

Lantbrukshögskolan
UPPSALA

RAPPORTER FRÅN
AVDELNINGEN FÖR
VÄXTNÄRINGSLÄRA



Nr 67

1973

Staffan Steineck

Biologiska krav för kompostering

Lantbrukshögskolan, 750 07 Uppsala 7

Rapporter från avdelningen för växt-
näringslära.

Nr 67. 1973

Staffan Steineck:

Biologiska krav för kompostering.

Biologiska krav för kompostering.

Litteraturgenomgång av förutsättningar för kompostering.

Av Staffan Steineck, Lantbrukshögskolan, 750 07 Uppsala 7.

Litteraturundersökningen har utförts med medel från Styrelsen för Teknisk Utveckling och ingår i ett komposteringsprojekt inom Samarbetsgruppen för Gödselbehandling.

Målet för litteraturundersökningen har varit att fastställa de oundgängliga biologiska krav förutom vilka ingen komposteringsprocess är effektiv. Mot bakgrund av dessa krav är det sedan möjligt att diskutera vilken teknik som kan användas.

I litteraturen finns ett stort antal försök refererade rörande de biologiska förutsättningarna för kompostering. I bibliografierna "Soils and Fertilizers", "Soil Science, Fertilizers and Agronomy" och "The Agricultural Index" har författaren gått igenom cirka 200 litteraturutdrag. Av dessa har ett hundratal införskaffats i kopior i fullständigt skick. Litteraturundersökningen omfattar tiden från början av århundradet fram till våra dagar. Relevanta litteraturutdrag har utförts på ett fyrtiotal arbeten (se delrapport till STU 1972/73 "Conditions for optimal results in composting agricultural waste" by S. Steineck (eng.) bilaga 4 (svenska).

Här måste också påpekas att många författare behandlat komposteringsförloppet men ej redovisat samtliga biologiska krav för kompostering i sina försök. I den samlade bild av kraven, som nedan återges, finns inte representerade alla författare som diskuterar något av de biologiska kraven i sina arbeten, då övriga krav för kompostering inte uppfyllts i deras försök eller då ett mindre antal författare kan anses tillfyllt ha klarlagt behovet av det ena eller andra kravet.

Hänvisningar i texten () återfinnes nedan under "Litteratur om biologiska krav för kompostering".

Produktion och sammansättning av gödsel

Produktion och sammansättning av gödsel, i detta fall bara träck och urin från mjölkkor, suggor, gödsvin och höns, framgår av tabell 1, sid. 11. Variationen i sammansättning av avfall från mjölkkor och gödsvin under året kan man se av tabell 2, sid 12.

Daglig och årlig produktion måste bestämmas på gårdar med olika utfordringssystem, hanteringssystem av gödseln och separations-teknik av urin. Dessa värden kan inte utan vidare uppskattas. Siffrorna i tabell 1 baseras på litteratur (1,2) och svenska analyser som utförts vid Lantbrukshögskolan under de senaste tio åren och på en smältbarhet av 80 % av torrrsubstanten i fodret (dessa uppgifter härstammar från personlig kontakt med docent S.A. Svensson och docent S. Thomke vid Lantbrukshögskolan).

Sammansättning av tillsatsmedel (1 och förf. analyser)

	Ts %	N kg/ton	P kg/ton	K kg/ton	C kg/ton	C/N förhållande
Halm	85	5	1	8-10	400	80
Sågspån	ca 70					200-400
Bark (handelsvara)	40-60					150
Torv	10-30 50	0.6-1.8	0	0.1		100

Recirkulation av kompost

Den redan komposterade gödseln har en hög torrrsubstanshalt (2) men den har också en låg halt av lättillgängligt kol (3, 4). I den genomgångna litteraturen finns inte något om recirkulation av kompost i avsikt att höja torrrsubstanshalten. Däremot har ett flertal författare redogjort för metoder där gammal kompost påskyndar komposteringsprocessen med hjälp av den mikrobiella aktivitet som finns i den färdiga eller halvfärdiga komposten (6, 7, 8 o. 9).

