

Kompostens anvendelses- muligheder med henblik på øget jordfrugtbarhed

Den Europæiske Landbrugsfond for Udvikling af Landdistrikterne:
Danmark og Europa investerer i landdistrikterne



Miljø- og Fødevareministeriet
NaturErhvervstyrelsen

LDP 2020



Den Europæiske Landbrugsfond
for Udvikling af Landdistrikterne





Forsidefoto: Anna-Christa Bjerg, Økologi & Erhverv
Layout: ph7 kommunikation. Denne tryksag er svanemærket.

INDHOLDSFORTEGNELSE

Forord	4	Teknisk udstyr	21
Kapitel 1:		Sådan fremstilles kompost-te	23
Humus-husholdning	5	Skumdannelse	23
Målet: 5 % humus	5	Udbringning af kompost-te	24
Principperne i humusopbygningen ..	5	Udbringningstider:	25
Brug af kompost	7	Rengøring	25
Humus og humuskvalitet	8	Andre plantevitaliserende metoder ..	26
Kapitel 2:		Erfaringer og resultater med kompost-te	26
Kompostering i andre lande	9	Kapitel 6:	
Rosenheim-projektet – Tyskland ...	9	Udtræk af huminstoffer fra kompost og biomile	29
Ökoregion Kaindorf – Østrig	10	Huminstoffer – hvad er det?	29
Den mikrobielle carbonisering – Tyskland	11	De huminstofdannende processer ..	30
Bokashi – Japan	11	Vurdering af kompostens plantevitaliserende virkning ved hjælp af Brix-test	30
Jordkarbon – Norge	11	Kapitel 7:	
Kapitel 3:		Vurdering og måling af jordfrugtbarhed	32
Energi- og kulstofregnskab	12	Kemisk-fysisk analyse	32
Organisk kulstof (C_{org})	12	Spadediagnose	33
Humuskvalitet	13	Croma-test	33
CO_2 -binding via humusopbygning – omregning til CO_2 -ækvivalenter ...	13	Vurdering af kompost via karsetest ..	34
Kapitel 4:		Kulstoffets / humus betydning for jordfrugtbarheden	35
Humus-mølle	15	Litteraturliste	36
Grundopskrift humuskolloid:	16		
Ler-humus-kolloid-opløsningens egenskaber og virkningsmåde	16		
Anvendelsesområder for ler-humus-kolloid-opløsningen ...	16		
Humus-kolloid-varianter	17		
Dosering og rutine	17		
Perspektivering	18		
Kapitel 5:			
Plantevitalisering med kompost-te ...	19		
Hvorfor kompost-te?	19		
Fremstillingen af kompost-te	20		
Remedier og substrater til fremstilling af kompost-te	20		

FORORD

I 2015 og 2016 er der i projektet 'Jordforbedring med kompost fra flere kilder' arbejdet med opbygning af jordfrugtbarhed fra forskellige vinkler. Der er arbejdet med forskellige komposttyper, lavet markforsøg, undersøgt kompost-tes virkning, arbejdet med først varmeudvinding i biomile og dernæst brug af kompostmediet efterfølgende etc. Du kan læse vejledninger og mere om selve projektet på www.okologi.dk eller direkte: <http://okologi.dk/landbrug/projekter/planteavl/jordforbedring-med-kompost-fra-flere-kilder>

Projektet er eksperimenterende, og vi har afprøvet og gået nye veje, også hvor vi ikke har haft faglig dokumentation på forhånd. Vi har hentet viden inden for både kemi, biologien, fysikken, plantebiologi etc., ligesom vi har taget afsæt i økologien men været åbne og nysgerrige over for, hvad biodynamikken har af løsningsforslag.

Projektet har kun kørt i 2 år, og listen af ønsker, til hvad vi gerne ville afprøve over en længere årrække og med en meget systematisk forsøgstilgang, er ganske lang. Det har vi dog ikke mulighed for. Nærværende skrift er sammen med de øvrige produkter derfor en opsamling af den viden, som projektet, landmænd og andre videnspersoner har observeret, afprøvet og udviklet på, men som ikke er 'videnskabeligt bevist' inden for den klassiske naturvidenskabelige forskningstænkning.

Vores intention har derfor været at inspirere og motivere landmænd til at tænke på og arbejde med jordfrugtbarhed og kompost, så vi sammen kan øge den praksisbase-rede viden på området.

Vi håber, at du tager udfordringen op.

MVH

Martin Beck, projektmedarbejder
Christina Udby Hansen, projektleder.

Nærværende vejledning er blevet til som et led i projektet Jordforbedring med kompost fra flere kilder, som er støttet af Promilleafgiftsfonden for Landbrug, Den Europæiske Fond for Udvikling af Landdistrikterne og Miljø- og Fødevareministeriet.

Den Europæiske Landbrugsfond for Udvikling af Landdistrikterne:
Danmark og Europa investerer i landdistrikterne



Miljø- og Fødevareministeriet
NaturErhvervstyrelsen

LDP 2020



Den Europæiske Landbrugsfond
for Udvikling af Landdistrikterne

KAPITEL 1:

Humus-husholdning

Måden, vi har drevet landbrug på de sidste årtier, har været stærkt tærende på jordens humus-pulje. Det kulstof, vi tilfører jorden i form af planterester og husdyrgødning, er ikke umiddelbart stabiliseret, og der er risiko for, at det forbrændes ret hurtigt, hvorved en stor del af kulstoffet igen forsvinder op i atmosfæren i form af CO₂. Humus-opbygning i jorden er mere end nogensinde aktuelt, idet det er vejen til, hvorledes vi kan imødegå klimaforandringer og -udfordringer, gøre os uafhængige af konventionel gødning, hæve udbytter, forbedre kvalitet og sundhed m.m.

Målet: mindst 5 % humus

Hvis vi kunne øge indholdet af varig humus i de øverste 25 cm af jordbunden fra 2 til 5 %, ville vi dermed kunne binde 125 ton CO₂ per hektar i jordbunden. Samtidigt kan vi opnå adskillige dyrkningsmæssige benefits, som bedre vandholdningsevne, bedre næringsstofforsyning, mindre risiko for erosion, højere udbytter, bedre kvalitet, sundere planter, dyr og mennesker.

Principperne i humusopbygningen

For at opnå en opbygning af varig humus i jorden skal kulstoffet stabiliseres, inden det tilføres jorden, således at vi ikke igen mister det i form af CO₂ til atmosfæren. En af måderne, hvorpå kulstoffet kan stabiliseres, er ved, at organisk materiale gennemgår en kompostering, dvs. en humusopbyggende proces, som er en biologisk proces. Kompostering er en af de mest afgørende faktorer for opbygning af stabilt/varigt kulstof i jorden. Som beskrevet inden for dette projekt er der flere metoder til at kompostere, som f.eks. fladekompostering, mikrobiel karbonisering, biomile, kompoststald m.fl. Ud over boniteten og klimaet, afhænger humusindholdet i jorden også i høj grad af dyrkningspraksis.

Principperne i humusopbygningen:

1. Gøde med kompost. Moden kompost er færdig, stabiliseret humus og bidrager mest af alle faktorer til humusopbygningen. Jo mere kompost jo hurtigere humusopbygningen i jorden.
2. Mindre jordbearbejdning. Undgå overløsning af jorden, dvs. løsne i ca. 15 cm dybde og vendende jordbearbejdning kun i de øverste 8-10 cm.
3. Grønne marker. Tilnærmelsesvis konstant plantedække og derfor så korte perioder som muligt med bar jord. Især skal jord-biologien opretholdes i vinterperio-

den ved vinterdække.

4. Sædskifte og blandingskulturer. Variationen af planter forøger også mangfoldigheden af rødder og giver dermed stabilitet i mikrobiologien.

Dette er uddybet i vejledningen "Opbygning af jordens frugtbarhed med kompostet flis", som kan downloades her:

<http://okologi.dk/media/773760/jordensfrugtbarhed-0216-web.pdf>.

Går man i gang med alle tiltag, går opbygningen forholdsvis hurtigt. Målet vil kunne nås i løbet af en 5-årig periode. Den nye humus-økologiske dyrkningspraksis må selvfølgelig bibeholdes, for at humus ikke igen nedbrydes. Den ændrede dyrkningspraksis vil på sigt betyde, at der i jorden indstiller sig en ligevægt, som for dansk jord og klima sikkert vil ligge på mellem 5 % og 10 % humus.

Hvad kendetegner en frugtbart jord?

En sund jord indeholder – ud over mineralske næringsstoffer – en stor diversitet af bakterier, svampe, protozoer, nematoder m.m. I økosystemets jordbund lever disse organismer i afhængighed af hinanden, således at stofskifteproduktet fra den ene er næringsstof for den anden. Der er ikke noget, der er "affald". Mikroorganismene sørger for, at alt indgår i kredsløbet igen. Det er netop deres speciale.

Mange gartnere og landmænd kender værdien af en god moden kompost, som bidrager til opretholdelsen af mikroorganismene i jorden. Bakterier og mykorrhiza-svampe indgår en symbiose med planternes fine hårrødder, og planterne har dermed nemmere ved at optage vand og næringsstoffer.

