



NORSØK

Norsk senter for økologisk landbruk

Karbondynamikk i landbruksjord

NORSØK FAGINFO Nr. 2 2019

Norsk senter for økologisk landbruk

Reidun Pommeresche, Grete Lene Serikstad og Sissel Hansen, NORSØK

Kontakt: reidun.pommeresche@norsok.no

Karbon tilføres jorda via planterøtter og i form av husdyrgjødsel og annet organisk materiale. Det er krevende å øke innholdet av karbon i dyrket jord. Hovedgrunnen er at mye karbon fjernes fra jorda via avlinger som gras, korn og grønnsaker. Karbonholdige molekyler er også ettertraktede energikilder og byggeråstoff for jordorganismene i eng- og åkerjord, og avgjørende for næringsfrigjøring i jord. Bare en liten andel av karbonet som tilføres jorda vil vanligvis være der etter noen år. Klima, driftsmåte, jordegenskaper, planterøtter, mikroorganismer og meitemark påvirker karbonets skjebne i matjordlaget.



Karbon finnes i organiske molekyler i planteavlinger, i røtter, jordliv, jorda og sjåføren på dette jordet. I tillegg finnes det karbon i traktoren, i vann og som CO₂ i lufta. Foto: Reidun Pommeresche, NORSØK.

Karboninnholdet i jord bestemmes av det som tilføres og lagres på den ene siden og det som fjernes i form av avlinger og brukes i jorda på den andre, og likevekten mellom disse.

Litt over 70 % av dyrkajorda, definert som overflatedyrka og fulldyrka, i Norge er estimert til å ha under 6 % organisk materiale i overflata (Lågbu m. fl. 2018). Karboninnholdet i dyrkajorda i Norge er imidlertid ikke likt fordelt i ulike deler av landet. En del kornjord, gjerne bakkeplanert og særlig på Østlandet, har under 3 % organisk materiale i de øverste 30 cm av matjordlaget. I andre områder kan innholdet av organisk materiale være langt over 10 %. Omtrent halvparten av det organiske materialet, 50 %, er karbon når det beregnes ut fra tørrstoffinnholdet (Pribyl 2010).

Innledning

Mange er opptatt av lagring av karbon i jord som et klimatiltak for å redusere mengden CO₂ i atmosfæren. Ved å dyrke og høste korn, gras og grønnsaker påvirker vi den naturlige oppbyggingen av humus og mold i jorda.

Karbon i stadig bevegelse

Plantene binder karbon fra lufta via fotosyntesen, der solenergi, karbondioksid (CO₂), vann og næringsstoffer fra jorda blir til sukker og andre karbonholdige molekyler i plantene. Dette karbonet tilføres jorda gjennom plante-rester på jordoverflaten, røtter og næringsrike stoffer som

røttene skiller ut, kalt roteksudater. De siste skiller ut i rotsonen mens plantene vokser. Plantene kan skille ut inntil 20 % av karbonet fra fotosyntesen på den måten (Derrien m. fl. 2004, Marschner 1995). Jordlivet bruker energien i organisk materiale og gjør næringsstoffer fra dette og fra jord- og mineralpartiklene mer tilgjengelige for planterøttene. Mikroorganismer, nematoder, spretthaler, midd og meitemark vil bruke noe karbon til vekst og noe som energikilde. En del av dette karbonet omdannes etter hvert til karbondioksid (CO₂) og ender opp i lufta igjen.

I levende organismer bygges noe karbon inn i nedbrytningstable cellulose- og ligninmolekyler i cellevegger i stengler, røtter og blad hos planter. Karbon bindes også i form av kitinmolekyler i skall hos insekter og jordmidd, i glomalin i mykorrhizasopp (Rilling m. fl. 2002), samt i trehalose, et karbohydrat som finnes i ulike jordorganismer (Elbein m. fl. 2003).

Når planter og organismer dør, blir de brutt ned og noen stoffer blir bygget om og inn i organiske molekyler i jordaggregatene, i det vi kaller humus og mold. Karbonlagringen i jord blir dermed svært dynamisk. Mest karbon forbrukes og bare litt lagres, så jevnlig tilførsel av nytt karbon er nødvendig dersom noe skal lagres over tid.



Leirjord fra ca. 30 cm dyp, med ganger etter meitemark og røtter. I og rundt mange av hullene kan du se brunfarget organisk materiale med mer karbon enn i jorda ellers. Det stammer fra meitemarkskitt, mikroorganismer og planterøtter som lever i meitemarkgangene. Foto: Maud Grøtta.

