Artur Granstedt den 11 april 2022, uppdaterat september 2022

Hur biodynamisk odling kan bidra till att minska den globala uppvärmningen och samtidigt verka gynnsamt på markens bördighetsegenskaper, skördar och odlingsprodukternas kvalitetsegenskaper

Sammanfattning

1. Kolet, som nu ökar i atmosfären i form av koldioxid, kan bara återigen bindas genom allt det levande som växer på jorden. Det är balansen mellan förbränning av kolet (fossilt bundet i olja gas och kollager och det kol som finns i jordar och växtlighet) och fotosyntesen som måste återställas, om vi ska kunna förhindra en fortsatt ökning av koldioxid i atmosfären.

   Det var under den stora klimatkonferensen i Paris år 2015, som den dåvarande franske jordbruksministern Stéphane Le Foll lanserade det så kallade 4-promillemålet.

   – *En ökning av det lagrade kolförrådet i världens jordar med 4 promille per år skulle kunna kompensera för människoskapade utsläpp,* enligt ministern. Med ökade halter av organiskt material i jorden så skulle detta också förbättra jordarnas bördighet och dess förmåga att binda vatten – och därmed öka motståndskraften mot de klimatrelaterade problemen.

2. Utsläppen av växthusgaser per capita i Sverige ligger bland de högsta i världen, då vår import av konsumtionsvaror inkluderas, vars utsläpp sker i andra länder. Detta gäller inte minst vid livsmedelsförsörjningen, som baseras på en stor import av livsmededel och förnödenheter, såsom foder och mineralgödsel. Hela 65 % av utsläppen kommer från importerad konsumtion, där utsläppen sker i andra länder.

3. I Sverige bidrar jordbruk och matförsörjning med 16% av den konsumtionsbaserade belastningen av klimatgaser. Då är även importerade drivmedel, mineralgödsel och fodermedel inräknade. Detta trots att jordbruket baseras på fotosyntetiskt bindande av koldioxid i atmosfären som tvärtom skulle kunna motverka den globala uppvärmningen.

4. Totalt har 23 exempelgårdar från norr till söder i Sverige studerats de senaste två åren. Gemensamt för dessa gårdar är att de tillämpar det som benämns för *Ekologiskt kretsloppsjordbruk.* Av de 23 exempelgårdarna i undersökningen är 8 gårdar fullt ut biodynamiska i den bemärkelsen att de också använder de biodynamiska preparaten.

5. Samtliga gårdar har en stor andel fleråriga vallar och beten med en hög andel vallbaljväxter, som både binder kväve genom symbiotisk kvävefixering och kol ur luften genom fotosyntesen, och de har djupa rotsystem ned till en meter som ackumulerar kol och organisk substans i marken. För vallodlingen och humusuppbyggnaden krävs både kol och kväve.

6. Växtnärings- och klimatbalanser utarbetades i enlighet med den standard som tillämpas i den svenska lantbruksrådgivningen med ett program som benämns *Greppa näringen*. Denna har kompletterats med beräkning av kolinlagringen i marken i enlighet med de studier med isotopmärkt kol som utförts vid *Sveriges Lantbruksuniversitet* i projektet *Åkermarkens ekologi* som visat att 35 % av till marken tillfört organiskt material omformas till stabilare organiska humussubstanser. Flera långliggande studier och inventeringar av halterna i svenska jordar, styrker dessa resultat.

7. Gårdsstudierna visar på den potential som här finns för att minska jordbrukets klimatbelastning med mer än 90%. Då dessa gårdar ska klara av att vara helt självförsörjande och endast använda grovfoder (gräs och baljväxter) så utgör jordbruket det man kan kalla en kolsänka d.v.s. det bidrar till att minska mängden koldioxid i atmosfären.
   Växtnäringsflöden och klimatbalans på den biodynamiska exempelgården Nibble gård, med en grovfoderbaserad mjölkproduktion, har på samma sätt som övriga gårdar i studien *större* beräknad kolinlagring än emissioner av växthusgaser. Det är inklusive de emissioner som sker från djurhållningen och de utsläpp som här sker av metangas och kväveföreningar. Detta beror här på den höga självförsörjningsgraden och låga inköpen som här är till och med lägre än de övriga jämförelsegårdarna som ingått i studien.

8. De principer som här har beskrivits för ett *ekologiskt kretsloppsjordbruk* motsvarar väl det jordbruk som Rudolf Steiner beskriver i sin kurs för lantbrukare i Koberwitz i nuvarande Polen pingsten år1924, och som nu tillämpas under namnet biodynamisk odling. Biodynamisk odling kan betraktas som en vidareutveckling av det växtföljdsjordbruk som skapades före jordbrukets kemiska industrialisering under början av 1900-talet men innebär också betydande steg vidare från det som här beskrivs som en självförsörjande lantbruksorganism. En fullständig tillämpning av den biodynamiska odlingen finns på åtta av projektets 23 exempelgårdar.

9. Långliggande fältförsök med jämförelser mellan biodynamisk, ekologisk och konventionell odling initierades redan år 1958 i Järna, av pionjären för det biodynamiska arbetet, agronom *Bo D. Pettersson* i samarbete med *Magda Engkvist* som introducerade den så kallade *Biokristallisationsmetoden* i den biodynamiska forskningen här i Norden.

10. Resultaten från dessa svenska långliggande försök låg sedan till grund för ett samarbete mellan *Nordisk forskningsring för biodynamisk odling* och dåvarande *lantbrukshögskolan* (nuvarande Sveriges Lantbruksuniversitet i Ulltuna utanför Uppsala). Jämförelsen mellan biodynamisk och konventionell odling ledde så fram till den första doktorsavhandlingen inom den alternativa odlingen och fick stor betydelse för genombrottet för det som senare fick benämningen alternativ och senare benämningen ekologisk odling i Sverige och i övriga Norden.

11. Trots svårigheterna att förstå hur de av Rudolf Steiner utvecklade och presenterade preparaten (år 1924 i *Lantbrukskursen)*, så är deras verkan numera väl vetenskapligt dokumenterade i mätbara försök. Det var år 2002 som genombrottet kom, då en av världens främsta fackvetenskapliga tidskrifter *Science*, publicerades resultaten från det så kallade DOK-försöket. Där hade tre odlingssystem – biodynamisk (D), organisk (O) och konventionell (K) odling – jämförts under 18 år vid det delvis statligt finansierade

Schweiziska Research Institute of Organic Agriculture (FiBL). Därvid hade man statistiskt säkerställt att mängden organisk substans i form av organiskt bundet kol jämte andra mätbara biologiska egenskaper var högre i de biodynamiskt behandlade försöksparcellerna, jämfört med de organiskt gödslade, utan användning av kompostering och de biodynamiska, från växt-och djurrikena beredda preparaten.

12. Tidigare resultat bekräftades här från det biodynamiska forskningsinstitutet i *Darmstadt*. Den organiska substansen i marken var där högre i de organiskt gödslade behandlingsleden, men högst där utöver kompostering, även de biodynamiska preparaten hade använts. Under den tiden utfördes även rotstudier i höstråg, inom ramen för ett doktorandarbete, vars resultat publicerades i en doktorsavhandling vid *Giessen University* i Tyskland. Där hade forskaren *Hans Bachinger* kunnat påvisa att genomträngningen med rötter var signifikant högre i det biodynamiskt odlade behandlingsledet i matjorden (0–25 cm) och i den djupare delen av markskiktet (25–55 cm) i jämförelse med organisk gödsling med allting i övrigt lika, förutom att de biodynamiska preparaten hade använts. Här visades ett möjligt samband mellan rotutveckling och uppbyggnad i den organiska substansen och därmed en högre bindning av kol i marken, vid användning av de specifikt biodynamiska behandlingarna.

13. Från ekologiskt kretsloppsjordbruk till anläggning av exaktförsök i den *biodynamiska gårdsorganismen*. I Lantbrukskursen framställde Rudolf Steiner gården som något mer än ett ekosystem, som en individualitet, som så långt som möjligt skall vara självförsörjande. Tillförs medel utifrån så ska det betraktas som läkemedel. Varje gård utgör ytterst en grund för att förverkliga människan att ge den näring vi människor behöver för att komma vidare både i vår egen och i gårdens utveckling. Detta bör vara av särskilt stor betydelse om man anlägger försök där man skall prova de biodynamiska preparaten som skall tillföra de kosmiska allomfattande krafter som preparaten förmedlar, och som skall bli till näring för både jordens och människans utveckling.

14. Ett nytt jämförande försök initierades år 1991 på gården Skilleby i Järna, som efter fem år omfattade samtliga skiften på gården. Frågeställningen gällde betydelsen av kompostering eller icke kompostering, samt vid användandet av de biodynamiska preparaten för skördarnas storlek, markens bördighet och produkternas kvalitet inom en enskild gårdsorganism där både foder och gödsel cirkulerade in en och samma gård.

15. Fem år av sex var skördarna av höstvete högre vid användandet av de biodynamiska preparaten i behandlingsleden med komposterad gödsel. Merskörden var i genomsnitt 5% för hela perioden och den var signifikant högre under de åren med särskilt dåliga tillväxtbetingelser. Resultat från andra försök bekräftade här att preparatverkan är systemrelaterad på så sätt att preparaten verkar skördehöjande under betingelser då skörden är lägre än normalskörd

16. Den organiska substansen i marken ökade i samtliga försök 1991 till 2005, mätt som organiskt kol. På två av skiftena kunde en signifikant ökning fastställas vid användandet av komposterad gödsel och även vid användandet av de biodynamiska preparaten. Ökningen var i genomsnitt 400 kg C per ha och år på skifte 1 där försöket startade och

pågick i tre växtföljdsomlopp från 1991–2005. Det motsvarar cirka 1,5 ton koldioxid-ekvivalenter per ha och år som bundits i marken från atmosfären.

17. Trots svårigheterna att förstå hur Rudolf Steiners preparat verkar (Lantbrukskursen 1924), så är deras verkan numera väl vetenskapligt dokumenterade i mätbara försök. Effekterna av preparaten har enligt senaste uppgifter jag har tillgång till presenterats i 19 avhandlingar vid olika universitet, samt vid fyra långtidsstudier och många vetenskapligt granskade publikationer under de senaste 50 åren. Antalet vetenskapligt granskade publikationer fortsätter att öka.

18. *Frågan är nu, hur preparaten kan ha sådana effekter?* Den är mycket motiverad med tanke på att mängder av endast 100 gram horngödsel och 4 gram hornkisel tillförs per hektar. Därutöver användes kompostpreparat av små mängder läkeväxter preparerade i olika djurorgan, vilka läggs in i komposterna under minst tre månader av komposteringstiden. Ur ett traditionellt naturvetenskapligt perspektiv, så är det svårt att föreställa sig verkningarna av så pass små mängder, och från den traditionella forskningen har resultat som visar verkningarna av de biodynamiska preparaten ignorerats. En hypotes om preparatens strålningseffekt bygger direkt på Steiners uttalanden i lantbrukskursen (1924), där han själv talade om kompostberedningarnas kraftstrålning i en dynghög i svaret på frågorna efter den femte föreläsningen.

19. Forskaren *Ingo Hagel* implementerade denna information i försök där han svetsade in preparaten i förslutna provrör. Provröret placerades allra längst ned i ett planteringskärl med jord-sandblandning, så att varken frön eller substrat hade direkt kontakt med preparatämnet. Efter sådana experiment rapporterade Hagel (1988) om preparatens inverkan på fröns groning och fann därmed att hypotesen om strålningseffekten bekräftades.

20. Dr. *Manfred Klett*, som tidigare var ledare för arbetet inom lantbrukssektionen i Goetheanum, genomförde redan på 1960-talet studier med olika grad av skugga till olika kulturväxter. Här visades att det biodynamiska hornkiselpreparatet verkar kompensatoriskt för mindre tillgång till solljus.

21. Dessa resultat har reproducerats i fleråriga försök gjorda vid universitet i Bonn i samverkan mellan forskarna Dr. *Jürgen Fritz* och professor *Ulrich Köpke* som visar hornkiselpreparatet ljusförsärkande effekt i ljus-/skuggaförsök genom inverkan på bildningen av det tillväxtreglerande hormonet *Gibberelinsyra*.

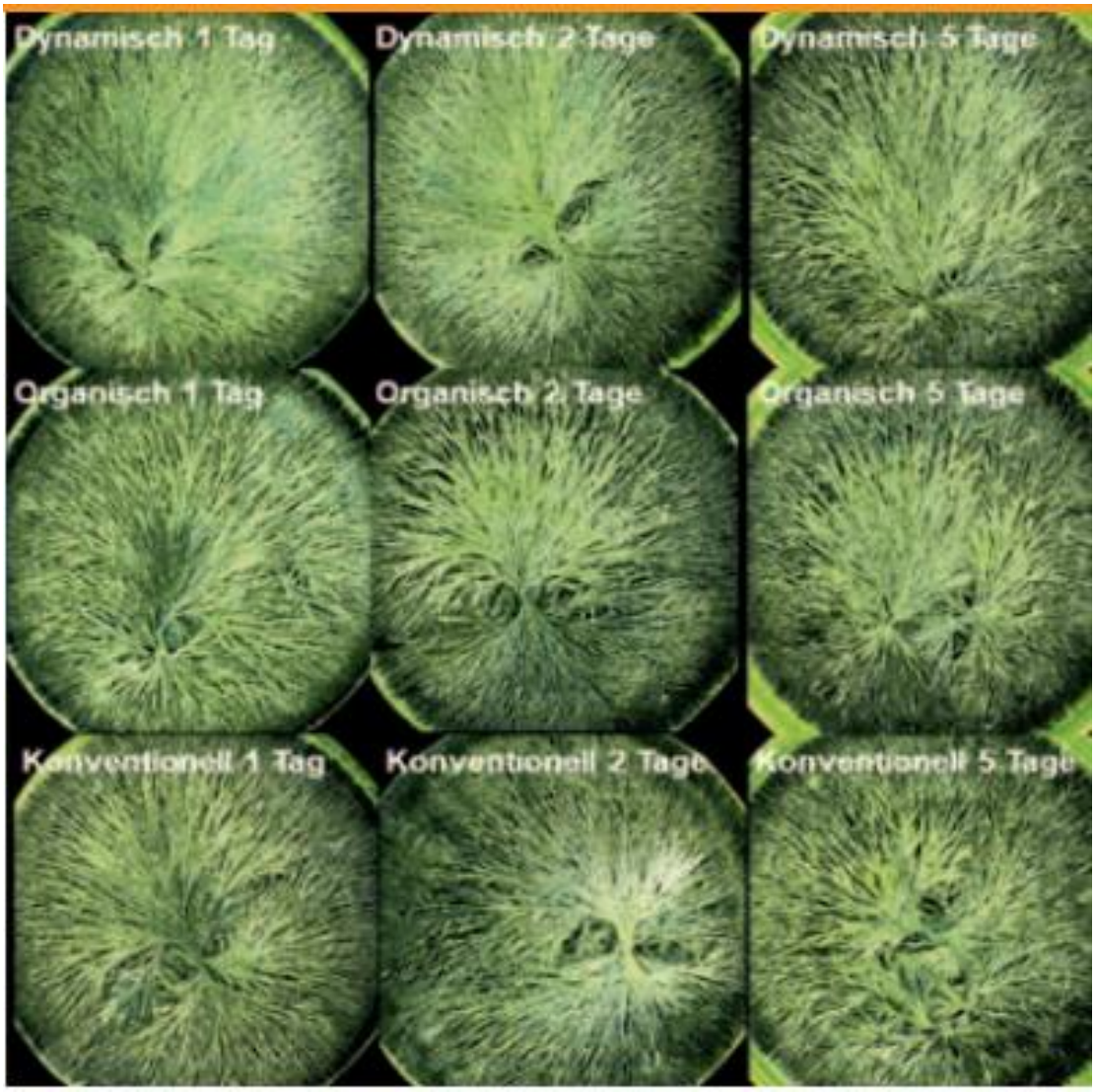
22. De kvantitativt väg- och mätbara försöksresultaten från undersökningar av de biodynamiska preparatens verkningar uppfyller kriterierna vad gäller statistisk säkerhet och upprepbarhet. Men förklaringen till dessa verkningar ligger utanför det väg- och mätbaras område. Att formbildande krafter är något som verkar utöver de fysiska krafterna, blir uppenbart då livet upphör att verka. När organismen dör, faller den sönder i sina oorganiska mineraliska beståndsdelar som återigen blir underkastade enbart de fysiska oorganiska lagbundenheterna.