I modsætning hertil tilgodeser mineralsk gødskning ikke denne ernæring af det mikrobielle liv i jorden, hvorved disse underernæres og reduceres i antal (Hörner 2015). Mikroorganismene er ikke kun nødvendige for planternes optagelse af næringsstoffer og vand, men også afgørende for om der kan finde en humusopbygning sted i jorden. Humusdannelsen er nemlig en opbyggende proces – ikke en nedbrydende. Som følge af mikroorganismernes mistrivsel nedbrydes humus i jorden lige så stille år for år. Uden et tilstrækkeligt humusindhold i jorden, mister jorden sin krummestruktur og stabilitet, hvilket fører til ringere luftskifte/ånding, samt mindre evne til at holde på vand og næringsstoffer. Ved humusindhold på under 2 % er jordens regenerationskraft tilmed svækket. Dens robusthed og evne til selv at rette op på en skade eller ubalance er forringet.

Følgerne heraf er underernærede og syge planter, som i stigende grad er udsat for skadedyrsangreb. Udbytterne falder, og kvaliteten er forringet. Finere jordpartikler er udsat for nedvaskning eller erosion som følge af manglende jordliv. Frugtbarheden af store dele af vores landbrugsjord er i alvorlig fare for at gå tabt.

For at gøre jorden frugtbart gælder det således fortrinsvis om at øge livet og biodiversiteten i jorden uanset humusindhold. De forskellige komposteringsværktøjer (fladekompostering, mikrobiel carbonisering, biomile m.fl.) og de forskellige anvendelsesmuligheder (kompost-te, humusmølle, plantevitalisering med huminstoffer m.v.) tjener alle dette formål.

Brug af kompost

Kompost har den egenskab/fordel i forhold til andre gødningsmidler, at den ud over en gødningseffekt også har en længerevarende jordforbedrende effekt, såfremt den anvendes korrekt. Ud over at tilføre komposten direkte til jorden er der også mulighed for at opbygge jordfrugtbarhed og stimulere plantevækst ved at bruge komposten i en humusmølle eller i form af kompost-te, som beskrives i senere afsnit.

Hvad enten det er kompost eller anden organisk eller mineralsk gødning, er det vigtigt:

- For det første: at det ikke indarbejdes i jorden men derimod forbliver på overfladen.
- For det andet: at det tilføres på en voksende afgrøde, enten kulturafrøden eller en efterafgrøde.

Dette gør sig især gældende for rå husdyrgødning eller uomsat organisk materiale, men også kalk, svovl, kalium, bor eller andre næringsstoffer, som man kan tilføre på mineralsk form. Det skyldes, at kulstoffet og også proteinstrukturen i husdyrgødning og overjordisk plantemateriale ikke er jordkompatibelt, dvs. ikke er 'fordøjet' eller gennemgået en mikrobiel stofskifteproces, hvor stofferne er blevet organisk indbygget i ler-humus-komplekser. Kompost, som jo har gennemgået en organisk omsætning, hvilket kan sammenlignes med en fordøjelse, kan – om nødvendigt – indarbejdes i jorden. Egentlig er der ingen grund til det, og man har også for kompostens vedkommende en bedre udnyttelse og bedre varig virkning, når det får lov til at forblive på overfladen.

Ønsker man at bruge kompost i f.eks. pottemuld, kan man dog blande det. Forudsætningen er, at det er en virkelig moden kompost, hvori der er kompostorm, og disse til dels har forladt komposten igen. På dette tidspunkt er det oplagt at foretage en spiretest som beskrevet senere i dette kompendium.

På sigt opstår der således en såkaldt A-horisont på jordoverfladen, som har et højt indhold af humus, og der vil være en meget høj mikrobiel aktivitet på jordoverfladen. Huminstofferne og den mikrobielle aktivitet vil efterhånden "smitte af" på underjorden, således at denne også får bedre struktur, bliver mere elastisk, bliver mere biologisk aktiv og bedre til at holde på vand og næringsstoffer, uden at den bearbejdes mekanisk i dybden. Det er den biologiske aktivitet, som bearbejder jorden oppefra og ned.

Metoder, til hvorledes jorden kan dyrkes uden at bearbejde den dybt, er ligeledes beskrevet i vejledningen "*Opbygning af jordens frugtbarhed med komposteret flis*" – se <http://okologi.dk/media/773760/jordensfrugtbarhed-0216-web.pdf>.

Denne biologisk meget aktive A-horisont vil ret hurtigt få en stor evne til at "fordøje" dvs. omsætte tilført organisk stof, hvorved jordfrugtbarhedsdannelsen accelererer. Ukrudt, skadedyr og patogener hæmmes herved på grund af en kraftig mikrobiel antagonistisk virkning. Erfaringerne fra praksis er, at ukrudtet får ingen eller ringe spireimpuls, og ofte vil ukrudtsfrø nedbrydes i dette fugtige høj-mikrobielle miljø.

Humus og humuskvalitet

Humus er et kompliceret og aldrig færdigt stof, som dannes ved nedbrydning af vedstoffets lignin. Stoffets byggestene, fenoliske kulstof-ringe, nedbrydes ikke men sammenbygges i stedet med sukkerstoffer, fedtstoffer, aminosyrer og andre organiske forbindelser foruden brudstykker af lerpartikler til det store, tredimensionale molekyle, som humus er.

Humus består hovedsageligt af kulstof, ilt, brint, kvælstof, fosfor og svovl.

- 1 % humus i 25 cm dybde svarer til:
- 53 ton kuldioxid (CO_2) per ha
- 14,5 ton kulstof (C) per ha
- 1,8 ton kvælstof (N) per ha
- 245 kg svovl (S) per ha

Udover kulstof og næringsstofindholdet forbedrer humus jordens dyrkningsevne. Den stimulerer et mere rigt mikrobielt liv i jorden. Humus kan holde på vand i størrelsesorden 80-90 % af dens egen vægt, og den sørger for flere hulrum og en mere luftfyldt jord.

Disse kemiske elementer forekommer dog også i jorden i form af uorganiske forbindelser. En analytisk adskillelse mellem organiske og uorganiske komponenter er kun med rimelighed muligt for kulstof og kvælstof, hvilket betyder, at organisk kulstof eller organisk kvælstof kan bruges som indirekte måleenhed for humus. Herom nærmere i afsnittet om energi- og kulstofregnskab.

KAPITEL 2:

Kompostering i andre lande

I de senere år har vi oplevet stigende interesse for kompostering og især i landbrugs-sammenhæng. Specielt har fundene af Terra Preta-jorden været inspirationskilde til mange eksperimenter og større projekter.

Terra Preta er en menneskeskabt, meget frugtbar sortjord, som man har fundet ved udgravninger i regnskoven langs med Amazonas floden i Sydamerika. Denne jord er flere meter tyk og meget kulstof/humusrig. Den er blandt andet også blevet brugt til at pøde og opdyrke andre udpinte jorde med. Arkæologer mener, at urfolket, som levede der, havde viden om kompostering og ydermere fremstillede trækul til at iblande og berige komposten med.

Rosenheim-projektet – Tyskland

I Rosenheim, Bayern har man etableret et projekt med titlen "Nye veje og en ny etik i landbruget", hvor man har kombineret forskellige metoder omkring komposterin-gen, som har vist sig at være nyttige i landbruget. Med disse forskellige indsatsom-råder har man, med god succes, efterlignet Terra Preta jorden. I "Rosenheim-projek-tet", som det populært er kaldt, har man således udviklet principper til, hvorledes man fremstiller Terra Preta
(<http://www.em-chiemgau.de/ueber-em-chiemgau/das-rosenheimer-projekt/>).

Principperne fremgår herunder:

1. **Fermentation:** Organisk materiale, f.eks. køkkenaffald forgæres i en lufttæt be-holder sammen med kul og effektive mikroorganismer. Det er det, som også kal-des Bokashi – se herom i afsnittet om effektive mikroorganismer. Viden kommer især fra Japan. Gennem forgæringen bliver næringsstofferne bundet i kullet og dermed beskyttet mod tab.
2. **Kompost:** For at sikre en vellykket kompostering, podes igen med mikroorganis-mer, og der tilsættes kul og stenmel og blandes godt.
3. **Jorddække:** Snittet græs eller fliset have-park-affald podes med mikroorganis-mer og skaber et godt mikrobielt miljø, samtidigt med at det beskytter jordbiolo-gien og holder på fugt.
4. **Jordforbedrende virkning:** For at producere en god sortjord er det vigtigt, at C/N-forholdet er afbalanceret. Kvælstofrigt materiale som køkkenaffald, kløver-

græs eller husdyrgødning skal beriges med kulstofholdigt materiale som halm, savsmuld, speltskaller eller langt stift græs.

5. **Gylle-behandling:** Til gyllen tilsættes plantekul og evt. stenmel sammen med fermentative mikroorganismer. Derved bindes næringsstoffer, og gyllen omsættes mikrobielt/forgæres, således, at gyllens fulde værdi udnyttes.
6. **Fast staldgødning:** Fast husdyrgødning og andet organisk forefaldende materiale fra gården forgæres, dvs. anaerobt under tilsætning af fermentative mikroorganismer i minimum 8 uger. Derefter udbringes den på marken og undergår en fladekompostering.

Kendetegnende for Rosenheim-projektet er den intensive brug af mikroorganismer, plantekul og komposteringen under anaerobe forhold.