Krav som bör säkerställas för en optimal komposteringsprocess

Torrsubstanshalt. Torrsubstanshalten varierar med författarnas intentioner med sina försök (4, 5, 10, 11, 12, 13, 14 o. 15) och ts-halten ligger inom 25 % till 90 %. Ts-halten kan enligt dessa författare variera starkt beroende på sammansättning och struktur på det material som skall komposteras samt komposteringsmetoden. För svenska förhållanden (15) har i laboratorieskala utförts försök med varierande ts-halter. Gynnsamt komposteringsresultat erhålles vid halter av mellan 30 % och 40 %. De i dessa försök erhållna maximala temperaturerna kan synas vara låga, men den försöksutrustning som använts ger upphov till kraftiga värmeförluster. Värmeförlusterna finns belysta av Niese (16) som jämfört apparatur liknande den som använts i försöken (15) med temperaturreglerad omgivning. Här nedan återges tre sådana försök med mätning av max.temp.

	1	2	3	Yttertemp.
Temp. reglerad omgivning, °C	73,5	73,6	72,5	± 0,5 - 2,0
Rumstemperatur, °C	47,3	47,9	44,5	+ 25 - 27

Kol-kväveförhållande. Kol-kväveförhållande av 20 - 40/1, då andra förutsättningar är gynnsamma ger en komposteringsprocess (3, 4, 5, 6, 10, 11, 15, 17 o. 18). Den optimala processtiden kommer att vara vid ett kol-kväveförhållande av 35/1. När förhållandet är för högt eller för lågt (4, 6) försenar det processen. När man har ett för högt kolkväveförhållande avgår emellertid CO_2 till dess att kolkväveförhållandet kommer ned till 40 - 50/1. Komposteringen fortgår sedan normalt, dvs. temperaturen stiger medan vatten och koldioxid avgår. När kol-kväveknoten är för låg, 10 - 20/1, avgår istället ammoniak och processen startas vid en kolkväveknot av 20/1 och fortsätter sedan med optimal hastighet.

Kvävets tillgänglighet liksom kolets (4) måste emellertid beaktas då detta optimerar hur långt nedbrytningen kan gå samt hur stora viktsförluster (3, 5, 7, 9, 13, 18, 19, 20, 21, 22, 23 o. 24) man får vid komposteringen.

En uppställning av tillgängligheten av kol kan se ut på följande sätt:

Lättillgängliga	Socket, stärkelse, cellulosa, hemicellulosa, pektiner, proteiner och deras derivat.
-----------------	---

Ej tillgängliga (mer el. mindre)	Lignin, många fetter, harts, vaxer.
----------------------------------	-------------------------------------

Tillgängligheten av kol avtar alltså under processens gång och vid recirkulation av gammal kompost tillför man alltså en lågvärdig kolkälla.

Tillgängligheten av kvävet kan också variera avsevärt i ingångsmaterialet (1) och tillgängligheten avtar under komposteringens gång för att slutligen nå ett min-värde av cirka 20 % (1).

Även andra ämnen som kalium och fosfor måste beaktas för komposteringen (20, 25, 26 o. 27). Vad gäller kompostering av gödsel och urin, se tabell 1, torde inte några kompletteringar av fosfor och kalium behöva ske. Övriga ämnen för nedbrytningen finns i tillfredsställande mängd.

Syrebehov. Kompostering är en aerob process. Behovet av extra syre tillfredsställs enligt många författare (5, 6, 7, 11, 14, 18, 22, 24, 28, 29 o. 30) genom att blåsa in upp till 1 m³ luft per ton och timme genom komposten. Behovet av extra syre beror av porositeten i komposten. En halmkompost (22) innehåller i sig själv syre, både i porerna och inuti halmstrået, medan en hönsgödselkompost (11) utan tillsatser kan vara mycket kompakt, och reagera gynnsamt för lufttillsats. I det senare fallet kan så litet som 300 l luft per ton och timme ge en tillfredsställande komposteringsprocess enligt japanska försök (anonym). Faran av att torka ut delar av komposten genom lufttillsats måste uppmärksammas, men också möjligheterna att genom luftning torka en alltför våt kompost. Lufttillsatsen ger det bästa resultatet i början av processen.