23. *Ehrenfried Pfeiffer* beskriver hur de som forskare sökte efter metoder för att kunna påvisa och studera verkningar av de formbildande krafterna i det levande. Av Rudolf

Steiner, fick han rådet att arbeta med kristalliserande mineralsalter. Frukten av dessa försök blev *kopparkloridkristallisationsmetoden*, som används i biodynamisk forskning. Denna metod kan även användas för studier av de formbildande krafterna i organvävnader från djur och människor samt blod och användes också inom det medicinska området.

24. Kristallmönstren förändras genom åldrande. Här har druvsaft förvarats i kylen vid 6 °C i flera dagar. Bilderna av biodynamisk variant visade mindre tecken på sönderfall av strukturen genom åldrandet än bilderna av den organiska varianten.

    Degradering av form bildningen på grund av åldrande i odlingsmetoderna visade sig ske i olika takt i följande ordning: Biodynamisk < Ekologisk < Konventionell. Kodade druvjuiceprover från 37 av 39 behandlingsled från de fem odlingsåren 2006 till 2010 kunde matcha odlingsmetoderna i den undersökning som gjordes vid universitetet i *Geisenheim*. Avsmakning med gradering av aromens styrka gav samma resultat vad gäller den inbördes ordningen. Formationsnivå är ett exempel på större motståndskraft mot nedbrytning som förstärks genom att använda biodynamiska preparat i odlingen.



Hur biodynamisk odling i jordbruket kan bidra till att minska den globala uppvärmningen

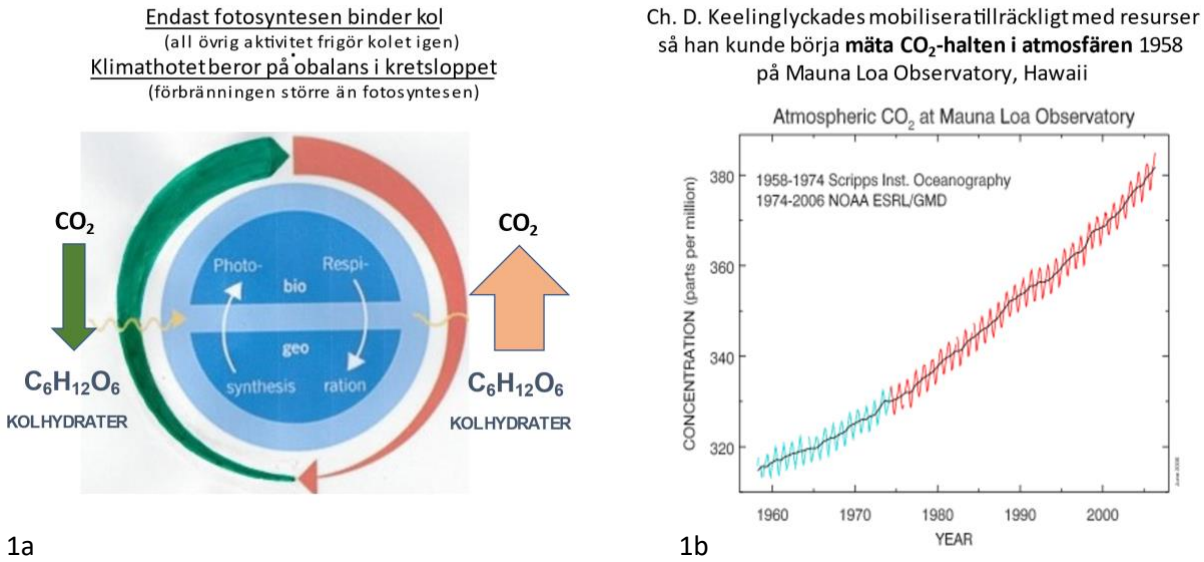
Agronomie doktor Artur Granstedt

Kolet, som nu ökar i atmosfären i form av koldioxid, kan bara återigen bindas genom allt det levande som växer på jorden. Det är balansen mellan förbränning av kolet (fossilt bundet i olja gas och kollager och det kol som finns i jordar och växtlighet) och fotosyntesen som måste återställas, om vi ska kunna förhindra en fortsatt ökning av koldioxid i atmosfären (Figur 1).

Förbränningen och utandningen av fossilt och organiskt lagrat kol på jorden är årligen större än vad som åter binds genom fotosyntesen på jorden (1a). Därför ökar varje år mängden koldioxid i atmosfären med fyra miljarder ton, i en årlig rytm som framgår av den berömda Keelingkurvan (1b). Den ökande globala uppvärmningen kan ej stoppas med mindre än att balansen mellan fotosyntesen i allt växtliv på jorden (i haven och på jorden) kan motsvara vad som avges genom andning och förbränning.

Det var under den stora klimatkonferensen i Paris år 2015, som den dåvarande franske jordbruksministern *Stéphane Le Foll* lanserade det så kallade 4-promillemålet.

Bakgrund – Klimathot och balans Fotosyntes– Förbränning/Respiration



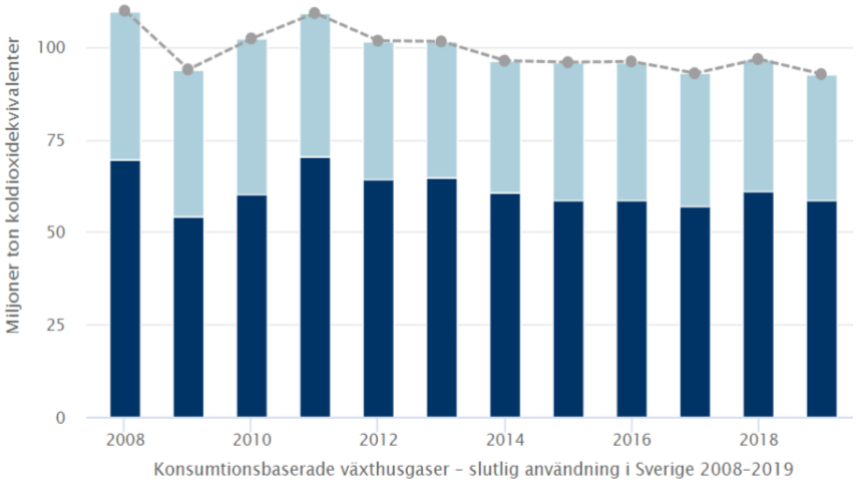
1a 1b

Figur 1a. Årligen är förbränningen och utandningen av fossilt och organiskt lagrat kol på jorden större än vad som åter binds genom fotosyntesen på jorden. Därför ökar varje år mängden koldioxid i atmosfären som illustreras av Keelingkurvan, uppkallad efter dess upptäckare Charles D. Keeling (1b). Varje år är emissionerna av koldioxid från organisk substans genom avskogning och markförstöring samt från fossil kol, olja och gaslager högre än den bindning av koldioxid som sker genom fotosyntesen och den koldioxid som också löses i världshaven. Den ökande globala uppvärmningen kan ej stoppas med mindre än att balansen mellan fotosyntesen i allt växtliv på jorden (i haven och på jorden) kan motsvara vad som avges.

– *En ökning av det lagrade kolförrådet i världens jordar med 4 promille per år skulle kunna kompensera för människoskapade utsläpp,* enligt ministern. Med ökade halter av organiskt material i jorden så skulle detta också förbättra jordarnas bördighet och dess förmåga att binda vatten – och därmed öka motståndskraften mot klimatrelaterade problem, såsom torka. Det framhölls att kolinlagring inte bara är viktigt för klimatet utan även för livsmedelstryggheten i en värld där befolkningen väntas öka till 9,5 miljarder invånare år 2050. Målet är att avsätta resurser för att hjälpa de i dag "*hårt pressade bönderna att bli nyckelaktörer i arbetet med att uppnå en 'klimatresilient' framtid*", sades det i pressmeddelandet. Nu sker dessvärre motsatsen genom avskogning och en fortsatt markförstöring. Men ansträngningar pågår inom såväl EU som andra länder att vända utvecklingen, även om det var mycket tyst om jordbruket nu senast i klimattoppmötet i Glasgow år 2021[1].

Utsläppen av växthusgaser per capita i Sverige ligger bland de högsta i världen, då det inkluderar vår import av konsumtionsvaror vars utsläpp sker i andra länder. Detta gäller inte minst vid livsmedelsförsörjningen, som baseras på en stor import av livsmededel och import av förnödenheter, såsom foder och mineralgödsel. Hela 65 % av utsläppen kommer från importerad konsumtion, där utsläppen sker i andra länder. Att inte tydligt redovisa detta utan endast de s.k. territoriella utsläppen är en form av desinformation.

Utöver de konsumtionsbaserade utsläppen på 8,5 ton per capita, så sker utsläpp av klimatgaser från flyget och avskogning i andra länder, motsvarande ytterligare ca 2 ton per capita i Sverige med sina 10,4 miljoner invånare. Som jämförelse så är klimatbelastningen endast omkring 2 ton per capita i ett land som Indien och bara 1 ton per capita i till exempel Bangladesh. Världsgenomsnittet ligger på 2,5 ton per capita.



Figur 2. Utsläpp av växthusgaser från all svensk konsumtion, summan av utsläpp inom landet (ljusblått) samt importåren 2008–2019 (mörkblått) uppgår till 9 ton CO2e per capita (exklusive flygresor och avskogning ca 2 ton per capita) enligt Naturvårdsverkes årliga publicering av dessa beräkningar (Naturvårdsverket, 2022)[2]. De minskade territoriella utsläppen har ersatts av alltmer import av varor, vilket belastar klimatet i andra länder och uppgår till 63% av den totala belastningen i Sverige). I Tyskland anges enligt Our world in data*, utsläppen till 8 ton per capita och inom EU 6,5 ton per capita. Andelen*

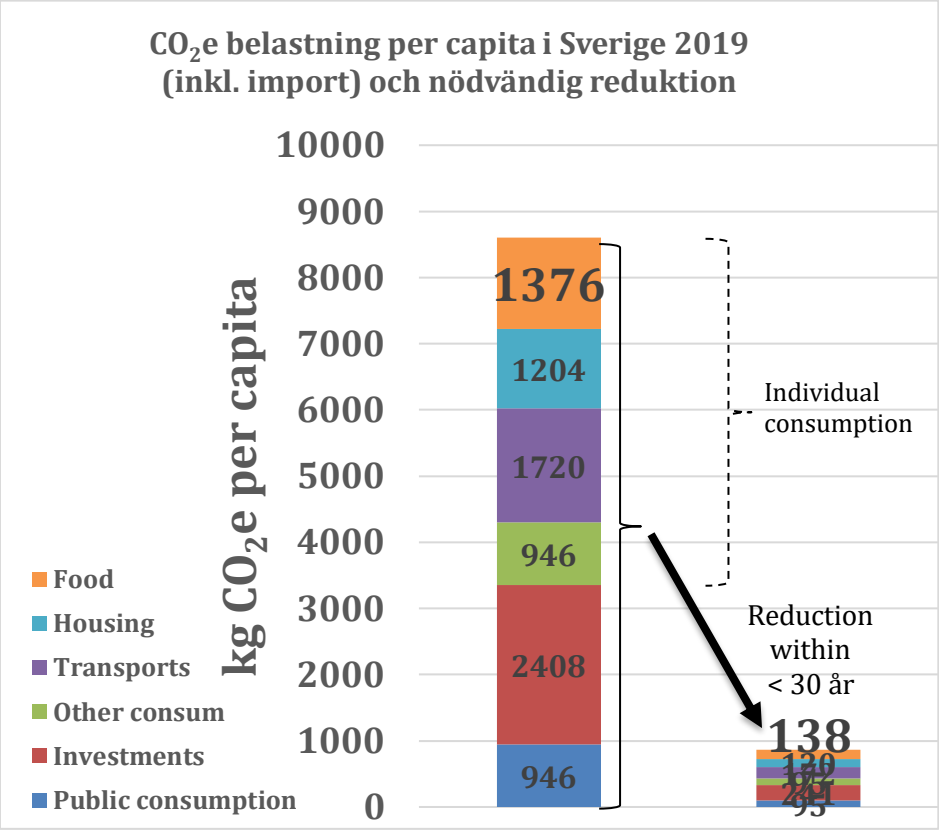
[1] *FN:s klimatkonferens (COP26), världstoppmöte i Glasgow. https://www.consilium.europa.eu/sv/meetings/international-summit/2021/11/01.*

[2] *https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/konsumtion/vaxthusgaser-konsumtionsbaserade-utslapp-i-sverige-och-andra-lander/*

importerad klimatbelastning är i övriga länder i Europa, i jämförelse med Sverige (i genomsnitt 8 % i EU och i till exempel Tyskland 16 %[3]).

Den globala uppvärmningen påverkar jordbruket och våra möjligheter att kunna försörja världens befolkning med livsmedel. Både torka och översvämningar hotar, såsom svårförutsägbara väderkatastrofer.

I Sverige så bidrar jordbruket och vår matförsörjning med 16% av den konsumtionsbaserade belastningen av klimatgaser. Då är även importerade drivmedel, mineralgödsel och fodermedel, inräknade. Detta trots att jordbruket i sig baseras på fotosyntetiskt bindande av koldioxid i atmosfären, och skulle därför i stället kunna motverka den globala uppvärmningen.



Figur 3. Källfördelningen av konsumtionens klimatbelastning per capita i Sverige (Naturvårdsverket 2021). Ska vi klara klimatmålet måste klimatbelastningen per person minska med mer än 90 % inom 30 år. För matsektorn så innebär detta en minskning från dagens ca 1,4 ton CO_2-ekvivalenter till mindre än 140 kg räknat per capita. För att uppnå detta krävs en genomgripande förändring av hela jordbruket med en ökad vallodling på all åkermark och med en hög självförsörjningsgrad, utan import av mineralgödsel, fodermedel och med ett minimum av importerade livsmedel, enligt en färsk studie med biodynamiska och ekologiska exempelgårdar (Granstedt och Thomsson, 2021).

