

Effekten af økologiske drifts- metoder på ler-dispergering i kulstof-udpinte jorde

Af Per Schjønning, Lis W. de Jonge, Jørgen E. Olesen og Mogens H. Greve, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Institut for Jordbrugsproduktion og Miljø, Aarhus Universitet



I denne artikel viser vi, at lerpartikler i jord med et lavt indhold af organisk stof bliver frigjort til jordens vandfase. Det kaldes dispergering og det kan påvirke vigtige jordfunktioner.



Figur 1. Lerpartikler dispergeret i vand (a), kant-til-kant flokku- leret under indvirkning af organisk stof (b) eller flade mod flade cementeret ved mangel på organisk stof (c).

Mange danske jorde – især på Øerne – har i dag et lavt indhold af organisk stof som følge af årtiers ensidige kornsædskeer og ringe brug af husdyrgødning.

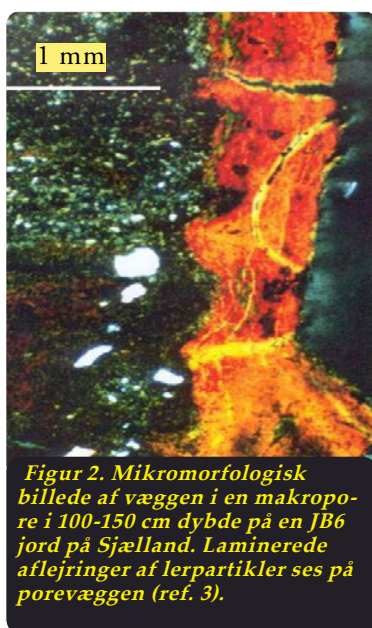
I denne artikel viser vi, at lerpartikler (kolloider) i jord med et lavt indhold af organisk stof frigøres til jordens vandfase (dispergering), hvilket efterfølgende kan have store påvirkninger af vigtige jordfunktioner.

Økologiske driftsformer er generelt karakteriseret ved en stor tilbageførsel af organisk stof til jorden og kan derfor potentielt modvirke den omtalte lerdispergering

Lerdispergering og mulige konsekvenser

Lerpartikler i jorde med et lavt organisk stofindhold kan dispergeres til vandfasen i forbindelse med mekanisk påvirkning under trafik og jordbearbejdning, især under våde forhold (Figur 1a). Dispergerede lerpartikler kan transporteres med vand nedad i jordprofilen, hvor de kan aflejres som 'ler-skin' på væggene af makroporer (Figur 2).

Partiklerne kan også transporteres videre til vandmiljøet, hvilket kan være et miljøproblem, hvis partiklerne er bærere af f.eks. miljøfremmede stoffer eller fosfor. Når dispergeret ler igen lejrer sig til den faste jordmatrice i forbin-



Figur 2. Mikromorfologisk billede af væggen i en makropore i 100-150 cm dybde på en JB6 jord på Sjælland. Laminerede aflejringer af lerpartikler ses på porevæggen (ref. 3).

delse med en reduktion af vandindholdet, kan der dannes 'flokke' af lerpartikler og organisk materiale (Figur 1b), hvilket er første trin i aggregatdannelse.

Alternativt kan der ved et lavt indhold af organisk stof ske en cementering, hvor lerpartiklerne lægger sig flade mod flade i et lag over jordens indre overflader (Figur 1c; kan også ske på selve jordoverfladen, dvs skorpedannelse). Derved kan opstå en situation med meget hårde og ikke-'sprøde' knolde.

Det kræver stor energi ved jordbearbejdning at smuldre sådanne hårde knolde til et acceptabelt såbed. Dette kan være indledningen til en ond cirkel, hvor den krævede store energimængde (rotorharven) udløser endnu mere dispergering.

I et tidligere FØJO projekt målte vi på jord fra to nabomarker på Sjællands Odde. Den ene af markerne havde gennem mere end 50 år været dyrket økologisk i et grovfodersædskifte med tilførsel af husdyrgødning (kaldet 'Høj-C' i Tabel 1). Den anden mark havde i over 25 år været dyrket ensidigt med korn og alene med brug af handelsgødning (kaldet 'Lav-C' i Tabel 1).

Den store forskel i driftsform viste sig bl.a. i et signifikant mindre indhold af organisk stof i den ensidigt dyrkede jord (Tabel 1). Dispergeringen af lerpartikler var højere for Lav-C end for Høj-C jorden, når markfugtig jord blev rystet i vand i to minutter (Tabel 1).

