



NORSØK

Norsk senter for økologisk landbruk

# Organisk materiale i jord - fra stoff til økosystem

NORSØK FAGINFO | Nr 1 2016

Norsk senter for økologisk landbruk

Reidun Pommeresche, Norsk senter for økologisk landbruk og Berit Swensen, VitalAnalyse.

Kontakt: Reidun.pommeresche@norsok.no

Innholdet av organisk materiale i jord, og da særlig karbonet i dette, har en sentral plass i debatten om klimaendringer og karbonlagring i jord. Det er imidlertid ikke en entydig forståelse av hva det organiske materialet er, hvordan det dannes og brukes. Her gis noen smakebiter på hvordan begrepene organisk materiale og humus er brukt gjennom historien. Videre diskuteres hvordan organisk materiale og humus kan sees på i en økologisk sammenheng, basert på forskning innen flere ulike fagfelt.



Kløvereng på jordarten siltig mellomleire, men 7 % organisk materiale, målt som glødetap. Det kan være 10 meitemark, 300 spretthaler, mange tusen bakterier og metervis med sopp i en slik jordklump (20x20x20 cm). Foto: Maud Grøtta.

## Innledning

Fra rundt 1900 og fram til i dag er det forsket og skrevet utrolig mye om organisk materiale og humus i jord. Vi mener å se en historisk utvikling og dynamikk i betydningen av begrepene. Fra at begge begrepene, både humus og organisk materiale, ble brukt om jord generelt, til at ordene får hver sin betydning, og gjerne flere ulike betydninger.

I noe litteratur omfatter begrepene mer prosessene som skjer i jord, enn selve stoffene som dannes. Det finnes også ulike innfallsvinkler – biologiske, kjemiske, fysiske, biogeokjemiske og systemtenkende – til hva organisk materiale og humus i jord er.

## Humus

Det latinske ordet *humus* betyr jord, og det er lett å se forbindelse til de latinske ordene *homo* (mann) og *humanus* (menneskelig). Den store botanikeren Linnaeus (1707-1778) gav ulike jord, ikke bare planter, ulike artsnavn, eksempelvis *Humus daedalea* (hagejord), *Humus ruralis* (åkerjord) og *Humus latum* (gjørme) (Waksman, 1936). En annen inndeling i humustyper var *sur humus*, som ble dannet under forhold med lite tilgang på oksygen, for eksempel i myr, og *mild humus* som ble dannet i jord med rikelig tilgang på luft (Thaer 1810 i Waksman 1936). Det er senere laget et omfattende system for å klassifisere humustyper og humussjikt i naturlig jord (Zanella mfl. 2010, Jeffery mfl. 2010). «Mor», «moder» og «mull» er engelske ord for tre av disse humussjiktene. «Mor» finnes i vår norske, svarte myrjord. Begrepet «mull» er knyttet til mold-holdig, næringsrik jord, som norsk mold eller muld. Humus brukes også om fargestoffer i vann. Generelt er en mørkere brun/svart farge i jorda knyttet til organisk materiale og humus. Vi vil fokusere på humus i landbruksjord.

I 1761 definerte Wallerius *humus* som «det døde og nedbrutte organiske materialet i jorda». Denne definisjonen brukes fortsatt i Store norske leksikon, og henger fortsatt igjen i enkelte fagmiljø, spesielt hvis *humus* sidestilles med begrepet "organisk materiale i jord". Da det ennå ikke var kjent at plantene brukte CO<sub>2</sub> fra lufta som karbonkilde i fotosyntesen, ble humus sett på som plantenes viktigste næringsstoff, at det var fra humus de fikk sine karbonforbindelser. Denne humusteorien støttet seg på observasjoner som viste at plantene vokste bedre ved tilførsel av organisk materiale, som husdyrgjødsel og kompost. Denne teorien ble delvis forlatt rundt 1840 (Waksman 1936).