Ökoregion Kaindorf – Østrig

I regionen Kaindorf i Østrig har man, som led i at udvikle en bæredygtig og klimaneutral region, blandt mange andre tiltag startet et projekt op, som handler om, hvordan man kan opbygge humus i dyrkningsjorden (www.oekoregion-kaindorf.at). Her hjælpes landmænd med en omstilling til en humus-venlig driftsform. Samtidigt har man oprettet et system med handel af CO₂-certifikater, hvor landmændene kan få godtgjort deres indsats for at opbygge humus i jorden. CO₂-certifikaterne sælges til industrien, som således kan profilere sig med en lokal, grøn, bæredygtig CSR-profil (Corporate Social Responsibility). Blandt principperne i humusopbygningen spiller komposteringen en central rolle. Indsatsområderne i detaljer er:

1. **Gøde med kompost:** At kompostere gødningen før udbringning har man erkendt som værende den vigtigste faktor for humusopbygningen.
2. **Mindre intensiv jordbearbejdning:** I stedet for plov bruges andre overfladisk arbejdende redskaber til at nedmulde den gamle og etablere en ny afgrøde. Jo mindre jorden iltes, jo mere skånsomt er det for humus og den jordlevende mikrobiologi.
3. **Holde et nærmest konstant grønt plantedække:** I stedet for efterårspløjning og sort vinterbrak bruges en mangfoldig blanding af efterafgrøder til at ernære mikrobiologien vinteren over.
4. **Varieret sædskifte:** Ved at øge artsrigdommen øges også mangfoldigheden i rodudviklingen og dermed stabilitet i mikrobiologien.
5. **Brug af blandingskulturer:** Udnytte biologiske synergieffekter og fremme biodiversitet.
6. **Undgå tiltag der fører til humusnedbrydning:** F.eks. undgå brug af handelsgødning, pesticider, intensiv jordbearbejdning, monokulturer m.fl.

Med oprettelsen af systemet med CO₂-certifikat-handel har man med dette projekt erkendt og synliggjort potentialet i, hvordan landbruget faktisk kan bidrage til at løse klimaudfordringer, samtidigt med at der opbygges frugtbare jorde. Ansvar for

opbygningen af en humusrig jord og et godt klima bliver således til et fælles samfundsanliggende.

Den mikrobielle carbonisering – Tyskland

Begrebet mikrobiel carbonisering stammer fra Walter Witte, Werningerode Tyskland, som har skrevet en bog med samme titel (<http://mc-bicon.de/index.php>). Metoden er velafprøvet i både Tyskland, Østrig og så småt begyndt anvendt i Danmark. Metoden er igen fermentativ anaerob, der skal være kvælstof- og kulstofholdigt materiale i nogenlunde afbalanceret forhold, og podning med mikroorganismer har vist sig at være vigtig.

Metoden udmærker sig ved, at den er særlig effektiv til at fremstille stabile, langkædede huminstoffer med, og komposten har derved en særlig god varig humusopbyggende og jordforbedrende effekt.

Bokashi – Japan

Begrebet Bokashi og effektive mikroorganismer stammer fra Japan og er fundet og beskrevet af Teruo Higa. Bokashi er fermenteret organisk affald, det kan være køkkenaffald, kløvergræs eller andet friskt organisk affald. Man kan også lave Bokashi af f.eks. hvedeklid med henblik på fodring af husdyr. Higa fandt i 80'erne ud af, at en kombination af mælkesyrebakterier, gærsvampe og alger danner en meget stabil mikrobiologisk symbiose, som undertrykker patogener, som måtte forsøge at vinde indpas. Denne egenskab/symbiose har han videreudviklet til det, man i dag kalder effektive mikroorganismer. Man kan købe disse over hele verden, og vi har her et eksempel samt dokumentation for, hvilken enorm virkning og kraft sådanne små skabninger har. Du kan læse mere hos (Higa, 2015).

Effektive mikroorganismer bruges i dag på mange områder omkring human og dyrs sundhed, mange steder inden for landbruget, som f.eks. ensilering, kompostering, behandling af gylle, tilsætning til foder, jordforbedring, plantevitalisering m.m. Mikroorganismene har endda vist sig at kunne nedbryde radioaktivitet, således at disse nu bruges intensivt omkring atom-ulykkestedet i Fukushima. Læs eventuelt mere her: <http://www.emtech.org/>

Jordkarbon – Norge

Projektet «Jordkarbon – udvikling og formidling av karbonbindende landbrukspraksis i Norge» er et pilotprojekt. Målet er at skaffe kundskab om og erfaring med karbonbindende dyrkningsmetoder tilpasset norsk klima og forskellige driftsformer. Projektet omtales i kortform som Jordkarbon. Der følges seks gårde, som er i gang med at praktisere jordopbyggende metoder. Der afprøves diverse dyrkningsmetoder og karbonbindende afgræsningsstrategier. Læs mere på <https://ostafjells.nlr.no/prosjekter/jordkarbon/>

KAPITEL 3:

Energi- og kulstofregnskab

Med en tilpasset dyrkningspraksis og med tilegnelse af mere viden og praksis-erfaring omkring komposteringsprocesser, har vi i det økologisk landbrug enestående mulighed for at forbedre frugtbarheden af vores dyrkningsjord, øge udbytte, fødevarerrekvalitet m.v. og samtidigt bidrage væsentligt med løsninger til klimaudfordringen.

Organisk kulstof (C_{org})

Kulstof er som nævnt hovedbestanddelen i humus. Den forekommer dog også i jorden på uorganisk form, i form af carbonat, dvs. kalk. Totalindholdet af kulstof i jorden (C_{tot}) bestemmes typisk ved forbrænding af jorden i en digel ved 1200 grader C.

Indholdet af carbonat-kulstof ($C_{carbonat}$ eller C_{uorg}) kan ligeledes bestemmes kemisk, og organisk kulstof (C_{org}) bestemmes således indirekte ud fra formlen:

$$C_{tot} = C_{org} + C_{uorg}$$

Omregningen fra organisk C til humus foretages ved formlen:

$$\text{Humusindhold} = C_{org} \times 1,72$$

Faktoren 1,72 forudsætter, at humus indeholder 58 % C, dvs. metoden forudsætter, at der er tale om stabilt C/varig humus. Her er der således en yderligere usikkerhed, idet denne faktor kan variere alt efter jordtype, dyrkningspraksis, komposteringsmetode m.m. Derfor angiver laboratorier ofte blot C_{org} i stedet for humus.

Organisk N (N_{org})

Kvælstof i agerjord forekommer overvejende i organisk form – i form af proteiner og peptider. Andelen af uorganisk kvælstof (N_{min}) vil hovedsageligt være i form af nitrat og ammonium og udgøre mindre end 5 % af total-kvælstoffet (N_{tot}). Især på økologisk dyrkede jorde kan man således med rimelighed bruge total kvælstof som indikator for det organiske kvælstofindhold (N_{org}), idet der jo ikke tilføres N på mineralsk form. I svær lerjord og dybere jordlag kan N_{min} være højere, og der må således korrigeres.

Humuskvalitet

Klassisk bestemmes humuskvaliteten ud fra dens kemiske sammensætning, med C_{org}/N_{org} -forholdet som vigtigste parameter. Med stigende grad af humificering af planteresterne falder C/N-forholdet som følge af nedbrydning af C og evt. binding af N.

En mere nuanceret kemisk beskrivelse af humus er at analysere for indholdet af huminstoffer. Jo flere langkædede, ikke-vandopløselige huminstoffer der er indeholdt i humus eller i komposten, jo bedre og mere varig effekt vil komposten have.

Huminstoffer er en gruppe af mørkt farvede, højmolekylære, amorfe, stabile organiske forbindelser, som opstår under komposteringsprocessen. Jo bedre betingelser for den bakterielle humificering vi får skabt i komposten, jo bedre kvalitet, dvs. sammensætning af huminstoffer, vil komposten have. Huminstofanalyser er dog svære at gennemføre, idet de kemisk er svære at isolere på grund af deres mange egenskaber (vandopløselige/ikke-vandopløselige, syre-opløselige/ikke-syreopløselige osv.)

CO₂-binding via humusopbygning – omregning til CO₂-ækvivalenter

Varig humus består af 58 % kulstof ("C"). Uanset hvor i verden man analyserer på varig humus, indeholder den altid 58 % C. Hvis ikke den gør det, er den ikke varig og vil nedbrydes indenfor en kort årrække. Man kan omregne fra "C" til "CO₂" ved at gange med en faktor 3,67. Denne størrelse fremkommer af disse to stoffers atomvægt (C=12, O= 16, CO₂= 44). En del kulstof svarer således til $44/12 = 3,67$ dele CO₂.

Ved jordbundsundersøgelsen bliver humusindholdet målt i procent af tørstof, dvs. det man måler er ikke humus, men organisk kulstof. Allerede her er der et usikkerhedsmoment, idet som sagt ikke alt kulstof i jorden vil være bundet som varigt humus.

For at omregne fra procent til absolutte værdier (dvs. i kilo per hektar), må der tages hensyn til jordens massefylde. Denne afhænger af hvilken jordtype, og i hvilken grad den er pakket/luftfyldt.

Regnestykke:

Areal i kvadratmeter (1 ha = 10.000 m²)

x udtagingsdybde jordprøve (0,25 m)

x % humusindhold (f.eks. 2,8 % humus giver en faktor 0,028 = ton humus)

x andel kulstof i humus (58 %), dvs. gange 0,58 = ton kulstof

x 3,67 for omregning fra C til CO₂ = ton CO₂

Eksempel:

Vores jordprøver viser, at vi ved hjælp af tilført kompost og ændret dyrkningspraksis har hævet humusindholdet i jorden fra 2,8 % til 3,0 % over 2 år.

