



Agro Food Park d. 20.12.2021

Rapport om indsamling og behandling af madaffald fra storkøkkener

Erfaringer fra hospitalskøkkenet på Regionshospitalet Randers

I projektet "Ren Recirkulering – madaffald til økologisk kvalitetsgødning" er der indsamlet oplysninger om indsamlet madaffald fra storkøkkener med henblik på at vurdere dets egnethed som gødning til økologiske marker.

Hospitalskøkkenet på Regionshospitalet Randers har en meget høj økologiprocent – tæt på 100 - i de indkøbte fødevarer og har således det økologiske spsemærke i guld. Ud fra en recirkuleringstankegang vil det være oplagt at tilbageføre næringsstofferne i madaffaldet til det økologiske landbrug.

Håndteringen af madaffaldet fra hospitalskøkkenet sker ved at rester fra tilberedningen i køkkenet, rester fra hospitalskantinens og returnerede rester fra patientafdelingerne løbende samles og pulpes til en homogen pulp. Pulpen opbevares i en lukket tank, hvor der sker en naturlig mælkesyregæring, der sænker pH og derved konserverer pulpen indtil den afhentes. Når pulpen afhentes, køres den til behandling enten på et biogasanlæg eller til et komposteringsanlæg, hvor det blandes med andre organiske materialer og omsættes til gødning.

Der samles årligt 9 tons fra køkkenet, 0,8 tons fra kantinen og 60 tons fra afdelingerne.

Indhold af næringsstoffer og uønskede stoffer

I tabel 1 ses tal fra to analyser af pulpen fra Regionshospitalet Randers fra henholdsvis november 2020 / juli 2021.

Hovednæringsstoffer			Kvæg / svinegylle*)
Tørstof	19,93 / 13,1 %		8 / 6,6 %
pH	4,6 / 4,23		-
Total N	3,72 / 2,87 % af TS	7,4 / 3,7 kg / ton	4,63 / 4,59 kg / ton
Ammonium N	0,40 / - % af TS	0,8 / - kg / ton	2,78 / 3,44 kg / ton
Fosfor	0,37 / 0,44 % af TS	0,7 / 0,6 kg / ton	0,72 / 0,99 kg / ton
Kalium	0,60 / - % af TS	1,2 kg / ton	3,31 / 2,41 kg / ton
Mikronæringsstoffer / Tungmetaller			Grænseværdi **)
Kobber	<3 mg / kg TS	< 570 mg / ton	1.000 mg/kg TS
Zink	30 mg / kg TS	5.700 mg / ton	4.000 mg/kg TS
Chrom	<1 mg / kg TS	<190 mg / ton	100 mg/kg TS



Bly	<2 mg / kg TS	<380 mg / ton	120 mg/kg TS
Cadmium	<0,05 mg / kg TS	<9,5 mg / ton	0,8 mg/kg TS
Kviksølv	<0,01 mg / kg TS	<1,9 mg / ton	0,8 mg/kg TS
Nikkel	<1 mg / kg TS	<190 mg / ton	30 mg/kg TS
Miljøfremmede organiske forbindelser (PAH)			
Hver af 9 stoffer	<0,02 mg / kg TS	<3,8 mg / ton	3 mg/kg TS
Miljøfremmede organiske forbindelser (Nonylphenol og ethoxylater)			
Hver af 3 stoffer	<1 mg / kg TS	<190 mg / ton	10 mg/kg TS
Miljøfremmede organiske forbindelser (DEHP)			
Diethylhexylphthalat	<2 mg / kg TS	<380 mg / ton	50 mg/kg TS
Miljøfremmede organiske forbindelser			
LAS	<50 mg / kg TS	<9.500 mg / ton	1.300 mg/kg TS
Fysiske urenheder			
Partikler >2 mm	0,0042 / 0,058 % af TS	8,0 / 76 g / ton	0,5 % af TS
Plastikfragmenter	0,0032 / <0,001 % af TS	6,1 / 1,3 g / ton	0,15 % af TS
Arealdækning	1,59 cm ² / kg / <0,01 cm ² pr. % TS (<0,13 cm ² / kg)	0,16/ 0,013 m ² / ton	1 cm ² pr. procent tørstof i 1 liter (1 kg) = 19,9 / 13,1 cm ²