Bemærkelsesværdigt fandt vi det modsatte billede, når tørre aggregater blev behandlet på samme måde (se tabellen). Det kan tolkes som en cementering af dispergeret ler i Lav-C jorden når den tørres. I overens-

stemmelse med dette fandt vi, at trækstyrken (brudstyrken) for tørre aggregater var højest for Lav-C jorden. Det viser, at dispergering af lerpartikler kan give anledning til en knoldet problemjord.

Grænseværdi for indhold af organisk stof i jorden?

På trods af årtiers forskning har det ikke været muligt at udpege et bestemt nedre niveau for organisk stof til sikring af fornuftige strukturforhold på tværs af forskellige jorde. Som eksempel kan nævnes, at vi tidligere har fundet acceptable strukturegenskaber for en JB5 jord ved Askov med 2.2% organisk stof, mens vi fandt alvorlige strukturproblemer i Lav-C jorden omtalt i forbindelse med Tabel 1 selv om denne havde 2.5% organisk stof.

For nylig viste et internationalt forsknings samarbejde med A.R. Dexter i spidsen, at mange jorde i omdrift har et bestemt forhold $n = \text{ler}/\text{OC}$ (hvor OC er

Jordegenskab	Dyrkningsform	
	Høj-C	Lav-C
Organisk stof indhold (humus) (g 100/g jord)	3.4 ^b	2.5 ^a
Vand-dispergerbare kolloider fra våd jord (mg/g ler)	98 ^a	134 ^b
Vand-dispergerbare kolloider fra tørre aggregater ¹ (mg/g ler)	20.6 ^b	18.0 ^a
Trækstyrke af aggregater ² (kPa)	215 ^a	267 ^b

¹Gennemsnit for tre aggregatstørrelsesfraktioner, 0.063-0.25, 0.5-1, 4-8 mm
²Gennemsnit for fire aggregatstørrelsesfraktioner, 1-2, 2-4, 4-8 and 8-16 mm

Tabel 1. Jordegenskaber for to nabomarker med forskellig driftsform. Se venligst teksten for detaljer om dyrkningsform. Tal markeret med forskellige bogstaver er signifikant forskellige ($P=0.05$). Data fra ref 2, 4 & 6.

Sædskifte	Udtagningsår	
	2008	2009
Økologisk, med græs i sædskiftet (O2)	0.95a	0.64a
Økologisk, enårige afgrøder (O4)	0.93a	0.61a
Konventionel, enårige afgrøder (C4)	0.87a	0.57b

Tabel 2. Kvotienten for ler dispergeret fra tørre henholdsvis våde 1-2 mm aggregater ved rystning i vand i to minutter. Gennemsnit over gødskningspraksis og +/- brug af efterafgrøder for hvert sædskifte. Antallet af fællesparceller for hvert sædskifte er 6, 6 og 4 for henholdsvis O2, O4 og C4 sædskiftet. Tal markeret med samme bogstav i et specifikt år er ikke signifikant forskellige ($P=0.05$).

organisk C) omkring 10. Jorde med højere n-værdier betegnes som 'umættede' med OC, og mængden af ler, der ikke er bundet til organisk stof kaldes ikke-kompleksbundet ler (eng.: non-complexed clay, NCC). I det internationale samarbejdsprojekt fandtes sådanne jorde at have en høj dispergering af lerpartikler.

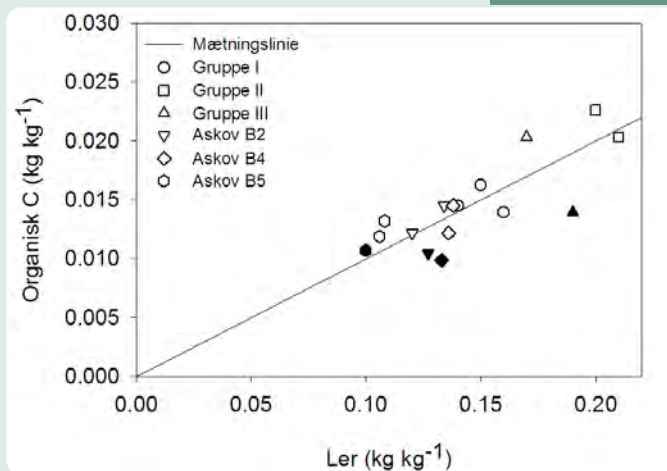
Figur 3 viser relationen mellem ler og organisk C for en række danske jorde, som vi har studeret i tidligere FØJO projekter. Jorde angivet med lukkede (sorte) symboler var karakteriseret med strukturproblemer, mens jorde med åbne (hvide) symboler havde tilfredsstillende strukturgenskaber.