Prøve	Markstørrelse, ha	Humus %
1 (2014)	5,00	2,8
2 (2016)	5,00	3,0

- Prøve 1: $50.000 \text{ (areal i m}^2\text{)} \times 0,25 \text{ (dybde i meter)} \times 0,028 \text{ (humusindhold)} \times 0,58 \text{ (andel kulstof)} \times 3,67 \text{ (CO}_2\text{)} = 745 \text{ ton CO}_2$
- Prøve 2: $50.000 \times 0,25 \times 0,03 \times 0,58 \times 3,67 = 798 \text{ ton CO}_2$

Dvs. vi har bundet (798-745) 53 ton CO₂ i denne mark over to år. Det giver 53 ton CO₂/år/5 ha=5,3 CO₂ per ha per år.

Regneeksemplet viser, at hvis vi blot formår at hæve humusindholdet ganske lidt, har det stor effekt på bindingen af CO₂.

KAPITEL 4:

Humus-mølle

En humus-mølle er et apparat, hvormed man kan fremstille ler-humus-kolloider. Disse kan bruges til at forbedre gylle, fast gødning, kompost m.m. En humus-mølle er en ombygget betonblander, hvor blande-padlerne er afmonteret, og indersiden beklædt med klinke-fliser eller solide mosaiksten, således at blandingen ikke er i direkte kontakt med metal. I humusmøllen lægges nogle – om muligt – runde kampesten på 6-10 cm i diameter, og når disse triller rundt inde i møllen formales materialet mellem klinker og kampesten.



Humusmølle bygget med hjælp af dygtig murer.

Foto: Anna-Christa Bjerg, Økologi & Erhverv



Grundopskrift humuskolloid:

- 1 del moden god humusholdig kompost
- 1 del bentonit eller svær lerholdig jord
- Ca. 1 del vand

Stenene lægges i møllen, og indholdet blandes/formales ca. 75 minutter. Efter 1 ¼ time har blandingen forvandlet sig til en kolloid emulsion, dvs. ler og humuspartiklerne er meget fint formalede og opblandet i opløsningen. Når blandingen er færdig, bundfælder ler-humus-partiklerne ikke længere, men forbliver i opløsning. Hvis der dannes bundfald, har møllen ikke kørt længe nok, eller der er for meget vand i.

Ler-humus-kolloid-opløsningens egenskaber og virkningsmåde

Kolloider er fint fordelte stoffer med en partikelstørrelse på få mikrometer (tusinde-dels millimeter). Via den enorme overfladeforøgelse, som følge af formindskelse af partikelstørrelsen, bliver der frembragt store kolloidale bindekræfter. Enhver overflade bestræber sig på at binde stoffer til sig, at sorbere dem vha. overfladespænding. Jo større overfladen er, jo større er tiltrækningskraften. For jordens evne til at holde på vand og næringsstoffer spiller denne egenskab en væsentlig rolle.

Med humus-møllen har vi nu – på forholdsvis simpel facon – mulighed for at lave en opløsning med en meget stor overflade og dermed bindingskræfter. Ifølge Erhard Hennig, en tysk forsker og ophavsmand til metoden, har 1 liter af denne opløsning med en partikelstørrelse på 1µm (my-meter = 1/1000 millimeter) en samlet overflade på 6000 m². Ved en partikelstørrelse på 0,1 µm er overfladen 60.000 m²! Man kan således fornemme, hvilken enorm sorbtionsevne ler-humus-kolloid blandingen har.

Når kolloid-opløsningen tilsættes gylle, vil den sorbere lugt og flygtige næringsstoffer som ammoniak, svovlbrinte, metan, kuldioxid m.v. Gyllen får en helt anden beskaffenhed, den vil være mere sammenhængende og homogen og tilnærmelsesvis lugtfri. Eventuelle skadelige stoffer forventes bundet og uskadeliggjort.

Den ændrede tilstand og de ændrede egenskaber for gødningen betyder også, at gødningen bliver bedre for jorden at optage. Ubehandlet gylle har ofte den virkning, at den fremmer bestemte ukrudtsarter som f.eks. snerle-pileurt, melder, mfl. Det er tydeligt observeret, at denne uheldige virkning mindskes betydeligt, når gylle behandles ved tilsætning af ler-humus-kolloid.

Det er interessant at studere ler-humus-kolloid-blandingens egenskaber. Man kan mærke de sorberende egenskaber, når man holder hånden ned i det. Samtidigt har det under formalingen fået oppebærende egenskaber. Ville man f.eks. fylde et badekar dermed og lægge sig i det, ville man flyde ovenpå ligesom i det døde hav.

Anvendelsesområder for ler-humus-kolloid-opløsningen

De sorberende egenskaber i kolloid-opløsningen anvendes til at binde næringsstoffer i gylle, dybstrøelse og kompost. Det er bedst at tilsætte kolloid-opløsningen så tidligt som muligt, dvs. hurtigst muligt efter at gødningen falder bag ved koen (eller grisen, hønen eller hvad det nu er for et husdyr, man holder). Man kan fordele opløsningen ud over spalterne i stalden, fordele på dybstrøelsen inden strøelse, eller hæl-

de det ud foran skraberens og på den måde fordele det i stalden. Alternativt kan man hælde det i fortanken, inden man pumper gylle op i tanken.

De sorberende egenskaber og selve virkningen opretholdes, og den er ikke kun begrænset til perioden, hvori gyllen lagres. Også i jorden er de sorberende egenskaber bibeholdt, og har en meget fordelagtig virkning på jordfrugtbarheden og jordens evne til at holde på næringsstoffer. Den store overflade betyder også, at mikroorganismer, enzymer og syrer, som virker i jorden, har større angrebsflade. Det mikrobielle miljø og den mikrobielle aktivitet stimuleres således i jorden. Sammen med tilstedeværelsen af de fine lerpartikler fremmes den mikrobielle dannelse af ler-humus-aggregater. Det er især jordlevende svampe, som er involveret i denne proces, og opbygningen af en stabil jordstruktur fremmes således.

Humus-kolloid-varianter

Man kan imidlertid forfine og individualisere både metoden, og hvilke komponenter man bruger. Vigtigt er, som beskrevet, at man har mulighed for at formale materialet meget fint.

Ud over kompost og bentonit (ler-pulver) kan man med fordel tilsætte trækul eller biochar. Overfladen / bindingskræfterne og de humusdannende egenskaber kan således udvides yderligere. Biochar kan være svær at formale, da det typisk flyder ovenpå, og derfor ikke bliver formalet. Det kan derfor være en fordel at formale kullet først sammen med en smule vand i ca. 15 minutter.

På svær lerjord kan det være en fordel at tilsætte eller erstatte en del af bentonitten med stenmel af en god kvalitet. Vulkansk basaltmel er f.eks. velegnet.

Tilsætning af kalk eller æggeskaller er yderligere en mulighed for at forbedre egenskaberne og kvaliteten.

Dosering og rutine

Blot en mindre mængde ler-humus-kolloid har en virkning. Det er således kvaliteten og især formalingsgraden/partikelstørrelsen, mere end det er mængden, som er afgørende. Erfaringer har vist, at en balje/blander fuld om ugen hældt op i fortanken har kunnet gøre gylle lugtfri.

Der er ikke gjort mange erfaringer hermed endnu, så det er op til os landmænd at eksperimentere hermed og blive klogere på det.

Andre mulige anvendelsesmuligheder for humusmøllen er f.eks. til bejdsning af frø med huminstoffer og efterfølgende podning med f.eks. stenmel, kulstøv og mikroorganismer – dette er dog stadig under afprøvning. Humusmøllen kan også fint bruges til at pøde/bejdse lupin-frø med rhizobium-bakterier inden udsåning eller til bare at blande såsæd til blandingskulturer eller egne efterafgrødeblandinger.

Perspektivering – ønsket praksis versus gældende regler

Af hensyn til jordens frugtbarhed er det ønskeligt at udbringe husdyrgødning ovenpå jorden på en grøn voksende afgrøde. Det bedste tidspunkt er i efteråret f.eks. på en vintergrøn efterafgrøde. Dette hænger sammen med, at gødningen skal gennemgå en stofskifteproces, en form for fordøjelse, for at blive "jordkompatibel" og dermed humusopbyggende og næringsstofferne indbundet.

Reglerne for udbringning af husdyrgødning kræver dog imidlertid, at gødningen nedfældes, og vi går dermed glip af en stor del af den jordforbedrende effekt, som gødningen har. Grunden til at reglerne er, som de er, er jo, at man vil mindske ammoniakfordampning, luftemission og undgå udvaskning ved for sen udbringning af husdyrgødning.

Hvis vi vha. behandling af gyllen kan undgå fordampning, og vi ved udbringning på grønne afgrøder sikrer en organisk indbygning, ville vi på forhånd undgå tab allerede i stalden. Et af perspektiverne for metoden er således, at man evt. i fremtiden kunne fritages for reglerne om nedfældning, hvis gødningen behandles inden.

Andre metoder til behandling og kompostering af gylle er podning med mælkesyrebakterier, tilsætning/fodring af køer med ler-mineraler og/eller kul, som beskrevet i tidligere vejledninger.

KAPITEL 5:

Plantevitalisering med kompost-te

Hvorfor kompost-te?

Fremstilling og udbringning af kompost-te er en effektiv metode til at stimulere jordlivet og planternes trivsel. Der kan med en forholdsvis lille mængde og indsats opnås betydelige effekter.

Med denne vejledning er nogle grundlæggende principper og teknikker beskrevet. Der er således lagt op til at videreudvikle håndværket og gøre sine egne erfaringer.

Kompost-te er et hjemmelavet, koncentreret udtræk af god kompost, som således genbeliver jorden med levende mikroorganismer. Jorden stabiliseres og genopbygges på sigt. Planterne gror bedre, kraftigere og sundere.



