

Norsk senter for økologisk landbruk

Jordliv og planter trengs for å lage og lagre karbon i jord



Mære 16. okt. 2018 , Reidun Pommeresche

Karbonkretsløpet

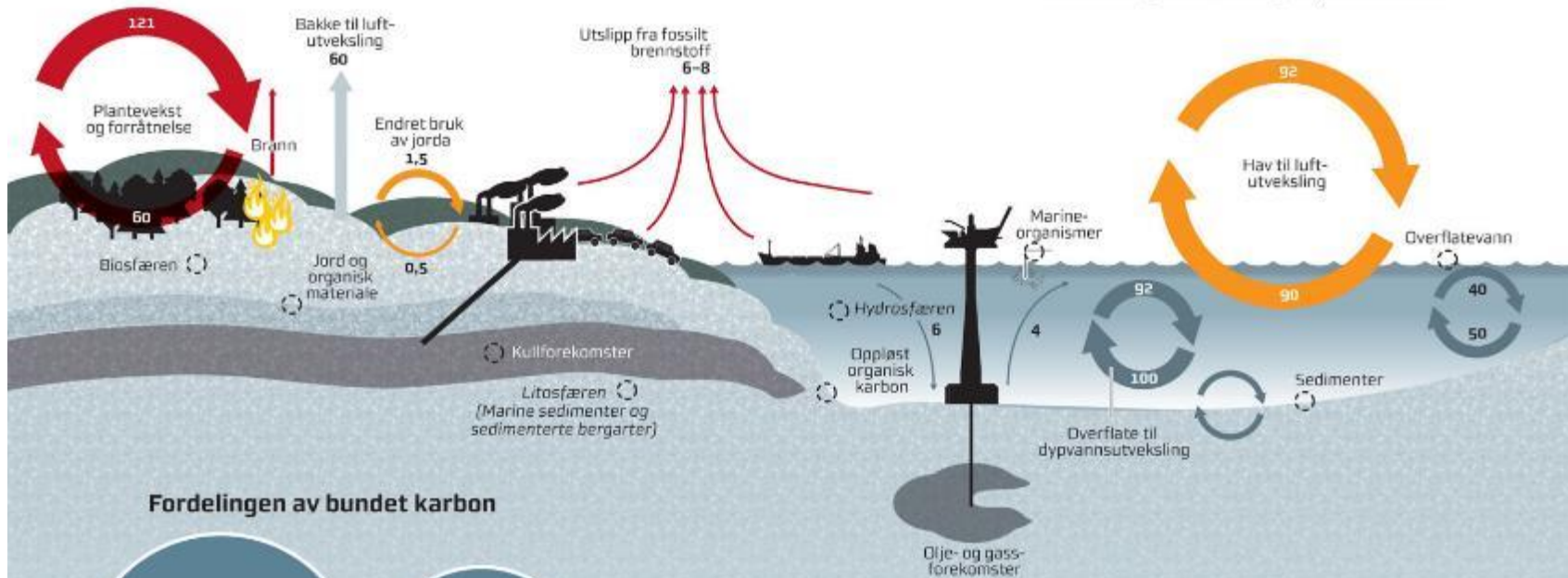
Funnet på : Riksantikvaren:
Klima forklart /CICERO

Utviklingshastighet

Meget hurtig	→ (under ett år)
Hurtig	→ (2-10 år)
Treg	→ (10-100 år)
Meget treg	→ (mer enn 100 år)

Tall i milliarder tonn karbon

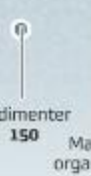
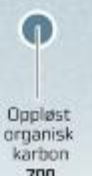
⊙ Atmosfæren



Fordelingen av bundet karbon



Kilde: Grid Arendal nyhetsgrafikk.no



Karbonkretsløpet

Havet og vegetasjonen gir fra seg cirka 200 milliarder tonn karbon i året. Samtidig tar jorda opp like mye slik at karbonkretsløpet omtrent går i balanse. I tillegg slipper vi ut om lag 8 milliarder tonn karbon hvert år. Store deler av dette karbonet har jorda brukt lang tid på å absorbere.

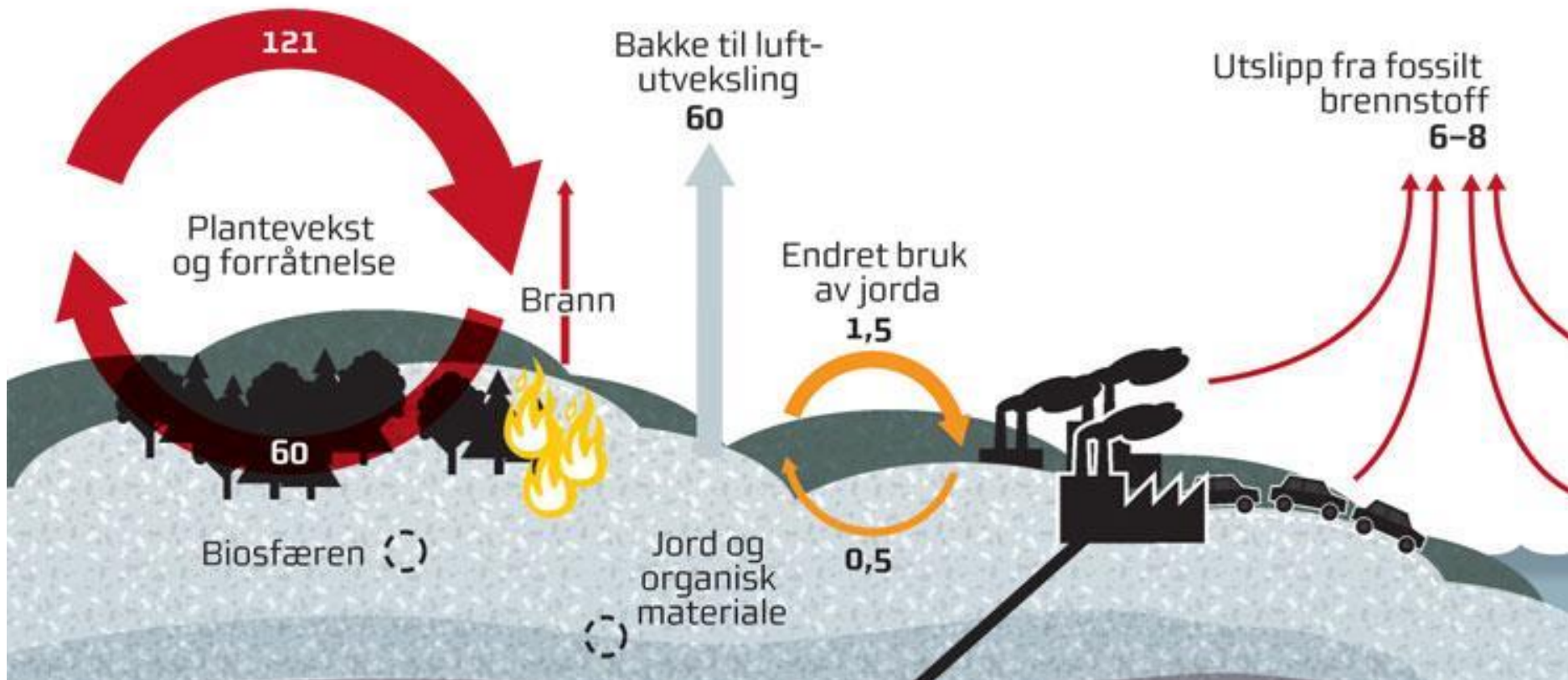
Utvexlingshastighet

Meget hurtig	➔	(under ett år)
Hurtig	➔	(1-10 år)
Treg	➔	(10-100 år)
Meget treg	➔	(mer enn 100 år)