---

## Humus som stoff

Fra 1840 kom det som Manlay mfl. (2007) kaller «mineralistperioden». Men selv om Justus von Liebig nærmest anses som mineralgjødselens far, støttet han synet om at det var best å bruke både uorganisk og organisk gjødsel. Det organiske materialet ble ansett for å kunne øke løseligheten av de «mineralske» næringsstoffene, og med dette synet var konseptet plantetilgjengelighet (bioavailability) skapt. Humus ble nå definert som en spesiell – og veldig viktig – del av det organiske materialet, og videre inndelt i ulike typer (Stevenson 1994, Brady & Weil 2008).

En kjemisk utforskning av humusen startet, og man fant at stoffer med ulike egenskaper kunne ekstraheres og separeres med vann og basiske løsninger, etterfulgt av utfelling med syre. Disse makromolekylære stoffene var lenge synonymt med begrepet humus og «soil organic matter» (SOM) (Manlay mfl. 2007). Som en fellesbetegnelse ble disse kalt *humussyrer* eller *humater*. De kunne inndeles i vannekstraherbare *fulvosyrer*, baseløselige *humussyrer* og en ikke-løselig fraksjon som ble kalt *humin*. Utover 1900-tallet fant man ut at disse humusstoffene hadde en kolloid og amorf struktur, som var bygd opp av store, komplekse makromolekyler. De organiske ringstrukturene, med mange hydroksyl- og karboksylgrupper, gir mange negative ladninger i overflaten. Dette forklarer humusstoffenes syrekarakter og deres evne til å binde til seg leirmineraler og ioner.

Oppdagelsen av humusstoffenes evne til å binde sammen leirpartikler (flokkulering) ga opphavet til aggregatbegrepet knyttet til jordstruktur. Leirpartikler med positive ladninger, og som enkeltvis ikke er mer enn noen få mikrometer store, samles til større «klumper» når de bindes til humusstoffenes negative ladninger. Man fant også at humusen kunne deles i en *lett og tungt* omsettelig - eller *labil og stabil* - fraksjon. Inndelingen i labil og stabil fraksjon har ingen entydig grense. Humus kan stabiliseres ved binding til

leirmineraler, og påvirkes dermed mye av jordas leirinnhold. Den labile delen er det som relativt raskt blir brukt av mikroorganismer. Den mest stabile delen har lenge vært antatt å være dannet fra ligninrike forbindelser, da mange av molekylstrukturene man finner i humus ligner på de man finner i lignin og andre tungt nedbrytbare organiske molekyler fra cellevegger hos planter og trær. For detaljert humuskjemi, se Stevenson (1994) og Tan (2011).



*Omdanning av matrester (til venstre) til ferdig kompostjord med mørk farge og høyt innhold av organisk materiale (til høyre). Bakterier, sopp og meitemark er viktige i kompostering, men like avgjørende for omdanning av husdyrgjødsel, døde røtter og planterester i jordbruksjord.*

---

## “Humusorganismen”

Allerede rundt 1920-1930 vokste det fram et annet syn på hvilken betydningen humus og organisk materiale i jorda hadde for både for jordfruktbarhet, plantehelse og miljø (eks. Howard 1943, Balfour 1948, Rusch 1968). I stedet for å være et anliggende bare for landbruksvitenskapen, ble organisk materiale i jord av disse satt inn i en økosystem-sammenheng og -forskning (Manlay mfl. 2007). Jordbiologi ble et viktig tema, og begreper som *edafon*, *humusfære*, *humusorganisme* og *kretsløp av levende substans* beskrev det levende økosystemet i matjorda (Steiner 1924, Francé-Harrar 1957, Rusch 1968, Brauer 1974, Pommeresche 2004). Flere forsøk viste at planter faktisk kunne ta opp organiske molekyler fra jorda (Waksman 1936). Blant “økosystemskolen” (de som var tilhengere av jordbiologi) ble mengden og diversiteten av organiske molekyler tillagt stor betydning for god vekst og utvikling av plantene. Hos «minerealistene» (de som var tilhengere av uorganiske stoffer som gjødsel) ble organiske molekyler derimot ikke ansett for å være en næringskilde av betydning for jordbruksvekster, verken som ren karbonkilde eller kilde til

næringselementer (Manlay mfl. 2007). Men også blant disse var det mange diskusjoner og ulike retninger.