At gøde betyder ikke at fodre planterne, men derimod at belive jorden.
Foto: Claus Østergaard

Fremstillingen af kompost-te

Måden hvorpå kompost-teen fremstilles, har indflydelse på indholdet og sammensætningen af mikroorganismene i kompost-teen. Brygge-processen kan således tilpasses alt efter, hvilket formål man tilsigter. Følgende faktorer har indflydelse på kompost-teenes egenskaber:

- Temperaturføring
- Foderet til mikroorganismene
- Iltkoncentrationen i væsken
- Udgangsmaterialet/kompostkvaliteten
- Diversiteten af mikroorganismer i bryggesubstratet
- Bryggeprocessens varighed

I første omgang opformerer bakterierne sig. Indenfor 20 timer kan en enkel bakterie blive til 2,2 millioner bakterier. Disse bakterier danner ernæringsgrundlaget for andre organismer. Deres stofskifteprodukter bliver en del af væsken. Heraf ernærer svampene sig, som udvikler sig senere og har brug for en højere iltkoncentration. Svampene, som er helt afhængige af en høj og konstant iltkoncentration, opformeres først, når bakterieantallet stagnerer. Med målrettet fodring kan svampenes opformering stimuleres, hertil egner sig klid, hvedemel, sojamel, rismel, fiskemel, m.fl.

Ønskes protozoerne stimuleret, skal disse som udgangspunkt være tilstede i komposten. Gennem fodring med lucernegrøn timer eller grønpiller af kløvergræs, stiger antallet af disse stærkt i løbet af 36 timers brygning.

Brygningen kan fortsættes i mere end 40 timer, men diversiteten af mikroorganismerne aftager. Til slut dominerer svampene, hvilket kan føre til kraftig hyfevækst, som kan give problemer med tilstoppede filtre og tilstoppede dyser i forbindelse med udsprøjtning.

Remedier og substrater til fremstilling af kompost-te

Grundopskrift til 800-900 liter kompost-te:

800-900 liter regnvand eller klorfrit vand	Tagvand eller overfladevand er velegnet. Vand fra en ren å eller bæk kan også bruges. Stående vand er uegnet. Postevand er ikke optimalt men kan efter iltning anvendes.
4-5 liter ormekompost	God moden kompost, skovbund (ormekompost, også kaldet vermikompost er velegnet, fordi den har en ensartet god kvalitet. Ormene er tegn på, at bakterie-sammensætningen er god, og at der ingen giftstoffer eller uheldige bakteriekulturer er tilstede).
1-2 liter melasse	Sukkerrørmelasse er velegnet. Roemelasse uden svovl kan også fint bruges.

Dernæst er rigeligt med luft den afgørende/begrænsende faktor. Se i teknik-afsnittet, hvordan en god lufttilførsel sikres.

Bakterie-foder: Melasse, rørsukker, fulvosyre, lucernegrøn timer/grønpiller, sojakager, frisk komøg, kompost af staldmøg (lavt C:N-forhold).

Svampe-foder: Huminsyre, tang og tang-mel produkter, hvedemel, fiskeolie, mask (overskud fra øl-brygning), aloe vera, gær (højt C:N-forhold)

Tommelfingerregel: max 1 kg foder (inkl. kompost) til 100 l vand. Undgå overfodring idet mikroorganismene ellers bliver dovne og ineffektive.



Ormekompost.
Foto: Anna-Christa Bjerg,
Økologi &
Erhverv

Teknisk udstyr

Overordnet er der to typer af kompost-te-bryggere:

1. Den ene virkningsmåde er ved at boble luft igennem med en akvariepumpe eller en såkaldt Mammut-kompressor.
2. Den anden type benytter sig af undertrykket, som dannes, når vandet bevæger sig i en vortex spiral.



Til venstre simpel kompost-te brygger med luftbobler, til højre kompost-te maskine af vortex typen.

Står man overfor valget, anbefales en kompost-te-brygger af vortex-typen. Vil man bygge den selv eller til at komme i gang med, er den simple dog nemmere. I det følgende beskrives derfor begge typer.

Kompost-te kan i princippet fremstilles i enhver form for beholder. Palletanke er ofte brugt, ellers rustfrie tanke, mælketanke eller plastik tromler med 60 eller 200 l volumen. For at holde temperaturen kan beholderen placeres i et forvarmet rum, f.eks. fyrrum el. lign. Og så er yderligere opvarmning som regel ikke nødvendig. Ellers kan en akvarievarmer bruges eller en kalve-mælke-varmer. Beholderen kan isoleres i en træ-kasse eller med en vintermåtte.

Det er vigtigt at få rigeligt med luft igennem teen. Til mindre beholdere, op til ca. 100 liter, kan en akvariepumpe bruges. Til større beholdere kræver det en såkaldt mammut-pumpe eller kompressor med stort luftvolumen, der er egnet til konstant drift. Som tommelfingerregel kan man gå ud fra, at kompressorens luftydelse i liter per minut skal svare til beholderens størrelse, dvs. har man en 100 liters beholder skal man have en pumpe, der giver mindst 100 liter luft i minuttet.

Til en 1000 liter palletank skal man bruge en mammut-pumpe med en luftydelse på 50-60 m³/time.



Akvarievarmer



Mammutpumpe

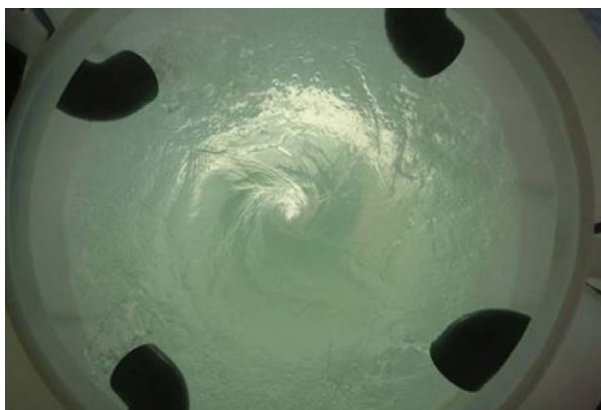
Luften skal også fordeles godt i beholderen. Man skal undgå "døde" hjørner, som ikke bliver forsynet tilstrækkeligt med luft. Man bør således montere en form for luftfordeler i bunden af beholderen, f.eks. en perforeret slange eller "luft-sten" igen fra akvarie-udstyret.

Brugen af kompost-te har især etableret i USA, hvorfor det meste materiale, man kan finde, også stammer herfra.

Her nogle links:

www.composttea.com
www.growingsolutions.com
www.soilsoup.com
www.microbbrewer.com
www.compara.nl
www.bionika.ch

Ved at søge på „compost brewer“ kan man finde adskillelige byggevejledninger på nettet, hvis man selv vil konstruere te-bryggeren. Her i Danmark kan man også købe en kompost-te brygger af vortex typen hos Levende Jord (<http://levendejord.dk/maskiner/vortex-brewer-40-200-liter/>)



Et blik ned i kompost-temaskinen inden komposten kommes i. Her ses en højredrejende (med uret) vortex.

Sådan fremstilles kompost-te

Beholderen fyldes med regnvand eller klorfrit vand. Bruges vand fra hanen kan man lade det stå natten over eller lade luft-pumpen køre i 4-6 timer, inden man begynder, således at klor kan dampe af. Har man en Vortex-kompost-te brygger, er det ligeledes en fordel at lade vandet cirkulere i nogle timer, inden man putter kompost i.

Temperaturen indstilles til 25 grader (± 3 °C). Varmere temperaturer betyder mindre ilt, og koldere vand betyder mere ilt. Temperaturen bør derfor tilpasses pumpens ydelse.

Mikroorganismernes forskellige temperaturbehov:

25-30 °C	Bakterier og protozoer
15-20 °C	Svampe

Kompost-te fremstilles under aerobe forhold, derfor er lufttilførslen altafgørende.

Dernæst tilsættes melasse og kompost. Hvis melassen er svær at opløse, kan den opløses i varmere vand først, men temperaturen skal være nede på 25 grader, inden komposten/mikroorganismene tilsættes, da man ellers dræber mikroorganismerne.

Nogle bruger en jutesæk eller net-sæk som tepose. Det kan dog være svært at holde denne iltet. Derfor anbefales at lade være med at bruge en te-pose og i stedet filtrere efterfølgende for at undgå tilstoppede sprøjtedyser.

Skumdannelse

Når der dannes skum på overfladen, er det et kvalitetstegn. Det kan i nogle tilfælde dog være så voldsomt, at man må begrænse det. Det kan man gøre med nogle få skefulde olie, planteolie, fiskeolie (uden konserveringsmidler!) el. lign. uden at det går ud over kompost-teens kvalitet.