Under de senaste två åren har ett projekt bedrivits vid *Biodynamiska forskningsinstitutet* vid *Rudolf Steinerhögskolan* i Järna[4], med benämningen *Framtidssäkrat jordbruk.* Resultaten visar exempel på hur jordbruket och livsmedelsförsörjningen skulle kunna förändras, så att vi klarar klimatmålet vid svenska förhållanden. Dessa skiljer sig naturligtvis från övriga Europa som har andra klimat- och jordartsförhållanden. Totalt så har 23 exempelgårdar från norr till söder i Sverige studerats de senaste två åren. Gemensamt för dessa gårdar är att de tilläm-

[3] Ritchie, H., Roser, M. and Rosado, P., 2020. *CO_2 and Greenhouse Gas Emissions.* Our world in data. https://ourworldindata.org/co2-emissions#global-co2-emissions-from-fossil-fuels-and-land-use-change

[4] Granstedt och Thomsson, 2021. *Framtidssäkrat Jordbruk. Beräkning av klimatpåverkan och arealbehov baserad på 23 svenska gårdar med ekologiskt kretsloppsjordbruk.* 2021. Biodynamiska forskningsinstitutet vid Rudolf Steinerhögskolan, http://sbfi.se

par det som benämns för *Ekologiskt kretsloppsjordbruk*. Konceptet baseras på grundprincipen för det biodynamiska jordbruket, där varje gård är en självförsörjande enhet (enskild eller i samverkan med en eller flera granngårdar) så att gården fungerar som en organism.[5]

I östersjöprojektet *BERAS* (*Baltic Ecological Regenerative Agriculture and Society*)[6] visades genom typgårdar i samtliga östersjöländer, att konverteringen till ett sådant jordbruk är nödvändigt, för att stoppa övergödningen av närsalter som förstör Östersjön och spridningen av kemiska gifter, vilka utarmar den biologiska mångfalden[7]. Här visades också på betydelsen för klimatet med en sådan omställning då klimatbelastningen i form av energianvändning och emissioner av växthusgaser, visade sig vara lägre med livsmedel från dessa gårdar.

Av de 23 exempel gårdarna i den nu aktuella undersökningen så är 8 gårdar fullt ut biodynamiska i den bemärkelsen att de också använder de biodynamiska preparaten. Men alla gårdar har själva grundkonceptet gemensamt. Varje gård är av utformad som ett eget ekosystem med både växter och djur, men skiljer sig från ett naturligt ekosystem genom att växter och djur omhändertas av oss människor och är anpassade till mänskliga behov av livsmedel och andra nyttigheter, och såsom i naturliga ekosystem anpassade till för platsen rådande fysiska betingelser. Det gäller klimat och miljö och att de drivs av tillgängliga lokala och förnyelsebara resurser, såsom jord, vatten, luft, värme och ljus. Detta innebär ingen tillförsel eller inköp av klimatbelastande resurser, såsom importerade mineralgödselmedel, fodermedel och soja från andra länder, vilket leder till avskogning och markförstöring. Inte användning av några kemiska medel, som kan skada de naturliga, av människan genom odling, förändrade ekosystemen eller de mer eller mindre av människan påverkade ekosystemen. Detta innebär att gårdarna ej belastar miljö och klimat, vilket är fallet med det specialiserade konventionella jordbruket[8]. På urlakade sandjordar och i organogena jordar så kan jordförbättrande åtgärder behövas, såsom näringsrika former av stenmjöl i stället för lättlösliga mineralgödselmedel.

Samtliga gårdar har en stor andel fleråriga vallar och beten med en hög andel vall-baljväxter, som både binder kväve genom symbiotisk kvävefixering och kol ur luften genom fotosyntesen, och de har djupa rotsystem ned till 1 meter som ackumulerar kol och organisk substans i marken. För vallodlingen och humusuppbyggnaden krävs både kol och kväve.

---

[5] Ecological Recycling Agriculture (ERA) – sammanfattning av ekologiskt kretsloppsjordbruk:

- Mångsidiga växtföljder med humusuppbyggande, fleråriga, djuprotade, kvävefixerande vallgrödor som kompenserar för mineraliseringen av markens organiska substans
- Integrerad djurhållning – anpassad till den egna foderproduktionen på den enskilda gården eller gårdar i samverkan för sluten recirkulering av organisk substans och växtnäring
- Stallgödselhantering på gårdsnivå med minsta möjliga förluster av organisk substans och växtnäring
- Markbyggande som ökar markens organiska substans, dvs. binder kol, vilket gynnar markens organismer och markens bördighet

[6] *Även benämnt Building Ecolocical Regenerativ Agriculture*

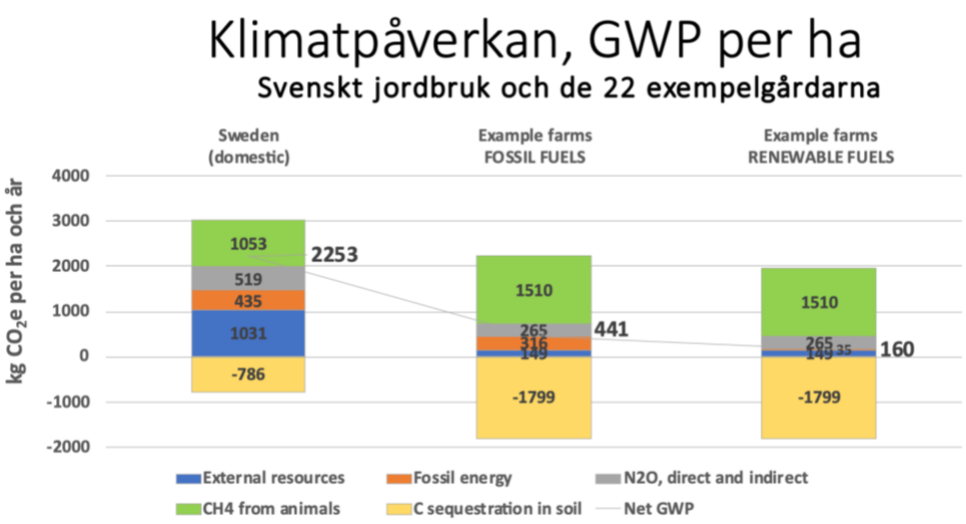
[7] *Granstedt, A. & Seuri P. 2013. Conversion to Ecological Recycling Agriculture and Society. Environmental, economic and sociological assessments and scenarios. COMREC studies on environmental development 8 BERAS Implementation Reports 3 Södertörn University.*

[8] *Granstedt, A. 2017. Morgondagens_jordbruk. http://sbfi.se/public/images/SBRI/Morgondagens_jordbruk_2a_webb.pdf*

Många av gårdarna har också en omfattande grönsaksodling, antingen som en samverkansdel inom gården eller, som för några av gårdarna, som en integrerad del av en del av växtföljden. Klimat- och växtnäringsbalanser upprättades på samtliga gårdar, representativa för olika driftsinriktningar och klimatområden i Sverige inom ramen för grundkonceptet för det som definieras som ekologiskt kretsloppsjordbruk (*Ecological Regenerative Agriculture, ERA*).

Växtnärings- och klimatbalanser utarbetades i enlighet med den standard som tillämpas i den svenska lantbruksrådgivningen med ett program som benämns ”*Greppa näringen*”. Denna har kompletterats med beräkningen av kolinlagringen i marken i enlighet med de studier med isotopmärkt kol som utförts vid Sveriges lantbruksuniversitet, i projektet ”*åkermarkens ekologi*” enligt vilka 35 % av till marken tillfört organiskt material, omformas till stabilare organiska humussubstanser[9]. Flera långliggande studier och inventeringar av halterna i svenska jordar, styrker dessa resultat[10, 11, 12]. Vad gäller betesdriftens bidrag till mullbildningen, finns här ännu mer osäkra uppgifter, så detta har inte beaktats i utvärderingen.

Gårdsstudierna visar på den potential som här finns för att minska jordbrukets klimatbelastning med mer än 90% (figur 4). Då dessa gårdar ska klara av att vara helt självförsörjande och endast använda grovfoder (gräs och baljväxter) så utgör jordbruket det man kan kalla en kolsänka, det vill säga det bidrar till att minska mängden koldioxid i atmosfären. Växtnäringsflöden och klimatbalans på den biodynamiska exempelgården Nibble gård, med en grovfoderbaserad mjölkproduktion, framgår av figur 5. Här är den beräknade kolinlagringen större än emissionerna av växthusgaser.



Figur 4. Klimatpåverkan från exempelgårdarna år 2019 räknat i GWP (Global Warming Potentials), kg $CO_{2\text{-}ekv}$ per hektar jordbruksmark (åker + naturbete). Redovisat i två scenarier avseende bränsletyp (fossilt resp. förnybart). Den beräknade lägre klimatpåverkan är ett resultat av en 85 % lägre användning av externa resurser och 230 % mer beräknad kolbindning, samt mer kvävefixering i vallar, jämfört med det genomsnittliga svenska jordbruket.

[9] *Persson, J. 1987. Kungl. Skogs- och Jordbruksakademiens tidskrift 19 (suppl.): 21–28. Stockholm.*

[10] *Granstedt, A. & L-Baeckström, G. (2000). Studies of the preceding crop effect of ley in ecological agricul-ture. American Journal of Alternative Agriculture 15(2), 68-78.*

[11] Börjesson, M.B. , Kirchmann. H. and Kätterer T 2018. *Organic carbon stocks in topsoil and subsoil in long-term ley and cereal monoculture rotations,* Biology and Fertility of Soils *volume 54, pages549–558 (2018).*

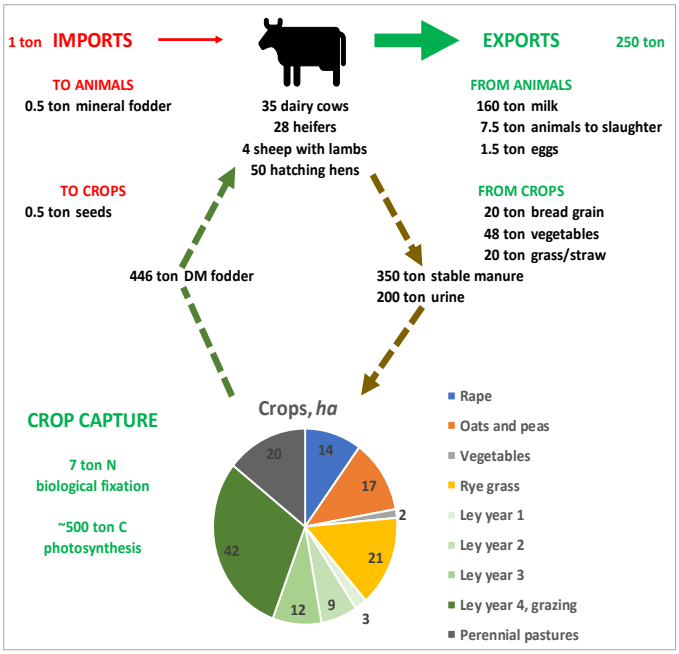
[12] *Poeplau, C., Bolinder, M. A., Eriksson, J., Lundblad, M. and Kätterer, T. 2015.* Positive trends in organic carbon storage in Swedish agricultural soils due to unexpected socio-economic drivers. *Biogeosciences, 12, 3241–3251.*

Flöden av resurser, växtföljd samt klimatbalans på två ERA-gårdar

Lågt inflöde av externa resurser – övervägande internt kretslopp – högt utflöde

5 a[1]. Ullberga gård år 2019

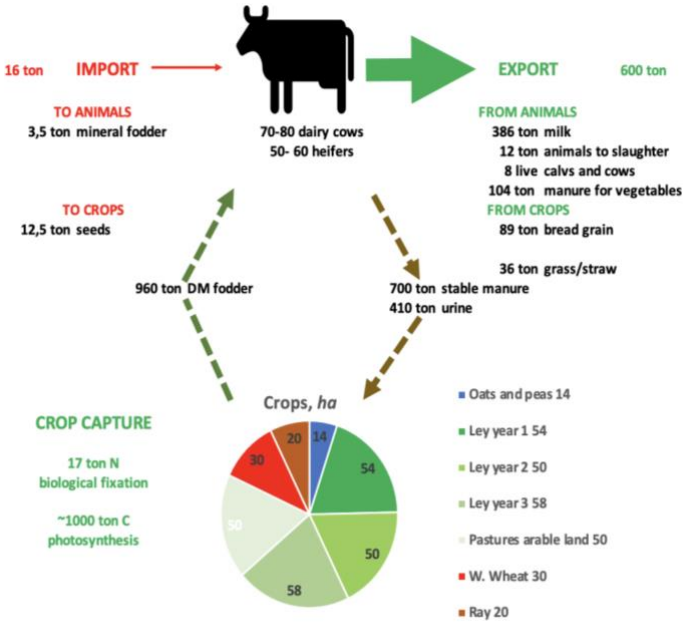
90 ha åker
34 ha naturbeten



Valldominerad växtföljd

5 b[1]. Yttereneby Farm 2021

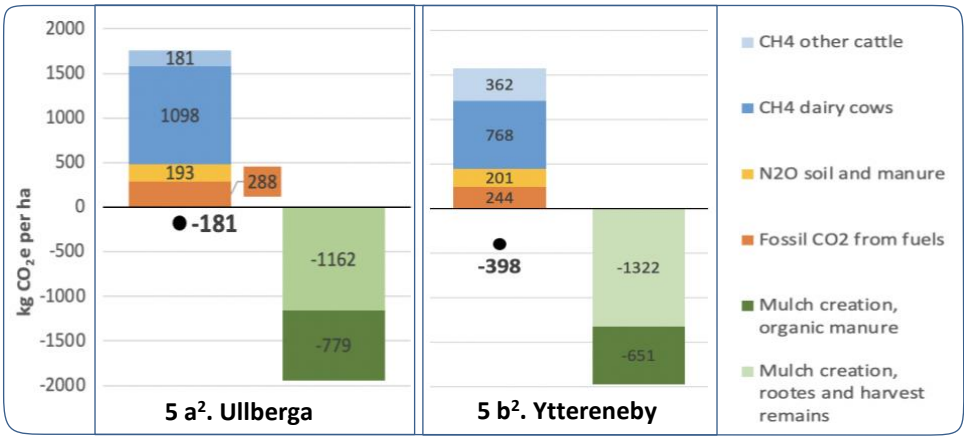
275 ha arable land
50 ha perennial pastures



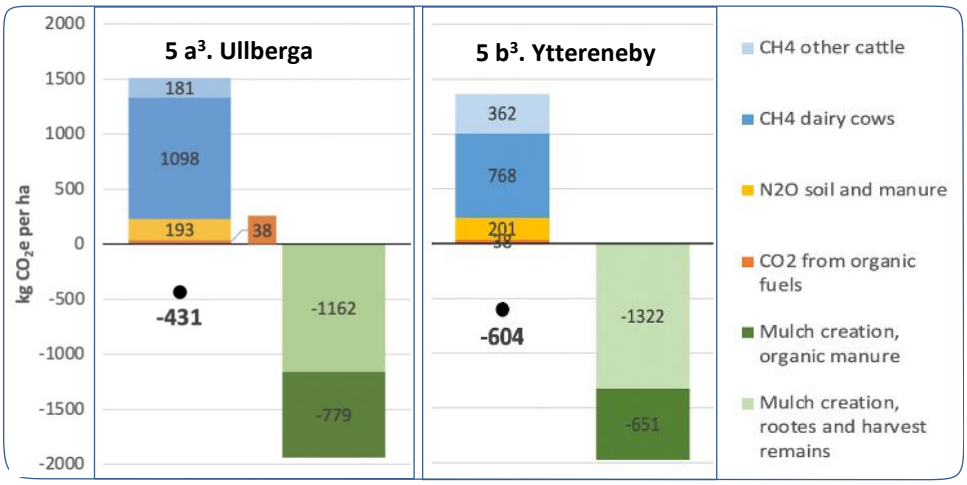
LEY DOMINATED CROP ROTATION

Figur 5a[1]–b[1]. *Flöden på biodynamiska gårdarna Ullberga och Yttereneby. Regenerativ produktion.*

Klimatbalans – mer kolbindning än utsläpp



5a[2]–5b[2]*: Med* ***fossila*** *bränslen. Klimatbalans, bindning av kol i marken jämfört med emissioner av fossila och biogena växthusgaser, kg CO2e, per ha (beräknad för hela arealen inklusive naturbeten, 124 ha Ullberga år 2019; 325 ha Yttereneby år 2021).*



5a[3]–5b[3]*: Med* ***fossil-FRIA*** *bränslen. Klimatbalans med fossilfritt Bränsle (Ullberga år 2019, Yttereneby år 2021).*

Olika scenarier har utarbetats för en framtida klimatanpassad livsmedelsförsörjning, baserad på produktionen från exempelgårdarna. Detta visar att en omställning skulle behöva ske till en mindre och samtidigt mer grovfoderbaserad köttkonsumtion, som mera motsvarar den vi hade på 1960 talet, då Sverige ännu var till största delen självförsörjande med livsmedel.