Tall i milliarder tonn karbon

Funnet på : Riksantikvaren:
Klima forklart /CICERO

⊞ Atmosfæren

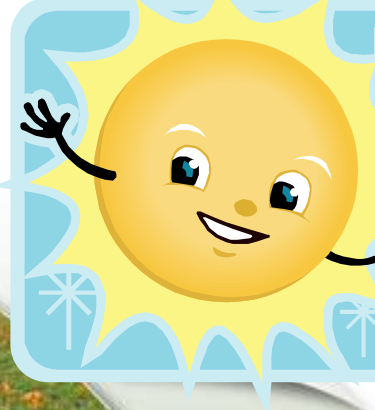


how Soil is formed

Soil profile

5% Organic matter
25% Air
Soil average composition
25% Water
45% Mineral

Soils are a key element of every landscape



Soil forming factors



Formation of soil is a long and complex process



Soils around the world are very diverse

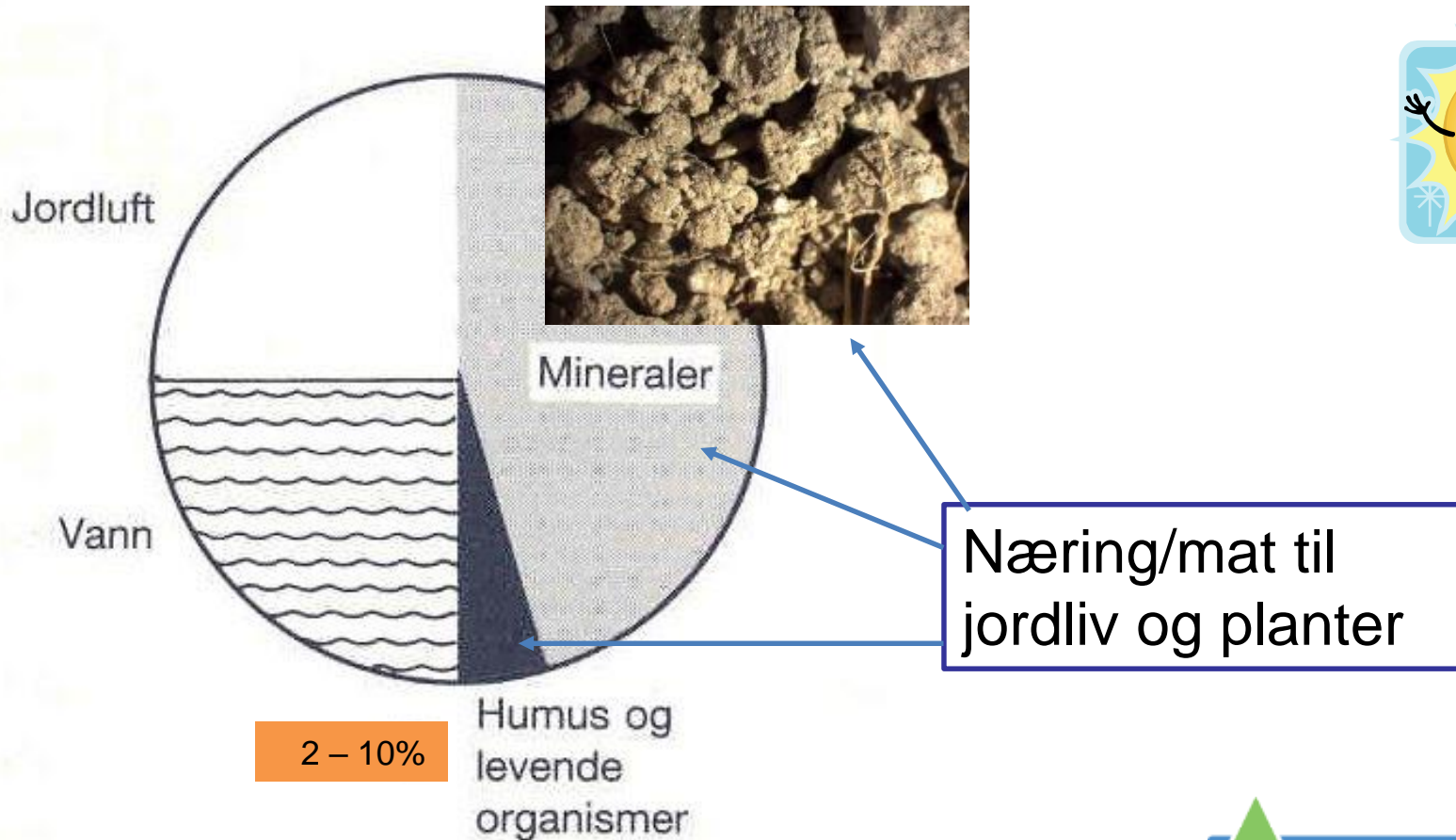


JORD

- Maten vår vokser i jord
- Klimautslipp og karbonlagring
- Jorda renser drikkevannet vårt
- Jord brukes til vei og husbygging
- Erosjon og tap av jord
- Levested for organismer

Foto: R. Pommeresche, NORSØK

Hva består jord av ?



Organisk materiale inneholder grunnstoffet karbon (C).

Humus/mold inneholder ca 50 % C

Planter binder CO₂ og lager litt CO₂ selv.

Jordlivet bruker C-holdige stoffer og danner CO₂

Jordlivet lager C-holdige stoffer som blir i jorda

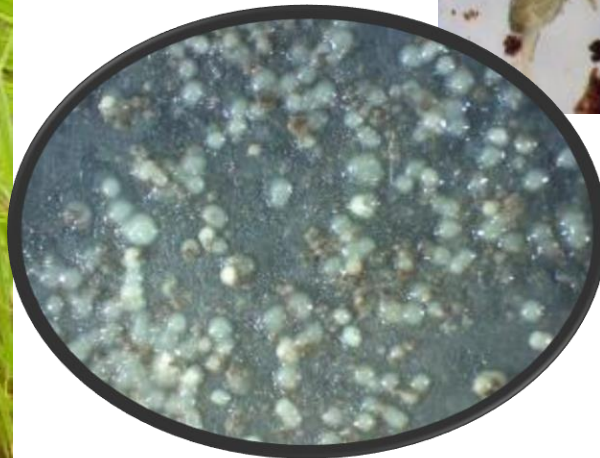
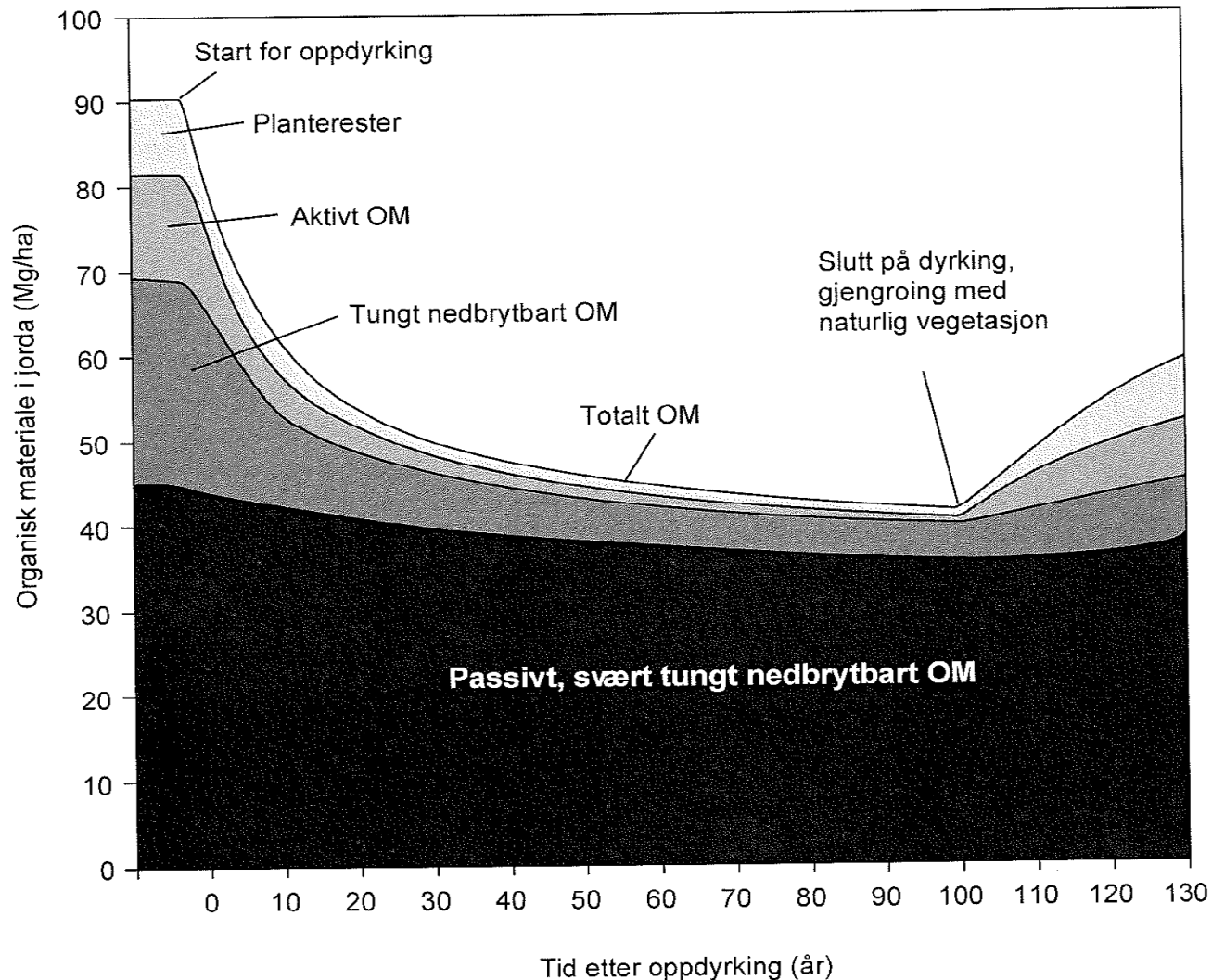