*) Normalt for husdyrgødning – 2021, Aarhus Universitet (malkekævg / slagtesvin)

***) Affald til jord bekendtgørelse

De to prøver varierer en del i indhold. Tørstofindholdet er en del mindre i 2021 end i 2020-prøven, men dog begge væsentlig højere end i gylle. Kvælstofindholdet er også markant mindre i 2021 både som andel af tørstof og derfor i særdeleshed pr. ton pulp. I 2020 var der mere total-kvælstof, men mindre ammoniumkvælstof end i husdyrgylle. Fosforindholdet er begge år på niveau med indholdet i gylle, mens kaliumindholdet i 2020 er lavt i forhold til indholdet i gylle. Der blev ikke målt ammonium og kalium i 2021-prøven.

Førsteårvirkningen vil være lavere i pulpgødning end i tilsvarende mængder gylle på grund af den lave andel af ammonium-kvælstof. Til gengæld tilføres meget total-kvælstof, og det bør man tage højde for ved at sikre, at der er voksende planter på marken om efteråret, der kan optage kvælstoffet efterhånden som det bliver frigjort.

Hvis man først omsætter pulpen i et biogasanlæg, vil en stor del af total-kvælstoffet omdannes til ammonium-kvælstof, og typisk vil man afgasse pulpen sammen med husdyrgødning, så den afgassede gødning bliver meget lig den afgassede gødning man ellers kender.

De ca. 70 tons madaffald, der årligt indsamles på Regionshospitalet Randers, indeholder tilsammen ca. 520 kg total-N.

Hvis man sætter gennemsnitstilførslen af kvælstof på de økologiske marker til 60 kg total-N pr. ha pr. år kan man gøde 8,7 ha med madaffaldet fra dette køkken.



Tilsvarende er der i alt 49 kg fosfor i madaffaldet. Hvis man vedligeholder fosforbalancen ved at tilføje 20 kg fosfor pr. ha pr. år, kan madaffaldet fra hospitalet i Randers dække behovet på ca. 2,5 ha.

Indholdet af kalium i pulpen er lav og bidrager derfor ikke særlig meget til at opretholde kaliumbalancen, hvilket man især på sandjorder bør være opmærksom på.

Indholdet af tungmetaller, uønskede organiske forbindelser og fysiske urenheder kan også ses i tabel 1. For 2021 er der kun tal for fysiske urenheder og plastik.

Det ses, at pulpens indhold af uønskede stoffer holder sig på god afstand af grænseværdierne i Affald til jord bekendtgørelsen, og det må derfor betragtes som et sikkert gødningsmiddel. Indholdet af fysiske urenheder er steget fra 2020 til 2021 mens indholdet af plastik er faldet.

Der er blandt landmændene stort fokus på ikke at modtage gødning med indhold af plastik. Det er derfor særdeles positivt, at det er lykket at bringe plastindholdet i pulpen så langt ned fra 2020 til 2021.

Biogasproduktion

Der er gennemført en test med pulpen, for at bestemme hvor meget biogas, der kan produceres på pulpen.

Undersøgelsen er gennemført på Aarhus Universitet, Institut for Bio- og Kemiteknologi.

Der er målt gasudbytte på en madaffaldspulp med 27,9 % tørstof, dvs. en pulp, der er endnu mere tørstofrig end pulpen i ovenstående skema.

Gasproduktionen blev målt til 502 liter metan pr. kg VS (omsætteligt tørstof). Det er et meget højt gasudbytte til sammenligning med gødning og andre biomasser.

Omregnet til gasudbytte pr. ton pulp gav det 130 m³ metan.

Anslået vil pulpen fra ovenstående analyse fra 2020 tilsvarende give ca. 90 m³ metan pr. ton og den fra 2021 ca. 66 m³ metan pr. ton.