pH. pH blir maximalt 8,5-9,0 (4, 5, 6, 11, 14 o. 31). Det kan vara gynnsamt att öka pH i början av processen genom att tillföra kalciumhydroxid vid låga pH-nivåer, ca 5-6. Det måste emellertid betraktas som en risk att tillföra för mycket kalciumhydroxid, i detta fall mer än 1-2 % vad avser vikt, beroende på den baktericida effekt (32) man får av kalciumhydroxid. Bakteriernas aktivitet kan försenas eller stoppas totalt och därigenom äventyras komposteringsprocessen. pH kommer att balanseras under processen av den ammoniak som frigörs under processens gång då alla övriga faktorer är optimala. Det är bara då man tillför torv (10) som det kan vara motiverat att tillföra kalciumhydroxid för att höja pH. Under pH 6 är processen mycket långsam (6).

Tillsats av bakteriekultur. Tillsats av bakteriekultur till kompost ger i de flesta fall mycket liten effekt (6, 8) i jämförelse med den extra kostnad man får för inköp av bakteriekulturen och den extra kostnad man får genom arbetet med att blanda in bakteriekulturen i komposten. Det har emellertid i vissa fall uppgivits att man får snabbare komposteringsprocess genom att tillföra gammal kompost (6, 7, 8 o. 9). Man får i sammanhanget inte glömma bort att i gödseln och i det material som tillförs komposten finns en stor mängd mikroorganismer (4, 6, 29, 33, 34 o. 35), som är beredda att starta nedbrytningen när övriga miljöfaktorer är optimala. Det har härvid visat sig vara gynnsammare för komposteringsprocessen att optimera de miljöfaktorer som begränsar komposteringsprocessen än att tillföra bakterier som redan finns eller inte borde vara där.

Homogenisering. En väl blandad kompost (4, 6, 8, 9, 28 o. 30) av gödsel och någon tillsats ger homogen fuktighet, en jämn fördelning av syre och stora kontaktytor för mikrobiell aktivitet. Genom att blanda komposten med jämna mellanrum optimerar man dessa gynnsamma omständigheter. Hur ofta man skall blanda komposten är en fråga om huruvida mikroberna blir fysiskt störda av omrörningen eller inte. Det är emellertid troligt att man först kan blanda komposten och sedan genom en väl fördelad luftning (11) ernå delar av den effekt en omkastning (19) av komposten ger.

Isolering. Några praktiska fältförsök har utförts i Sverige av professor Sven Arrhenius (36) vid Kungl. Veterinärhögskolan. Han visar i sina försök att man måste isolera hela komposten. Han använder härvid fem och tio cm tjocka mineralullsmattor för isolering. Därigenom når han temperaturer på 50°C i botten, $65-70^{\circ}\text{C}$ i mitten och 63°C i toppen av komposten. Utan denna isolering så når botten av komposten bara en maximal temperatur av 40°C och den övre delen av komposten följer yttertemperaturen.

Andra försök där man använt isolering finns i litteraturen (11) men de ovannämnda försöken är utförda i svenskt klimat vintertid.

En äggproducent i norra Uppland använder kompostering som en metod att minska sin gödselvolym och kunna sälja den komposterade produkten. Han blandar in 1-5 % bark i hönsgödseln och lägger därefter upp den i strängar som är fyra meter i botten och två meter höga. Han når en maximal temperatur i mitten av komposten på omkring 70°C och han får låga temperaturer både på ytan och i botten av strängen.

Temperatur. Temperaturen måste gå upp till $65-70^{\circ}\text{C}$ för att ge processen maximal hastighet (4, 6, 23, 29, 33, 34, 35, 37, 38 o. 39). De flesta patogena bakterier och parasiter avdödas vid lägre temperaturer, $50-60^{\circ}\text{C}$, men temperaturer på $65-70^{\circ}\text{C}$ avdödar också ogräsfrö. Det har skrivits mycket om de bakterier, svampar och andra livsformer (8, 27, 29, 33, 34, 35 o. 38), som deltar i komposteringsprocessen, men av praktiska skäl räcker det att temperaturen snabbt stiger för att man skall veta att man har en fullgod process. Professor Arrhenius' (36) fältförsök visar att om man har en hög temperatur från början så går processen fortare. Försöken (36) visar också att bakterier är aktiva redan vid så låga temperaturer som 0°C .