Økt oppholdstid av karbon i jord krever endret fokus

Det er krevende å øke innholdet av karbon i dyrket jord, hovedsakelig fordi mye karbon fjernes i form av produkter som korn, gras og grønnsaker hvert år. Videre vil karbonholdige stoffer som blir igjen i jorda brukes som energi og byggeråstoff av mikrobiologiske og andre livsprosesser i

jorda. Det er rift om karbonet, «alle» vil ha det og få vil spare det.

For å vedlikeholde karbonnivået i landbruksjord er det viktig å tilføre karbon i form av husdyrgjødsel og annet organisk materiale. Det er også viktig å velge agronomiske tiltak som gir minst mulig tap av det karbonet som allerede fins i jorda. Plantevekst, via fotosyntesen, er den viktigste og største biologiske faktoren til å binde karbon fra atmosfærisk CO₂ inn i planter og røtter og videre ned i jorda. Videre avgjør både kjemiske, fysiske og biologiske prosesser karbonets oppholdstid i matjordlaget.

Mye karbon i røtter, litt i jordliv og humus

Bare litt karbon (C) vil bli værende igjen i jorda for hvert år flerårige planter lever og etter hver gjødsling med organisk materiale. Omtrent halvparten av det som transporteres til røttene finnes igjen som røtter, en tredjedel blir til CO₂ fra respirasjon fra røtter og mikrobiologi, mens resten blir værende i jordorganismer og organisk materiale (Kuzyakov & Domanski 2000). Omgjort til et praktisk eksempel tilsvarer det at av 100 g C fra atmosfæren som blir bundet i grasplanter, er 70 g overjordiske plantedeler, ca. 20 g er i røtter, 3 g forbrukes av røtter og jordliv og ender som CO₂, mens rundt 7 g blir innarbeidet i bakterier, sopp og organisk materiale i jorda.

Planter transporterer karbon ned i jorda

Kornplanter kan transportere 20-30 % av det karbonet (C) de binder ved fotosyntesen ned i jorda, eng- og beiteplanter mellom 30-50 % (Kuzyakov & Domanski 2000, Jones m. fl. 2009, Lützow m. fl. 2006). Dette medfører at korn og gras kan transportere hhv. ca. 150 og 220 kg C/daa ned i røtter og jord i løpet av en vekstsesong. I snitt flyttet levende korn- og grasplanter omtrent like mye karbon ned i rotsystemet per tidsenhet, men siden grasplantene har lengre vekstsesong enn korn, vil totalt mer karbon komme ned i røtter og videre i jorda i engsystemer (Kuzyakov & Domanski 2000).

Hvor mye karbon planten bruker til rotutvikling, rotrespirasjon og roteksudater avhenger av utviklingsstadium og plantearter. Unge planter har en annen karbondynamikk enn eldre, ofte med mer som går til røtter og roteksudater, men også som brukes i røttene til vekst og for aktivt å ta opp næring. Dette gjør underkultur og fangvekster i korn og grønnsaker viktige for å forlenge sesongen og øke mengden av potensiell innbinding av karbon.



Rotutvikling og aggregering av jord på og rundt røttene til tre måneder gamle planter. Engrøsblanding med rød- og kvitkløver og grasartene timotei, engsvingel og engrapp til venstre, hvetepanter til høyre. Planterøtter bidrar til at karbonholdige stoffer kommer ned i jorda, samt at jordaggregater med karbon ikke vaskes så lett ut med regnvann eller ved erosjon. Mikrobiologi i rotsonen er også viktig for å holde jordpartiklene sammen og for karbonflyten i jord. Foto: Reidun Pommeresche, NORSØK.

En tredel av karbonet er igjen etter ett år

I et forsøk ble 1/3 av karbonet fra tilførte planterester igjen i jorda etter ett år, fordelt som levende biomasse (ca. 5 %), humus (20 %) og organisk materiale (5 %), mens resten var gått tilbake til atmosfæren som CO₂ (Brady & Weil 2008). Liknende resultater fins fra forsøk på 1960-tallet, da nedbrytingen av C¹⁴ - merket karbon i planterester ble undersøkt (kilder hos Stevansson, 1994).

Brorparten av karbonet som tilføres matjordlaget omsettes og brukes altså innen samme vekstsesong. Flere studier oppsummert av Schmidt m. fl. (2011) viser imidlertid også at noen stoffer som stammer fra planter og biologiske prosesser i jorda kan finnes i jorda i 10-50 år eller lengre.