Følgende tilsætninger har vist sig at have god plantevitaliserende effekt:

500 g stenmel	Fint formalet stenmel med højt indhold af mikromineraler er at foretrække. Disse dækker mikroorganismernes behov for mikromineraler.
150 g Bioaktiv	Informeret/iltberiget bittersalt (Magnesiumsulfat). Kan købes via hos via www.bioaktivgmbh.de eller Friedrich Wenz (www.eco-dyn.de)
1-2 spiseskefulde havsalt	Havsalt eller Himalayasalt er velegnet. Billigt stensalt eller fodersalt med aluminium eller iod er uegnet.
2-3 kg/ha fint formalet kalk (Calciumcarbonat)	Fint formalet sprøjtekalk. Stimulerer væksten af mikroorganismerne, fortrinsvis bakterier.
Malt-kim-mel	Tørret rest-produkt fra øl-brygning. Indeholder mykorrhiza-svampe

Stenmel.
Foto: Anna-Christa
Bjerg, Økologi &
Erhverv



Derudover er der gjort gode erfaringer med tilsætning af: fiskemel, horn-/hårmel, blodmel, lucernemel, græsgrønpiller, huminsyrer, gær, æblecidere, øl, m.v. Alt, hvad mikroorganismer trives godt på, kan bruges, og det påvirker diversiteten og sammensætningen. For alle tilsætninger gælder, at der skal en forbavsende lille mængde til at påvirke bakterierne, dvs. i størrelsesorden en kop fuld til 100 l vand. På internettet kan man desuden finde mange andre varianter og opskrifter.

Udbringning af kompost-te

Den færdige kompost-te fortyndes med postevand eller regnvand, og bør udsprøjtes indenfor 4 timer efter pumpen, og dermed lufttilførslen afbrydes. Fortyndingsforholdet afhænger af, hvilket formål man tilsigter. Ved udbringning på jord fortyndes 1:5 til 1:10, dvs. 1-2 liter kompost-te til 10 l vand. Således kan man af f.eks. 100 l kompost-te lave 500-1000 l sprøjtevæske.

Ved bladbesprøjtning fortyndes 1:10 eller mere. Sprøjt ikke på høst-modne frugter. Behandlingen bør ikke være senere end 3 uger før høst. Generelt gælder: Udbringning på fugtige planter eller lige før regn er at foretrække. Fordelagtigt er derfor også tidlige morgentimer eller aftentimer. Kompost-te'en kan også udbringes med vandingsvandet.

Antallet af behandlinger afhænger af jordens biologiske tilstand. Som udgangspunkt skal man regne med 3 til 5 behandlinger i starten.

Dosering: 5 behandlinger x 0,5 l koncentrat per 100 m²

Kompost-te kan ikke overdoseres. En stærk koncentration kan således ikke gøre skade. Eventuelt stimuleres væksten for kraftigt, men vil regulere sig i løbet af sæsonen. Efterhånden som den biologisk aktivitet over årene hæves, kan man på sigt nøjes med en forårs- og en efterårs-behandling.

Af hygiejniske grunden bør man ikke sprøjte kompost-te på blad-grøntsager umiddelbart før høst. For en sikkerhed skyld anbefales 90 dage. Til salat og andre blad-grøntsager med kort kulturtid bør man i stedet besprøjte jorden.

Udbringningstider

Det vigtigste tidspunkt for en kompost-te behandling er efter fremspiring. Når f.eks. en kornplante spirer frem, overgår den fra at ernære sig fra oplagsnæringen i kernen til at ernære sig fra jorden. For at kunne ernære sig fra jorden er det afgørende for planten, at de rødder den sender ud, koloniseres med de rette bakterier – planten indgår på dette tidspunkt en symbiose med de jordlevende

mikroorganismer. Samtidigt konfronteres planten også med eventuelle patogener. For ikke at blive angrebet af disse, og for at opbygge et stærkt immunforsvar, er et stærkt probiotisk mikrobielt miljø af afgørende vigtighed for en sund plantevækst.



Sprøjtning af kompost-te med traditionel sprøjte

Opfølgende besprøjtninger kan foretages omkring afsluttende buskning/begyndende strækning og efter skridning, når akset er helt fremme. Behandlinger på disse tidspunkter vil igen styrke planternes immunforsvar overfor især svampe-patogener.

De samme principper gør sig gældende for alle andre afgrøder.

Rengøring

Det er vigtigt af rengøre beholder og øvrige dele grundigt efter brug. Bio-filmen kan let vaskes af umiddelbart efter brug, så længe den er fugtig. Er det først tørret fast, kan det være besværligt, især at få rør og slanger gjort rene. Te-posen – eller den frasierte fraktion fra produktion uden te-pose – kan tømmes i haven, tilbage på komposten, på møddingen eller i gyllebeholderen. Der bør ikke anvendes nogen bakteriehæmmende rengøringsmidler. Evt. kan man bruge lidt eddike eller natron i varmt vand.

Andre plantevitaliserende metoder

Der findes en række andre metoder til at styrke planternes immunforsvar og til at stimulere plantevækst. Disse kan opdeles i mineralske, biologiske og energetiske behandlinger.

1. Mineralske plantevitaliserende stoffer: En besprøjtning af planterne med f.eks. kalk, mangan, bor, magnesium (bittersalt) og andre stoffer. Der er her dels tale om en bladgødsning, men da der kun udsprøjtes få kg per ha, er der ikke kun tale om en stofflig virkning alene, men også en biologisk stimulering.
2. Af biologiske metoder til plantevitalisering tæller kompost-te anvendelsen. Andre meget virkningsfulde behandlinger er besprøjtning med fermenterede produkter, typisk mælkesyrebakterier, gærsvampe m.fl. Ikke alle planter tåler fermenter lige godt. Kartoffler, hestebønner og raps ser ud til at reagere positivt på fermentative mikroorganismer. Til de biologiske præparater tæller også hø-te, som er et udtræk af *Bacillus subtilis* sporer. *Bacillus subtilis* vides at have mange positive virkninger på plantepatogener.
3. Med energetiske plantevitaliserende menes ikke-stoflige behandlinger, dvs. i lighed med homøopatiske behandlinger. Til disse tæller de biodynamiske præparater, og andre nyere produkter som Bioaktiv (informeret bittersalt), Inwa-Quarz, Plocher m.fl.

Det bedste er dog en kombination af disse. Man kan f.eks. fint blande 2-3 kg kalk med i kompost-teen, når man fylder det i sprøjten plus evt. et kg bor. Fermenter kan fint blandes med det biodynamiske humuspræparat og udbringes i forbindelse med eller omkring såning.

Endeligt eksperimenteres der med udtræk eller presset saft af diverse planter med henblik på at udsprøjte og vitalisere afgrøder.

Yderligere information/inspiration:

For yderligere inspiration anbefales at lave en internetsøgning med følgende stikord:

Ingrid Hörner (kompost-te), Elaine Ingham (kompost m.m.),

Youtube:

Brewing Compost Tea – Some Important Tips for Success: <https://www.youtube.com/watch?v=CC4OAJF8xTI>

Fremstilling af plante-smoothie (kan tilsættes kompost-te'en) <https://www.youtube.com/watch?v=pSShndKiA3g>

Erfaringer og resultater med kompost-te

Kompost-te er et flydende ekstrakt med en koncentration af mikroorganismer, der er ca. 500 gange større end i komposten selv. Den kan fremstilles uden store omkostninger i løbet af 24 timer på basis af kompost, melasse, godt vand og evt. nogle andre ingredienser som f.eks. stenmel i meget lille dosering. Ingredienserne tjener mikroorganismernes ernæring med makro- og mikronæringsstoffer. Når kompost-te udsprøjtes på planter fremmer det en sund og levende jord. Landmænd og gartnere, som har arbejdet hermed, beretter, at planternes ikke kun bliver sundere (større indhold af vitaminer, mineraler, m.v.) og mere velsmagende, men at også udbyttet kan

hæves betragteligt. Samtidigt bliver jorden re-koloniseret med mikroorganismer, som er afgørende for humusdannelsen og opbygning af frugtbar jord.

Med næringsstofressourcen (melasse, stenmel, m.m.) i te'en fremmes nyttige mikroorganismer i jord og på overfladen af planten. Ved hjælp af disse næringsstoffer fremmes dermed symbiosen mellem plante og mikrobiologien. En stærk symbiose er til gavn for planten over længere tid, og styrker således afgrødens ernæring og sundhed. Derudover forbedres jordfrugtbarheden som følge af mere liv og stimulering af stofskifteprocesserne i planterne og jordlivet. Man kan observere bedre rodudvikling og bedre vandholdningsevne i jorden.

Landmænd og gartnere beretter om følgende observationer:

- Reduktion af vandingsbehovet med 50 % efter 2 år
- Større vandholdningsevne i jorden
- Forbedret biologisk omsætning og humusdannelse
- Større rodvækst og dermed bedre stresstolerance under tørke
- Mere symbiose og aktiv kommunikation mellem plante og jordliv
- Nedbrydning/opløsning af pakkede jordhorisonter
- Forbedring af jordens aggregattilstand
- Bedre ernæringsfysiologisk kvalitet af de høstede afgrøder
- Naturens kredsløb bliver gen-belivet/stimuleret



Vortex-brewer brugt
i projektet.
*Foto: Anna-Christa
Bjerg, Økologi &
Erhverv*

KAPITEL 6:

Udtræk af huminstoffer fra kompost og biomile

På Økologisk Landsforenings hjemmeside www.okologi.dk kan findes en vejledning i bygning af en såkaldt biomile eller kompost-varme-anlæg – her linket: http://okologi.dk/media/773890/flisvejledning_web.pdf

Der bygges flere og flere af disse biomiler rundt omkring i ind- og udland, og der er også gjort erfaringer med anvendelsen af komposten fra biomilen. Når biomilen begynder at køle ned efter ca. 12 måneder, står man tilbage med en meget sort og værdifuld kompost. Den træflis-holdige kompost indeholder nu store mængder stabile huminstoffer, og har dermed meget god jordforbedrende effekt. Komposten vil også være egnet til brug i pottemuld, idet næringsstofferne heri er stabiliseret og bundet til huminstofferne, og indholdet af frit nitrat-kvælstof er meget lavt, hvilket er fordelagtigt til specielt pottemuld.