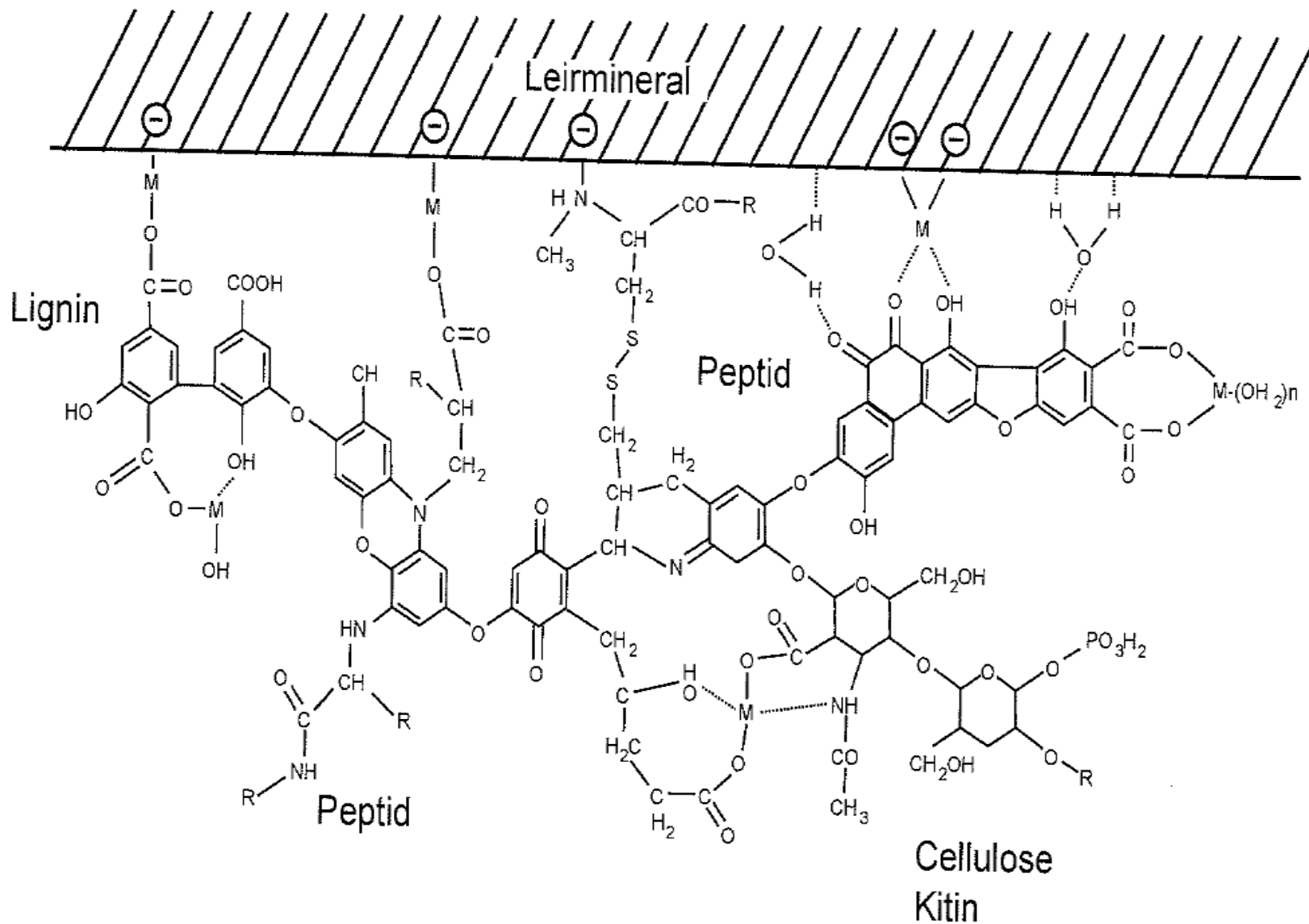
Foto: R. Pommeresche, NORSØK

Jordas innhold av ulike fraksjoner organisk materiale



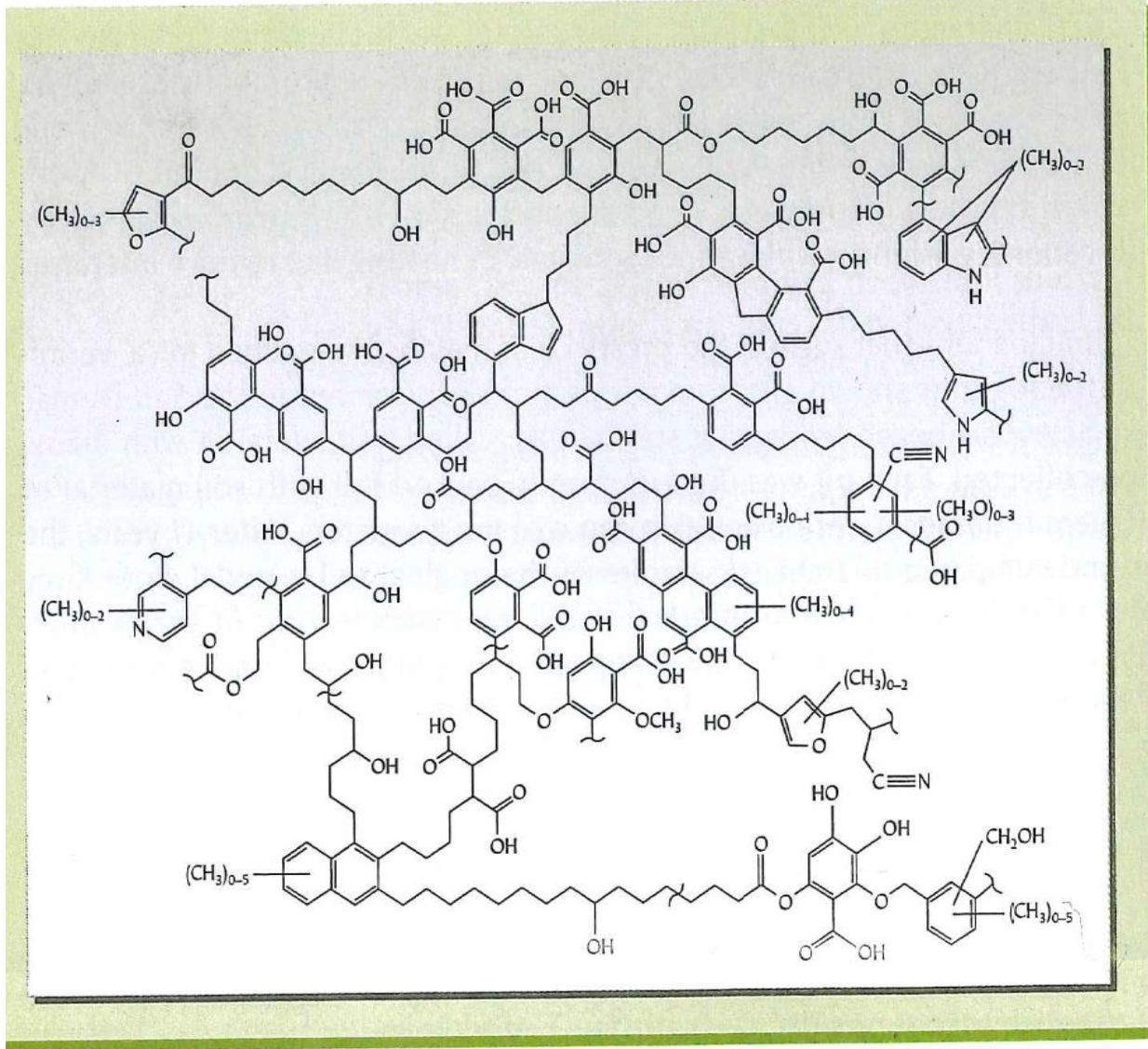
Figur 3.1 Prinsipielt diagram som viser endringer i jordas ulike fraksjoner av organisk materiale (OM) etter oppdyrking. Mg (megagram = 1 tonn).

Kilde: Svein Skøien, jordlære 2003.



Figur 3.2 Lignin og andre organiske molekylar som er bundet til et leirmineral. Stabil humus har en komplisert struktur.

Kilde: Svein Skøien, jordlære 2003.



C i hvert
hjørne av
6-kant ringene

FIGURE 8.14 A possible structure for humic acid, a primary constituent of colloidal humus in soils. Careful inspection will reveal the presence of many of the active -OH groups illustrated in Figure 8.15, as well as certain nitrogen- and sulfur-containing groups. [From Schulten and Schnitzer (1993) with kind permission of Springer-Verlag Publishers]
(Brady & Weil, 2008)

Humic acid mulig struktur,

Minst tre måter humus dannes på

Humification by inheritance – tradisjonell rester etter nedbryting av organisk materiale – skjelettresten av organiske molekyler, phenolic polymers, lignin

Humification by bacterial neosynthesis (Biosyntese – anabolisme)

polymerisering oppbygging av molekyler av enkle sukker, i levende celler, for eksempel stabile polysakkarider, kitin og trehalose

