

Analyser af kompost og kompost-råvarer, 2017-2018

Forsøgsarbejde i projektet 'Kompost – en central del af indfasning af alternativer til konventionel husdyrgødning', gennemført af Økologisk Landsforening m.fl.

Indledning

Der er i 2017-2018 gennemført flere forsøg med kompostering af forskellige biomasser med henblik på at opnå gode næringsstofressourcer og jordforbedringsmidler til økologisk jordbrug. Som en del af forsøgsarbejdet er der udført analyser af indholdet af kulstof og diverse makro- og mikronæringsstoffer. Ved projektets afslutning er der flere komposteringsforsøg, hvor komposten endnu ikke er færdig/moden, og derfor foreligger der ikke analyser af den færdige kompost for alle biomasseblandinger. Der vil være mulighed for at lave disse analyser i et opfølgende projekt. Der er analyser af flere af de 'råvareblandinger', der indgår i flere af kompostforsøgene. Selvom næringsstofsammensætningen i nogen grad kan ændre sig under komposteringen, giver sammensætningen i udgangsmaterialet et vist indtryk af den gødningsvirkning, som den færdige kompost forventes at kunne give.

Næringsstofindhold i råvareblandinger og kompost fra forsøg 2017-2018

I april 2017 blev der etableret et komposteringsforsøg med friskhøstet pileflis (84,3 %), som blev tildækket med pilekompost (14,8 %) og iblandet kalk undervejs (0,9 %). Komposteringen blev udført efter princippet 'mikrobiel karbonisering' (læs evt. mere [her](#)). Ved forsøgets start og efter 5½ måned blev der udtaget prøver til analyse af indholdet kulstof samt N, P og K. I tabel 1 er vist analyseresultaterne for den friske råvareblanding og den komposterede blanding. Der var et højt C/N-forhold på omkring 70, hvilket skyldes et relativt lavt N-indhold i pileflisen. Generelt var der kun små ændringer i indholdet af næringsstoffer under komposteringen. Koncentrationen af total-N, P og K var 0,20, 0,06 hhv. 0,11 % på friskvægtbasis. Indholdet af NH₄-N var generelt lavt og i flere prøver under detektionsgrænsen. Ved omregning mellem humus og kulstofindhold antages kulstof at udgøre 58 % af humusindholdet.

Tabel 1. Analyse af frisk pileflis og komposteret pileflis fra 2017. Frisk pileflis blev høstet den 4/4 2017, og prøver blev udtaget samme dag, hvor kompoststakken også blev etableret. Prøver af komposteret pileflis blev udtaget 18/9 2017, dvs. efter ca. 5½ måneders kompostering. Gennemsnit og standardafvigelse er beregnet ud fra to gentagelser.

Måleparameter		Frisk pileflis		Komposteret pileflis	
		Gnsn.	Std.afv.	Gnsn.	Std.afv.
Tørstof	% af friskvare	49,0	0,6	26,2	0,5
C/N-forhold		73,6	1,7	69,3	0,15
Humus	% af friskvare	47,2	0,6	24,0	1,55
	% af tørstof	96,3	0,3	91,3	4,1
C	% af friskvare	27,4	0,2	13,9	0,9
	% af tørstof	55,9	0,2	53,0	2,5
Total-N	% af friskvare	0,38	0,01	0,20	0,01
	% af tørstof	0,76	0,02	0,77	0,04

NH ₄ -N	mg/kg friskvare	13,7*	-*	61,6*	-*
P	% af friskvare	0,08	0,00	0,06	0,03
	% af tørstof	0,16	0,01	0,21	0,10
K	% af friskvare	0,22	0,02	0,11	0,02
	% af tørstof	0,44	0,02	0,43	0,10

*Kun én gentagelse med værdier over grænseværdien.

Ved komposteringen blev der tilført yderligere vand. Tørstofindholdet er nærmest halveret i komposten i forhold til udgangsmaterialet. C/N-forholdet er faldet fra 73 til 69, hvilket skyldes et mindre tab af C under komposteringen. C-indholdet i tørstoffet er faldet med knap 2,9 % fra 55,9 til 53 %. N-indholdet derimod ser ud til at være konstant, dvs. det ser ud til, at der er ikke tabt noget N i løbet af komposteringsprocessen. I stabil humus ligger C/N-forholdet på omkring 10. Manglen på N i denne kompost kan være årsag til C-tabet. Opbygningen af humus er nemlig ligeledes en reduktiv stofskiftevej.