Næringshumus og stabil humus

Mold, humus og organisk materiale er begreper som brukes om hverandre, men mold er oftest en mer omdannet del av det døde organiske materialet i jorda. På tysk, og noen steder på norsk, kalles mold og omdannet organisk

materiale for humus. Det er ulike tolkninger av disse begrepene.

Organisk materiale i jorda kan sees på som matskapet til jordliv og planterøtter, hvor den stabile humusdelen er selve skapet, mens næringshumusen er matvarene inne i skapet. Jordlivet som omdanner organisk materiale, samt kjemiske og fysiske prosesser i jorda vil da bidra til at molekyldeler bygges på skapet (stabil humus) og tilføres som matvarer inne i skapet (næringshumus). Hvor lenge karbonet blir i jorda vil avhenge av hvor i dette systemet det til enhver tid er. Aktivt karbon er i matvarene og i selve jordlivet, og stabilt karbon er selve skapet. For at det skal dannes nye humusmolekyler av ulike typer, må byggsteinene og organismene som trengs være tilstede.

Husdyrgjødsel, kompost, mineraljord, planterester og levende planter blir da viktige, fordi jordlivet bruker dette til å lage nye organiske humusmolekyler. Jordlivet trenger altså flere stoffer enn bare karbon eller bare nitrogen for å danne nye organiske molekyler i jorda.



Jordoverflata i ei gras/kløvereng, med organisk materiale i ulike faser. Her fins alt fra levende planter, ferske, grønne stengelbiter, stengler og blad av eldre planter, til de mer avrunda jordklumpene (i sirklene) hvor meitemark og jordliv har innarbeidet organisk materiale og karbon. Foto: Reidun Pommeresche, NORSØK.

Karbonlagring i stoffer og ulike prosesser

Forskning viser at flere prosesser er viktige for dannelsen av humus/mold og stabiliseringen av organisk materiale i jord. Vi har samlet dem i fire hovedpunkter:

1. Nedbryting av organisk materiale.

Under nedbryting, når bakterier, sopp, meitemark og andre jordorganismer spiser på det organiske materialet, vil det dannes ulike organiske molekyler som kan inngå i humusdelen av jorda. Humusmolekyler dannes rundt og av skjelettresten av organiske molekyler fra dyr og planter. Eksempler på slike stoffer er fenolske polymerer, cellulose, lignin, suberin og andre komplekse organiske molekyler (Gobat m. fl. 2004, Stevenson 1994, Lützow m. fl. 2006).

2. Mikrobiell biosyntese.

Mikroorganismer lager nye molekyler som kan inngå i humus og humusmolekyler. Eksempelvis *stabile molekyler*, som noen typer polysakkarider (Gobat m. fl. 2004), glomalin fra mykorrhizasopp (Rilling m. fl. 2002), trehalose i ulike celletyper (Elbein m. fl. 2003) og kitin. Også *mindre stabile molekyler* innen polysakkarider, aminosyrer, alkoholer og peptider som sopp og bakterier lager, kan inngå i humusmolekylene (Stevenson 1994). DNA og proteinrester fra døende celler er andre kilder til humusmolekyler (Pepper m. fl. 2015). Mikrobielle produkter og organismene i seg selv er viktige bestanddeler av organisk materiale i jord (Schmidt m. fl. 2011, Miltner m. fl. 2012).



Brunfargete jordaggregater fra en kornplanterot (bygg), to dager etter at de er lagt på en svart plate med ekstra næring. Sophyfer (de tynne trådene) og bakteriekolonier i form av mer geleaktige klumper (i sirklene) har oppformert seg på og i jordklumpene. Organisk materiale i jordklumpene blir her omdannet til bakterie- og soppbiomasse, kalt mikrobiell biosyntese. Foto: Reidun Pommeresche, NORSØK.