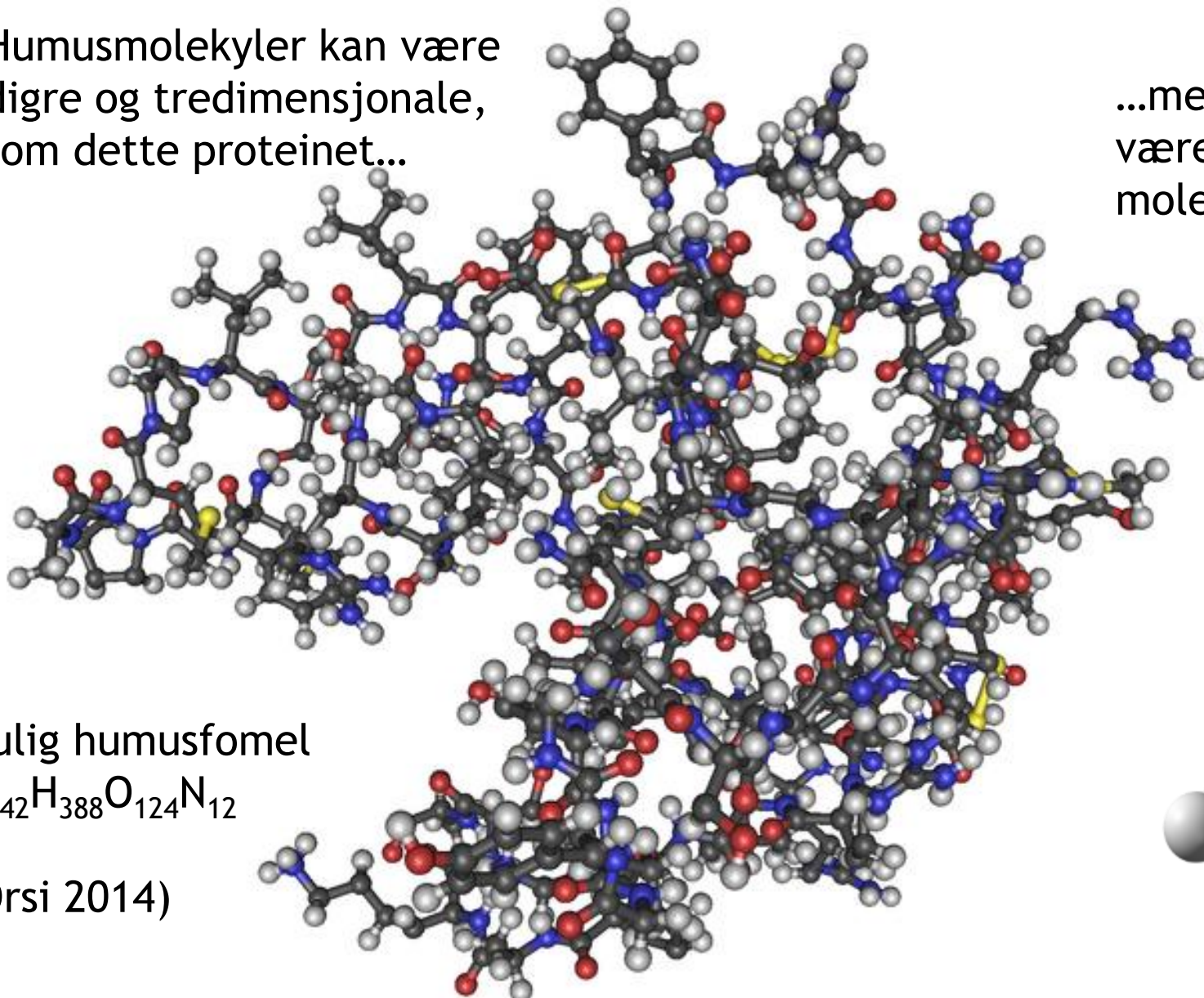
Humification by polycondensation

nedbryting og omdanning av monomerer og ekstracellulær polymerisering. Både extracellulære enzymer og ikke-enzymatiske reaksjoner i jorda. Ulike reaktive grupper av stoffer reagere med hverandre eller bindes sammen.

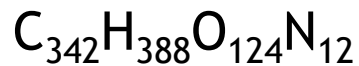
(Gobat et al. 2004, s 470-471, Schmidt et al 2011, Masoom et al 2016.)

Humusmolekyler kan være digre og tredimensjonale, som dette proteinet...

...men kan også være mindre molekyler

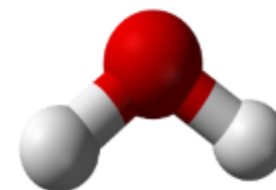


Mulig humusfomel



(Orsi 2014)

Vann
H₂O



Microbiom:



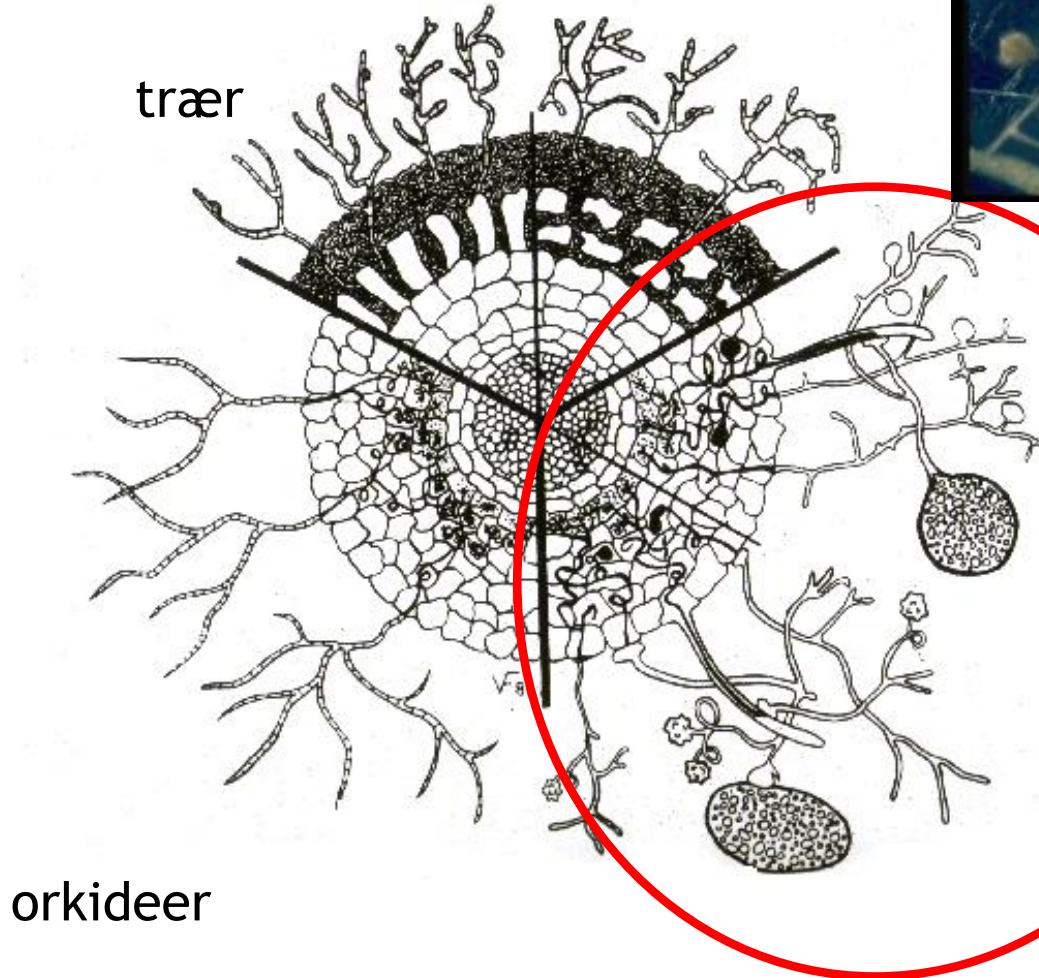
Foto: Tasha Sturm, hand of a 8 year old child that has played outside.

Microbiom : Heijden & Hartmann, 2016. *Networking in the Plant Microbiome*, PLOT Biology
Hacquard m. fl. 2015. *Microbiota and host nutrition across plant and animal kingdom*. Cell Host & Microbe

Sopprot (Mykorrhiza)



Foto: Theo Ruissen



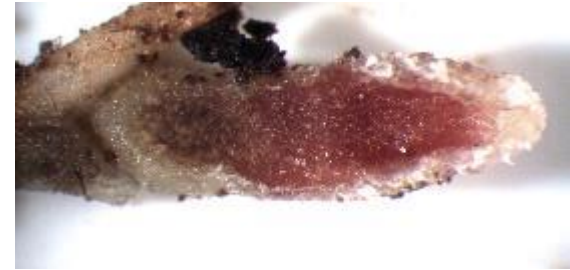
trær

orkideer

Sopprot finnes hos flesteparten av landbruksvekstene som løk, potet, korn, jordbær.

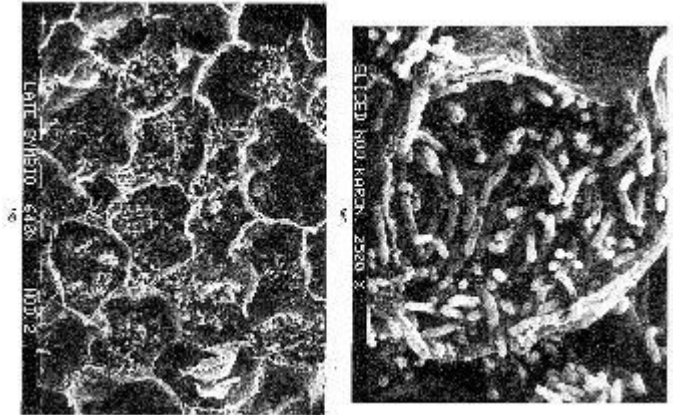
Ikke hos korsblomstra kål, raps og lignende

Biologisk nitrogenbinding



Rødfarge i knollene = aktive nitrogenbindende bakterier

Bakteriene lever i små lommer i knollene



Rateaver 1993

Nitrogenbinding i praksis

- Eng (67% kløver) 20 kg N/daa - variere mye
- Kvitkløver som underkultur i korn 4-5 kg N/daa
- Redusere mengden kunstgjødsel med 1 kg N pr 3% kløverandel i enga opp til 30 %