Sammanfattning av nödvändiga krav för kompostering

1. Torrsubstanshalt 30-40 % av vikten.
2. C/N-förhållande 35/1, där kolet skall vara lättillgängligt (4) i stor utsträckning.

3. Syrebehov 0,3-1,0 m³ luft per ton kompost och timme.
4. pH 6,0-9,0.
5. Inget behov av tillsats av bakteriekultur.
6. Homogenisering, nödvändig.
7. Isolering, nödvändig.
8. Temperaturen skall vara så hög som möjligt från början (36) och 65-70°C som högst under processen.

Krav på lagringsplats

1. Under den korta, 1-2 veckor, första komposteringsperioden som karakteriseras av hög temperatur, 65-70°C, måste komposten placeras på cementplatta, där möjligheter att uppsamla urin och pressvatten finns.
2. Under efterkomposteringen, 2-6 månader, som karakteriseras av en ny höjning av temperaturen till cirka 40°C och en stor förlust (3, 5, 7, 13, 18, 19, 21, 23, 29 o. 33) av volym och vikt, 40-60 %, skall komposten placeras på en torr plats enligt Naturvårdsverkets anvisningar. I litteraturen (31) rapporteras att mycket litet kväve lakas ut från komposten under denna tid. Detsamma gäller för fosfor och organisk substans. Vad kalium beträffar finns en viss benägenhet för utlakning.
3. Slutprodukten från denna process, kompost, kan utan risker (31) förvaras under längre tid på åkermark.

Litteratur om biologiska krav för kompostering

1. Hammer, O., 1970. Växtodlingslära del I, Marken.
2. Hart, E.B., 1924. Composition and Value of Farm manure, Live Stock Journal, s 383, 1924 U S A.
3. Bucher, R., 1942. Stallmistbereitung und zusätzliche Herstellung von Strohkompost bei verschiedenen starken Stroheinstreu. Bodenkunde und Pflanzenernährung, 31, 1943, 63-84.
4. Neuman, L., 1971. Dynamisk kompostering av stallgödsel. Examensarbete vid AT, Lantbrukshögskolan 1971.
5. Crowther, S.M., 1943. Composts, their preparation and value. The Annals of Applied Biology. Vol. 30, 1943, 393-394.
6. Balmér, P., Enebo, L., 1970. Kompostering - grunder. Teknik och möjligheter i Sverige. Kungl. Tekniska Högskolan. Rapport 1970.
7. Ghildyal, B.N.P., 1953. Biochemical Changes In the Preparation of Composts. Agra University Journal of Research, Vol. II, 1953, 27-39.
8. Repp, G.L., 1953. Die mikrobiologische Untersuchung der Komposte. Landwirtschaftlich-Chemische Bundesanstalt in Linz. Tätig bericht 1949-1952. 1953, 50-58.
9. Krishnamurty, R., 1966. A Critical Study of the Investigations carried out on Composts during the Last Sixty Years with Special Reference to India. The Indian Journal of Agronomy, vol. XI, no 3, 1966.
10. Haken, D., 1965. The Possibility of Composting Peats with Pig Feces. Rostlinna Vyroba, vol. 38, no 6, 1965 Prag.
11. Livshutz, 1964. Aerobic digestion Composting of Poultry Manure, World Poultry Science Journal, vol 20, nr 3, 212-215, 1964.
12. Hussain & Ghafoob, 1962. Effect of moisture on the decomposition and conservation of nitrogen, N, in basic manure under laboratory conditions. Scientist Pakistan, vol 5, 33-41, 1962.
13. Sauerlandt, W. & Trappman, M., 1964. Untersuchungen über Stallmist und Strohkompost. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau. Vol. 98, 1954, 235, 247-251.