Porøs og god moldjord – og en komposthaug med aerob omsetning – blir innenfor økosystemskolen betraktet som et selv-regulerende økosystem eller en «humusorganisme». God moldjord og moden kompost ser ut til å ha ganske lik struktur uansett hvor man er geografisk. Det er også funnet en bemerkelsesverdig ensartet sammensetning av hydrolyserbare aminosyrer i organisk materiale i jord (SOM), enten det er fra åker, eng eller skog, til tross for at aminosyresammensetningen i planterøtter og mikroorganismer varierte betydelig (Friedel & Scheller, 2002).

---

## Dagens og framtidens humusforståelse

Forskning og nye analysemetoder utfordrer på nytt synet på humus som ekstraherbare makromolekylære forbindelser. For det første viser det seg at disse makromolekylære humussyrene kanskje bare utgjør en liten del av det organiske materialet i (mat)jorda (Schmidt mfl. 2011). Videre dreier det seg ikke bare om makromolekyler, men om at organisk materiale består av mindre biomolekyler som aminosyrer, fett, karbohydrater og peptider, som så holdes sammen og stabiliseres av hydrogenbindinger og hydrofile interaksjoner slik at det dannes dynamiske forbindelser og/eller såkalte «supramolekyler» (Sutton & Sposito 2005, Schmidt mfl. 2011, Piccolo 2002). Eller at organisk materiale i jord er både store molekyler, mindre molekyler og mikroorganismer samlet i sjikt i overgangen mellom vann og faste stoffer i jorda (Masoom mfl. 2016).

En australsk jordøkolog, Christine Jones, kaller de organiske stoffene som sirkulerer i jorda mellom planter og organismer for «liquid carbon», flytende karbon, og mesteparten av dette er ulike karbohydratholdige stoffer (Jones intervjuet i Frisch 2015). Jones mener at jordlivet er med på å bygge opp karbonholdige stoffer, inkludert humus. Videre at humus er organisk-mineralske molekyler som er en innebygd del av «the soil matrix» som ikke kan bli ekstrahert fra jord.

Samlet gir dette oss et ganske komplekst humus/SOM-begrep. Dette kan underbygges av at opp mot 90 % av nitrogenet i jord også kan foreligge i organisk form og at om lag halvparten av dette er hydrolyserbare aminosyrer (Scheller & Raupp 2005, Friedel & Scheller 2002). Kretsløpene av karbonholdige og nitrogenholdige stoffer bindes sammen i biologiske prosesser i jord og i planter. Det er ekstra viktig å se disse to stoffene i sammenheng innen økologisk landbruk, der organisk materiale brukes som gjødsel og hvor ren nitrogengjødsel ikke er så aktuell.



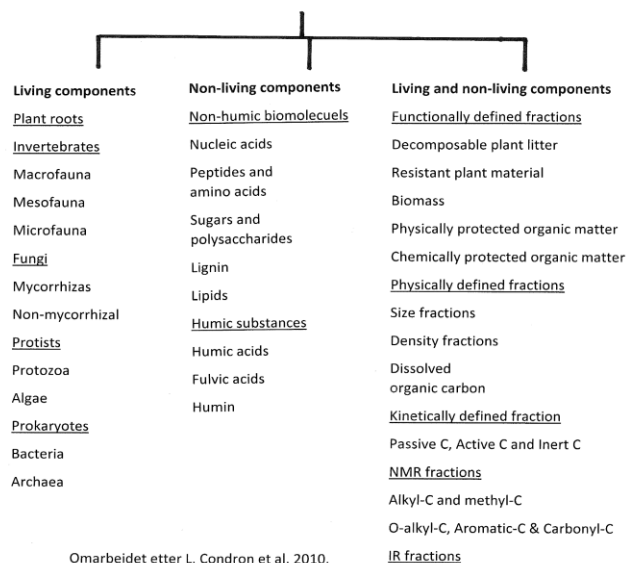
*Nærbilde av en meitemarkgang gjennom en jordklump, sett fra siden av (i sirkelen). Det er mørkere farger (mer organisk materiale) på den jorda som meitemarken har laget veggene i gangen sin av. Veggene er laget av meitemarkskitt og slim som den skiller ut. I veggen på meitemarkgangen ser en røtter. Foto: Reidun Pommeresche.*