Vigtigt er her at være klar over, at man i frisk organisk materiale ikke kan tale om humus. Dette er jo kun en beregnet størrelse. Dvs. det er org. C ganget med en empirisk faktor på 1,72. I frisk plantemateriale er der således tale om organisk C og via komposteringen tilstræber vi at omdanne så meget organisk C som muligt til mere eller mindre varige huminstoffer. "Humus-analysen" i den modne kompost er dog stadig blot et glødetab, dvs. vi kan heller ikke her sige noget om hvilken form kulstoffet befinder sig på.

I september 2018 blev der etableret to komposteringsforsøg. I den ene stak indgik friskhøstet pileflis med blade, og i den anden stak indgik lagret pileflis og friskhøstet græs (læs mere [her](#)). Der blev udtaget prøver af begge stakke ved forsøgets start, og indholdet af kulstof og en række makro- og mikronæringsstoffer er vist i tabel 2. C/N-forholdet var 60 i frisk pileflis og 42 i lagret pileflis, og forskellen skyldes især et højere N-indhold i blandingen med lagret pileflis og græs. For en del næringsstoffer var der et højere indhold (på tørstofbasis) i blandingen med lagret pileflis og friskhøstet græs, især for Mg og Ca samt mikronæringsstofferne Cu, Fe, Mn og Zn, men for nogle af disse var der ret stor usikkerhed på målingerne (især Mg, Ca og Fe). Det højere indhold kan være pga. den kalk der er tilsat og/eller at koncentrationen kan være højere i græs end i pil.

Man ser også, at der er C/N-forholdet i pileflis med blade (C/N:60) som udgangspunkt er betydeligt lavere end i pileflis uden blade (C/N: 77). Dvs. der er mere N tilstede, hvilket ses af den højere N-koncentration på tørstofbasis.

Tabel 2. Analyse af råvarer ved etablering af kompoststakke september 2018. Frisk pileflis med blade blev høstet 16/9 2018, og prøver blev udtaget 17/9-18. Lagret pileflis blev blandet med frisk græs, der blev høstet 17/9 2018, og prøver blev udtaget samme dag. Gennemsnit og standardafvigelse er beregnet ud fra to gentagelser.

Måleparameter		Frisk pileflis m. blade		Lagret pileflis m. frisk græs	
		Gnsn.	Std.afv.	Gnsn.	Std.afv.
Tørstof	% af friskvare	43,3	0,2	34,3	0,0
C/N-forhold		60,2	3,7	41,9	4,2
Humus*	% af friskvare	36,2	0,2	26,2	0,9
	% af tørstof	83,6	0,0	76,5	2,4
C	% af friskvare	21,0	0,1	15,2	0,5
	% af tørstof	48,5	0,0	44,4	1,4
Total-N	% af friskvare	0,35	0,02	0,37	0,03

	% af tørstof	0,81	0,05	1,07	0,07
NH ₄ -N	mg/kg friskvare	89**	-**	-***	-***
P	% af friskvare	0,07	0,001	0,05	0,001
	% af tørstof	0,16	0,003	0,15	0,003
K	% af friskvare	0,28	0,004	0,22	0,009
	% af tørstof	0,64	0,006	0,63	0,027
Mg	% af friskvare	0,04	0,001	0,17	0,066
	% af tørstof	0,09	0,002	0,50	0,192
Ca	% af friskvare	0,29	0,005	0,51	0,118
	% af tørstof	0,68	0,016	1,49	0,345
S	% af friskvare	0,04	0,001	0,03	0,001
	% af tørstof	0,08	0,002	0,09	0,001
Na	% af friskvare	0,02	0,007	0,02	0,001
	% af tørstof	0,04	0,016	0,04	0,003
B	mg/kg friskvare	4,9	0,10	4,0	0,00
	mg/kg tørstof	11,3	0,28	11,7	0,02
Cu	mg/kg friskvare	1,8	0,05	2,2	0,00
	mg/kg tørstof	4,0	0,13	6,4	0,01
Fe	mg/kg friskvare	55	17	274	59
	mg/kg tørstof	128	40	800	173
Mn	mg/kg friskvare	26,1	1,3	55,8	7,1
	mg/kg tørstof	60,2	3,2	163,0	21,0
Zn	mg/kg friskvare	44,8	0,4	52,1	2,5
	mg/kg tørstof	103,5	0,4	152,0	6,9

* Humus-indholdet er beregnet ud fra analyse af C-indholdet ved at dividere med 0,58.

