

50

J O R D K U L T U R

Planteernæring og gjødsling

Del II

HUSDYRGJØDSEL OG ORGANISKE GJØDSELSLAG

Av

Gotfred Uhlen

ISBN 82-557-0236-9

Landbruksbokhandelen

Ås-NLH 1985

J O R D K U L T U R

Planteernæring og gjødsling

Del II

HUSDYRGJØDSEL OG ORGANISKE GJØDSELSLAG

Av

Gotfred Uhlen

ISBN 82-557-0236-9

Landbruksbokhandelen

Ås-NLH 1985

F O R O R D

Forelesningene er en sterkt omskrevet utgave av forelesninger i gjødsellære, del II, av Asbjørn Sorteberg 1973 og 1965, som igjen var en redigert utgave av M. Ødeliens forelesninger fra 1954.

Innen fagområdet husdyrgjødsel er det svært mye av de eldre erfaringer og forsøksresultater som fortsatt er relevante. Like selvsagt er at nye behandlingsmåter og nyere forsøksresultater medfører behov for ajourføring.

Norges landbrukshøgskole 1. april 1981

Gotfred Uhlen

Korrigert 15.oktober 1988

Innhold Del II

	side
I. Husdyrgjødsel.....	1
1. Gjødselmengden.....	3
2. Innhold av plantenæringsstoffer i fersk husdyrgjødsel.....	6
3. Virkning av fôring	10
4. Husdyrgjødsel fra forskjellige dyreslag.....	12
5. Folkegjødsel.....	15
6. Strø.....	16
7. Omsetninger og tap under oppbevaring.....	17
8. Forskjellige oppsamlings- og oppbevaringsmåter.....	31
a) Land i kum.....	33
b) Fast gjødsel med mer eller mindre urin....	37
c) Bløtgjødsellagring, gylle.....	40
d) Konservering av husdyrgjødsel.....	45
9. Utkjøring og spredning.....	46
10. a) Husdyrgjødsling til forskjellig årstid.....	51
b) Forsøk med nitrogenstabilisator.....	
11. Forurensning fra husdyrgjødsel.....	59
a) Vinterspredning.....	59
b) Normer for areal krav.....	66
12. Virkningen av husdyrgjødsel.....	67
a) Nitrogenerffekten.....	67
b) Utnyttelse i langvarige forsøk.....	69
c) Nyere forsøk, store gjødselmengder, gylle m.m.....	74
d) Andre stoffer i husdyrgjødsel.....	80
e) Virkning på moldinnhold.....	83
f) Virkning til forskjellige vekster.....	86
g) Virkning på forskjellige jordarter.....	87
II Andre organiske gjødselslag og jordforbedringsmidler.....	88
1. Silopressaft.....	89
2. Tang og tare.....	96
3. Grønn gjødsel.....	97
4. Kompost.....	97
5. Kloakkslam.....	98
6. Halmnedpløyning.....	109
7. Torv og bark.....	115

Gjødsel blir av NJF's nomenklaturkomite (1956) foreslått definert som: "Fellesbetegnelse på organiske og uorganiske substanser som inneholder plantenæringsstoffer, og som tilføres jorda for å bedre plantenes næringsforsyning". Det synes grunn til å utvide definisjonen til å gjelde også stoffer som tilføres ved sprøyting (=bladgjødsling), når hensikten er å bedre plantenes næringsforsyning. Videre brukes i dag ikke bare jord som voksemedium. Det dyrkes idag planter i reine næringsløsninger, glassull m.m.

Hovedgrupper

A. Naturgjødsling - organiske gjødselslag.

B. Kunstgjødsling (handelsgjødsling) - uorganiske gjødselslag.

Skillet mellom organisk og uorganisk gjødsling faller ikke helt sammen med naturgjødsling henholdsvis kunstgjødsling. Uorganiske gjødselslag som f.eks. råfosfat, og uforedledede råsalter av kalium, magnesium er naturforekomster. På den annen side kan det lages organiske stoffer industrielt. Skillet mellom organiske og uorganiske, såvel som mellom naturlige og kunstige stoffer, er flytende.

Handelsgjødsling er forsøkt brukt som betegnelse for gjødselslag som omsettes ved handel. I lov om handel med gjødsling og jordforbedringsmidler m.v. av 4. des. 1970 defineres gjødsling som "teknisk fremstilt eller teknisk behandlede varer med gagnlig virkning på planteveksten, dersom denne virkning helt eller vesentlig skyldes varens innhold av plantenæringsstoffer". Ut fra dette bør betegnelsen kunstgjødsling foretrekkes. I forskriftene til samme lov defineres organisk gjødsling som gjødsling

med minst 40% glødetap. Det nevnes spesielt at urea ikke regnes som organisk gjødsel i lovens forstand.

Jordforbedringsmidler er etter NJF (1956) stoffer som tilføres først og fremst for å forbedre jorda som vokseplass i fysisk, kjemisk eller biologisk forstand. Organiske gjødselslag som husdyrgjødsel, slam, kompost har både gjødseleffekt og jordforbedringseffekt.