Sand, silt, leire og organisk materiale bundet sammen i ulike klumper, kalt jordaggregater. Både biologiske, kjemiske og fysiske prosesser i jorda påvirker hvor lenge karbonet i disse aggregatene blir i jorda. Prosessene vil variere både mellom ulike aggregater og innover i hvert jordaggregat. Det er ikke lett å si hva som skjer med karbonet. Foto: Reidun Pommeresche, NORSØK

3. **Humusmolekyl dannes av molekyldeler (monomerer).** I disse prosessene bindes flere av de stoffene som dannes i punkt 1 og 2 sammen i prosesser kalt **polymerisering**. Da vil ulike polare molekyler (monomerer), med negativ og/eller med positiv overflate/deler, finne sammen (Gobat m. fl. 2004, Pepper m. fl. 2015). Noen bindinger mellom molekyldelene kan også være i form av kjemiske reaksjoner ved hjelp av enzymer i jord eller fra mikroorganismer. Noen av molekyldelene er i seg selv reaktive og binder seg til reaktive «armer» på humusmolekylet. Det kan dannes kjeder eller tredimensjonale nettverk.
4. **Leir/humus-kompleks** – En del karbon vil lagres ved at karbonholdige molekyler eller humusdeler binder seg til de negativt ladde overflatene på leirmineraler, til metallioner og/eller i aggregat i jorda (Lützow m. fl. 2006, Schmidt m. fl. 2011, Vidal m. fl. 2018). Slik sammenkobling av uorganiske og organiske deler skjer i jord, og muligens også i tarmsystemet til meitemark og noen billelarver (Suzuki m. fl. 2003).

Ikke bare karbon i humus og mold

Analyser viser at omdannet organisk materiale i jord (eng. Soil organic matter, SOM) i snitt inneholder rundt 50 % karbon, og dermed er et viktig lagringssted for karbon (Stockmann m. fl. 2013, Pribyl 2010). Det betyr også at det som på norsk kalles *humus, mold* og *organisk materiale* ikke bare er karbon. Felles for omdannet organisk materiale, mold og humus er at det ofte har en sentral del som består av både karbon, hydrogen, oksygen, nitrogen og svovel (Stevenson 1994).

Biologisk stabilisering av karbon

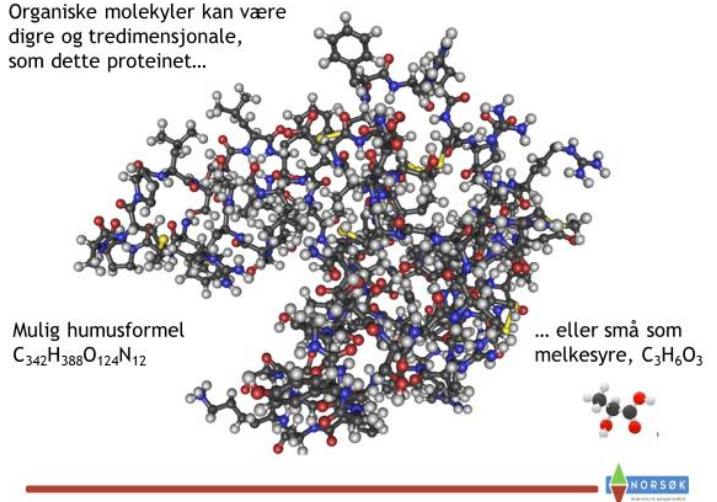
Røtter og mykorrhiza (sopp) har biologisk, fysisk og kjemisk påvirkning på jordpartikler og dermed på karbonbinding og -frigjøring. Karbon i og fra røtter er del av plantens bidrag i karbondynamikken i jorda.

Roteksudater gir ofte økt mikrobiell aktivitet som igjen bidrar til at plantene får tak i næring (Haichar m. fl. 2014). Mikroorganismer i rotsone bidrar også til aggregatdannelse og lagring av karbonet.

Malik m. fl. (2016) fant et økt potensiale for karbonlagring i soppdominert jord, men også at både sopp og bakterier var viktige i nedbryting av det organiske materialet. En del karbon vil finnes i levende og døde planterøtter (Rasse m. fl. 2005), og kanskje mer enn tidligere antatt som biomolekyler fra mikrolivet eller i selve organismene i jorda (Miltner m. fl. 2012, Vidal m. fl. 2018).

Både mikroorganismer og stoffer som de skilte ut, som vanligvis omsettes raskt, ble funnet som bestanddeler av organisk materiale i jord (SOM) i over ett år etter at de ble dannet (Miltner m. fl. 2012).

Organiske molekyler kan være digre og tredimensjonale, som dette proteinet...



Hvordan organiske molekyler i jord dannes, nedbrytes og stabiliseres er komplisert og det er ennå mye vi ikke vet. Orsi (2014) bruker ulike datamodeller til å forklare egenskaper til humusstrukturer, hvordan de binder seg sammen til aggregater og hvordan de kan stabiliseres i jord. Mulig humusformel gjengitt i figuren over er fra Orsi (2014), resten er satt sammen av Reidun Pommeresche, NORSØK.