** Kun én gentagelse med værdier over grænseværdien.

*** Ingen prøver med værdier over grænseværdien.

På basis af analyseresultaterne i tabel 1 og 2 er C/N-forholdet samt forholdstallene mellem de forskellige næringsstoffer sammenstillet i tabel 3. Det fremgår bl.a., at der er et relativt højere K:N-forhold i pileflis med blade end i de øvrige blandinger

Det ses, at pileflisen er en god kilde til svovl og bor. Ved opblanding med græs sker der en fortynding af især S og B. S og B er to vigtige og begrænsende faktorer i humusopbygningen. Dette bekræfter vores formodning om, at pileflis kan yde et vigtigt bidrag eller måske være nøglen til en øget humusdannelse og dermed kulstofbindingen i landbrugssystemer.

Ved at iblande græs og evt. også husdyrgødning kan det formodes, at der kunne opnås yderligere synergieffekter hvad mikronæringsstofferne angår.

Med mere N i materialet, kan det formodes at komposteringsprocessen fungerer bedre. N er dog stadig den begrænsende faktor i komposteringen. Ved at lade komposten ligge længe, vil naturen dog selv finde en løsning herpå, idet mikrobiologien – de fritlevende N-fikserende bakterier - vil trække N fra atmosfæren.

I tabel 4 er angivet de næringsstofmængder, der teoretisk set vil blive tilført i marken ved udbringning af 10 tons kompost pr. ha. Da næringsstofindholdet vil kunne ændre sig under komposteringen, bl.a. pga. et vist tab af N under komposteringsprocessen, er den beregnede

næringsstofmængde nok ikke helt retvisende for de ikke-komposterede biomasser. Desuden vil den tilførte næringsstofmængde pr. ton kompost være lavere sammenlignet med ikke-komposteret biomasse, da kompoststakken ved mikrobiel kompostering opvandes, så næringsstofkoncentration kan blive omtrent halveret (jf. tabel 1).

Tabel 3. Forholdstal mellem C og N og mellem forskellige næringsstoffer i kompostråvarer og kompost baseret på pil og andre biomasser fra forsøg i 2017-2018. Ved beregning af forholdstal mellem de forskellige næringsstoffer er indholdet af N sat til 100. Til sammenligning er angivet litteraturværdier for andre biomasser.

Råvare/kompost	C/N-forhold	Forholdstal mellem næringsstoffer											Reference	
		N	P	K	Mg	Ca	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn		
Frisk pileflis, april 2017	73,6	100	21	58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Forsøg 2017
Komposteret pileflis, sep. 2017	69,3	100	28	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Forsøg 2017
Frisk pileflis m. blade, sep. 2018	60,2	100	20	80	11	84	10	0,1	0,0	1,5	0,7	1,2	Forsøg 2018	
Lagret pileflis m. frisk græs, sep. 2018	41,9	100	14	59	47	0	9	0,1	0,0	7,5	1,5	1,4	Forsøg 2018	
<i>Værdier fra litteraturen</i>														
Have-parkaffald	15,6	100	18	69	20	-	13	-	0,1	7	-	-	1,5	Laursen, 2017
Kløvergræsensilage	14,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Sørensen et al., 2013
Halm	-	100	10	11	12	61	17	0,0	0,0	0,4	0,1	0,1	Oversigt over Landsforsøgene 2009	
Humus	12	100	24	-	-	-	17	-	-	-	-	-	Mark Peoples	

Tabel 4. Tilførsel af C og næringsstoffer ved udbringning af 10 tons pr. ha af forskellige komposttyper. Næringsstofmængderne er beregnet ud fra næringsstofkoncentrationen i kompostråvarer og kompost fra forsøg i 2017-2018 (se tabel 1 og 2). Bemærk at næringsstofindholdet af især N vil kunne ændre sig under komposteringen, hvorfor der ikke vil blive tilført så stor en mængde N som beregnet for de ikke-komposterede biomasser.