Kalk er jordforbedringsmiddel og bør ikke kalles gjødsel.

I. Husdyrgjødsel

De faste ekskremitter består av de ufordøyde fôrrester, levende og døde mikroorganismer, rester av fordøyelsesvæskene og stoffer som er blitt til ved gjæring i fordøyelseskanalen. Førets mest resistente bestanddeler utgjør som regel storparten av den faste gjødsel, men også mikroorganismene utgjør en betydelig del. Löhnis (Handbuch der landwirtschaftlichen Bakteriologi, Berlin 1910) oppgir at 10-20% av tørrstoffet i faste ekskrementer fra drøvtygger består av levende eller døde mikroorganismer. Han anslår 1 g faste storfeekskremitter til å inneholde 60-130 milliarder bakterier, men bare en liten del av denne uhyre mengde er levende. Peterson m.fl. (kap. 18: Fertilizer Technology and Use. Mad.Wisc. 1971) oppgir at 40% av feces består av mikrobe-celler. Dette tallet virker urimelig høyt. N-innholdet i mikrobenene er ca. 10% på tørrstoffbasis, mens det i feces fra storfe er et par prosent. Mye av N i den faste gjødsel må også komme fra ufordøyd protein i foret.

Urinen skriver seg fra den fordøyde del av føret. Den inneholder stoffer som er resorbert av organismen og skilt ut igjen gjennom nyrene. De organiske stoffer i urinen spaltes og omsettes lettere enn de stoffer som finnes i de faste ekskrementer. Land brukes særlig om urin lagret i kum, og da noe oppblandet med spillvann.

1. Gjødselmengden

Mengde av gjødsel pr dyr varierer med dyreslag, størrelse og med føring.

Husdyrgjødselmengde kan være:

A. Fersk gjødsel = Mengde avføring av feces + urin.

B. Mengde oppsamlet på gjødselplass B = A + fôrrester, strø, vanntilsetning ÷ eventuelle tap.

C. Mengde gjødsel for utkjøring . C = B

÷ tap ved omsetning (Tørrstoff og N) og eventuelt avrenning fra utett lagerplass.

Mengde B legges til grunn for dimensjonering av gjødsellagre, når en tar hensyn til inneføringstid. Behov for lagringsplass avhenger av spredemuligheter til andre tider på året enn om våren. For planleggingsformål er det derfor praktisk å operere med gjødselmengden pr dyr pr måned. Etter Tjernshaugen IBT nr 155 1978:

	Gjødselmengde i m ³ pr dyr pr måned		
	Urin	Fastgjødsel	Blanding
Voksne kyr	0,6	0,9	1,5
Ungdyr 6-12 mnd	0,2	0,3	0,5
" over 12 mnd	0,35	0,5	0,85
Purker	0,24	0,16	0,4
Slaktegris	0,12	0,08	0,20
Voksne sauer og geiter	0,04	0,11	0,15 1)
Verpehøner, pr 10 stk			0,05 1)

1) Inkludert strø

En legger merke til at forholdet mellom urin og fast gjødsel er anslått til 1:2 for storfe, mens urinmengden fra gris er større enn mengden av fast gjødsel.

Romvekta av gjødsla kan variere mye med tørrstoffinnholdet og etter hvor sterkt sammenpakket den er. For noe gjæret storfegjødsel som er jamt fuktig og godt sammenpakket, kan en regne med fra 700 til over 900 kg pr m³. Gjødsel som er tørrere, ligger løsere eller er sterkt halmblandet, er mye lettere. For bløtgjødsel, der gjerne over 90 pst. er vann, må vekta pr m³ ligge i nærheten av et tonn.

Husdyrgjødsla har forandret karakter i de seinere tiår. Den er blitt bløtere på grunn av sterkere foring, samtidig som det brukes mer vann og mindre strø. Fra et gjødslingssynspunkt er det ikke mengde i tonn eller m³ som er avgjørende, men mengden av organisk tørrstoff og nyttbare næringsstoffer i gjødsla.

Av det totale tørrstoffinnhold er tilnærmet tre fjerdedeler organiske og en fjerdedel uorganiske stoffer. Dette forholdet varierer også med dyreslag og foring.

a. Gjødselmengdene kan bestemmes ved veiing av gjødsel og urin fra enkelt dyr eller dyregrupper for et bestemt tidsrom. På grunnlag av inneforingstid kan en komme fram til disponibel gjødselmengde. En bør imidlertid også ta hensyn til mengde av førrester som kommer i gjødsla, og til strø og vanntilsetning.

b. For å få en grov orientering om husdyrgjødselmengder kan en gå ut fra en antatt mengde pr dyr, alt etter dyreslag, dyrestørrelse, foringsstyrke, vann og strøforbruk.

c. Beregning av gjødselmengde ut fra et stoffbalanseprinsipp

er forsøkt.