Mesofauna fungerer som katalysator/enzym, det vil si at de får ting til å skje uten av de selv brukes opp



Protozoer
Nematoder
Spretthaler
Midd



Foto: R. Pommeresche, NORSØK

Energi og karbonkilde til ulike typer jordliv og planter

Kilde: Norsk digital læringsarena

Bakterier kan være		Energikilde	Karbonkilde
Autotrofe	Fotoautotrofe	lys	CO ₂
	Kjemoautotrofe	uorganiske kjemiske forbindelser (for eksempel svovel-, nitrogen- og jernforbindelser)	CO ₂
Heterotrofe	Fotoheterotrofe	lys	organiske forbindelser
	Kjemoheterotrofe (oftest bare kalt heterotrofe)	organiske forbindelser	organiske forbindelser

Mat til jordlivet

- Levende planters roteksudater
- Planterester, rotrester
- Jord og næringshumus
- Husdyrgjødsel
- Hverandre
- Organisk materiale som komposter og andre rester som passer



Foto: R. Pommeresche, NORSØK





Kompost:
eks. strø fra hestestaller +
rester av løkproduksjon



Biokull : foto Adam O'Toole



Foto: R. Pommeresche, NORSØK

Husdyrgjødsel



Planter er viktig jordliv

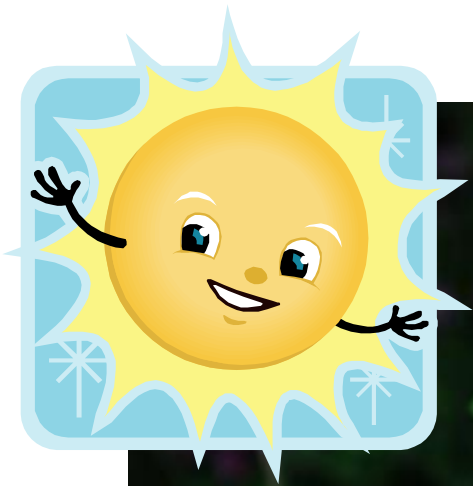


Foto: R. Pommeresche, NORSØK

Plantenes bidrag

- 20-50 % organiske karbon fra fotosyntesen ut som roteksudat og rotceller
- planterester, ikke minst røtter og rotceller
- Noen alger



Philippot et al 2013. Going back to the roots...

Kuzyakov og Domanski 2000, Carbon input by plants into the soil. Review

Foto: R. Pommeresche, NORSØK

Marschner 2012, Mineral nutrition of higher plants.



Haichar et al 2014. Root exudates mediated interactions belowground

Carbon input by plants into the soil. Review

Yakov Kuzyakov^{1*} and Grzegorz Domanski^{1,2}

¹Institute of Soil Science and Land Evaluation, University of Hohenheim, D-70593 Hohenheim, Germany

²Institute of Agrophysics, Doswiadczalna 4, 20290 Lublin, Poland

Accepted 3 May 2000

Summary – Zusammenfassung

The methods used for estimating below-ground carbon (C) translocation by plants, and the results obtained for different plant species are reviewed. Three tracer techniques using C isotopes to quantify root-derived C are discussed: pulse labeling, continuous labeling, and a method based on the difference in ¹³C natural abundance in C3 and C4 plants. It is shown, that only the tracer methods provided adequate results for the whole below-ground C translocation. This included roots, exudates and other organic substances, quickly decomposable by soil microorganisms, and CO₂ produced by root respiration. Advantages due to coupling of two different tracer techniques are shown.

The differences in the below-ground C translocation pattern between plant species (cereals, grasses, and trees) are discussed. Cereals (wheat and barley) transfer 20%–30% of total assimilated C into the soil. Half of this amount is subsequently found in the roots and about one-third in CO₂ evolved from the soil by root respiration and microbial utilization of rootborne organic substances. The remaining part of below-ground translocated C is incorporated into the soil microorganisms and soil organic matter. The portion of assimilated C allocated below the ground by cereals decreases during growth and by increasing N fertilization. Pasture plants translocated about 30%–50% of assimilates below-ground, and their translocation patterns were similar to those of crop plants. On average, the total C amounts translocated into the soil by cereals and pasture plants are approximately the same (1500 kg C ha⁻¹), when the same growth period is considered. However, during one vegetation period the cereals and grasses allocated beneath the ground about 1500 and 2200 kg C ha⁻¹, respectively. Finally, a simple approach is suggested for a rough calculation of C input into

150 kg C/da og år
fra korn

220 kg C/da for gras

zwei unterschiedlichen Tracer-Methoden werden gezeigt. Die Unterschiede im Muster der unterirdischen C-Translokation zwischen den Pflanzengruppen (Getreide, Weidegräser und Bäume) werden untersucht und in Tabellen zusammengefasst. Getreide (Weizen und Gerste) bringen 20%–30% des gesamten assimilierten C unter die Bodenoberfläche. Die Hälfte dieser Menge wird anschließend in den Wurzeln wiedergefunden. Ein Drittel verlässt den Boden als CO₂, das durch Wurzelatmung und mikrobielle Veratmung der wurzelbürtigen organischen Substanzen entsteht. Der Rest des durch die Wurzeln in den Boden eingebrachten C wird in die mikrobielle Biomasse und in die organische Bodensubstanz eingebaut. Der Anteil des assimilierten C, der in den Boden durch Getreide eingebracht wird, verringert sich im Laufe der Pflanzenentwicklung und mit steigender N-Düngung. Die Weidegräser transportieren sogar 30%–50% des assimilierten C in den Boden, aber die Relation zwischen den einzelnen Pools bzw. Flüssen ist ähnlich wie beim Getreide. Sowohl Getreide als auch Weidegräser transportieren durchschnittlich ca. 1500 kg C ha⁻¹ in den Boden bei Voraussetzung gleich langer Vegetationsperioden.

Glomalin – klebrig protein

Mykorrhizasopp på en maisplanterot. De små kulene er sporer og de tynne trådene rundt er sopphyfer. Grønnfargen viser glomalin fra soppen



Foto: Sara Wright,
ARS, USA

Aggregatstabilitet var lineært korrelert med innholdet av glomalin (g/mg aggregat) i jorda. (Wright and Upadhyaya 1998, Plant and Soil)

Innholdet av glomalin-proteinet var viktigere enn selve AMF hyfene, særlig for aggregat 1-2 mm store. (Rilling et al 2002, Plant and Soil)

Aggragatdannelse i jord og rundt planterøtter



Foto: R. Pommeresche, NORSØK



Jordpels på røttene

Aggregatstabilitet og grynstruktur i jorda

Jord
åkerkant,
ikke dyrka

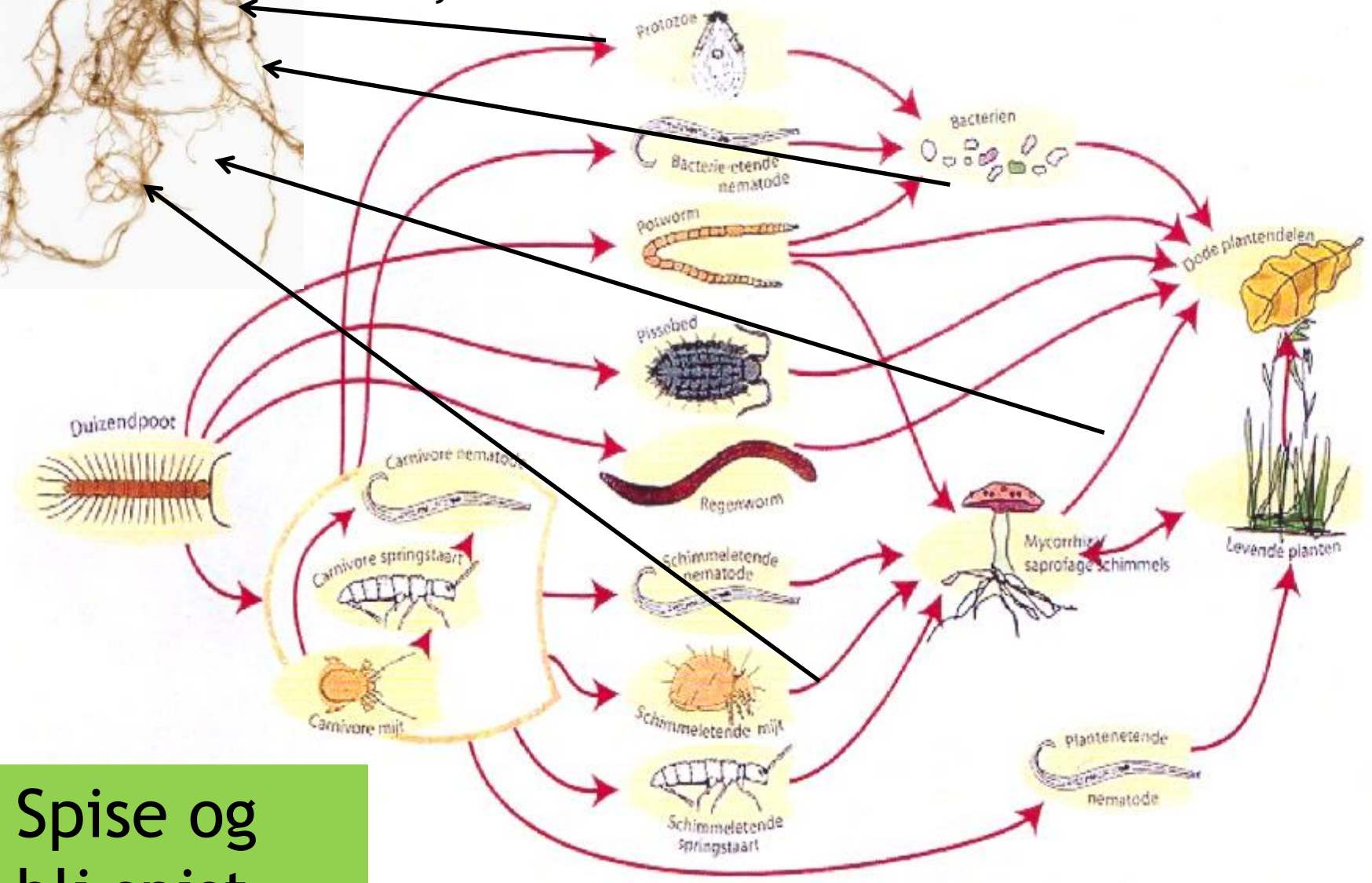


Jord åker
(grønnsaker)



“nedbrytere” “nedbrytere” planterester

rovdyr



Spise og bli spist

Kilde: ???