Det gode gasudbytte betyder, at biogasanlæg vil være meget interesserede i at modtage madpulp til afgang. Gasudbyttet pr. kg omsætteligt tørstof (VS) ligger på niveau med eller højere end de attraktive industri-affaldsstoffer, som biogasanlæggene gør meget for at få adgang til.

Sammenlignet med gasudbyttet fra gylle, der ligger på 10-15 m³ metan pr. ton er pulpen særdeles attraktiv til biogasproduktion.

Kompostering

Der er også gennemført et enkelt forsøg med at blande køkkenaffald (ikke pulp) og halm og derefter kompostere det.

Forsøget blev gennemført sammen med firmaet Transform af 1994 v/ Jørgen Løgstrup.

Der blev blandet ca. 500 kg køkkenaffald i ca. 500 kg halm, og blandingen blev komposteret i et komposteringsanlæg i ca. 14 dage.



På figur 1 og 2 ses kompostanlægget og komposten, som den så ud efter 14 dages kompostering.

En analyse af komposten viste et indhold på 18,9 % tørstof og et N, P, K – indhold på 6,4 kg N, 0,8 kg P og 2,8 kg K pr. ton.

Til sammenligning har en kvægdybstrøelse med 29 % tørstof et indhold på 8,1 kg N, 1,3 kg P og 8,5 kg K pr. ton (jf. Normtal for husdyrgødning).



Figur 1: Komposteringsanlægget under tømning.



Figur 2: Komposten efter 14 dages omsætning

Analyseresultatet tyder på, at madaffaldets lave K-indhold i forhold til husdyrgødning også viser sig i halm/madaffalds-komposten, der blev ikke udtaget en analyse af det anvendte køkkenaffald, men madaffaldet må antages, ligesom pulpen at have et højt N-indhold . Er det tilfældet ser en del af N-indholdet ud til at være gået tabt under komposteringsprocessen.

Desværre, er der ikke lavet analyse på ammoniumindholdet i komposten, så det er vanskeligt at skønne førsteårsvirkningen. Det meget halmrige udseende komposten har, tyder dog på, at nedbrydningen ikke er nået ret langt, og derfor må det forventes, at ammonium-indholdet er relativt lavt. Der vil også naturligt dampe ammoniak af under komposteringsprocessen.

På billedet af komposten ser det også ud til, at der er flere steder med skimmeldannelse. Det tyder på, at komposten disse steder er relativt tør, hvilket dog ikke fremgår af analysen (18,9 % TS).

Forsøg med og anvendelse af kompost



Komposten blev efterfølgende udbragt i et demonstrationsforsøg i tilknytning til et parcellforsøg, med andre typer kompost. Komposten blev udbragt de 25. maj i havre. Der blev udbragt 22 tons pr. ha svarende til 140 kg N, 18 kg. P og 62 kg K pr ha i to gentagelser. Udbyttet i det behandlede led var 48 hkg kerne, mens der i de ubehandlede led var et udbytte på 49 hkg. Der blev således ikke målt noget merudbytte ved tildeling af komposten. Det understreges, at to gentagelser er utilstrækkeligt til at fastslå om forsøgsresultatet er statistisk sikkert.

Den bedste anvendelse af kompost med disse karakteristika vil formodentlig være at give den forud for afgrøder med et lille N-behov som f.eks. bælgplanter, der ikke har brug for en hurtigtvirkende gødning. Til gengæld får man tilført kulstof til jorden primært fra halmdelen i komposten.

Analysen af komposten viste et kulstofindhold 7,9 % eller 79 kg C pr. ton. Det giver et C/N forhold på 12,4, hvilket svarer til kompost, der har haft en omsætningstid på over 20 uger (Cirkelkompost, Aarstiderne).

Perspektivering

Kvaliteten af madpulp som gødningsstof skal vurderes dels ud fra indholdet af næringsstoffer og samtidig se på indholdet af uønskede stoffer. Analysetallene viser for 2020 prøven et højt kvælstofindhold, men et lavt indhold af ammonium-kvælstof og kalium sammenlignet med indholdet i gylle. Det vil derfor være en fordel at blande pulpen med andre gødningsstoffer før det anvendes som gødning.

