseras i marken. Lustgas bildas framför allt i de mikrobiologiska processerna som benämns nitrifikation och denitrifikation. Nitrifikation innebär att ammonium oxideras till nitrat i syrerik miljö. Denitrifikation sker i syrefattig miljö där nitrat och nitrit reduceras till gasformiga kväveföreningar.



Nitrifikationsprocessen är syrekrävande och utförs av olika ammoniumoxiderande bakterie- och arkéer-arter. Denitrifikationsprocessen utförs av en mer varierad flora av olika mikroorganismer (bakterie-, arkéer- och svamparter) som kan reducera nitrit (NO_2^-) och nitrat (NO_3^-) till kväveoxid (NO), lustgas (N_2O) och slutligen ren kvävgas (N_2). En betydande del av de denitrifierande mikroorganismerna har dock inte de enzym som krävs för att reducera lustgas till kvävgas vilket innebär att slutprodukten istället är lustgas. Denitrifikationen är i allmänhet den största källan till lustgasutsläpp. Variationer i markmiljö och markstruktur selekterar fram olika typer och arter av mikroorganismer. Mikroorganismssamhällena är platsspecifika och skiljer sig åt inom fält, både i stor skala och på mikronivå. Risken för lustgasbildning varierar därmed även inom ett fält.

En sammanställning av lustgasmätningar som gjorts runt om i världen visade att lustgasavgången ökade med ökad kvävetillförsel, framför allt när kvävetillförseln var >100 kg N/ha och år (sid. 7). Detta samband är dock tydligast i stor skala. På global nivå kan man visa ett linjärt samband mellan kvävetillförsel och lustgasavgång, men detta samband avtar och blir mer otydligt på region- och fältnivå.

Kväve kan tillföras marken i form av mineralgödsel, stallgödsel eller andra organiska gödselmedel samt nedbrukade växtrester. Nedbrukning av växtrester stimulerar lustgasavgång minst lika mycket som kväve från mineralgödsel.

Relationen mellan tillfört kväve och grödans kväueupptag har stor betydelse. Överoptimala givor sker när markens eller stallgödselns kväveleverans underskattas och/eller förväntad skördenivå överskattas. Det är därför viktigt att behovsanpassa kvävegödslingen. En sammanställning som gjordes av gödselgivor till vete under fyra år, visade att en majoritet av skiftena tillförts överoptimala kvävegivor om i medeltal 30-40 kg N/ha (sid 19).

Det är också känt att ju närmare optimal kvävegiva man kommer, desto lägre blir utbytet av extra tillfört kväve. Även om ökade kvävegivor ökar skördepotentialen så har man i höstveteodling sett att det är de "halvintensiva" odlingssystemen som ger bäst odlingsekonomi.

Förutom kväve behöver de denitrifierande mikroorganismerna tillgång till lättillgängligt kol. Ju mer lättillgängligt markens innehåll av kväve och kol är, desto större och varaktigare blir lustgasavgången. Nitratkväve kan ackumuleras i marken i samband med att det organiska

materialet bryts ner Detta sker framför allt vid tillförsel av mineralgödsel, stallgödsel och annan kväverik organisk gödsel. Men även vid jordbearbetning och nedbrukning av växtrester, särskilt kväverika sådana som t.ex. vall, gröngödsling, fånggröda, baljväxter och sockerbetsblast.

När kritiska årsmåns- och väderperioder sammanfaller med de odlingsrelaterade riskperioderna blir risken för lustgasavgång som allra störst. Detta sker framför allt t.ex. • vid gödsling tidigt före sådd, d.v.s. när det inte finns en gröda som kan konsumera tillfört kväve, • när hela säsongsgivan av kväve till vårsådd ges tidigt • när kvävegödsling följs av kraftiga regn • vid nedbrukning av växtrester tidig vår och sen höst • efter jordbearbetningar sen höst • vid fältkörningar under ogynnsamt blöta markförhållanden höst och tidig vår.

En växande gröda mellan huvudgrödorna minskar risken för höga koncentrationer av nitratkväve i marken och därmed risken för lustgasbildning, särskilt under vinterhalvåret när vattenhalten i jorden är högre. Markförhållandena och metoden för nedbrukning av fång-/mellangrödan är dock avgörande för risken för lustgasbildning i samband med att fång-/mellangrödan bryts.

Med rätt val av spridningsteknik kan risken för lustgasbildning minska och tillfört kväve utnyttjas bättre. Det handlar mycket om att minska risken för onödigt höga koncentrationer av nitrat i marken. Spridningstekniken har störst betydelse för att minska riskerna vid spridning av organiska gödselmedel. Stallgödsel ökar risken för lustgasavgång jämfört med mineralgödsel, uttryckt som gram lustgas per kg tillfört kväve eftersom organiskt material bryts ner under hela året, och därmed förser maken med mineralkväve, oavsett om där finns en gröda som tar upp kvävet eller inte.