Jordliv

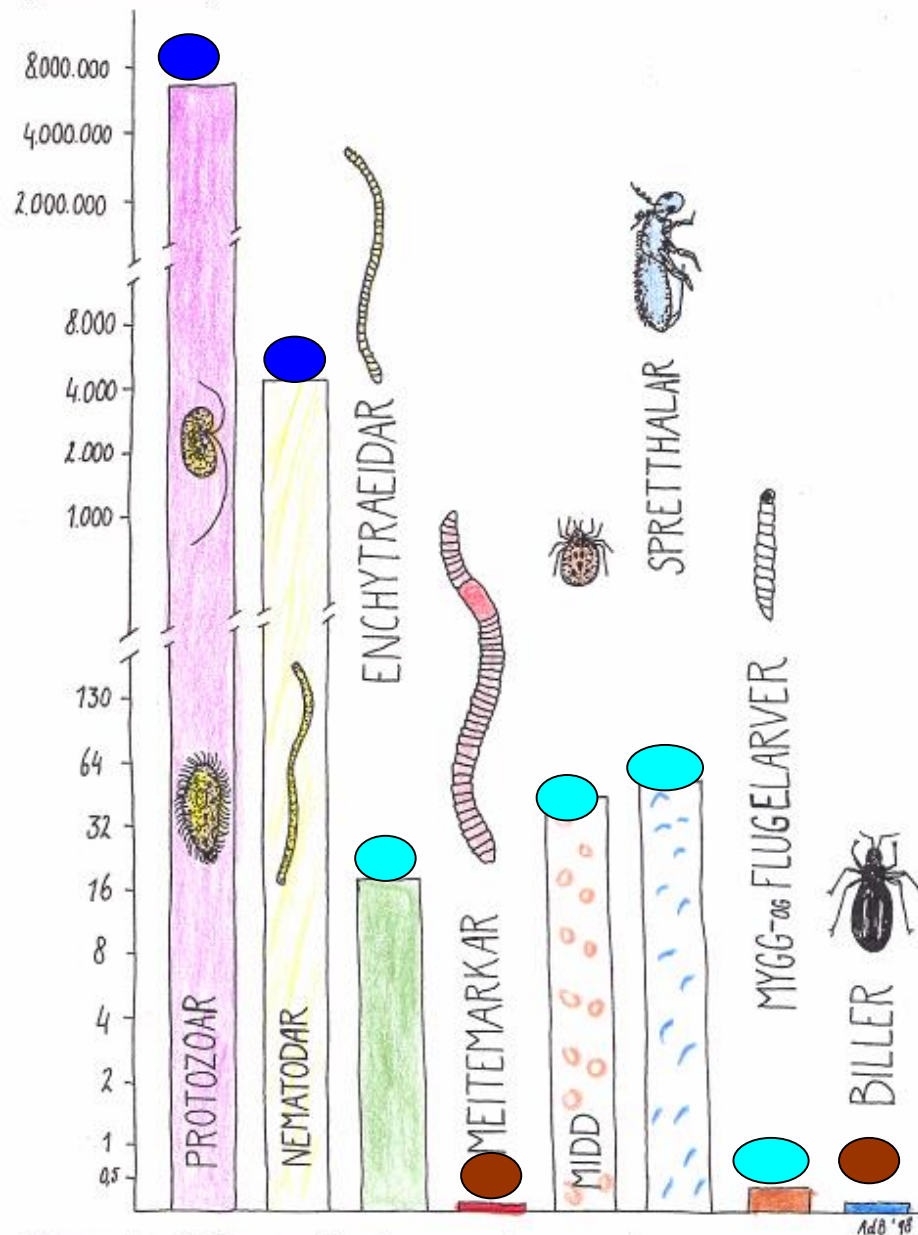
≈ 2 tonn jordliv/daa - Lee and Pankhurst,
Aust. J Soil Res, 1992

≈ 10 t jordliv/ daa (European Atlas Soil Biodiv, 2010)

≈ 1,2 t jordliv/ daa (FiBL, 2000)

1 daa = 1000 m²

Talet på organismar
(y-aksen er broten)



- 70 milliarder bakterier /m²
- 7 milliarder encella organismer (Protozoa) /m²
- 40 000 midd /m²
- 8000 - 50 000 spretthaler /m²
- 20- 250 meitemark /m²

Figuren viser eit gjennomsnitt av kor mange tusen organismar som er funne per kvadratmeter i åkerjord.

Figur: Anne de Boer

Typical C:N ratio

Typical C:N, ratios of plant residues, excetera of ruminant animals and biomass of soil microorganisms decomposing in grassland soils (based on values for % in dry matter)

	C/N	%N
Bacteria	3:1	15.0
Cattle urine	4:1	11.0
Fungi	13:1	3.4
Clover roots	13:1	3.8
Dead clover	18:1	2.7
Cattle feces	20:1	2.4
Dead grass	27:1	1.8
Grass roots	35:1	1.4

From Whitehead, D.C. 2000. Nutrient Elements in Grassland Soil-Plant-Animal Relationships. CAB International Publishing. Wallingford, Oxon, UK.

ARTICLE

Received 11 Jan 2016 | Accepted 19 Oct 2016 | Published 28 Nov 2016

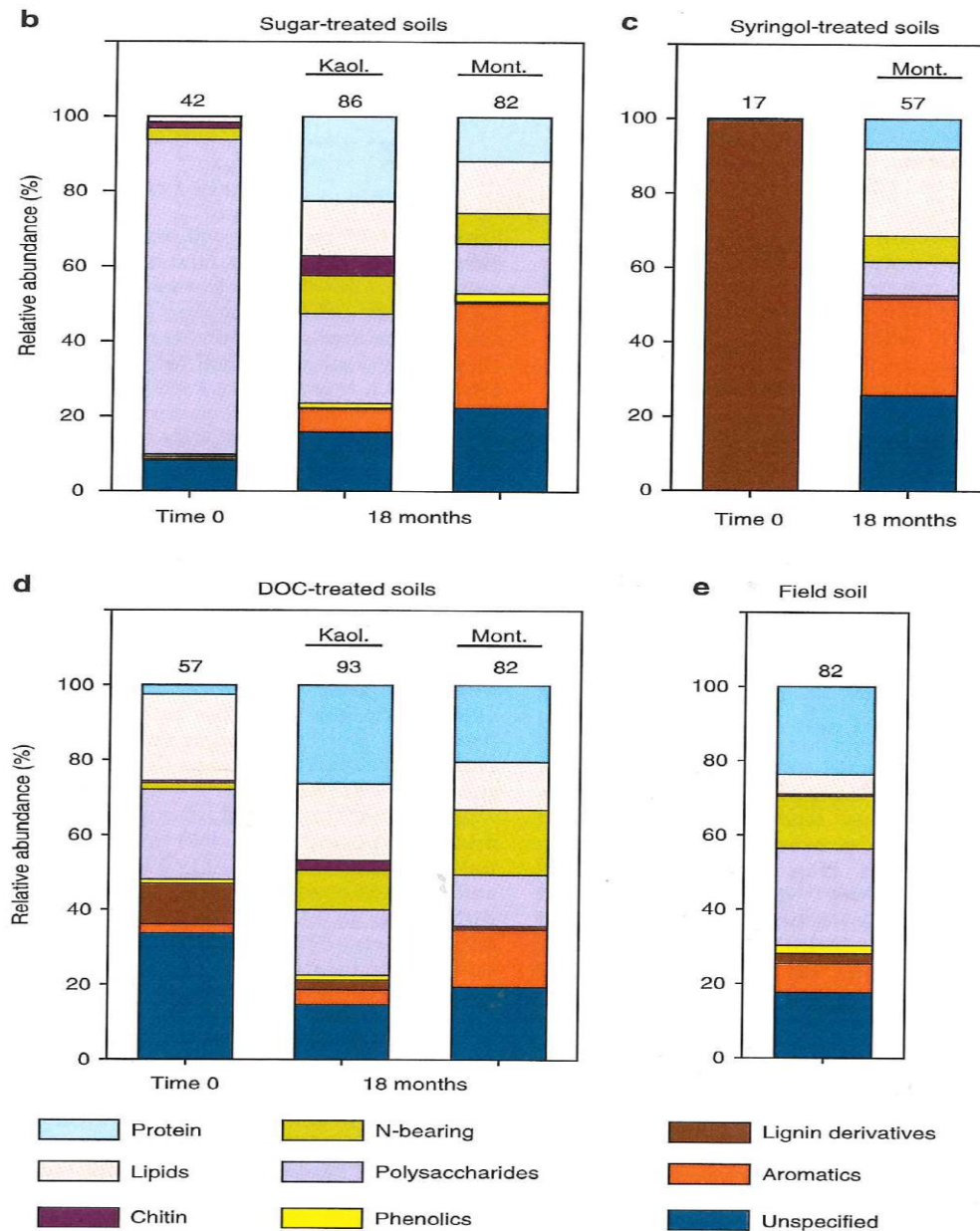
DOI: 10.1038/ncomms13630

OPEN

Direct evidence for microbial-derived soil organic matter formation and its ecophysiological controls