Köttkonsumtionen var då 42 % lägre per capita än år 2019, och till en större andel baserad på kött från idisslare. En sådan omställning skulle enligt våra scenarier också innebära en betydligt högre produktion och konsumtion av trädgårdsprodukter. Dagens storskaliga produktion, och till denna anpassade konsumtion av fjäderfä (kyckling) och svinkött, är däremot oförenlig med dessa scenarier. En öppen fråga är emellertid hur en sådan omställning skall kunna ske inom den allt kortare tid vi har på oss för en klimatanpassad produktion och konsumtion inom livsmedelsområdet. Medel har sökts för fortsatta studier med inriktning även på ekonomiska konsekvenser och möjliga jordbrukspolitiska styrmedel. En stor fråga är emellertid hur vi som konsumenter är redo att bättre anpassa vår konsumtion med hänsyn till miljö och klimat.

De principer som här har beskrivits för ett ekologiskt kretsloppsjordbruk motsvarar väl det jordbruk som Rudolf Steiner beskriver i sin kurs för lantbrukare i Koberwitz i nuvarande Polen pingsten år 1924, och som nu tillämpas under namnet biodynamisk odling[13]. Biodynamisk odling kan betraktas som en vidareutveckling av det växtföljdsjordbruk som skapades före den kemiska industrialiseringen av jordbruket under början av 1900-talet. Det kemisk-industrialiserade jordbruket var ett betydande steg från det som här beskrivs som en självförsörjande lantbruksorganism och en fullständig tillämpning av den biodynamiska odlingen som tillämpas på åtta av projektets 23 exempelgårdar.

Svenska försök med biodynamisk odling

Långliggande fältförsök med jämförelser mellan biodynamisk, ekologisk och konventionell odling initierades redan år 1958 i Järna, av pionjären för det biodynamiska arbetet, agronom Bo D. Pettersson[14] i samarbete med Magda Engkvist som introducerade den s.k. Biokristallisationsmetoden i den biodynamiska forskningen här i Norden. Dessa försök inriktades på att utveckla metoder för kvalitetsundersökningar och saknade i sin utformning upprepningar.

Denna brist kompenserades av den långa tidsperioden på 32 år som försöken pågick på samma mark där det var möjligt långsiktigt – att följa uppbyggnaden av den organiska substansen i form av organiskt bundet kol i marken i det biodynamiska behandlingsledet, i jämförelse med övriga behandlingsled utan användning av samtliga biodynamiska preparat, både i den ytliga matjorden och djupare ned i marken. Resultaten från dessa svenska långliggande försök låg sedan till grund för ett samarbete mellan *Nordisk forskningsring för*

[13] Steiner R., *Geisteswissenschaftliche Grundlagen Zum Gedeihen Der Landwirtschaft [Spiritual Foundations for a Renewal of Agriculture:* a Series of Lectures], 1993

[14] *Pettersson, B.D., Reents, H.J. & E.v.Wistinghausen, 1992. Gödsling och markegenskaper. Resultat av ett 32-årigt fältförsök i Järna, Sverige. Nordisk Forskningsring. Meddelande nr. 34.*

biodynamisk odling och dåvarande *lantbrukshögskolan* (nuvarande *Sveriges Lantbruksuniversitet* i Ulltuna utanför Uppsala). Ett stort upplagt jämförande försök med, för statistisk bearbetning, fyra upprepningar och två alternativa växtföljder, genomfördes på två platser, på högskolans försöksgård utanför Uppsala och på Nibble gård i Järna. Jämförelsen mellan biodynamisk och konventionell odling och ledde så fram till de första doktorsavhandlingarna inom den alternativa odlingen (*Dlouhý,* 1981; *Pettersson*, 1982)[15] (Salomonsson 1986)[16] och fick stor betydelse för genombrottet för det som senare fick benämningen ekologisk odling i Sverige och i övriga Norden. Skillnader vad gällde skördenivåer var måttliga (mindre än 10 % lägre skördar av vårvete i biodynamisk odling, jämfört med konventionell odling), men med högre närings-mässiga kvalitets- och hållbarhetsegenskaper hos de biodynamiska odlingsprodukterna, med en eliminerad risk för bekämpningsmedelsrester i odlingsprodukterna och i den omgivande miljön. Markbiologiska egenskaper och mullhalterna visade sig vara högre vid biodynamisk odling. Men förekommande skillnader mellan biodynamisk och övrig ekologisk odling kunde ej undersökas då jämförelseled saknades för detta. Troligtvis saknades även ekonomiska medel för ett tredje behandlingsled och ännu vid den tiden var biodynamisk odling det helt dominerande alternativet till konventionellt jordbruk.

Forskning om de biodynamiska preparaten

Användningen och beredningen av de biodynamiska preparaten finns beskrivet i föreskrifterna för att använda beteckningen biodynamisk odling som i Sverige går under varunamnet Demeter[17] Frågan är nu, hur preparaten kan ha några effekter? Frågan är mycket motiverad med tanke på att mängder av endast 100 gram horngödsel och 4 gram hornkisel tillförs per hektar. Därutöver används små mängder kompostpreparat, bestående av läkeväxter preparerade i olika djurorgan, vilka läggs in i komposterna under komposteringstiden under minst tre månader. Ur ett traditionellt naturvetenskapligt perspektiv, så är det svårt att föreställa sig verkningarna av så pass små mängder. Och från den traditionella forskningen, har resultat som visar verkningarna av de biodynamiska preparaten ignorerats. En hypotes om preparatens strålningseffekt bygger direkt på Steiners uttalanden i lantbrukskursen (1924), där han talade om kompostberedningarnas kraftstrålning i en dynghög i svaret på frågorna efter den femte föreläsningen (Figur 6).

---

[15] *Dlouhý, J. 1981. Alternativa odlingsformer. Växtprodukters kvalitet vid biodynamisk och konventionell odling. Avhandling. Institutionen för växtodlingslära. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.*

[15] *Pettersson, B. D. 1982. Konventionell och Biodynamisk odling, Jämförande försök mellan två odlingssystem. Nordisk forskningsring. Meddelande nr. 32.*

[16] *Salomonsson, L 1986. Studies on composition of proteins in Wheat from different growing systems. Swedish university of Agricultural Sciences. Dissertation, Department of Chemistry and Molecular Biology, Uppsala.*

[17] *Demeterförbundet Sverige 2022. International Demeter Biodynamic Standard. https://demeter.net/certification/labelling-demeter/*

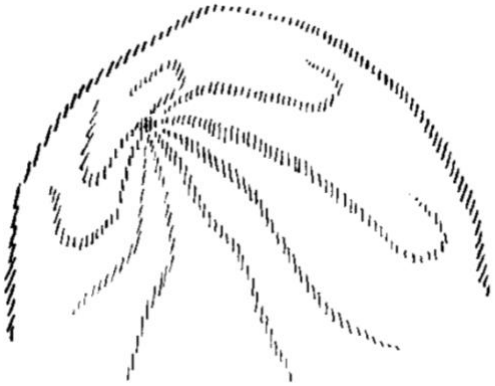


Abb. 1: Rudolf Steiners Schema der von dem Stoff der biologisch-dynamischen Kompostpräparate ausgehenden Strahlung. Zeichnung aus STEINER (1924 b)

Figur 6. Teckning av Rudolf Steiner beskrivande de från de biodynamiska kompost-preparaten utgående kraft-strålningen i en dynghög.

Forskaren *Ingo Hagel* implementerade denna information i försök där han svetsade in preparaten i förslutna provrör. Provröret placerades allra längst ned i ett planteringskärl med jord-sandblandning, så att varken frön eller substrat hade direkt kontakt med preparatämnet. Efter sådana experiment rapporterade Hagel (1988) om preparatens inverkan på fröns groning och fann därmed att hypotesen om strålningseffekten bekräftades[18].

Dr. *Manfred Klett*, som tidigare ledde arbetet inom lantbrukssektionen i Goetheanum, genomförde redan på 1960-talet studier med olika grad av skugga till olika kulturväxter. Här visades att det biodynamiska hornkiselpreparatet verkar kompensatoriskt vid mindre tillgång till solljus[19]. Detta beskriver Dr. *Klett* närmare i sin senaste bok: *Von der Agrartechnologie zur Landbaukunst*[20], hur preparaten på samma sätt som ljus verkar förstärkande även på hur odlingsprodukternas kvalitetsegenskaper, förbättras påvisbart i växternas formbildning, exemplifierat med bilder av bladens flikbildning och in i mognadsprocessen. Mognad innebär enligt Klett att livsprocesserna i produkterna stabiliseras till bättre lagringsduglighet och substansbildning, med en högre andel sammansatta sockerarter, högre andel högvärdiga proteiner samt vid bildning av antioxidanter.

Dessa försök med hornkiselns ljusförstärkande verkan har fortsatt, och resultaten finns reproducerade i en doktorsavhandling vid universitetet: *Aleksandras Stulginskis University Lithuania* i Kaunas i Litauen[21], med undersökningar av tillväxten hos pumpa. I var och en av de tre pumpasorterna som studerades i de här redovisade försöken, ökade den nettofotosyntetiska effektiviteten efter behandling med horngödsel och med en applicering av horngödsel följt av hornkisel. Den kombinerade tillämpningen av horngödsel och

[18] HAGEL, I. (1988): *Die biologisch-dynamischen Kompostpräparate 502-506 in Verbindung mit einem Triebkraft- und Selbstzersetzungstest.* Lebendige Erde 1/1988, 16-23.
HAGEL, I. (1999): *Untersuchungen zur Strahlungswirksamkeit der biologischdynamischen Kompostpräparate. In: Biologisch-energetische Phänomene in der Landwirtschaft.* Materialien und Diskussionsbeiträge eines Workshops, veranstaltet vom ökologischen Arbeitskreis der Studentischen Vertretung der TU MünchenWeihenstephan am 24.1.1997. 7-11. (zu beziehen vom Forschungsring für Biologisch-Dynamische Wirtschaftsweise, Darmstadt (Hrsg.)).

[19] Klett, M. 1968. *Untersuchungen über licht und Schattenqualität zur Relation zum Anbau und Test von Kieselpräparaten zur Qualitätshebung.* Darmstadt. Untersuchungen über Licht- und Schattenqualität in Relation zum Anbau und Test von Kieselpräparaten zur Qualitätshebung.

[20] Klett, M. 2021. *Von der Agrartechnologie zur Landbaukunst. Wesenszüge des biologisch-dynamischen Landbaus. Eine Landwirtschaft der Zukunft. Verlag am Goetheanum.*

[21] Juknevičienė E., 2015. *The effect of biodynamic preparations on the properties of soil, yield of great pumpkin (Cucurbita maxima D.) fruits and their quality. PhD Thesis, Aleksandras Stulginskis University Lithuania, Kaunas, Lithuania, 2015.*

hornkisel ledde till en signifikant ökning med mellan 9% och 16% jämfört med kontrollen (figur 7a, 7b). Dessa resultat finns ytterligare bearbetade och redovisade i en rapport senaste året[22], där en förstärkt nettofotosyntetisk effekt påvisades och med en signifikant högre halt av karotin. Det finns all anledning att gå vidare med dessa studier för att öka förståelsen av hur de biodynamiska preparaten verkar i relation till fotosyntesen. De fleråriga försöken gjorda vid univer-sitet i Bonn i samverkan mellan forskarna Dr *Jürgen Fritz* och professor *Ulrich Köpke* som tyder hornkiselpreparatets ljusför-tärkande effekt i ljus-/skuggaförsök genom inverkan på bildningen av det tillväxtreglerande hormonet *Gibbberelisnsyra*[23].