Dette høje indhold af huminstoffer kan man udnytte – dvs. man kan udvinde nogle af de vandopløselige huminstoffer – de såkaldte Fulvosyrer. Dette kan man gøre ved at vande biomilen igennem og opsamle perkolatet – den sorte, olie-lignende væske, som løber nedefra. Huminstoffet/biomile-perkolatet har særdeles gode plantevitaliserende egenskaber. Det kan f.eks. udsprøjtes på planter i kraftigt fortyndet opløsning, det kan bruges til at pøde en ny kompost eller biomile med, man kan bejdse sine frø inden såning hermed plus mange andre anvendelser. Huminstofferne har en meget kraftig stimulerende virkning på mikrobiologien, og dermed også på plantevækst og de levende stofskifteprocesser i planter og jord. Dette fænomen kan man f.eks. observere ved måling af Brix-værdien i plantesaften (se herom senere i dette kapitel).

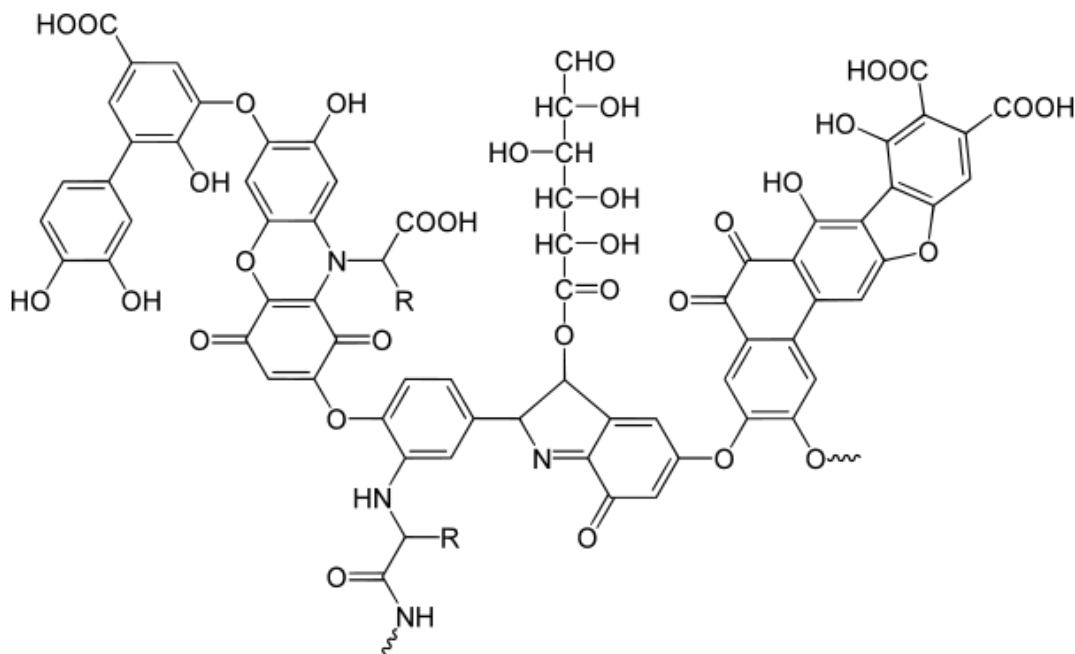
En ganske lille mængde (3-5 liter/ha) Biomile-perkolat har stor virkning på planternes vækst og immunforsvar, dvs. med en palletank eller blot en spand eller tønde fuld perkolat kan man hjælpe sine planter betydeligt.

Biomile-perkolatet kan opbevares i f.eks. palletanke, og kan holde sig meget længe. Man skal dog ikke skrue låg på, og man skal sørge for, at der kan komme ilt til overfladen.

Huminstoffer – hvad er det?

Huminstoffer er højmolekylære stoffer i humusjorden. Deres kemiske egenskaber er ikke entydige, og der er tale om forholdsvis store makromolekylære strukturer. De dannes ud fra nedbrydning, ombygning og opbygning af dødt materiale fra levende organismer.

Selv om den kemiske sammensætning og egenskaberne er svære at analysere, kan der dog genkendes en grundstruktur. Huminstofferne består af kerner, broer og reaktive side-grupper. Kernerne er ofte kulstofringe (benzol, indol, naphthalin, pyridin, chinolin m.fl.). Som broer fungerer typisk ilt, kvælstof, kulstof eller simple kulhydrater. Blandt sidegrupperne er det især carboxy, carbonyl, methoxy og hydroxy-grupper, altså stof-grupper med bestemte kemiske bindingsegenskaber.



Eksempel huminstof-molekyle med ilt-broer
(Kilde: Wikipedia)

Man skelner imellem:

- Huminer: uopløselige stoffer
- Fulvosyrer: kan opløses i syrer og baser
- Huminsyrer: kan opløses i baser og kan binde f.eks. tungmetaller

Med hensyn til huminstoffernes kemiske struktur, kan de kun beskrives empirisk, da de fra sted til sted, fra årstid til årstid og med skiftende ydre betingelser har skiftende egenskaber. På grund af deres højmolekylære og kemiske karakter, er huminstofferne normalt tungt nedbrydelige, men kan dog ødelægges ved u hensigtsmæssige dyrkningsmetoder.

I forsøg har man gentagne gange fundet, at huminstoffer har vitaliserende effekt på plantevækst. Årsagerne hertil forklares med følgende:

- Huminstoffer har en høj kation-bytte-kapacitet, dvs. en stor evne til at binde plantenæringsstoffer og andre positivt ladede ioner.
- Huminstoffer har også kemiske grupper, som kan binde anioner, dvs. negativt ladede stoffer.
- Huminstoffer kan være buffer for både reduktions- (antioxidant) og oxidationsprocesser, og er dermed en habitatstabiliserende faktor for mikrobiologien i jorden (og for planten).
- Huminstoffer har hormonlignende virkning, idet de virker regulerende på levende processer.
- Huminstoffer understøtter også især optagelsen af mikronæringsstoffer som f.eks. jern, kobber, bor, molybdæn m.fl.

- Huminstoffer kan binde og dermed uskadeliggøre tungmetaller og også aluminium, hvorved jorden afgiftes for plantetoxiske stoffer.
- Huminstoffer kan kemisk binde vand i form af hydrogenatomer og frigøre brint (hydrogen) og ilt igen under tørke.
- Huminstoffer danner lettilgængelige næringssalte (formiater).
- Huminstoffer løsner underjorden uden teknik.

De huminstofdannende processer

Huminstofdannelsen er således kernen i jordfrugtbarheden.

Huminstofdannelse finder sted:

- under planter, specielt sukkerige græsser som rajgræsser og andre fodergræsser
- i stofskiftet hos græsædende dyr, særligt hos kvæg
- ved fladekompostering, jf. 'Vejledning jordforbedring med komposteret flis'
- ved anvendelse af præparater som fermenter, kompost-te, biodynamiske præparater m.fl.
- ved kompostering og gyllebehandling/gyllekompostering/gylle fermentering
- ved fremstillingen af plantekul/biochar
- under skov, i Mellemeuropa særligt under bøgeskov.

Vurdering af kompostens plantevitaliserende virkning ved hjælp af Brix-test

Med Brix-testen måles sukkerindholdet i plantesaften. Derudover kan man få indtryk af plantens forsyning med mineraler/kationer. Hertil benytter man et refraktometer, som er et optisk apparat, hvorpå man drypper nogle dråber af plantesaften. Når man ser igennem den, kan man aflæse sukker-procenten på en skala. Dette er en nem og hurtig måde at kontrollere, om en vitaliserende besprøjtning har virkning. Brix-testen er således et mål for, hvor godt og effektivt fotosyntesen forløber i planten.

Refraktometer til
bestemmelse af
Brix-værdi.
Foto: Dietmar Näser



Man kan også således forholdsvis nemt lave mindre forsøg, og se hvilken behandling eller kombination af kompost-te og/eller huminstoffer, kisel-præparat og evt. mineraler, der har bedst virkning, inden man sprøjter hele marken eller flere marker. Man kan udføre testen allerede få timer efter behandlingen. Planterne viser sig at reagere umiddelbart og vedholdende på en vitalisering.

Derudover kan man forfine testen ved ikke kun at måle på saften i de øvre blade, men også på sukkerindholdet i de nedre dele af stilken. Således kan man yderligere få indtryk af, i hvilken grad planten videregiver sukkerstofferne til roden, og dermed hvor godt planten forsyner dens mikrobiologi med rodeksudater. Jo mere vital planten er, jo stærkere immunforsvar har den, jo mere overskud har den til at forsyne mikrobiologien, og jo bedre kan mikrobiologien dermed oparbejde en frugtbar jord. Med et forholdsvis simpelt indgreb som f.eks. en kompost-te behandling får vi således initieret en positiv cyklus, og vi opnår dermed, at vores kulturfgrøde ikke bliver tærende på jordfrugtbarheden, men derimod er med til at danne frugtbarhed i jorden.

KAPITEL 7

Vurdering og måling af jordfrugtbarhed

Jordens frugtbarhed udgøres af en række faktorer af fysisk, kemisk og biologisk natur.

Til de *fysiske* faktorer tæller: jordens bonitet, lerindhold, kationbyttekapacitet, porevolumen, humusindhold m.v.

Kemiske faktorer er f.eks. pH-værdien, næringsstof sammensætningen, redox-potentialet, m.fl.

Til de *biologiske faktorer* tæller: mikrobiel og makrobiel biomasse, rodudvikling, biodiversitet over og under jorden m.v.