Cynthia M. Kallenbach^{1,2}, Serita D. Frey¹ & A. Stuart Grandy¹

Soil organic matter (SOM) and the carbon and nutrients therein drive fundamental submicron- to global-scale biogeochemical processes and influence carbon-climate feedbacks. Consensus is emerging that microbial materials are an important constituent of stable SOM, and new conceptual and quantitative SOM models are rapidly incorporating this view. However, direct evidence demonstrating that microbial residues account for the chemistry, stability and abundance of SOM is still lacking. Further, emerging models emphasize the stabilization of microbial-derived SOM by abiotic mechanisms, while the effects of microbial physiology on microbial residue production remain unclear. Here we provide the first direct evidence that soil microbes produce chemically diverse, stable SOM. We show that SOM accumulation is driven by distinct microbial communities more so than clay mineralogy, where microbial-derived SOM accumulation is greatest in soils with higher fungal abundances and more efficient microbial biomass production.



Kallenbach et al. 2016

Figure 1 | Soil development and organic matter chemistry. Images of sugar-treated model soils over time (a); the far left panel is an uninoculated sterile kaolinite and sand mixture, and the far right panel is the same mixture, inoculated and treated with weekly glucose additions for 15 months. Relative abundance of chemical compound groups in substrate (Time 0) and model soils amended with (b) sugar, (c) syringol and (d) plant dissolved organic carbon (DOC). These are compared to soil collected from an agricultural field (e). Glucose and cellobiose treatments were averaged since there were no significant differences in their chemistry (ANOVA: $P > 0.05$). Numbers above bars are the total number of identified compounds.

Bakteriell aggregatdannelse



0 dager ----- 15 mnd

Jordliv, sopp og
bakterier =
humusbygging



Foto: R. Pommeresche, NORSØK

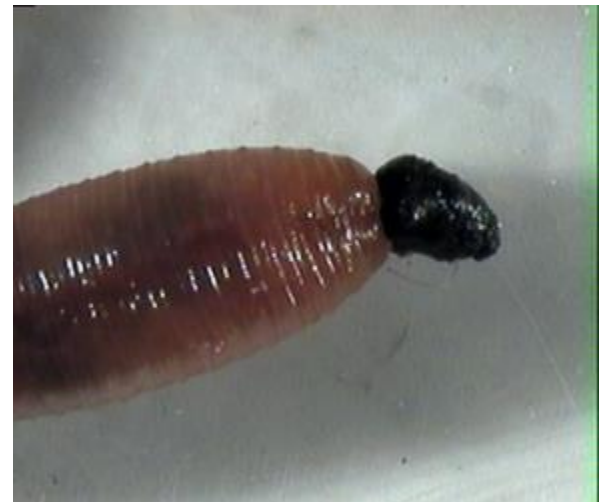


Meitemarkmøkk versus jord

20 tonn

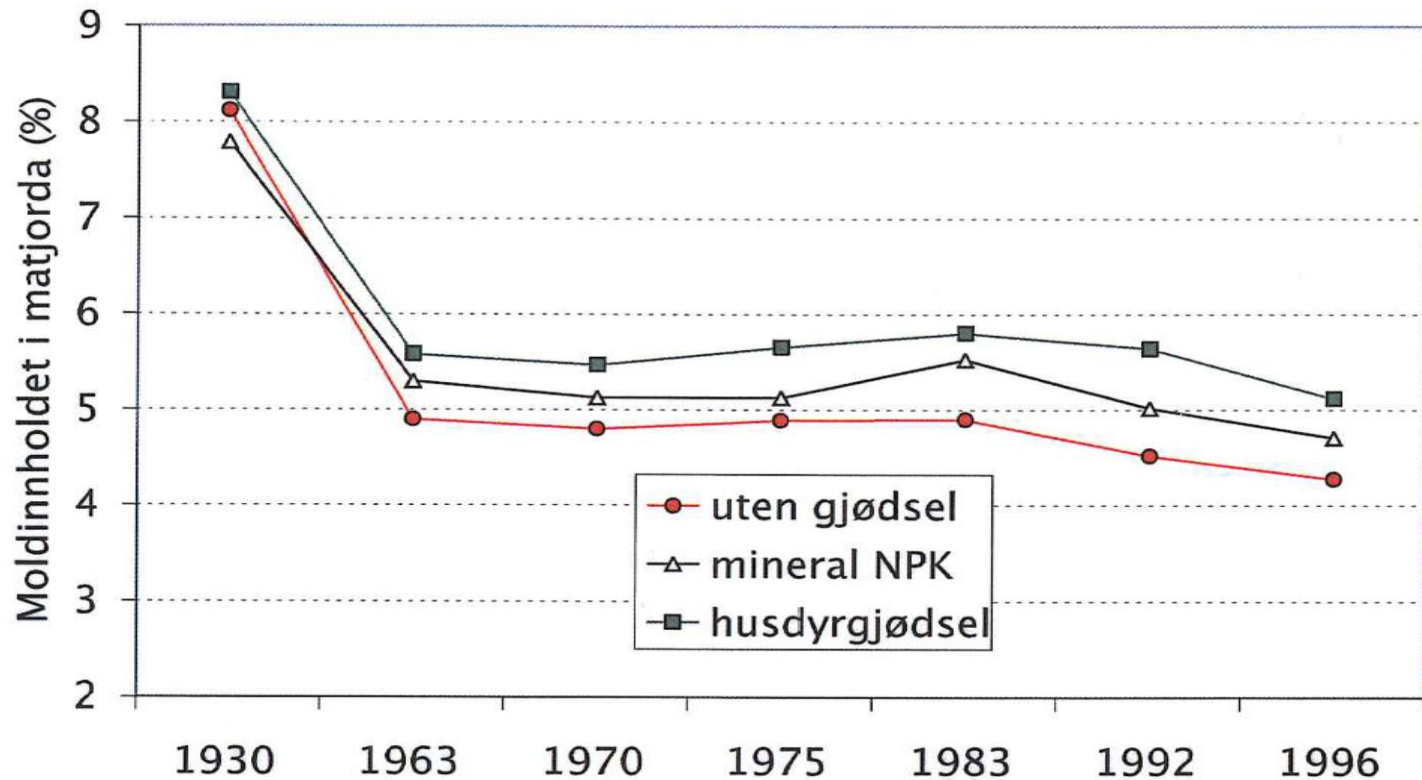
- Mark bidrar til nedbryting av halm
- Møkk fra grå meitemark inneholder mye plantenæring!
 - P og K (AL) = 40-60 % mer enn i fht "bulk soil"
 - Ca og Mg = 10-20 % mer
- Pluss 250 kg Tot-C per daa og år
- Pluss 14 kg tot-N per daa og år