Forskning har vist at glomalin, et glykoprotein dannet av jordlevende sopp, utgjør en viktig del av det organiske materialet i jord (Nichols & Millar 2013). I tillegg til at glomalin inneholder 30-40 % karbon, og dermed bidrar til karbonbinding i jorda, er det også viktig for dannelsen av stabile aggregater og god jordstruktur (Nichols & Millar 2013). Den nye innsikten i hva det organiske materialet i jorda kan bestå av utvider det kjemibaserte humusbegrepet og gir rom for å snakke om både nedbrytning, omdanning og ikke minst oppbygging av organisk materiale (SOM) og ulike typer humusstoffer i jord.

De siste tiårenes systemorienterte tilnærming, sammen med avanserte analysemetoder, har gitt oss ny kunnskap om mangfoldet av jordorganismer, biologiens betydning for dannelsen av SOM og hva som skjer av stoffutvekslinger i og rundt planterøttene (Jones mfl. 2009, Jeffery mfl. 2010, Babikova mfl. 2013, Philippot mfl. 2013).

Det finnes nå flere ulike modeller på hvordan levende og dødt organisk materiale i jord er sammensatt (Piccolo 2002, Burmølle mfl. 2012, Tan 2010, Masoom mfl. 2016). Ut fra disse kan en stille seg flere spørsmål: Er det slik at begrepene organisk materiale og humus kommer til å bety det samme igjen, ved at det er umulig å skille hva som er humus og hva som er organisk materiale? Kan vi i fremtiden enes om at begrepene humus og organisk materiale er resultat av livsprosesser i et økosystem med planterøtter, jord og jordorganismer? Eller at humus kan forstås både som stoff og som system?

## Soil organic matter



Omarbeidet etter L. Condron et al. 2010.

Det er viktig å ta med seg de ulike begrepsforståelsene av humus og organisk materiale inn i diskusjonen videre. Det er heller ikke enighet eller klarhet i hvordan humus dannes, eller hva humus i detalj er. Vi kan imidlertid holde fast ved at humus er mye mer enn bare målbare kjemiske stoffer.

Dette er den første fagartikkelen i serien av fire om organisk materiale i jord. Hva det er, hvordan det undersøkes og måles, samt praktiske metoder for å forvalte organisk materiale i landbruksjord. Artiklene utgis som NORSØK – FAGINFO og er et samarbeid med prosjektet Økologisk Foregangsfylke «Levende Matjord».



*En oversikt over inndeling av organisk materiale i jord. Figuren viser kompleksiteten av nivåer man kan undersøke dette på. Videre hvor mange ulike organiske stoffer som kan defineres i jord og noen metoder som brukes. Et viktig skille er om organisk materiale i levende organismer regnes med eller ikke.*