Resultaterne i figuren støtter Dexter's forslag om, at jorde under 'mætnings'-linien ($\text{ler}/\text{OC} > 10$; $\text{NCC} > 0$) har et kritisk lavt indhold af organisk stof. Opgørel-

sesmetoden giver altså den længe tilstræbte mulighed for at vurdere organisk stof indholdet på tværs af jordtyper.

Resultater fra CROPSYS-projektet ved Flakkebjerg
I CROPSYS-projektet under ICROFS sammenligner vi forskellige sædskifter til kornproduktion på tre danske lokaliteter. Sædskifterne blev etableret i 1997 og varierer med hensyn til forekomst af helårsgrøngødning, efterafgrøder og anvendelse af husdyrgødning.

Ved Forskningscenter Flakkebjerg er forsøgsmarken generelt alvorligt udpint for organisk stof. Vi har målt på alle forsøgsmarkens 64 parceller og fundt at jorden generelt lå under Dexter's mætningslinje (Figur 4). Punkterne over linien i figuren viser, at jorden ved CROPSYS-parcellerne ved



Figur 3. Relation mellem indhold af ler og organisk C for en række danske jorde med forskellig driftsform. Jordenes fysiske egenskaber blev undersøgt for gruppe I-III jordene af ref. 4 og 6, Askov B2 og B4 markerne blev studeret af ref. 5, og Askov B5 jorden af Per Schjøning i 1994. Jorde med dårlige jordfysiske egenskaber er vist med sorte symboler. Jordene mærket "Lav-C" og "Høj-C" er de samme som diskuteres i forbindelse med Tabel 1.

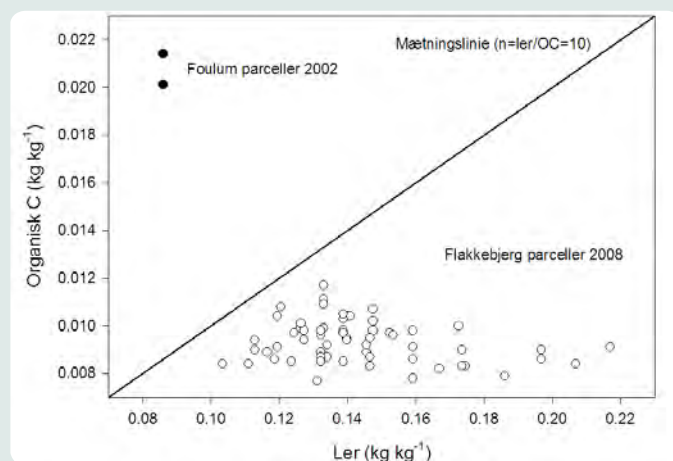
Forskningscenter Foulum i Dexter-terminologi er 'mættet' med organisk C og derfor i 'god stand' strukturmæssigt. Det passer overens med målinger, vi tidligere har foretaget i disse parceller. Figur 4 viser også, at forsøgsmarken ved Flakkebjerg er meget variabel: lerindholdet varierer fra omkring 10 til 22%.

Vi målte også lerdispergering i Flakkebjerg-parcellerne. Der blev målt dels på jord i forårsfugtig tilstand og dels på 1-2 mm aggregater, der enten var lufttørret eller lufttørret og genopfugtet til forårets vandindhold. Figur 5 viser resultater fra parceller studeret i 2009.

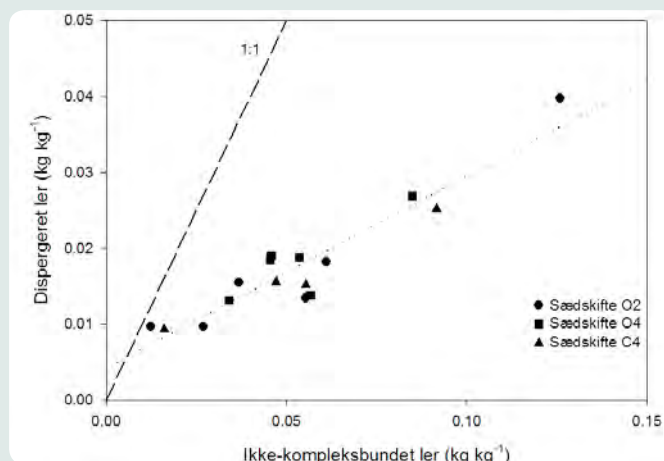
Vi noterer, at mængden af vand-dispergerbart ler stiger

med stigende mængde ikke-kompleksbundet ler (NCC). Effekten af dyrkningssystemerne er i denne figur koblet ind i beregningen af NCC (dyrkningsmetode-forårsaget stigning i organisk C vil reducere NCC).