Foto: R. Pommeresche, NORSØK



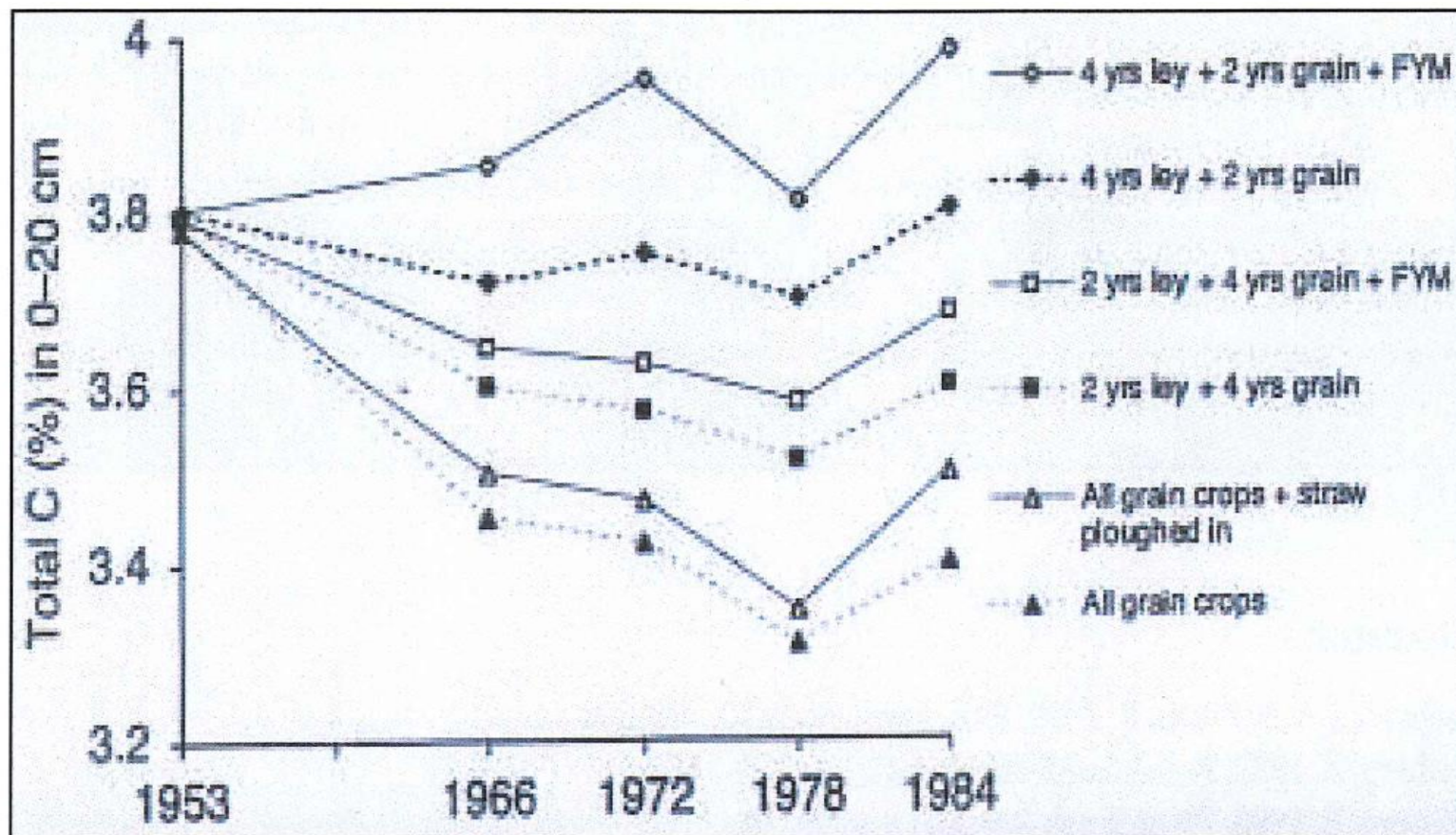
Pommeresche & Løes 2009, Relations between agronomic practice and earthworms in Norwegian arable soils, *Dynamic Soil, Dynamic Plant*

Møystad feltene 1922- 1996, Riley 2003



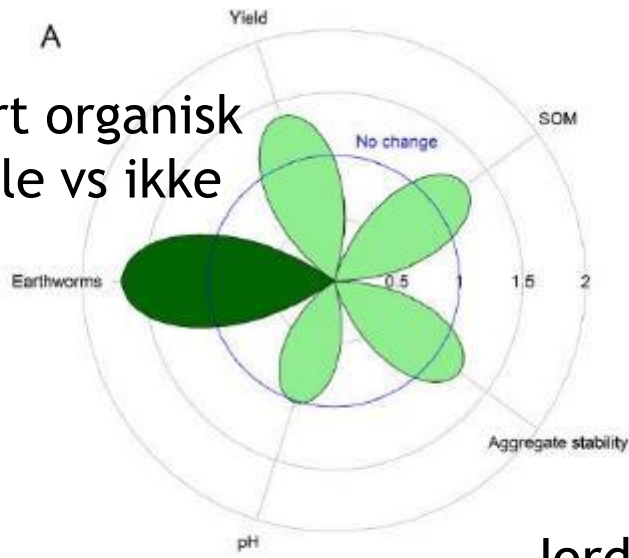
Figur 1. Utviklingen over tid av moldinnholdet i matjorda i gjødslingsforsøkene på Møystad for ledd uten gjødsel, ledd med mineralgjødsel (10:2,5:12 NPK) og ledd med husdyrgjødsel

Karboninnholdet påvirkes av det som dyrkes og gjøres med jorda

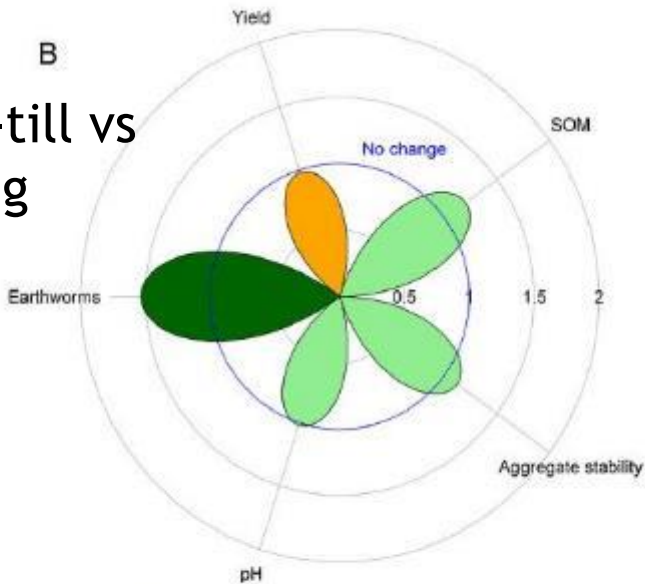


Figur 13. Endringer i jordas innhold av organisk karbon i et norsk forsøk på leirjord ved ulike andeler av eng i omløp med korn, med og uten bruk av husdyrgjødsel. De nederste to linjene er ensidig korndyrking, med og uten nedpløying av halm (Uhlen 1991)

A. Tilført organisk materiale vs ikke

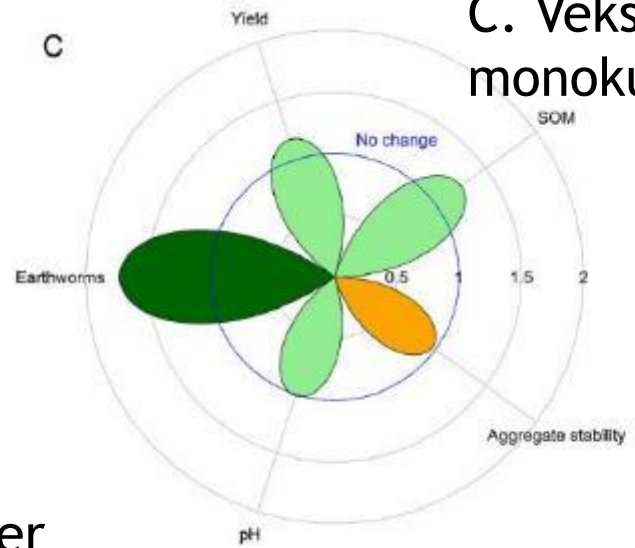


B. No-till vs pløying



Jordkvaliteter

C. Vekstskifte vs monokultur



D. Økologisk vs konvensjonelt

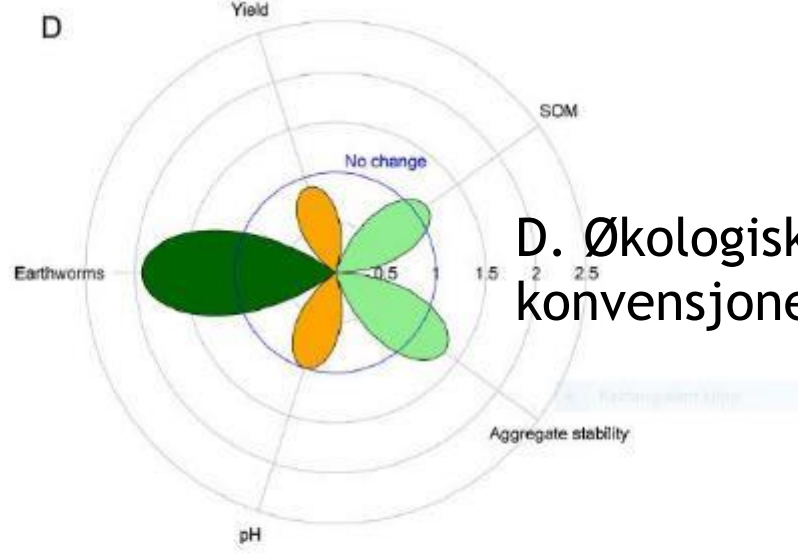


Fig. 1. Long-term effects of agricultural management practices on soil properties: A, organic matter addition versus no organic matter input; B, no-tillage versus conventional tillage; C, crop rotation versus monoculture; and D, organic agriculture versus conventional agriculture. Relative effects are expressed as median of ratios and visualised with different colours: orange, median ≤ 1 ; light green, $1 < \text{median} < 1.5$; and dark green, median > 1.5 . Values > 1 indicate positive effects.

Karbondanning og -lagring i jord er avhengig av både planter, jordliv og tilrettelagt agronomi

Mer jordliv og økt plantevekst

- God drenering
- Unngå jordpakking
- Lavt lufttrykk i dekk
- Mest mulig organisk materiale tilbakeføres til jorda
- Noen år med kløvereng, eller grønn-gjødselvekster
- Plantedekke hele året
- All jordarbeiding forstyrrer
- Jordarbeiding sjelden og grundig, bryt gjerne tid- og dybdemønster
- Husdyrgjødsel og planterester av god kvalitet
- Spre husdyrgjødsel tynt, vannblandet
- Mentalt bilde av at jordlivet er viktig