## Referanser

- Babikova, Z. mfl. 2013. Underground signals carried through common mycelial networks warn neighbouring plants of aphid attack. Ecology Letters doi: 10.1111/ele.12115
- Balfour, E.B., 1948. *The Living Soil and the Haughley Experiment*. Palgrave Macmillan, 1976.
- Brady, N.C. & Weil, R.R. 2008. *The Nature and Properties of Soils*. Revised fourteenth edition. Pearson Education, New Jersey, 973 s.
- Brauer, H. 1974. *Die wissenschaftlichen und praktischen Grundlagen des organisch-biologischen Landbaues*. Gewidmet von den Sparkassen Oberösterreichs.
- Burmølle, M., Kjølner, A. & J. Sørensen 2012. An invisible workforce: Biofilms in the soil. S 61-72, I *Microbial Biofilms: Current Research and Applications 2012*. Tilgjengelig på Internett.
- Francé – Harrar, A. 1957. *Humus, Bodenleben und Fruchtbarkeit*. Bayerischer Landwirtschaftsverlag, Bonn. 148 ss.
- Friedel, J.K. & Scheller, E. 2002. Composition of hydrolysable amino acids in soil organic matter and soil microbial biomass. *Soil Biology & Biochemistry* 34, 315-325.
- Frish, T. 2015. SOS: Save our Soils. Dr. Christine Jones explains the life-giving link between carbon and healthy topsoil. ACRES.
- Howard, A. 1943 "An agricultural testament". Oxford press. På Internett.
- Jeffery mfl. 2010. *European Atlas of Soil Biodiversity*. 129 s. På Internett.
- Jones, D.L., Nguyen, C. & Finlay, R.D., 2009. Carbon flow in the rhizosphere: carbon trading at the soil-root interface. *Plant Soil*, 321:5-33.
- Manlay, R.J., Feller, C. & Swift, M.J. 2007. Historical evolution of soil organic matter concepts and their relationships with the fertility and sustainability of cropping systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119, 217-233.
- Masoom et al. 2016. Soil organic matter in its native state: Unravelling the most complex biomaterial on earth. *Environ. Sci. & Technol.* DOI: 10.1021/acs.est.5b03410.
- Nichols, K. A & J. Millar. 2013. Glomalin and soil aggregation under six management systems in the Northern Great Plain, USA. *Open Journal of Soil Science* 3, 374-378. Finnes på Internett.

- Philippot, L., Raaijmakers, J.M., Lemanceau, P. & W.H. van der Putten 2013 Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere, *Nature Reviews*, 11:789-799. Pdf på nett.
- Piccolo, A. 2002. The supramolecular structure of humic substances: A novel understanding of humus chemistry and implications in soil science. *Advances in Agronomy*, 75, 57- 134.
- Pommeresche, H. 2004. Humussphäre. Humus - Ein Stoff oder ein System? Organischer Landbau, OLV Verlag, 224 s.
- Rusch, H.P. 1968. nytt 2004. Bodenfruchtbarkeit. Eine Studie biologischen Denkens. Heidelberg.
- Scheller, E. & Raupp, J. 2005. Amino acid and soil organic matter content of topsoil in a long term trial with farmyard manure and mineral fertilizers. *Biological Agriculture & Horticulture* 22, 379-397
- Schmidt, M. W. I. et al., 2011. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature* 478, 49, 49- 56. På Internett.
- Steiner, R. 1924. Landwirtschaftlicher Kurs. GA 327. Rudolf Steiner Verlag, Dornach, Schweiz.
- Stevenson, F.J. 1994. Humus chemistry, Genesis, Composition, Reactions. Second ed. John Wiley & Sons, Inc. New York, 496 s.
- Sutton, R. & Sposito, G. 2005. Molecular structure in soil humic substances: The new view. *Environ. Sci. Technol*, 39, 9009-9015.
- Tan, K.H. 2011. I Principles of soil chemistry (eds. Peart et al.). Taylor & Francis Group, 362 s.
- Waksman, S.A. 1936. Humus, origin, chemical composition and importance in nature. The Williams & Wilkins Company, Baltimore, 495 s. Lesbar på Internet.
- Zanella, A. et al 2010. Towards a European humus forms reference base. *Studi. Trent. Sci. Nat*, 85 (2009) 145-151. På Internet.



*To klumper med jord senket ned i en kolbe med vann. Jorda til høyre tatt inne i åkeren (intensivt drevet grønnsaksareal, siltig leittleire). Jorda til venstre er fra samme jordet, men fra kanten rundt, utenfor selve åkeren, der det bare har vært vegetasjon/ugras og ikke kjøring eller jordarbeiding. Den ene jordklumpen «løses» opp i kontakt med vann, mens den andre ikke gjør det. Foto: R. Pommeresche.*

## Organisk materiale i jord - fra stoff til økosystem

Nr 1 | 2016

NORSØK FAGINFO

Ansvarlig redaktør: Turid Strøm

Forfattere: Reidun Pommeresche og Berit Swensen

ISBN: 978-82-8202-019-0

[www.norsok.no](http://www.norsok.no)