Vi ved, at jordtypen har stor indflydelse på jordens udbytteevne, og som nævnt i denne publikation, har graden af liv i jorden også stor betydning for udbyttet, uanset humusindhold og andre fysiske og kemiske faktorer. Humusindhold eller andre faktorer alene er således ikke dækkende til at beskrive eller måle jordens frugtbarhed.

I det følgende beskrives en håndgribelig metode til, hvorledes man som landmand eller gartner kan danne sig et indtryk af jordens frugtbarhed, således at man som landmand bliver i stand til på egen hånd at vurdere sine dyrkningsmæssige tiltag.

Kemisk-fysisk analyse

De fleste landmænd ved, hvilken jordtype de har. Jordens bonitet kan fastlægges ved en tekstur-analyse. Den uorganiske fraktion er dog uforanderlig, og påvirkes således ikke af dyrkningspraksis. Til at vurdere jordens fysiske egenskaber og kemiske sammensætning anbefales at tage en basemætningsanalyse eller såkaldt Albrecht-analyse. Med denne fås en kationbytte kapacitet, humusindhold og forholdet imellem kationerne, dvs. plantenæringsstofferne. Ud fra den kemiske sammensætning kan man drage nogen viden, om den fysiske struktur i jorden også. Med Albrechtanalysen får man således at vide, om man også skal hjælpe jordfrugtbarheden på vej ved at udligne næringsstofmæssige ubalancer i form af f.eks. kalk, svovl, magnesium, bor eller andet. Ikke kun plantevæksten, men også især mikrobiologien i jorden er påvirket af jordens kemiske og fysiske forhold.

Spadediagnose

En praksisnær metode til at vurdere jordens biologiske forhold er spadediagnosen. Metoden er simpel men meget udsagns givende, idet de levende organismers livsyttringer kan aflæses på rodudvikling, krummestruktur, pakkede horisonter m.m. Spadediagnosen er et "must" for enhver jordbruger, der for alvor vil forbedre sin jord.

Det kræver en smule erfaring og rutine at se forskellene. Resultaterne af evt. jordbearbejdning eller såteknik kan umiddelbart aflæses. Således kan også typisk gamle skader, som ligger år tilbage, ses ved spadeprøven eller mærkes med penetrometer.

Relevante links til uddybende læsning:

- http://www.sruc.ac.uk/info/120625/visual_evaluation_of_soil_structure/1550/healthy_soils
- Se også VESS-chart i bilaget
- http://smallfarms.oregonstate.edu/sites/default/files/small-farms-conference/2016Handouts/sfc2016_3soil_quality_card_guideem8710.pdf
- <https://www.teagasc.ie/environment/soil/research/square/visual-soil-examination-and-evaluation/>



Spadediagnose.
Foto: Dietmar Näser

Croma-test

En god laboratoriebaseret metode til at vurdere jordfrugtbarheden og graden af livsprocesser i jorden er croma-testen. Det er en kvalitativ kromatografisk (billed-dannende) bestemmelse af biologiske værdier som f.eks. artsdiversitet, humuskvalitet og stabilitet, andel af organiske og uorganiske bestanddele, enzymaktivitet m.m.

Metoden til at fremstille og tolke Cromatogrammer af jord er oprindeligt opfundet af Ehrenfried Pfeiffer, som levede fra 1899 til 1961. Hele sit liv beskæftigede Pfeiffer sig med jordens frugtbarhed og har skrevet adskillige bøger og skrifter.

Ud fra et jord-cromatogram kan man vurdere parametre som:

- Jordens strukturstilstand
- Graden af indbinding af mineralske bestanddele i jordlivet
- Mangfoldigheden og sammensætningen i det mikrobielle jordliv

- Intensiteten og forholdet mellem opbyggende og nedbrydende stofskifteprocesser i jorden
- Næringsstofforsyningen og næringsstofftab
- Evnen til at binde næringsstoffer eller faren for næringsstofftab
- Tendensen i de trufne udsagn – om der er udsigt til forbedring eller forværring
- Virkningen af sædskifte, jordbearbejdning, fladekompostering, gødningsstrategi

Croma-testen supplerer således resultaterne fra andre prøver som spadediagnosen, penetrationsmodstand, erosionstest og de kemiske analyser som Albrecht analysen.

Croma-test.
Foto: Dietmar Näser



Vurdering af kompost via karsetest

Med en karse-test kan man afprøve, om komposten egner sig som dyrkningsmedie til f.eks. pottemuld. Man afprøver således, om komposten eller den blandede pottemuld er færdigkomposteret, eller om den stadig udskiller gasser eller indeholder hæmmende stoffer, som påvirker spiringen og væksten.

Testen udføres i to syltetøjsglas med låg. Glassene fyldes ca. halvt op med kompost. Der sås karse i begge glas, på det ene glas skrues låg på, det andet forbliver åbent uden låg. Nu står glassene lunt i vindueskarmen, og fremspiringen observeres. For at komposten har pottemuld-kvalitet skal karsen spire lige godt i begge glas. Er spiringen hæmmet i det lukkede glas, tyder det på, at komposteringsprocessen ikke er afsluttet, og der derfor stadig er for mange frie/ikke-indbundne stoffer/gasser, som hæmmer plantevæksten. En sådan kompost skal enten have lov til at kompostere færdigt, eller udbringes oven på jorden i f.eks. en efterafgrøde. Hvis karsen ikke spirer i nogen af glassene, eller væksten er hæmmet i begge glas, er den uegnet som gødning og bør komposteres igen.

Karse-test.
Foto: Martin Beck



Kulstoffets/humus betydning for jordfrugtbarheden

Ud over komposteringsmetoderne og mængden af stabilt kulstof/varig humus man får opbygget, afhænger graden af jordfrugtbarhed af, i hvor høj grad jorden er 'belivet', som indledningsvist nævnt.

En humusrig jord vil have en lang række kvaliteter, som vanskeligt kan skaffes på anden måde. Derfor er det afgørende vigtigt at få bragt humusindholdet så højt op, som det er muligt. I praksis ligger tallet mellem 2 og 6 % i forhold til vægt, men da humus er et stof med lav rumvægt, kan f.eks. 4 % i vægt let svare til 30 % i rumfang. Deraf ser man, at et tab af humus fra 4 % til 2 % over 100 år er ganske alvorligt for jordens frugtbarhed.

Humus kan ikke købes i lastbiltræk eller i bigbags, men det kan "downloades" gratis fra atmosfæren – ja, vi ville over i købet få tak for at tage det – måske endda på sigt betaling for at binde kulstof i jorden ligesom i eksemplet fra Kaindorf i Østrig.

Erfaringer viser desuden, at 1 % humus i jorden årligt leverer ca. 22 kg N/ha. Ved et humusindhold på 5 % vil jorden altså være i stand til at levere 110 kg N/ha uden eksternt tilførsel, hvilket er nok til at kunne høste f.eks. 50 hkg byg/ha.

Med dette kompendium er der således givet yderligere en række værktøjer til opbygningen af humusindholdet og dermed frugtbarheden i vores dyrkningsjord.

Med en omstilling af landbruget til humus-opbyggende metoder er kan der også opnås en række samfundsmæssige benefits:

- Bedre fødevarekvalitet og sundere fødevarer
- Landbruget får en enestående mulighed for at bidrage positivt i varetagelsen af natur og miljø
- Landbruget kan blive uafhængiggjort af udefra kommende ressourcer som kunstgødning, pesticider mv.
- Med højere udbytter men mindre indsats bliver landbruget igen rentabelt
- Biodiversiteten fremmes drastisk. Større biodiversitet i jorden giver også større biodiversitet over jorden som følge af mere rigt mikrobielt liv, insektliv, dyreliv, fugleliv m.m.
- Med holistisk management i husdyrproduktionen bliver kød- og mælkeproduktionen klimapositiv, mælken sundere og husdyrvelfærden helt i top, produktionen per ha større og rentabiliteten igen positiv.
- Den positive effekt på klimaet er sådan set blot en positiv bivirkning af en sådan omstilling. Landbruget kan således helt gratis og i egen interesse løse klimaudfordringen på få år og samtidigt ydre andre økosystemservices som rent drikkevand, en rig natur og et rent miljø m.v.

Vi har i Danmark de nødvendige forudsætninger til at være frontløber på en sådan udvikling. Vi er i besiddelse af en velassorteret værktøjskasse bestående af veldokumenterede metoder og know-how – det gælder blot at tage dem i brug.

LITTERATURLISTE

Swensen, 2009: Berit Swensen: Et levende mangfold – om biodynamisk jord – og hagebruk

Soil Association:

<https://www.soilassociation.org/media/4672/7-ways-to-save-our-soils-2016.pdf>

<https://www.soilassociation.org/media/4672/7-ways-to-save-our-soils-2016.pdf>

Higa 2015: Teruo Higa, Effektive Mikroorganismen – unsere Perspektive

Ingrid Hörner: www.kompost-tee.de

Elaine Ingham:

<http://www.soilfoodweb.com>

Walter Witte:

Die Mikrobielle Carbonisierung, <http://www.mc-bicon.de>

Bokashi:

<https://www.em-chiemgau.de/kuechenbokashi-leicht-gemacht>

Rosenheim projektet:

<https://www.em-chiemgau.de/ueber-em-chiemgau/das-rosenheimer-projekt>

Link til spade-diagnose-evalueringsskema:

http://www.soils-scotland.gov.uk/documents/64130612_soilstructure.pdf