14. Jann, G.J., Howard, P.H., Salle, A.J., 1959. Method for the Determination of Completion of Composting. *Applied Microbiology*, vol. 7, 1959, nr 5, 271-275.
15. Steineck, S., Norén, O., Bengtsson, N., 1972. Kompostering av träck och urin (flytande gödsel). Projektnummer 513510. STU. Rapport 1971/72.
16. Niese, G., 1965. Selbsterhitzungsversuche mit Hilfe einer Temperaturdifferenzregelanlage, *Biologie der Sol*, no 3, 1965.
17. Midgley, A.R., 1950. The Use of Sawdust, Shavings and Superphosphate with Dairy Manure. *North-East Wood Util. Council Bulletin*, 32, 1950, 15-23.
18. Maiwald, K., 1941. Stoffumsetzung und Temperaturanstieg im verrottenden Stalldünger. *Der Forschungsdienst. Sonderheft* 17, 1941, 95-102.
19. Wallace, J.C. and Thompson, J.K., 1940. Compost. *Kirton Agric. Journal*, no 5, 1940. England.
20. Mrohs, E., 1956. Über den Einfluss des Thomasphosphates als Zusatz zu Stallmistkomposten. *Die Phosphorsäure*. Band 16, 242-250, 1956.
21. Kolenbrander, G.J., 1955. Die Verluste an organischer Substanz im Stalldüngung. *Zeitschrift für Pflanzenernährung Düngung Bodenkunde*. Vol. 69, 125-134, 1955.
22. Sarhadi, J., Horvath, F., 1955. Engl. Summary. Experiments on Manure Handling in Large-scale Farms. *Agrokemies Talajtan*. Vol. 4, nr 2, 1955, 247-251.
23. Nehring, K., Schiermann, R., 1952. Untersuchungen zum Humusproblem. *Zeitschrift für Pflanzenernährung Düngung Bodenkunde*, Vol 57, 1952. 97-107.
24. Hugher, H., 1949. Sawdust as a compost ingredient. *Quarterly Journal of Forestry*, 43, 1949, 77-78.
25. Kreybig, Lajos, 1951. Fermentation of stable manure with phosphate. *Acta Agronomica*. Vol. 1, 1951. Nr 2, 101-109.
26. Kaila, A., 1950. Use of Superphosphate with Farm Manure. *Valtion Maatalouskoetoiminnan Julkaisuja*, 134, 1950, 33-35.
27. Manninger, E., Zoltai, F., 1958. Examen en laboratoire du fumier de fenne fennenté avec du Kolaphosphate. *Acta Agronomica Academiae Scientiarum Hungaricae*, VIII, 1958, 171-185.

28. Das Maya. 1944/45. The Maya Das method of Composting. The East African Agricultural Journal, Vol 10, 1944-45, 157-158.
29. Forsyth, W.G.C., Webley, D.M., 1947. The Microbiology of Composting. Proceedings of the Society for Applied Bacteriology, 1948, 34-39.
30. Kertscher, F. Über Erdmiste und Kompostmaschine. Forschungsdienst, Sonderheft, 17, 1941, 109-114.
31. Schleiniger, J., 1951. Stallmistlagerungsversuche. Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz, Vol. 65, 1951, 703-711.
32. Jushoh, W., Bear, F.E., 1943. Poultry Manure. Its preservation, deodorization, and disinfection. Poultry Manure. Vol. 707, 1943, 3-11.
33. Hensen, Aino, 1957. Über die Bedeutung der thermophilen Mikroorganismen für die Zersetzung des Stallmistes. Archiv für Mikrobiologie, Band 27, 63-81, 1957.
34. Webley, D.M., 1947. The Microbiology of Composting. Proceedings of the Society for Applied Bacteriology 1947, 83-89.
35. Waksman, S.A. et al, 1938. Influence of temperature upon the microbiological population and decomposition processes in composts of stable manure. Soil Science, Vol. 47, 1939, 83-113.
36. Arrhenius, Sven, 1972. Multrum för kogödsel. Sammanfattning av försök utförda å SVA åren 1971-1972. Ej publicerad rapport.
37. Krantz, H., 1928. Die behelfformatige Edelmist, bevetting gerstaff, München 1928.
38. Ruschmann, C. et al, 1941. Zusetzung und Beurteilung von Humusdüngung und Komposten. Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten. Band 104, 1941-1942. 35-37, 67-69.
39. Jungbähuel, R., 1941. Die günstigste Verrottungstemperatur. Der Forschungsdienst, Sonderheft, 17, 1941, 103-108.