Vi har tidligere målt en dyrkningsmetode-forårsaget forskel i udviklingen i jordens organiske C indhold over 6 år på 0.0013 kg OC kg⁻¹ jord ved sammenligning af det 'bedste' og det 'ringeste' sædskifte på Flakkebjerg. Denne mængde OC svarer til en reduktion af ikke-kompleksbundet ler (NCC) på 0.013 kg kg⁻¹ jord, hvilket skal sammenlignes med de fundne værdier for NCC på fra 0.01 til 0.13 kg kg⁻¹ jord (Figur 5). Dette



Figur 4. Relation mellem indhold af ler og organisk C for de 64 forsøgsparceller i CROPSYS-forsøget ved Flakkebjerg samt to udvalgte forsøgsparceller ved Foulum (sidstnævnte målt af ref. 8).



Figur 5. Ler dispergeret fra CROPSYS-Flakkebjerg pløjelagsjord (2009) rystet i vand i to minutter og sat i relation til mængden af ikke-kompleksbundet ler (NCC) beregnet som foreslået af ref. 1. Læs om detaljerne i artikeltæksten.

Referencer

1: Dexter, A.R. et al. 2008. Complexed organic matter controls soil physical properties. *Geoderma* 144, 620-627.

2: Elmholt, et al. 2008. Soil management effects on aggregate stability and biological binding. *Geoderma* 144, 455-467.

3: Kjaergaard, C. et al. 2004. Properties of water-dispersible colloids from macropore deposits and bulk horizons of an Agrudalf. *Soil Science Society of America Journal* 68, 1844-1852.

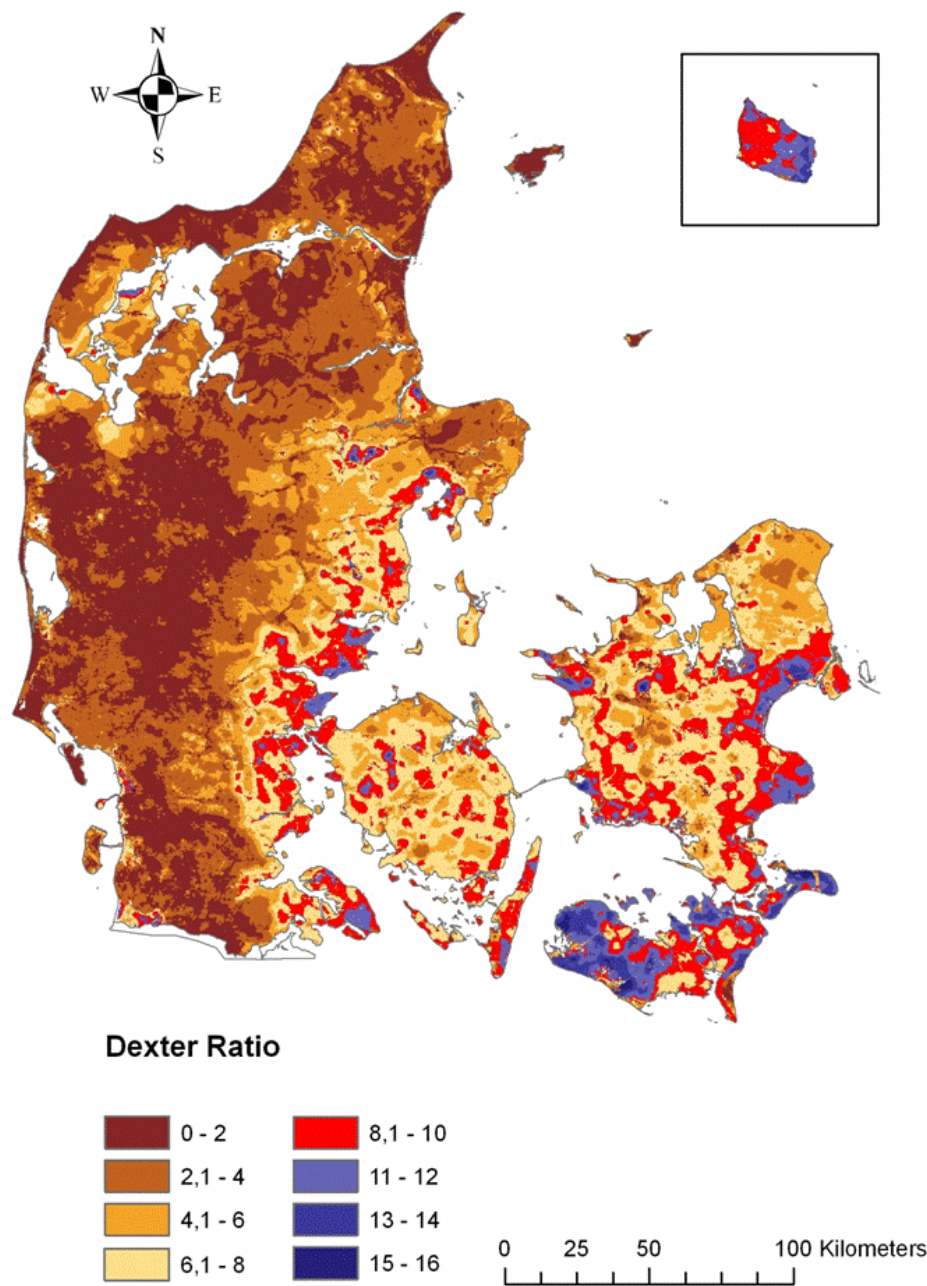
4: Munkholm, L.J., et al. 2001. Soil mechanical behaviour of sandy loams in a temperate climate: case-studies on long-term effects of fertilization and crop rotation. *Soil Use and Management* 17, 269-277.