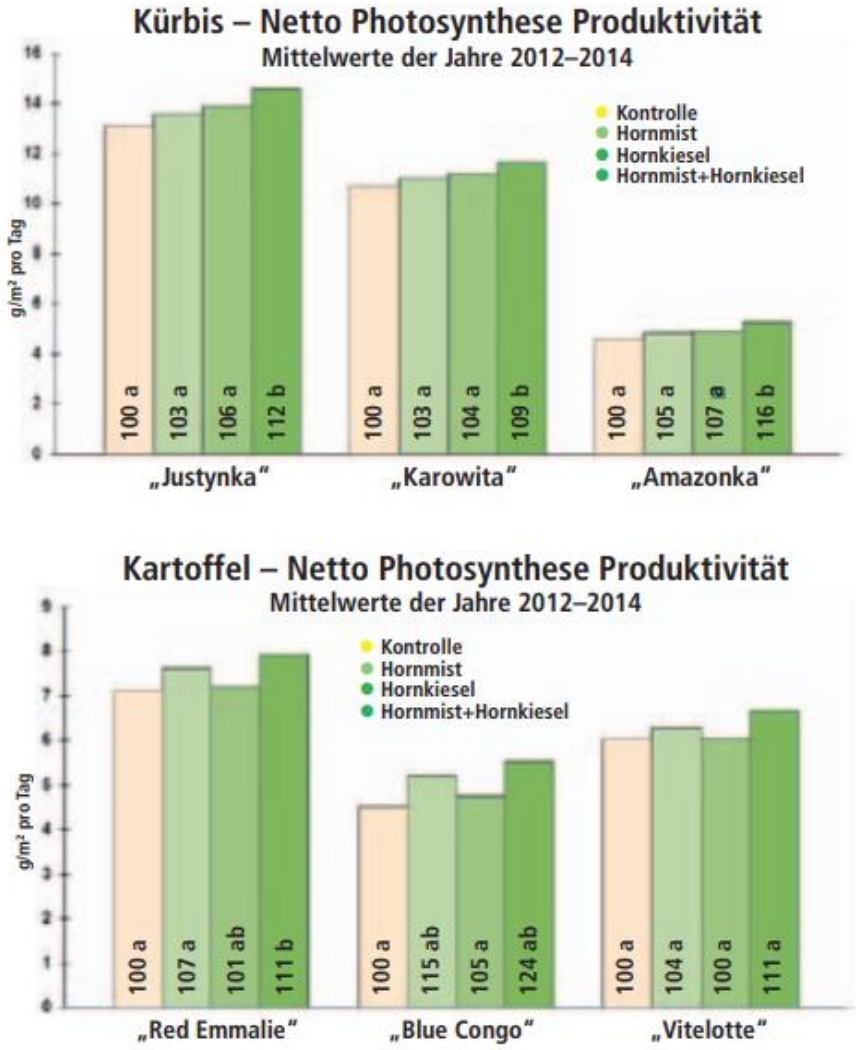
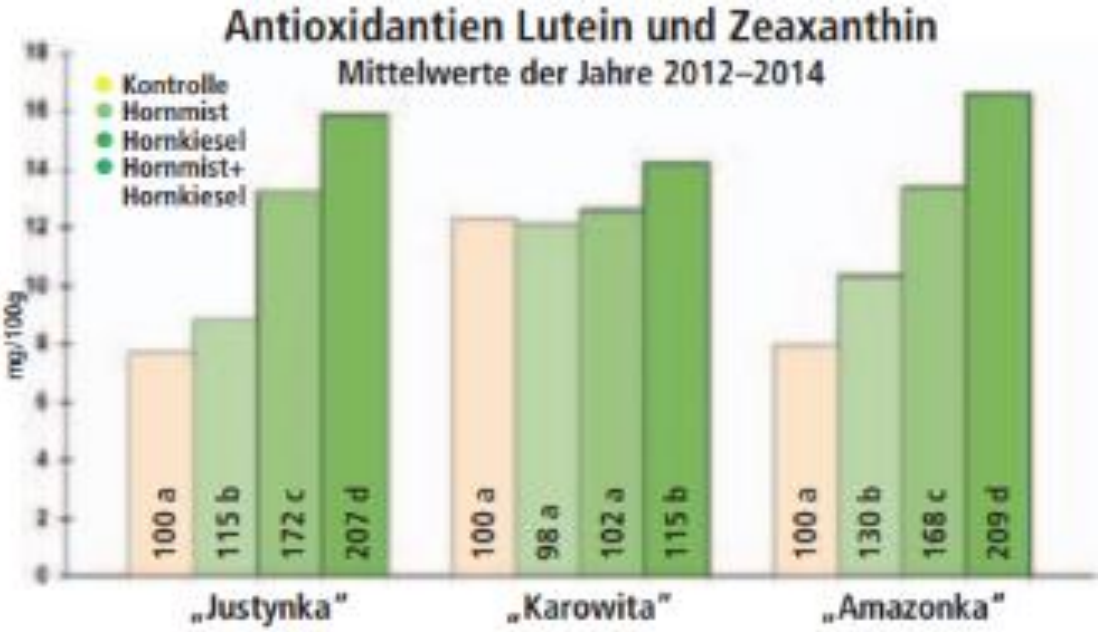


Abb. 2: Präparate – im Set am wirkungsvollsten: Netto-Photosyntheseproduktivität in g pro m² pro Tag von Kürbissorten (oben) und von Kartoffelsorten (unten). Mittelwerte aus drei Versuchsjahren 2012–2014. Werte mit unterschiedlichen Buchstaben a und b sind signifikant verschieden ($p < 0,05$).

Figur 7a. Potatis odlad med de biodynamiska preparaten hornkisel, horngödsel, preparaten i kombination, samt kontrollgrupp.

[22] Juknevičienė E., Danilčenko H., Jarienė E., Fritz J., 2021. *The effect of horn-manure preparation on enzymes activity and nutrient contents in soil as well as great pumpkin yield. Open Agriculture, 2019, 4, 452-459.*

[23] Fritz, J. and Köpke, U. 2005. *Effects of light, manuring and biodynamic horn silica applications by dwarf beans (Phaseolus vulgaris L. var. nanus) on germination characteristics of the newly formed seeds*. University of Bonn. Pflanzenbauwissenschaften 9(2):55-60 https://www.researchgate.net/journal/Pflanzenbauwissenschaften-1431-8857



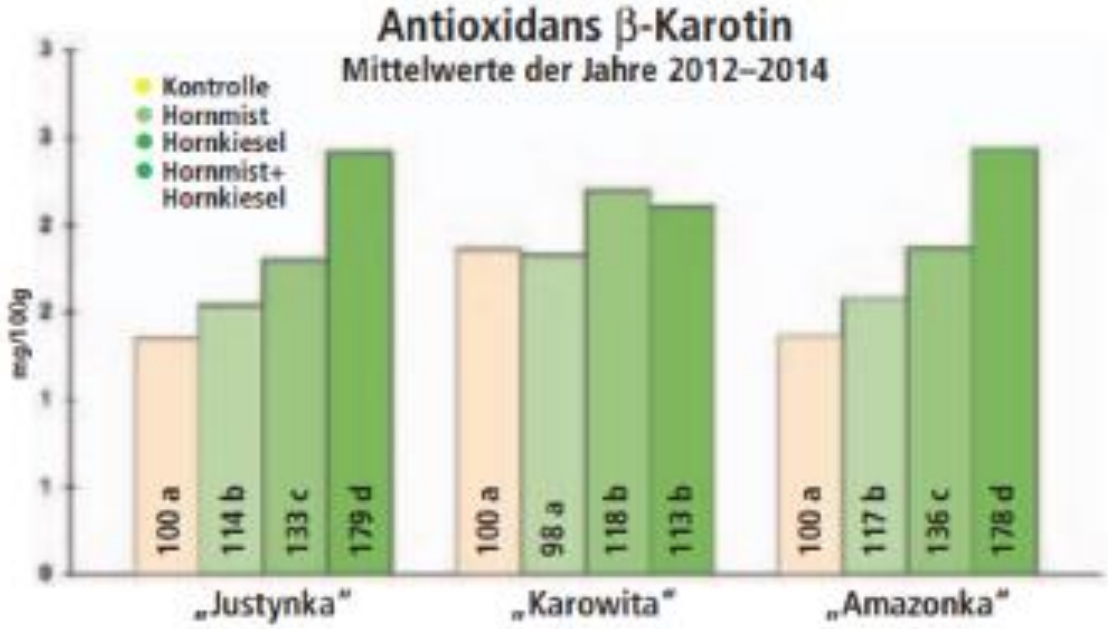


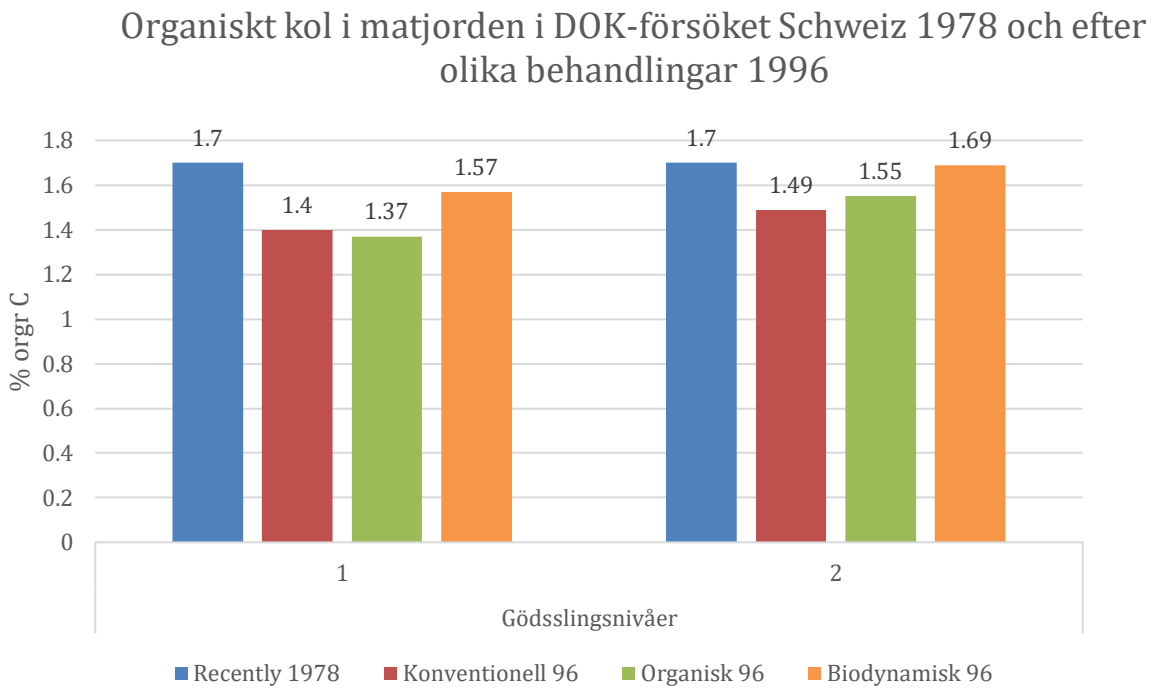
Abb. 3: Lutein-, Zeaxanthin- und β-Carotin-Gehalte von Kürbis. Mittelwerte aus drei Versuchsjahren. Werte mit unterschiedlichen Buchstaben a, b, c und d sind signifikant verschieden ($p < 0,05$).

Lebendige Erde 5/2018

Figur 7b. Pumpa respektive morot odlade med de biodynamiska preparaten hornkisel, horngödsel, preparaten i kombination, samt kontrollgrupp.

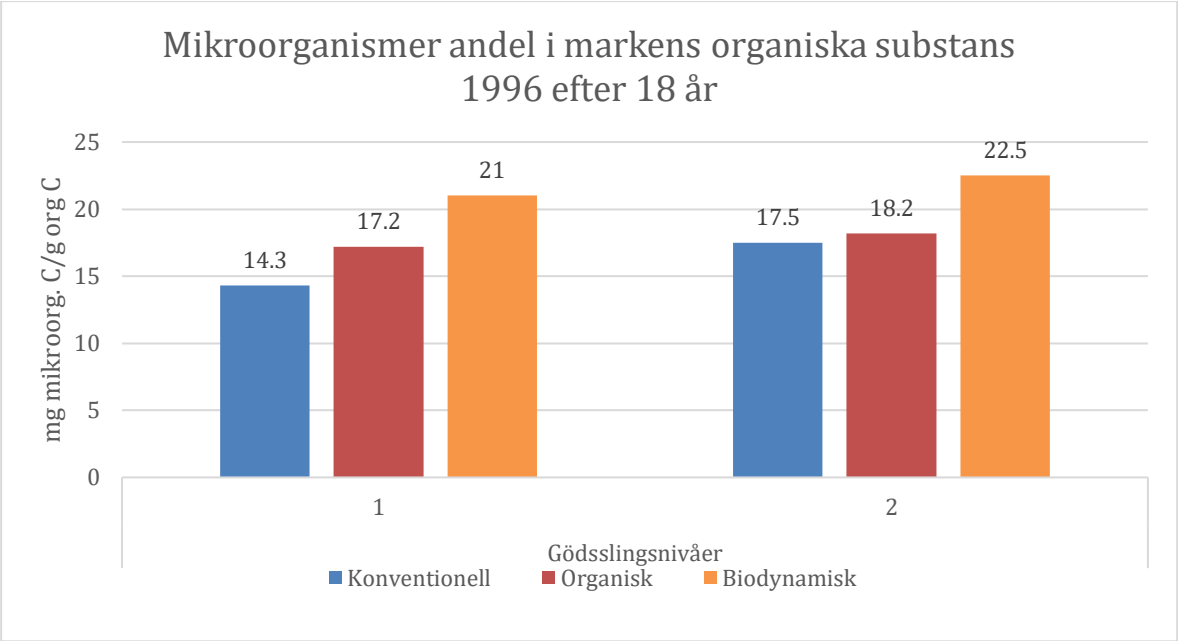
Långliggande fältförsök med biodynamisk odling

Det var år 2002 som genombrottet kom, då publicerades i en av världens främsta fackvetenskapliga tidskriften *Science*, resultaten från det så kallade DOK-försöket[24]. Där hade under 18 år, jämförts tre odlingssystem: *biodynamisk* (D), *organisk* (O) och *konventionell* (K) odling vid det delvis statligt finansierade S*chweiziska Research Institute of Organic Agriculture (FiBL).* Därvid hade man **statistiskt** säkerställt att mängden organisk substans – i form av organiskt bundet kol – var högre i de biodynamiskt behandlade försöksparcellerna, jämfört med de organiskt gödslade, utan användning av kompostering och de biodynamiska, växt- och djurriket beredda preparaten. Även andra biologiskt mätbara egenskaper såsom mängden mikrobiell biomassa, markandning, humusuppbyggnad och enzymaktivitet var högst i de biodynamiska leden. Likaså var markens fysikaliska egenskaper bättre i form av högre porvolym och aggregat, vilket framkom även visuellt på bilder av markytan, vilket redovisades i rapporten. Nyheten spreds över världen och omnämndes även i svensk dagspress, men utan att nämna ordet biodynamisk odling.

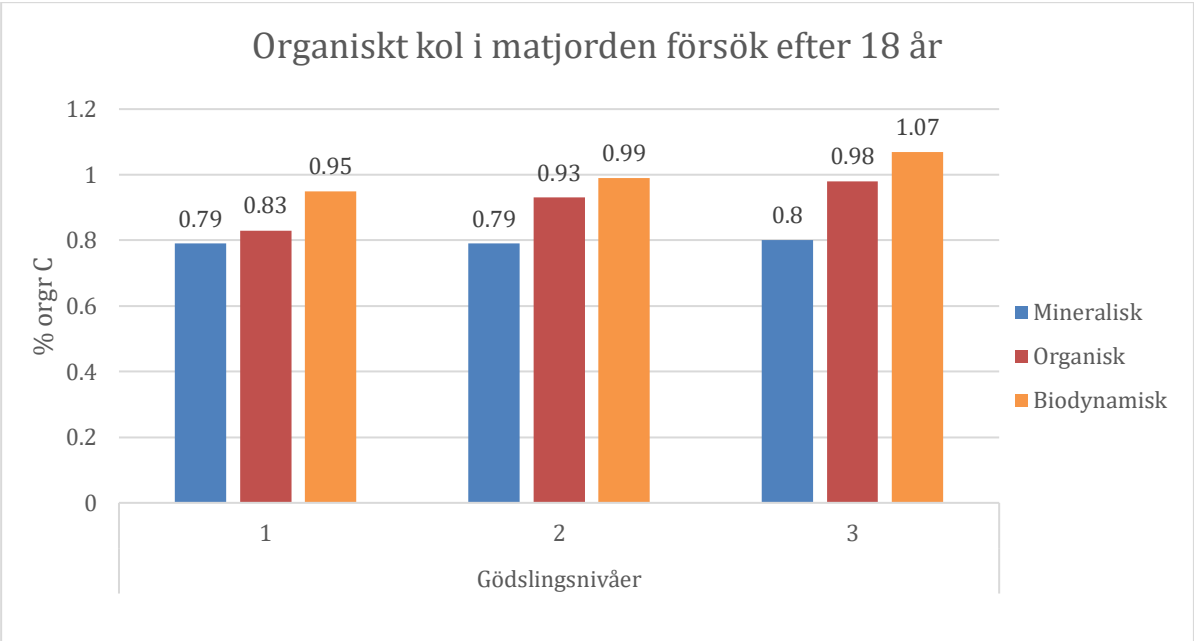


Figur 8. Organiskt kol i matjorden i det schweiziska jämförande DOK-försöket Biodynamiskt/ Organiskt/Konventionellt i FiBL vid två gödslingsnivåer motsvarande 0,7 djurenheter (gödslingsnivå 1) och 1,4 djurenheter per ha (gödslingsnivå 2) i samtliga system plus mineralgödsel i det konventionella systemet. Efter 18 år var mullhalten upp-mätt som organiskt kol 1,4% respektive 1,49% vid konventionell odling (K), 1.37 % respektive 1,55 % vid ekologisk odling (organisk gödsling) (O) och 1,57 % respektive 1,69 % vid biodynamisk odling (D).