Råvare/kompost	Tilførsel af næringsstoffer ved udbringning af 10 tons kompost pr. ha												Reference
	C	N	P	K	Mg	Ca	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
	kg/ha						g/ha						
Frisk pileflis, april 2017	2.760	38	7,9	22	-	-	-	-	-	-	-	-	Forsøg 2017
Komposteret pileflis, sep. 2017	1.385	20	5,7	11	-	-	-	-	-	-	-	-	Forsøg 2017
Frisk pileflis m. blade, sep. 2018	2.107	35	6,9	28	3,8	29	3,7	49	18	552	261	448	Forsøg 2018
Lagret pileflis m. frisk græs, sep. 2018	1.531	37	5,1	22	17,1	51	3,2	40	22	2740	558	521	Forsøg 2018

Hvis vi sætter os en ambition om at opbygge 0,1 % humus per ha per år i de øverste 25 cm af jorden, så svarer det i runde tal omregnet til en næringsstofindbinding/næringsstofbehov på:

- 10 tons CO₂ per ha
- 1 tons rent kulstof C
- 250 kg N
- 35 kg S
- 2,5 kg B
- Plus en lang række mikronæringsstoffer

Dette er ud over det der bortføres med afgrøden. Med tilførsel af 10 tons pilekompost per ha/år kan vi således kun delvist dække dette behov 35 kg N, 3,5 kg S, 0,04 kg B. C og N kan vi få mere ind i systemet af ved at dyrke alsidige efterafgrøder og udlæg. Herfra kommer også den nødvendige energi, rodesudater, hvoraf mikrobiologien kan ernære sig. S og B vil dog fortsat være begrænsende faktorer. Tilførsel af større mængder kompost er ikke løsningen, idet P og K mængderne bliver for høje, hvilket har andre ulemper: For høje fosfor niveauer medfører blokering af plantetilgængeligheden af andre næringsstoffer, især mikronæringsstoffer. Desuden hæmmes rodudviklingen og mykorrhiza-symbiosen, hvormed planternes adgang til næringsstoffer yderligere forringes.

For høje K niveauer er uønskelige idet frit K har saltvirkning, dvs., opløser/ødelægger jordstruktur, opløser glomalinnet og udsætter mikrobiologien for saltstress. Desuden hæmmer høje K-niveauer planternes Ca-tilgængelighed, hvilket fører til svækket immunstyrke i planterne samt dårlig næringsstoffektivitet.

Referencer

Laursen, C. (2017). Have-parkaffald til økologiske marker. Faktaark, SEGES, Oktober 2017.

https://www.landbrugsinfo.dk/Oekologi/Planteavl/Goedskning/Sider/Faktaark_haveparkaffald.pdf

Oversigt over Landsforsøgene (2009). Udbytter og næringsstofindhold i vinterhvedehalm. Oversigt over Landsforsøgene 2009, s. 230. Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Planteproduktion.

https://www.landbrugsinfo.dk/Planteavl/Landsforsoeg-og-resultater/Oversigten-og-tabelbilaget/Sider/pl_Oversigten_2009.pdf?&download=true

Mark Peoples. Storing C in agricultural soils. Does it have a role in C-trading? [Præsentation](#).

Sørensen, P., Kristensen, E., Odokonyero, K. & Petersen, S.O. (2013). Utilization of nitrogen in legume-based mobile green manures stored as compost or silage. NJF Report 9:3, s.157-158.

<http://orgprints.org/23218/>

Dette dokument er udarbejdet med støtte fra Fonden for Økologisk Landbrug, Promilleafgiftsfonden for Landbrug og Erhvervsudviklingsordningen under 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
Landbrugsstyrelsen



Den Europæiske Landbrugsfond
for Udvikling af Landdistrikterne

Promilleafgiftsfonden for landbrug
Fonden for **økologisk landbrug**