5: Munkholm, L.J., et al. 2002. Aggregate strength and mechanical behaviour of a sandy loam under long-term fertilization treatments. *European Journal of Soil Science* 53, 129-137.

6: Schjøning, P., et al. 2002. Soil quality aspects of humid sandy loams as influenced by organic and conventional long-term management. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 88, 195-214.

7: Schjøning, P., et al. 2009. Threats to soil quality in Denmark: A review of existing knowledge in the context of the EU Soil Thematic Strategy. *DJF Report Plant Science No. 143*, The Faculty of Agricultural Sciences, Aarhus University, 121pp.

8: Schjøning, P., et al. 2007. Organic matter and soil tilth in arable farming: Management makes a difference within 5-6 years. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 122, 157-172.



Figur 6. Det såkaldte 'Dexter-forhold' (eng.: 'ratio') beregnet som $n=ler/OC$, hvor OC er organisk C for pløjelaget for danske jorde. En værdi for $n>10$ indikerer mulige strukturproblemer for jorden på grund af kritisk lavt indhold af organisk stof. Kortet er genereret fra den danske jord-database www.djfgeodata.dk ved Aarhus Universitet.

indikerer, at (gen-)mætningen af den aktuelle jords lerpartikler med organisk C vil være en meget tidskrævende proces.

Forholdet (kvotienten) mellem lerdispergering fra tørrede henholdsvis opfugtede aggregater siger noget om graden af lerpartiklernes cementering i jorden. Vi noterer, at vi i både 2008 og 2009 har fundet den højeste kvotient for det økologiske O2 sædskifte med bl.a. et års kløvergræs i sædskiftet (statistisk signifikant i 2009, Tabel 2).

I overensstemmelse med resultaterne i Tabel 1 finder vi altså, at (indre) skorpedannelse er mest udpræget

for dyrkningssystemer med ringe tilbageførsel af organisk stof til jorden.

Figur 6 viser 'Dexter-forholdet' for alle jorde i Danmark. Det fremgår, at indholdet af organisk C for mange af de lerholdige jorde i det østlige Danmark er kritisk lavt (Dexter-forhold over 10).

Der er brug for yderligere undersøgelser af Dexter-metoden. Potentielt vil den ad åre kunne bruges til udpegning af jorde med behov for agtpågivenhed mht driftsformens påvirkning af jordens kulstofpulje.

Konklusioner

- Mange danske jorde er udpinte for organisk

stof, hvilket kan påvirke vigtige jordfunktioner, herunder jordens dyrkningsegnethed

- Et nyt indeks forekommer lovende mht. identifikation af jorde med kritisk lave indhold af organisk stof
- Økologiske driftsformer vil normalt øge indholdet af organisk stof i jorden og kan dermed reducere de negative effekter af et lavt kulstofindhold
- Vores resultater viser, at det vil kræve mange års ændret driftsform at forbedre de kulstof-udpinte jorde

Videre læsning

Læs mere om dyrkningssystemets effekt på produktion og miljø på hjemmesiden: www.icrofs.dk/Sider/Forskning/foejoiIII_cropsys.html.

FØJO III-projektet CROPSYS er støttet af Fødevareministeriet.