[24] *Mäder, P., Fliessbach, A.,Dubois D., Gunst L., Fried P. & U., Niggli, 2002. Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. Science VOL 296 pp 1592–1597.*



Figur 9. Mängden biomassa av levande organismer var signifikant högre i det biodynamiskt gödslade försöksledet, jämfört med konventionellt och organiskt odlat, som andel av den organiska substansen. Gödslingsnivåerna 1 och 2 motsvarande 0,7 och 1,4 djurenheter per ha. Det schweiziska jämförande DOK-försöket Biodynamiskt/Organiskt/Konventionellt vid FiBL (Schweiziska Research Institute of Organic Agriculture).



Figur 10. Halten organiskt bundet kol (% av torrsubstansen) år 1998 i matjorden i det tyska långliggande försöket vid det biodynamiska forskningsinstitutet i Darmstadt. Jämförande försök med fyra upprepningar och tre gödslingsnivåer visade signifikant högst mullhalter då samtliga biodynamiska preparat användes (D), jämfört med organisk gödsling (O) vid i övrigt samma betingelser. All organisk gödsel har komposterats och försöken har pågått sedan år 1980 på en mull-fattig sandjord[25].

[25] Raupp, J. 2001. *Manure fertilization for soil organic matter maintenance and its effects upon crops and the environment, evaluated in a long-term trial*. In: Rees, R.M.; Ball, B.C.; Campbell, C.D.; Watson, C.A. (eds.). *Sustainable management of soil organic matter.* CAB International, Wallingford UK; 301–308.

Tidigare resultat bekräftades här från det biodynamiska forskningsinstitutet i Darmstadt (Abele, 1987)[26]. Den organiska substansen i marken var där högre i de organiskt gödslade behandlingsleden, men högst där – utöver kompostering – även de biodynamiska preparaten hade använts. Detta försök som inleddes år 1981, fick fortsätta vidare och de senast publicerade resultaten är från år 1998 (figur 10). Under den tiden utfördes även rotstudier i höstråg, inom ramen för ett doktorandarbete, vars resultat publicerades i en doktorsavhandling vid *Giessen University* i Tyskland (Bachinger, 1996)[27]. Där hade forskaren *Hans Bachinger* kunnat påvisa att genomträngningen med rötter var signifikant högre i det biodynamiskt odlade behandlingsledet i matjorden (0–25 cm) och i den djupare delen av markskiktet (25–55 cm) i jämförelse med organisk gödsling med allting lika, förutom att de biodynamiska preparaten hade använts. Här visades ett möjligt samband mellan rotutveckling och uppbyggnad i den organiska substansen och därmed en högre bindning av kol i marken, vid användning av de specifikt biodynamiska behandlingarna (tabell 1). Tidigare utförda studier av preparatens påverkan på rotutvecklingen kunde här bekräftas (figur 11)[28].

Tabell 1. Såväl rotpenetrering som mängden rotbiomassa, gynnas genom användning av biodynamiska preparat i kombination med organisk gödsling enligt resultat från rotstudier i höstråg, genomfört i långliggande jämförande gödslingsförsök vid IBDF (Institut für Biologisch-Dynamische Forschung) i Darmstadt, år 1990.

Root mass and density of winter rye in top- and subsoil subject to manure fertilization with (CMBD) and without (CM) biodynamic preparations and subject to mineral fertilization (MIN), April 1990; averages of 3 fertilization intensities (Bachinger, 1996) *

	Fertilization type	Topsoil:		Subsoil:	
		Amount	rel. to MIN	Amount	rel. to MIN
Ash free root mass [1]	CM	0.125 a	103	0.018 ab	120
	CMBD	0.140 a	115	0.021 b	140
	MIN	0.122 a	100	0.015 a	100
Root density [2]	CM	400.4 a	119	35.2 a	86
	CMBD	499.3 b	148	67.3 b	165
	MIN	337.8 a	100	40.8 a	100

[1] grams per 1000 cm^3; topsoil: 0 - 30 cm; subsoil: 30 - 60 cm

[2] roots per 100 cm^2; topsoil: 0 - 25 cm; subsoil: 25 - 55 cm

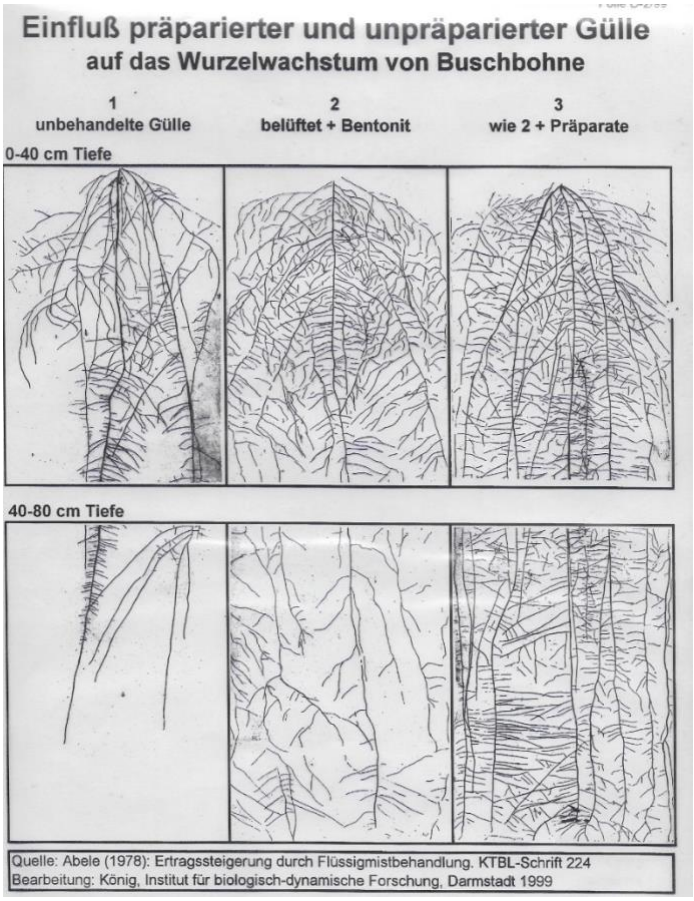
* Mean values with different letters within a soil horizon are significantly different ($p<0.05$).

[26] Abele, U. 1987. *Produktqualität und Düngung – mineralisch, organisch, biologisch-dynamisch.* Angew. Wissenschaft, Heft 345, Münster-Hiltrup.

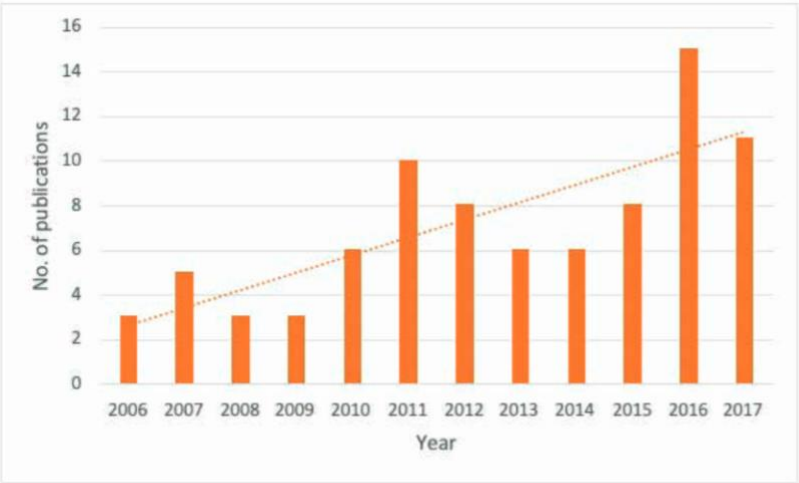
[27] Bachinger, J. 1996. *Der Einfluss unterschiedlicher Düngungsarten (mineralisch, organisch, biologisch-dynamisch) auf die zeitliche Dynamik und die räumliche Verteilung von bodenchemischen und mikrobiologischen Parametern der C und N-Dynamik sowie auf Pflanzen- und Wurzelwachstum von Winterroggen.* Diss. Univ. Giessen. Schriftenreihe Bd. 7, Inst. F. biol.-dyn. Forschung, Darmstadt.

[28] Abele, U. 1978. *Ertragsteigerung durch Flüssigmistbehandlungen*, KTBL-S.

Trots svårigheterna att förstå hur de, av Rudolf Steiner utvecklade och år 1924 i den s. k. *Lantbrukskursen*[29], presenterade preparaten verkar, så är deras verkan numera väl vetenskapligt dokumenterade i mätbara försök. Effekterna av preparaten har presenterats i 19 avhandlingar vid olika universitet, samt vid fyra långtidsstudier och många vetenskapligt granskade publikationer under de senaste 50 åren. Antalet vetenskapligt granskade publikationer fortsätter att öka (figur 12).



Figur 11. Luftning av flytgödsel och inblandning av bentonit har i detta försök haft en positiv verkan på utvecklingen av rötterna som förstärktes genom användning av de biodynamiska preparaten[30].



Figur 12. Antalet vetenskapligt granskade (peer reviewed) publikationer i biodynamiskt jordbruk under tidsperioden åren 2006–2017[31].

Figure 1: Temporal development and trend of the number of peer-reviewed publications on biodynamic food and farming in the scientific literature 2006-2017

[29] Steiner R., *Geisteswissenschaftliche Grundlagen Zum Gedeihen Der Landwirtschaft* [Spiritual Foundations for a Renewal of Agriculture: a Series of Lectures], 1993

[30] Abele, U. 1978. *Ertragsteigerung durch Flüssigmistbehandlungen*, KTBL-S.

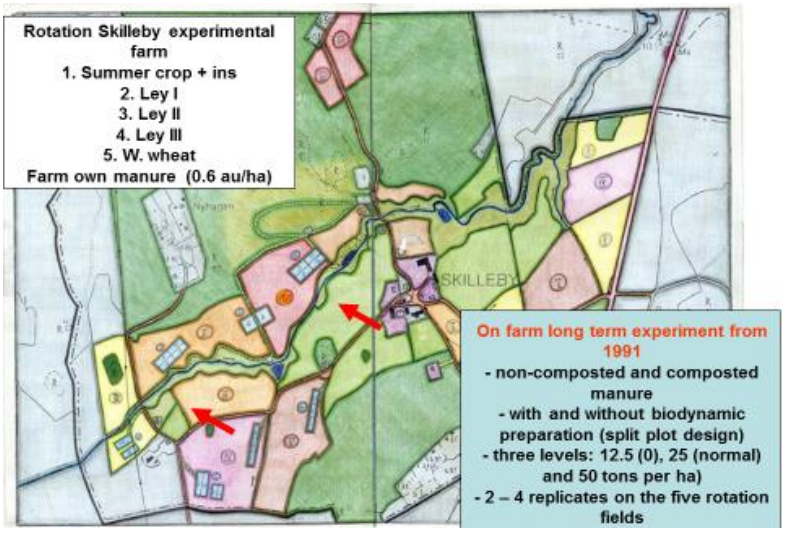
[31] Brock, C., Geier, U., Greiner, R., Olbrich-Majer, M., & Fritz, J. 2019. *Research in biodynamic food and farming – a review.* Open Agriculture, 4, 743–757.

Kriterierna för naturvetenskapligt grundad kunskap uppfylls här även i till praktiken anpassade fältförsök, både vad gäller statistiskt säkerställda resultat genom randomiserade försök, samt vid upprepbarhet i från varandra oberoende försök.

Från ekologiskt kretsloppsjordbruk till anläggning av exaktförsök i den biodynamiska gårdsorganismen

I Lantbrukskursen ställer Rudolf Steiner en fråga: *är det någon skillnad om vi tar kogödseln från granngården eller vår egen gård?* Svaret som Rudolf Steiner ger: I kursen framställde Rudolf Steiner gården som något mer än ett ekosystem, som en individualitet, som så långt som möjligt skall vara självförsörjande. Tillförs medel utifrån så ska det betraktas som läkemedel. Varje gård utgör ytterst en grund för att förverkliga människan, att ge den näring vi människor behöver för att komma vidare både i vår egen och i gårdens utveckling. Lantbruksorganismen beskrivs som en individualitet som står på huvudet och som även har själsliv. Växterna på gården växer upp i det som liknas vid en buk. Här finns gårdens ämnesomsättning med djur och gödsel. Tar man denna bild på allvar och anlägger försök med gödsel är det inte oviktigt att man använder gödsel från gårdens egna djur, vars foder kommer från den egna självförsörjande lantbruksorganismen. Detta bör vara av särskilt stor betydelse om man anlägger försök där man skall prova de biodynamiska preparaten som skall tillföra de kosmiska allomfattande krafter som preparaten förmedlar, och som skall bli till näring för jordens och människans utveckling.

Ett nytt jämförande försök initierades år 1991 på gården Skilleby, som efter fem år omfattade samtliga skiften på gården. Frågeställningen gällde betydelsen av kompostering eller icke kompostering, samt vid användandet av de biodynamiska preparaten för skördarnas storlek, markens bördighet och produkternas kvalitet. Gårdsanpassningen innebar att försöken skilde sig från andra försök som initierades inom den biodynamiska odlingen. Försökens lokalisering inom gården framgår av figur 13.



Figur 13.
Karta ritad över Skilleby gård, Järna, som visar lokalisering av fältförsöken på gården perioden 1991–1997. Åkerarealen är 57 ha.