Det vil også være den mest relevante fremgangsmåde i praksis, da det er forholdsvis små mængder pulp, der produceres, og de skal håndteres rationelt uden for mange håndteringsomkostninger for at være attraktive i praktisk dyrkning.

Da pulpen er flydende og med et højt tørstofindhold samt et stort gaspotentiale, vil det være oplagt at anvende pulpen til biogasproduktion. Her vil pulpen let kunne blandes sammen med husdyrgødning, planterester med videre, så der kan produceres både gas og en attraktiv gødning til brug på de økologiske landbrug.

I de [branchebefalinger](#), der er vedtaget om brugen af gødning på økologiske bedrifter, vil man prioritere produkter som madpulp frem for husdyrgødning fra ikke-økologiske bedrifter. Det taler også for, at biogasanlæg, der leverer gødning til økologer, vil være interesserede i at modtage pulp af madaffald. For økologerne betyder det også, at de kan benytte de eksisterende leverancer af gødning fra biogasanlæggene og skal ikke til selv at håndtere en separat gødning i form af pulp fra hospitalskøkkener. Pulpen vil også blive hygiejniseret som en del af håndteringen på biogasanlægget.

Det høje gasudbytte i forhold til andre biomasser betyder, at pulpen bør kunne sælges til biogasanlæggene, hvor det ikke er ualmindeligt at betale 3 kr. pr. m³ metan i attraktive biomasser. Det vil betyde en pris på 270 kr. pr. ton pulp i 2020 og 198 kr. pr. ton i 2021 leveret på biogasanlægget. Det vil formodentlig kunne betale for de håndterings- og transportomkostninger, man under alle omstændigheder vil have med at indsamle og bortskaffe madaffaldet.

Modellen med leverance af gødning til økologer gennem biogasanlæg forudsætter dog, at der er biogasanlæg i nærheden, der er godkendt til at levere gødning til økologiske landbrug.



For at biogasanlæg kan levere gødning til økologiske bedrifter, må de kun tilføre biomasser, der fremgår af [Økologivejledningens](#) liste over accepterede gødningsstoffer. En del biogasanlæg tilfører også industriaffald, der ikke må anvendes på økologiske marker. Skal næringen fra pulpen gå til økologiske bedrifter, er det derfor vigtigt, at den ikke leveres til sådanne anlæg.

Blandt de biogasanlæg, der kan levere til økologer, har en del fået en økologiautorisation. Det betyder, at de næringsstoffer i den afgassede gødning, der kommer fra økologiske biomasser, vil kunne anvendes som økologiske næringsstoffer hos økologerne.

Kommer den afgassede gødning fra biogasanlæg uden økologiautorisation vil næringsstofferne have status som ikke-økologiske, men de kan stadig bruges på de økologiske bedrifter, forudsat at biogasanlægget kun modtager øko-godkendte biomasser.

For Regionshospital Randers vil en oplagt mulighed være at få en leveringsaftale med OL biogas, ved Langå. Dette biogasanlæg er netop blevet økologi-autoriseret, og det ligger kun 17 km fra hospitalet.

Som det fremgår af de forsøg, der har været gennemført, vil man også kunne kompostere pulpen i blanding med f.eks. halm. Her vil man også kunne sikre en hygiejnisering, hvis man har komposteringsudstyr, der sikrer, at alle dele af materialet bliver gennemvarmet.

Sammenlignet med anvendelsen til biogas, vil det dog formodentligt være mere besværligt og måske også dyrere, idet der ikke som ved biogasproduktion er indtægter fra energiproduktionen.

Gødningstyperne afgasset gødning og kompost har temmelig forskellige egenskaber som gødning, så hvilken behandlingsmetode, man vil anvende, kan også afhænge af, hvilke gødningstyper, der lokalt er efterspørgsel efter.

Notatet er udarbejdet af
Landskonsulent Erik Fog