Kjemisk og fysisk stabilisering av karbon

Fysisk avstand mellom mikroorganismer og organiske materiale, og at mikroorganismer og deres enzymer ikke har tilgang til alt organisk materiale, både i tid og rom i jorda, medfører en form for karbonlagring (Schmidt m. fl. 2011, Rasse m. fl. 2005, Lützow m. fl. 2006). Oksygentilgang og fordeling i jorda vil også spille inn.

Binding mellom ladde mineralpartikler i jord og ladde organiske molekyler i form av leir-/humuskomplekser bidrar til at karbontransporten fra jord til luft går saktere (Schmidt m. fl. 2011). Bindinger mellom metallioner og organisk materiale senker også frigjøringshastigheten av karbon fra jord (Lützow m. fl. 2006).

Videre er ulike molekyler og leir-/humuskomplekser bundet sammen i ulike typer mikroskopiske jordaggregater, som verner karbon fra nedbryting og utvasking (Lal m. fl. 2015, Vidal m. fl. 2018, Orsi 2014). Biokull er en porøs, karbonholdig versjon av forskjellig organisk materiale, som kan ha lang nedbrytningstid i jord.

Stabilisering av karbon i jorda er en økosystemtjeneste

Flere forskere mener at karbonholdige molekyler i ulike faser av omdanningen, både små og store, stabile og ustabile, bør regnes med når det er snakk om karbon i jord, ikke bare de store og mest stabile (Lehmann & Kleber 2015, Schmidt m. fl. 2011, Masoom m. fl. 2016).

De mener kompliserte molekylstrukturer ikke alene kan forklare mengden med karbon som finnes i jord (Schmidt m. fl. 2011, Lützow m. fl. 2006, Lehmann & Kleber 2015). Dette står i kontrast til tidligere forklaringsmodeller, som mer har knyttet jordkarbon til mer stabile deler av det organiske materialet, ofte basert på molekylstrukturer og hvor lett eller vanskelig det brytes ned i jorda (Stevenson 1994, Brady & Weil 2008).

Uansett om alt organisk materiale eller bestemte fraksjoner brukes som indikatorer for karboninnholdet i jord, virker det som om det er økt enighet om at *både* kjemiske, fysiske og biologiske prosesser styrer hvilken form karbonet finnes i og hvor lenge karbonet blir i jorda.

Det er under *omdanningen* av organisk materiale at det skjer utveksling av næring, energi og karbon mellom planter, jordliv, jord, vann og atmosfære. Det er også i disse omdanningsprosessene at det skjer mikrobiell biosyntese, altså dannelse av nye, mer eller mindre stabile organiske molekyler. Noen kaller disse prosessene for humusdannelse.

Siden flere prosesser skjer samtidig og påvirkes av det økosystemet som karbonet befinner seg i, er det bare mulig å forutsi hvor karbonet tar veien i grove trekk. Det er det totale økosystemet på jordet som bestemmer mengden karbon i jorda, slik at både hva som produseres, hvordan, hvor mye som høstes og tilføres, i tillegg til jordsmonn, jordbiologi og miljøforhold bidrar inn i karbonregnskapet.



En synlig planterest (brun) med karbon i celleveggene under omdanning til andre former for organisk materiale i jord. Øverst til venstre og litt ellers ses noen rester etter planterøtter. Foto: Reidun Pommeresche, NORSØK.

NORSØK publikasjoner om temaet:

Pommeresche, R., Frøseth, R. & H. Riley, 2019. Hvordan måles innholdet av organisk materiale og karbon i norsk jord? NORSØK FAGINFO 1, 1-6.

Serikstad, G.L., Pommeresche, R., McKinnon K. & S. Hansen, 2018. Karbon i jord – kilder, handtering, omdanning. NORSØK Rapport Nr. 9.

Pommeresche, R., Rasse, D. & Jøner, E. 2018. Biokull- status for forskning og utprøving i Norge.

Pommeresche, R. & Haugerud, Ø. 2017. Biologisk jordstruktur. NORSØK Faginno 5, 1-7.

Pommeresche, R. & B. Swensen. 2016. Organisk materiale i jord – fra stoff til økosystem. NORSØK FAGINFO 1, 1-5.

Pommeresche, R. & B. Swensen. 2016. Matjordas økosystem. NORSØK FAGINFO 2, 1-6.