Tabell 1. Produktion av gödsel och dess sammansättning - utan tillsatser

Djurslag	Daglig prod. kg/djur	Ts %	Tc kg/år	Årlig prod. kg/djur	N kg/år	P kg/år	K kg/år
<u>Mjölkkor</u>							
Träck	23-30	16-25	1600-2000*	8500-11000	39	12	24
Urin	9-14	4-7		3500-5000	75	12	80
					36	0	56
<u>Sugor</u>							
Träck	5.5	16-25	300-400*	2000	8.8	3.2	5.8
Urin	6.9	3-5		2500	20	4	24
					11.2	0.8	18.2
<u>Gödsvin</u>							
Träck	2	16-20	120-150*	700	3.5	1.6	2.4
Urin	3	3-5		1100	8	2	10
					4.5	0.4	7.6
<u>Höns</u>							
Träck	0.17	10-20	15	40-70	1.0	0.3	0.3

*Baserat på 80 % smältbarhet av torrsubstansen i födret.

Tabell 2. Sammansättning av flytgödsel från mjölkkor och gödsvin under olika tider på året. (Valdmaa 1964.)

Flytgödsel	Antal analyser	Ts	% av Ts		tot-N	NH ₄ ⁺ -N	P	K	pH
			Aska						
<u>Mjölkkor</u>									
nov-okt variation	58	7.33 1.18-15.10	19.73 10.2-33.40	4.82 2.24-18.70	2.74 0.17-14.50	1.02 0.48-2.44	3.57 0.91-7.28	7.1 6.3-8.1	
nov-april variation	35	7.39 1.18-15.10	20.22 10.2-30.40	4.69 2.24-10.00	2.56 0.17-6.87	0.97 0.48-1.46	3.66 0.91-7.28	7.3 6.9-8.1	
maj-okt variation	23	7.22 3.34-17.80	18.97 13.5-33.40	5.01 2.89-18.70	3.01 1.27-14.50	1.09 0.56-2.44	3.42 2.08-6.33	7.1 6.3-7.9	
<u>Gödsvin</u>									
nov-okt variation	12	7.33 2.01-13.8	22.71 15.5-40.00	7.86 3.47-17.50	5.07 1.80-13.50	2.00 1.08-7.41	3.00 0.87-7.41	7.1 6.7-7.7	
nov-april variation	6	5.94 2.01-11.90	24.95 15.7-40.00	9.32 3.87-17.50	5.99 1.80-13.50	2.05 1.36-3.03	3.74 2.27-7.41	7.1 6.8-7.7	
maj-okt variation	6	8.76 5.18-13.80	20.47 15.5-24.4	6.41 3.47-9.16	4.15 1.98-6.81	1.95 1.08-3.37	2.25 0.87-2.83	7.2 6.7-7.5	

Denna serie av stencilerade rapporter utges från avdelningen för växtnäringslära vid Lantbrukshögskolans institution för markvetenskap. Serien utkommer i fri följd och innehåller material, som inte alls eller först i ett senare sammanhang ges ut i tryck. Som exempel kan nämnas preliminära undersökningsresultat och försökssammansättningar, primärmaterial och tabellbilagor till tryckta publikationer samt rapporter, meddelanden o.d., som av olika skäl vänder sig endast till en begränsad grupp av läsare. Serien finns tillgänglig vid avdelningen och kan i mån av tillgång erhållas därifrån.

Adress: Avdelningen för växtnäringslära, Lantbrukshögskolan, 750 07 Uppsala 7.