Betydelsen av kompostering och biodynamiska preparat, för skörd och markens organiska substans

Projektet finansierades under de första åren av det statliga *Skogs- och Jordbrukets Forskningsråd* inom programmet *Ekologisk jordbruks- och trädgårdsproduktion*. Forskningsprogrammet koordinerades av dåvarande professor Steen Ebbersten, som var vetenskapligt och redaktionellt ansvarig för rapporteringen, inklusive den rapport som publicerades från försöket. Resultaten visade att den huvudsakliga kväveförsörjningen kommer från marken och kan tillskrivas dels förfruktsverkan från föregående års vallgrödor (benämnt förfruktsverkan), dels den mera långsiktiga mineraliseringen från markens humusförråd, som byggs upp i växtföljden, avhängigt av inriktningen med vallodling och djurhållning (benämnt växtföljdsverkan)[32]. Det blev tydligt i dessa försök att ca 80–90 procent, av stallgödselkvävet i organiskt omsatt gödsel går till underhållet av markens humusförråd och därmed till markens mera långsiktiga mineraliseringskapacitet. Men resultaten visade också de biodynamiska preparatens reglerande verkan i dessa processer.

Preparatverkan i biodynamisk odling

Fem år av sex var skördarna av höstvete högre vid användandet av de biodynamiska preparaten i behandlingsleden med komposterad gödsel. Merskörden var i genomsnitt 5% för hela perioden och den var signifikant högre under de åren med särskilt dåliga tillväxtbetingelser (Granstedt, 2000)[33]. Resultat från tidigare försök bekräftade här att preparatverkan är systemrelaterad på så sätt att preparaten verkar skördehöjande under betingelser då skörden är lägre än normalskörd[34] och kan ha en motsatt skördesänkande effekt vid gynnsamma tillväxtbetingelser men därvid i stället mera gynna kvalitativa egenskaper. Preparatverkan kan vid högre gödslingsnivå även minska skörden som i exemplet i figur 13. Det går inte att söka kausala förklaringsmodeller för preparatens verkan med dos- och responssamband som vid användning av kemiska medel i jordbruket. Veterinären Dr. Wolfgang Schauman formulerade hypotesen för det biodynamiska arbetet, att preparaten verkar reglerande, liksom homeopatiska läkemedel gör[35].

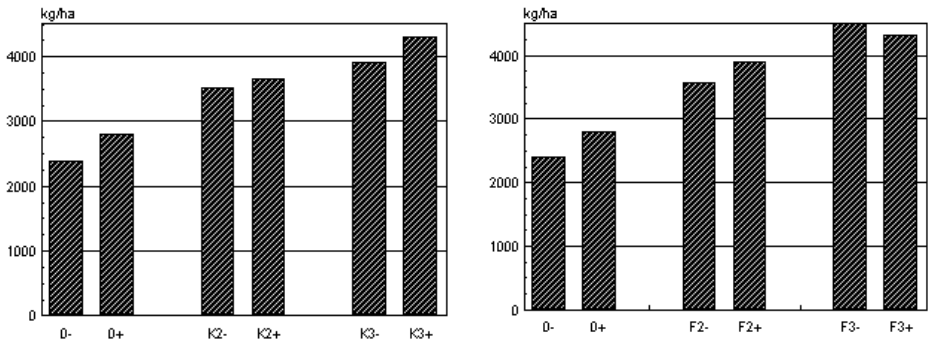
---

[32] Granstedt, A., and G. L., Baeckström, 2000. *Studies of the preceding crop effect of ley in ecological agriculture.* American Journal of Alternative Agriculture, vol. 15, no. 2, pages 68–78. Washington University.

[33] Granstedt, A. 2000. *Stallgödselanvändning i ekologisk odling med hänsyn till hushållning med växtnäringsämnen och produktion i ekologisk odling.* Ekologiskt Lantbruk 26. Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU.

[34] Raupp, J. König, U.J., 1996. *Biodynamic preparations cause opposite yield effects depending upon yield levels.* Biological Agriculture and Horticulture, 13, 175-188

[35] Schaumann, Wolfgang 2002. *Schritte zum Verständnis der biologisch-dynamischen Grundlagen.* Verlag Lebendige Erde, Darmstadt, 2002. 176 Seiten.



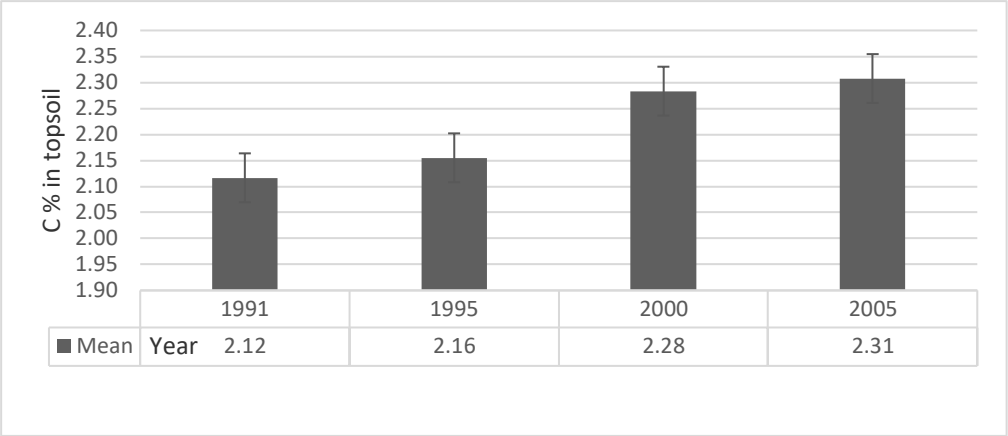
Figur 14. Medelskörd av höstvete 1996 och 1997 med okomposterad gödsel i tre gödslingsnivåer (F1, F2, F3) och komposterad gödsel i tre gödslingsnivåer (K0, K2 och K3) gödsel utan (-) och med (+) biodynamiska preparatbehandlingar gav signifikant högre skördar (+10%) i behandlingarna med komposterad gödsel. F1 och K1 var ogödslade så här var verkan endast av fältpreparaten det aktuella året.

Ökad skörd påvisas företrädesvis när gödseln blivit komposterad men kvarstod även efter skördehöjande extra övergödsling med urin från djurhållningen. Försöken visade också signifikant högre innehåll av mineralämnen (makro- och mikronäringsämnen) vid behandling med biodynamiska preparat.

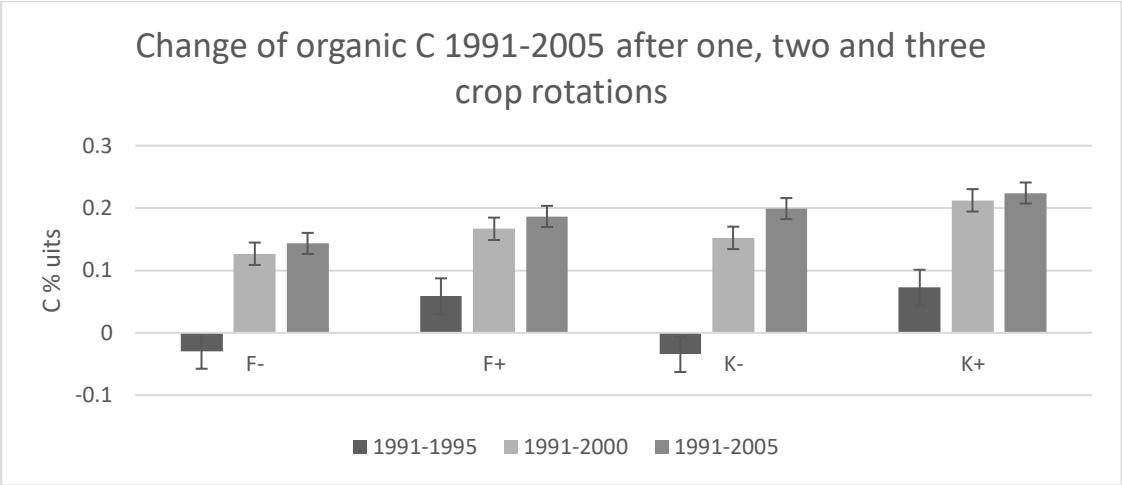
Den långsiktiga effekten på markens bördighetsegenskaper

Den organiska substansen i marken ökade i samtliga försök 1991–2005, mätt som organiskt kol. På två av skiftena kunde en signifikant ökning fastställas vid användandet av komposterad gödsel och även vid användandet av de biodynamiska preparaten. Ökningen var i genomsnitt 400 kg kol per ha och år på skifte 1 där försöket startade. Vid komposterad gödsel med användandet av biodynamiska preparat alla år, så ökade den organiska substansen i matjorden med 10 %, jämfört med användandet av okomposterad gödsel utan biodynamiska preparat, då den ökade med 7 %[36]. Användandet av de biodynamiska preparaten gav den tydligaste effekten vid försökets början, med signifikant högre halt av organisk substans, såväl i ledet med okomposterad som i ledet med komposterad gödsel. Till skillnad från det Schweiziska DOK försöket, så kunde här verkan av olika gödslingsbehandlingar dokumenteras var för sig och i kombination. Kombinationen kompostering och användandet av biodynamiska preparat, gav de högsta värdena för uppbyggnaden av markens organiska substans uppmätt som organiskt kol i marken.

[36] Granstedt, A., & L., Kjellenberg, 2017. *Carbon sequestration in long term on farm studies in Organic and Biodynamic Agriculture, Sweden*. IFOAM Conference proceedings. Research Report Innovative research for organic 3.0 – Volume 1: Proceedings of the scientific track at the Organic World Congress 2017, November 9–11 in Delhi, India.



Figur 15. Genomsnittlig halt organiskt kol matjorden, 0–20 cm år 1991, 1995, 2000 och 2005 i de 12 behandlingarna i gårdsförsök på Skilleby. Felstaplarna anger standardavvikelser.



Figur 16. Genomsnittlig ökning av organiskt kol i matjorden I behandlingar med okomposterad gödsel utan biodynamiska preparat F- och med biodynamiska preparat (F+) och komposterad gödsel utan (K-) och med användning av biodynamiska preparat (K+) från 1991–1995, 1991–2000 och 1991–2005. Felstaplarna anger standardavvikelse.

Försök med studier av de biodynamiska preparaten och publicering i vetenskapliga fack-tidskrifter synes huvudsakligen ske i Europa, men även i USA där forskaren Dr. *Walter Goldstein* är verksam vid *Michael Fields Agricultural Institute*[37]. Även dessa försök på två platser i USA omfattade rotstudier och bekräftar sambandet mellan preparatanvändningens positiva utveckling av rotbiomassan och uppbyggnaden av den organiska substansen i marken vid användning av de biodynamiska preparaten (Goldstein et al, 2019)[38].

Sambandet mellan preparatens kompensatoriska effekt i de tidigare nämnda ljus-skugga försöken och rotutvecklingen i marken bör studeras i fortsatta försök. Även för att

[37] Michael Fields Agricultural Institute https://www.michaelfields.org/

[38] Goldstein, W. A., Koepf, H. H., & Koopmans, C. J. 2019. *Biodynamic preparations, greater root growth and health, stress resistance, and soil organic matter increases are linked.* Open Agriculture, 4(1), 187–202.

undersöka hur detta kan leda till en ökad bildning av så kallat *rotexudat* – energirika kolhydrater – som avges från rötterna vilket gynnar tillväxten av svampar och bakterier i marken, utöver ökad bildning av rotbiomassa. Vidare för att öka förståelsen av betydelsen i relation till hur vi kan öka kolinlagringen i marken och bidra till att minska belastningen på klimatet.

Kvalitet utöver det väg- och mätbara

De kvantitativt väg- och mätbara försöksresultaten från undersökningar av de biodynamiska preparatens verkningar uppfyller kriterierna vad gäller statistisk säkerhet och upprepbarhet. Men förklaringen till dessa verkningar ligger utanför det väg- och mätbaras område. Att formbildande krafter är något som verkar utöver de fysiska krafterna, blir uppenbart då livet upphör att verka. När organismen dör, faller den sönder i sina oorganiska mineraliska beståndsdelar som återigen blir underkastade enbart de fysiska oorganiska lagbundenheterna. För studier av det levande så behöver den fysiska världens väg- och mätbara fenomen kompletteras med metoder som påvisar hur icke väg- och mätbara formande krafter verkar in i det levande. Sådana metoder finns utvecklade och tillämpas inom det biodynamiska jordbruket.

Ehrenfried Pfeiffer beskriver hur han sökte efter metoder för att kunna påvisa och studera verkningar av de formbildande krafterna i det levande. Av Rudolf Steiner fick han rådet att arbeta med kristalliserande mineralsalter[39]. Frukten av dessa försök blev ”*kopparkloridkristallisationsmetoden*”[40], som används i biodynamisk forskning. Denna metod kan även
användas för studier av de formbildande krafterna i organvävnader från djur och människor samt blod.

Indunstar man en lösning av ett mineralsalt som till exempel kopparklorid till en viss saltmättnadsgrad, så börjar kristaller bildas och ansamlas oordnat från centrum ut mot periferin. Då organiska substanser tillförs till lösningen, så inverkar dessa på saltets utkristallisering. I stället för oordning så formas då nålgrupperingarna till ordnade ”kristallnålbilder” av en bestämd form och mönster, vilka är specifika för den växt, växtdel, eller det organ som den organiska substansen kommer ifrån.

För att genomföra kristallisation av en växt, så bereder man ett extrakt genom söndermalning av antingen nyss skördade växtdelar såsom blomma, blad, frukt, rot eller lagrade produkter som rotfrukter eller sädeskorn. Detta slammas upp i destillerat vatten, innan det får stå i rumstemperatur upp till en timme, för att därefter filtreras ut till en klar vätska utan synliga partiklar. Extraktet tillsätts så till kopparkloridlösningen, plus destillerat

[39] Meyer, T. 1999. *Ein Leben für den Geist, Ehrenfried Pfeffer 1899–1961.*
[40] Selawry, A. 1987. *Ehrenfried Pfeiffer, Pionier Spirituellen Forschung und Praxis. Begegnungen und Briefwechsel. Philosofisch-Antroposophischer* Verlag am Goetheanum, Dornach.

vatten. Den optimala mängden växtsubstans i förhållande till mängden kopparklorid, utprovas i särskilda koncentrationsserier.

Lösningen med mineralsaltet och växtextraktet får sedan indunsta på en platta av glas, vid för ändamålet utprovade och kontrollerade koncentrations-, temperatur- och fuktighetsförhållanden. En glasring på skivan håller vätskan på plats. Mängden 6 ml lösning till en innerdiameter på 9 cm, med en temperatur på 30°C och med en relativ fuktighet på 60–70 %, innebär att kristallisationen startar efter 9 timmar och är färdig efter 11 timmar, då bilderna kan arkiveras eller fotograferas.

Såväl formen som kristallförgreningarnas karaktär är karakteristisk för just den växt vars extrakt man tillsatt. Resultatet påverkas också av från vilken växtdel extraktet tagits, vid vilken tidpunkt i växtens utveckling och även vid vilken tidpunkt på dygnet, växten är snittad från sin växtplats, samt under vilka betingelser växten är odlad.

Pionjären för biokristallisationsmetoden här i Norden är *Magda Engqvist* och hon beskrev i sina skrifter hur ämnena blir tjänare åt en helhetsimpuls som strålar in i växtens minsta delar, en impuls som verkar utifrån och in. Enskilda cellgrupper och hela cellsystem är i sina funktioner bestämda av denna helhetsimpuls. Kristallisationsbilden ger oss möjlighet att iakttaga dessa omkretskrafter, som verkar i det levande.