Referanser i artikkelen

Brady, N.C. & Weil, R.R. 2008. The nature and properties of soils. Pearson Prentice Hall, USA.

Derrien, D., Marol, C & Balesdent, J. 2004. The dynamics of natural sugars in the rhizosphere of wheat. *Plant and Soil* 267, 243-253.

Elbein, A. D., Pan, Y.T., Pastuszak, I. & Carroll, D. 2003. New insights on trehalose: a multifunctional molecule. *Glycobiology* 13, 17-27.

Gobat, J.-M., Aragno, M. & W. Matthey. 2004. The Living Soil. *Fundamentals of Soil Science and Soil Biology*. Science Publisher, USA. 605 s.

Haichar, F. Z. m. fl. 2014. Root exudates mediated interaction belowground. *Soil Biol. & Biochemistry* 77, 69-80.

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.

Kuzyakov, Y. & Domansik, G. 2000. Carbon input by plants into the soil. *Review. J. Plant Nutr. Soil. Sci.* 163, 421-431.

Lal, R., Negassa, W. & Lorenz K. 2015. Carbon sequestration in soil. *Current Opinion Environmental Sustainability*, 15, 79-86.

Lehmann, J. & Kleber, M. 2015. The contentious nature of soil organic matter. *Nature*, 528, 60-68.

Lützow m. fl. 2006. Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different conditions- a review. *European Journal of Soil Science*, 57, 426-445.

Lågbu, R., Nyborg, Å. & S. Svendgård-Stokke, 2018. *Jordsmonnstatistikk Norge*. Nibio Rapport Nr. 13.

Malik, A.A. m. fl. 2016. Soil fungal: bacterial ratios are linked to altered carbon cycling. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1-11.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. S. 547 og 548.

Masoom m. fl. 2016. Soil organic matter in its native state: Unravelling the most complex biomaterial on earth. *Environ. Sci. & Technol*, 4, 1670-1680.

Miltner, A., Bombach, P., Schmidt-Brücken, B. & Kästner, M. 2012. SOM genesis: microbial biomass as a significant source. *Biogeochemistry* 111, 41-55.

Orsi, M. 2014. Molecular dynamics simulation of humic substances. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 1-14.

Pepper, I.L., Gerba, C.P. & T.J. Gentry. 2015. *Environmental Microbiology*. Elsevier, 705 s.

Pribyl, D.W. 2010. A critical review of the conventional SOC to SOM conversion factor. *Geoderma* 156, 75-83.

Rasse, D.P. m fl. 2005. Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for specific stabilisation. *Plant and Soil*, 269: 341-356.

Riley, H & M. Bakkegard. 2006. Declines of soil organic matter content under arable cropping in southeast Norway. *Acta Agric. Scandinavica*, B, 56, 217-223.

Riley 2012. Reversing organic matter decline in Norwegian arable soils – a challenging task. *Bioforsk Fokus* 7(2), s. 30-33

Rilling, M. C. m. fl. 2002. The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: comparing effects of five plant species. *Plant and Soil* 238, 325-333.

Schmidt, M. W. I. m. fl., 2011. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature* 478, 49, 49- 56.

Stevenson, F.J. 1994. *Humus chemistry, Genesis, Composition, Reactions*. Second ed. John Wiley & Sons, Inc. New York, 496 s.

Stockmann m. fl. 2013. The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 164, 80-99.

Suzuki m. fl. 2003. Breakdown of mineral grains by earthworms and beetle larvae. *Geoderma* 112, 131-142.

Vidal, A. m. fl. 2018. Linking 3D soil structure and plant-microbe-soil carbon transfer in the rhizosphere. *Frontier in Environmental Science*, 6, 1-13.



Fra venstre mot høyre tre eksempler på jord i Norge, med avtagende mengde organisk materiale; myrjord, morenejord og leirholdig jord. Det er det totale økosystemet på jordet som bestemmer mengden karbon i jorda, slik at både hva som produseres, hvordan, hvor mye som høstes og tilføres, i tillegg til jordsmonn, jordbiologi og miljøforhold bidrar inn i karbonregnskapet. Dette gjør det svært komplisert. Foto: Reidun Pommeresche, NORSØK.



Karbondynamikk i landbruksjord

Nr. 2 | 2019

NORSØK FAGINFO

Ansvarlig redaktør: Turid Strøm

Forfattere: Reidun Pommeresche, Grete Lene Serikstad og Sissel Hansen, NORSØK.

ISBN: 978-82-8202-080-0

www.norsok.no