Spridning av behandlad stallgödsel, t.ex. gödsel som rötats i en biogasreaktor, har i flera försök visat ge lägre lustgasemissioner än spridning av obehandlad stallgödsel. Ammoniakavgången, och därmed den indirekt lustgasavgången, riskerar däremot att bli högre från rötad stallgödsel, så den totala klimatpåverkan vid tillförsel av rötad eller obehandlad kan därför vara densamma.

Betesgödsel: Lustgasavgången kan bli särskilt stor på de ytor där djuren gödslar. Det är framför allt den kväverika urinen som ger lokalt höga koncentrationer av lättillgängligt kväve på liten yta när den tränger ned i marken. Lustgasmätningar på Nya Zeeland under den blöta senhöst- och vintersäsongen visade signifikant lägre lustgasavgång där korna betade 6 timmar per dag än från mark där korna betade dygnet runt. Den lägre lustgas-avgången från 6-timmarsbetet förklarades med mindre kvävetillförsel och mindre markpackning. I en annan studie i Västsverige mättes lustgas från utfodringsplatser på rotationsbete på vintern. Här kunde man inte se några skillnader mellan olika hårt trampade ytor. Lustgasavgången var generellt mycket låg, sannolikt p.g.a. mycket blöta markförhållande (fullständig denitrifikation) och låga temperaturer.

Biologisk kvävefixering och nedbrytning av växtrester från klöver bidrar sannolikt mycket lite till den totala lustgasavgången från vallar. Detta framgick av en irländsk studie av gödslad och ogödslad permanent rajgräs/vitklövervall (sid. 24).

Plöjning: Det finns studier som visat att plöjning ökar risken för lustgasbildning jämfört med obearbetad/direktsådd mark, särskilt när jordarna från början är väl-dränerade och opackade. Är syretillförseln i marken dålig, kan plöjning minska risken för lustgasavgång. Plöjning av täta och packade jordar har en luckrande och därmed en luftande och dränerande effekt som motverkar risken för högre lustgasavgång. Reducerad markbearbetning på dåligt dränerad åkermark, särskilt i nederbördsrika områden, kan alltså öka risken för lustgasbildning.

Markpackning och bristande dränering: att vatten blir stående under längre tid när nederbörden är riklig och regnperioderna långvariga medför att denitrifierande mikroorganismer gynnas i de syrefattiga miljöerna under längre tid. En bra fungerande dränering leder dessutom till andra positiva effekter som minskar risken för lust-gasbildning, t.ex. minskad risk för markpackning, bättre kväveutnyttjande, jämnare upptorkning på våren och bättre skördeförhållanden. Som exempel växer de flesta grödor sämre vid låg syretillgången i marken, orsakad av t.ex. hög vattenhalt, vilket medför att deras upptag av nitratkväve minskar.

Fasta körspår är en metod för att minska markpackningen.

Henriksson et al (2015) sammanfattar faktorer för lustgasbildningen så här:

Faktorer	Risken för lustgasbildning ÖKAR...	Risken för lustgasbildning MINSKAR...
Mark och platsbundna faktorer		
Syretillgång i marken relaterad till vattenhalt	... vid låg syretillgång, d.v.s. vid hög vattenhalt. Störst lustgasbildning när markporerna är fyllda till 60-80 %.	... vid hög syretillgång, d.v.s. låg vattenhalt eller vid vattenmättnad.
Väder	... vid mycket nederbörd och töperioder.	... under torra förhållanden.
Marktemperatur	... vid höga temperaturer som kan öka denitrifikationen.	... vid låga temperaturer som till viss del minskar denitrifikationen.
Jordart	... vid hög mullhalt och på organogena jordar. Hög lerhalt ökar markens vattenhållande förmåga, andelen mikroporer och därmed potentiellt syrefattiga zoner vilket kan öka risken för denitrifikation.	
pH	... vid låga pH-värden. Låga pH-värden ökar andelen lustgas i förhållande till kvävgas (kvoten $N_2O/(N_2+N_2O)$ ökar).	... vid höga pH-värden.
Påverkbara faktorer		
Kvävetillförsel	... vid höga/överoptimala kvävegivor. ... vid höga halter av NO_3^- i markprofilen. ... vid stallgödseltillförsel, då lättillgängligt kväve och kol tillförs samtidigt och för att organiskt N mineraliseras succesivt.	... vid låg/optimal kvävetillförsel. ... vid låga halter av NO_3^- i markprofilen.
Nedbrukning av växtrester	... vid nedbrukning av stora mängder växtmaterial (särskilt färskt som vall och fånggröda), p.g.a. tillförsel av kväve och minskad syretillgång vid nedbrytning	... vid nedbrukning av växtmaterial när nedbrukningen följs direkt av en växande gröda. ... ju torrare jorden är. ... sannolikt även vid grund nedbrukning.
Reducerad jordbearbetning	... om jordarna är struktursvaga eller packad, p.g.a. att syretillgången minskar.	... om jordarna har bra markstruktur.
Markpackning	... vid ökad markpackning, p.g.a. att syretillgången minskar.	... vid bra markstruktur.
Dränering	... när dräneringen är dålig, p.g.a. att syretillgången minskar.	... om dräneringen är bra.