Utan tillsats av växtsaft, hopas kristallnålarna i kaotiska stjärnmönster på kristallplattan. Tillsätts växtsaft upphävs i olika grad de centralkrafter som verkar i det oorganiska. Det uppstår samordnade förgreningar som böjer av i karakteristiska, bågformade linjer. Medelpunkten för dessa båglinjer ligger företrädesvis utanför kristallbilden.

Magda Engqvist studerade också hur kristallbilderna förändras över tid, från omognad till mognad och åldrande. Då det levande upphör att verka, går substansen mot sin nedbrytning till mineraler och kristallbilden går mot sin ursprungliga kristalliniska form. Återigen har vi här en upprepning av vad som sker i naturen.

Kristallisationsbilder av rötter visar förgreningar från centrum ut i periferin. Bladformerna är ofta vackert symmetriskt formade hålformer. Likheter finns i formbilderna mellan vissa växters hålformer och bilder från organ från djur och människa. Exempelvis ger blad från hjärtläkeväxten Fingerborgsört (*Digitalis purpurea L.)* karakteristiska polygonformer, vilka liknar de bilder man får av kopparkloridkristallbild på extrakt av hjärtmuskeln. Blommor och frukter ger för vissa växter mycket karakteristiska asymmetriska spiralformer. Själv lärde jag att arbete med metoden under en period i tidig ungdom och ett exempel på detta är bilden av *Veronica officinalis* i figur 19 som kan jämföras med den av enbart av kopparklorid i figur 18.

Även andra formbildande metoder har utvecklats som användes inom medicin och biodynamiskt jordbruk.

Vid bedömning av odlingsprodukters värde som näringsmedel, så är det angeläget att arbeta med de metoder som inte enbart mäter de fysiskt mätbara egenskaperna, utan också under-

söker de formbildande och organiska substansbildande krafter som är aktiva i den levande växtens olika delar. Även det nedbrytande förloppet då växten dör.

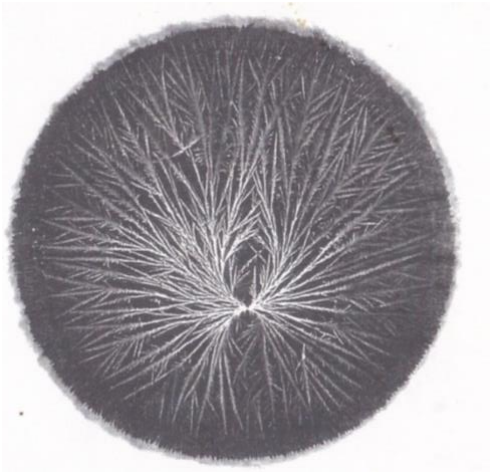
Nedbrytningen av odlade produkter sker olika snabbt beroende på odlingsbetingelserna. En biodynamiskt odlad rotfrukt eller bladgrönsaker som spenat bryts ner långsammare jämfört med en konventionellt odlad. Detta kan följas kemiskt, men även uttryckt genom den formande förmåga som finns bevarad i växtsaften av till exempel spenat (figur 20). Det är en angelägen uppgift för forskningen att bättre förstå vad denna ”vitalkvalitet” som vissa forskare kallar den, har för betydelse för närings- och hälsovärde.

Det inledningsvis beskrivna sambandet mellan ljuset och formbildningen hos växten visar sig kunna förstärkas genom de biodynamiska odlingsåtgärderna. Vid ljus- och skuggförsök visar det sig att de speciella preparat som används i biodynamisk odling har samma effekt som förstärkt ljus! Även markens humusbildande förmåga förstärks[41]. Detta kan även studeras med kvalitativa metoder, utöver det väg- och mätbara.

Både morfologiska studier och tolkning av resultat från bildskapande metoder kräver övning. Forskaren måste skolas som iakttagare i sitt tänkande. Några forskare har här brutit ny mark.

Biokristallisationen är i dag en etablerad forskningsmetod tack vare *Jens Otto Andersen* i Danmark som doktorerade på metoden år 2001 sedan han redan som ung student hade varit i Järna och lärt känna metoden av Magda Engkvist och Bo Pettersson[42]. I dag är en hel grupp forskare verksam med att vidareutveckla metoden i förbindelse med biodynamisk odling[43].

Figur 17.
Ren kopparkloridlösning (1,5 g $CuCl_2$) utkristalliserad utan tillsats (Selawry, 1957, Die Kupferchloridkristallisation).

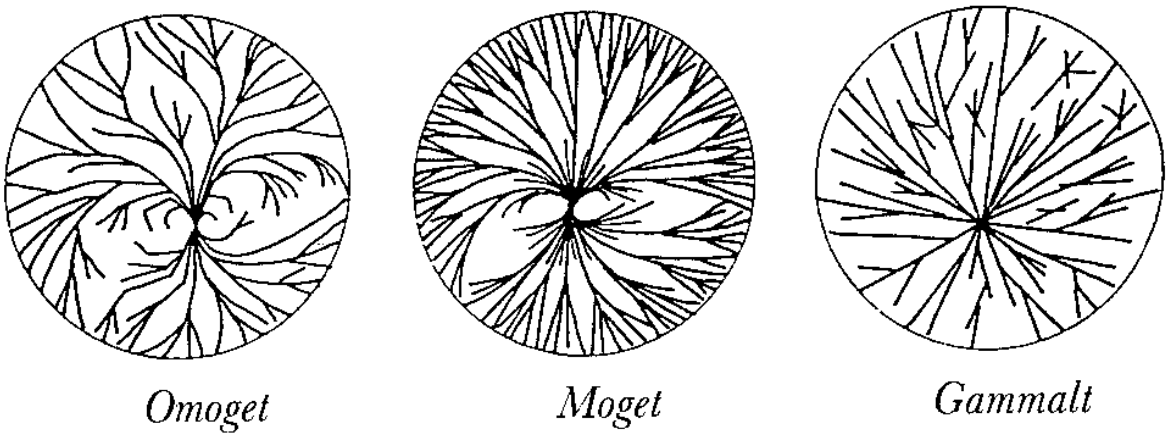


Figur 18.
Kopparkloridlösning med tillsats av extrakt från växten Veronica officinalis, blad (Granstedt, A. 1960, tidskriften Natura).

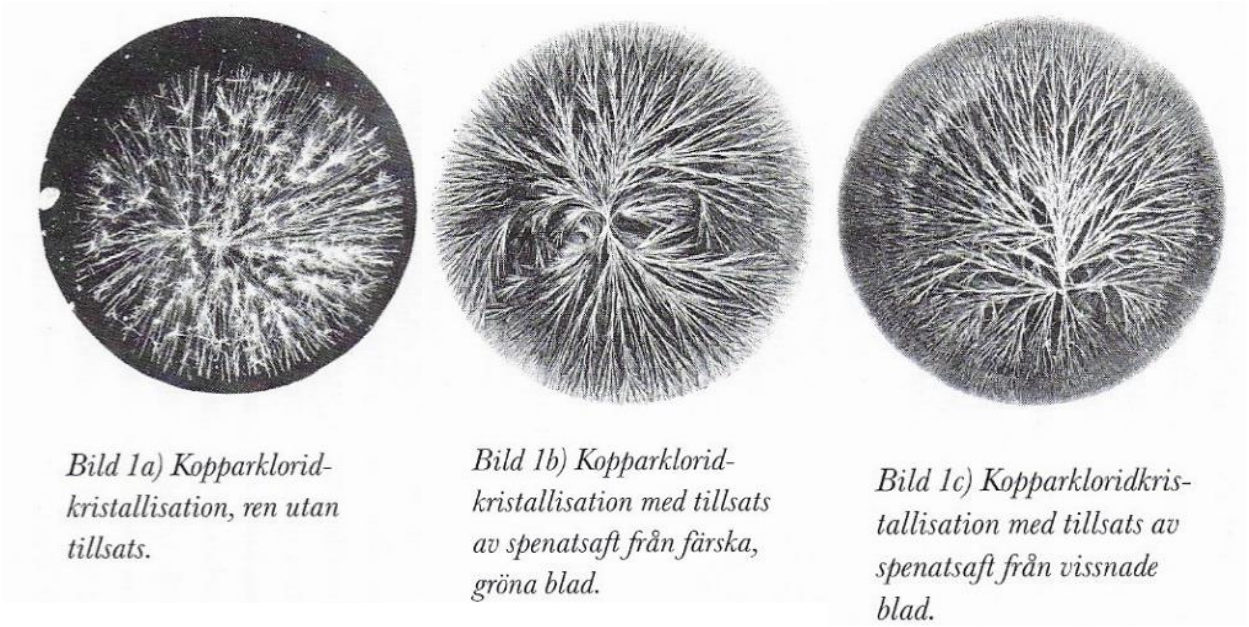
[41] Granstedt, A. & L., Kjellenberg, 2008. *Organic and biodynamic cultivation – a possible way of increasing humus capital, improving soil fertility and being a significant carbon sink in Nordic conditions*. Second Scientific ISOFAR Conference in Modena 18-20 June 2008.

[42] Andersen, J. 2001, *Development and Applicationof the Biochrystalisation method.* Report no 1 Biodynamic Research Association Denmark. Revised version of Ph.D. thesis from Royal Veterinary and Agricultural university of Copenhagen Institute of Agricultural sciences

[43] Doesburga, P., Huberb, M., Andersen J., Athmannd, M., van der Bieb G., Fritzd, J. Geiere, U., Hoekmanf, J., Kahlg, J., Mergardtg G., & N., Busscherg 2014. *Standardization and performance of a visual Gestalt evaluation of biocrystallization patterns reflecting ripening and decomposition processes in food samples.* Biological Agriculture & Horticulture http://www.tandfonline.com/loi/tbah20

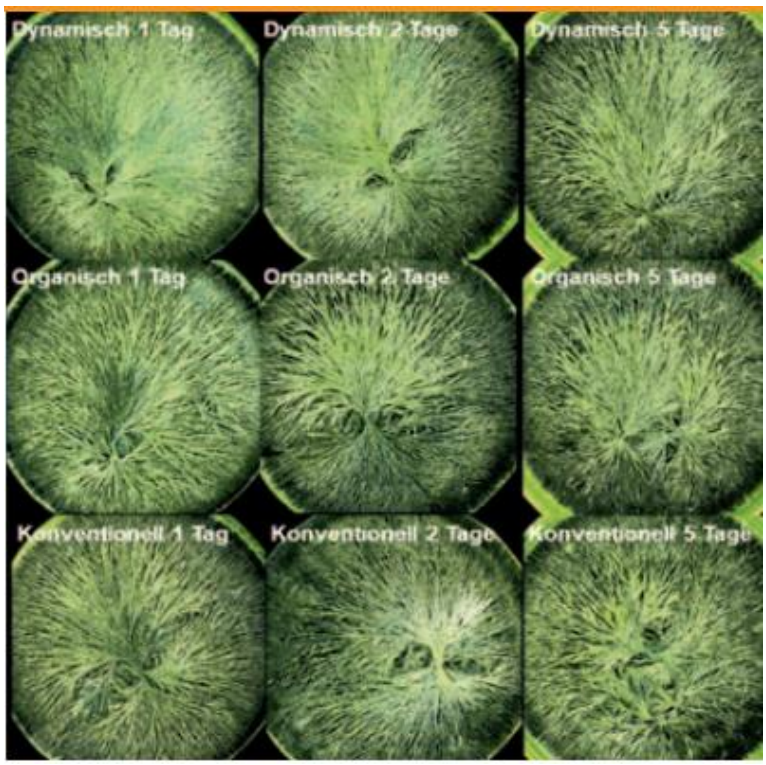


Figur 19. Inverkan av omogna, mogna och åldrande rödbetor på kristallbilden, schematiskt. Källa: Engkvist, M. 1982: Livsprocesser i växten och deras återspegling i kopparklorid kristallisationsbilden.



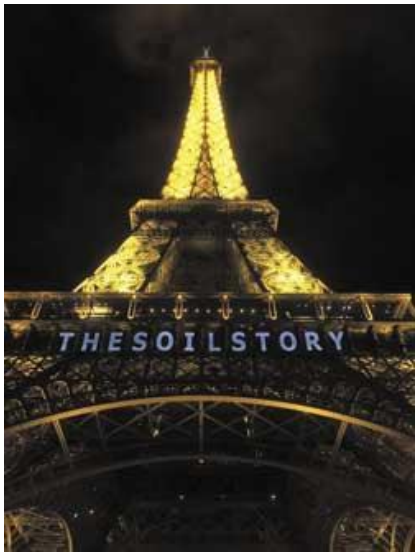
Figur 20. Kristallisationsbilder som illustrerar kopparklorid utan tillsats (1a) ordnade (1b) respektive oordnade kristallstrukturer (1c). Källa, Engkvist, M. 1982: Livsprocesser i växten och deras återspegling i kopparklorid kristallisationsbilden.

En av de forskare som arbetar vidare med även detta är Dr. *Jürgen Fritz* som handleder flera doktorandprojekt. Här återges ett av dessa projekt.



Figur 21. Kristallmönstren förändras genom åldrande. Här är det druvsaft som förvarats i kylen vid 6 °C i flera dagar. Bilderna av biodynamisk variant visade mindre tecken på sönderfall av strukturen genom åldrandet än bilderna av den organiska varianten. Degradering av formbildningen på grund av åldrande i extraktet från respektive odlingsmetod visade sig ske i olika takt i följande ordning: Biodynamisk < Ekologisk < Konventionell. Kodade druvjuiceprover från 37 av 39 behandlingsled från de fem odlingsåren 2006 till 2010 kunde matcha odlingsmetoderna i den undersökning som gjordes vid universitetet i Geisenheim. Formbildningsförmågan visade större motståndskraft mot försvagning genom åldrande genom att använda biodynamiska preparat i odlingen. Smaktest av aromstyrkan ordnade sig på samma sätt i dessa försök.

Det finns all anledning att gå vidare med dessa studier för att öka förståelsen av hur de biodynamiska preparaten verkar i relation till fotosyntesen och en ökad kolinlagringen i marken och därmed bidra till att minska belastningen på klimatet. En ökad rotutveckling innebär också en ökad bildning av energirika kolhydrater, som avges från rötterna som gynnar tillväxten av svampar och bakterier i marken, utöver en ökad bildning av rotbiomassa som sammantaget innebär en större kolonlagring i marken. Tillämpning av biodynamisk odling på all odlingsmark skulle väsentligt bidra till att minska människans belastning på klimatet och bidra till den vision som lyste från Eiffeltornet i samband med klimatkonferensen i Paris 2015.



Figur 23
Orden "The Soil Story" lyste på Eiffeltornet var sjunde minut under sex kvällar i samband med kilmattoppmötet 2015. The Soil Story är en kortfilm med budskapet att världens jordar kan lagra kol och stabilisera klimatet. Filmen är producerad av den amerikanska gruppen Kiss the Ground, som arbetar med restaurering av jordar.

Gruppen var närvarande i Paris under klimattoppmötet. (Foto: Dylan Cashbaugh, Kiss the Ground.

https://kisstheground.com