For organisk tørrstoff skulle en ut fra fordøyelighet og total tilførsel i fôret kunne beregne mengden i gjødsel. Slike beregninger kan utføres for de enkelte næringsstoffer, f.eks. for nitrogen:

$$N \text{ fôr} \div (N \text{ i husdyrprodukter} + N \text{ gasstap}) =$$

$N \text{ i fôrrester} + N \text{ i gjødsel} + \text{urin}$. $N \text{ i fôrrester}$ (fôrsvinn) vil ende opp i gjødsellagret. For fosfor og kalium behøver en ikke å regne med gasstap i fjøset eller under lagring.

Tap av organisk stoff og næringsstoffer under lagring blir behandlet seinere. Først skal vi ta for oss mengde og innhold, når det gjelder helt fersk gjødsel.

Årsproduksjon av husdyrgjødsel i Norge (e. Tveitnes NLVF 1985 m.fl.)

	Antatt årsprod. pr dyr	Inne pr dyr	Mengde i 1000 tonn i innefôringsperioden				
			Råvekt	Tørrstoff	N	P	K
Melkeku	18	13,5	5260	473	25,3	4,2	18,9
Annet storfe	8	5,3	3226	291	15,5	2,6	11,6
Hest	8	5,3	81	23	0,5	0,1	0,4
Avlsgris	4,5	4,5	473	43	2,7	0,9	1,2
Slaktegris	2*	2	1129	79	6,6	2,1	2,9
Sau og geit	1.0	0.6	665	193	4,8	0,8	0,5
Verpehøns	35 kg	35 kg	204	71	2,9	1,1	1,7
Kyllinger	2	2					
Rev	pr	76	68	9	1,9	0,4	0,3
Mink	skinn	46					
Sum (inne)		ca.	11000	1180	60	12	42

* Pr slaktesvinplass (=2-3 kull pr år)

Innefôringsperiode: 9 mnd for melkeku, 8 for annet storfe og hest og 7 mnd for sau og geit.

En beregning etter Ekern (ref. i Norsk jordbruk og vannressursene Del I 1974) som bygger balanseregnskap over tilført i før og bortført i produkter, viser en årsproduksjon, beite inkludert, på 1431, 68,3 og 12,4 tusen tonn av henholdsvis organisk stoff, N og P i all husdyrgjødsel i Norge i 1972.

2. Innhold av plantenæringsstoffer, mengde og sammensetning av fersk husdyrgjødsel

Innholdet av plantenæringsstoffer i gjødsel av ulike dyrearter blir angitt nokså forskjellig i håndbøker og lærebøker. Dette skyldes de store variasjoner i sammensetningen av gjødsla fra en fersk eller lagret og omsatt gjødsel.

Her skal refereres to eldre norske undersøkelser med melkekyr.

a. Fra 2 buskaper i Ås ble det tatt prøver av urin og fast avføring direkte fra dyrene i flere perioder med ulik foring (Haugland, T.B. Tidsskr. f.d. norske landbruk 1942).

Gjødselmengdene pr dyr og dag ble bestemt til 8,7kg urin og 23,5kg fast gjødsel i buskap I og til 11,7 kg urin og 21,2 kg fast i buskap II.

	Innhold i prosent			
	Tørrstoff	Tot-N	P	K
<u>Buskap I</u>				
Urin, direkte fra dyret	5,9	0,85	-	1,18
Fast gjødsel - " -	14,6	0,25	0,08	0,10
<u>Buskap II</u>				
Urin, direkte fra dyret	4,8	0,76		1,04
Fast gjødsel - " -	15,2	0,34	0,10	0,16

b. I en undersøkelse på Apelsvoll, Toten, ble gjødsel og urinmengder målt og analysert i årene 1934 - 41 i forbindelse med lagringsforsøk (delt og felles lagring) med storfegjødsel. Resultatene er ikke publisert.

Apelsvoll (middel for 5 år):

	Innhold i prosent			
	Tørrstoff	Tot-N	P	K
Urin fra skantil	3,0	0,61	-	0,91
Fast gjødsel + strø	15,6	0,39	0,10	0,24

Gjødselmengde pr dyr og dag: Urin 13,2 kg, fast gjødsel 24,5 kg derav strø (torvstrø eller halm) 0,5 kg.

I forsøkene på Apelsvoll ble urin, såvel som fast gjødsel, samlet opp daglig i skantilet. En viss innblanding av urin i den faste gjødsel kan ha påvirket N- og K-innholdet.

Vi merker oss at urinen inneholder ca. halvparten av det totale N-innhold i storfegjødsel (og samtidig den lettest tilgjengelige del av nitrogenet). Urinen inneholder videre storparten av kalium i avføringene, mens i hvert fall storfeurin er praktisk talt fri for fosfor. Største delen av nitrogenet i frisk urin er i form av urinstoff. I planteeternes urin finnes også hippursyre, kreatin, kreatinin, allantoin og andre organiske nitrogenforbindelser i følge Altman & Dittmer (Fed.Amer.Soc. Exp. Biol. Maryland 1968). Nitrogenet i de faste ekskrementer opptrer i mange forskjellige proteinstoffer som ikke er fordøyd. Ved tynnsjikt-kromatografi påviste Fordham & Schwertmann (J. Environ. Qual. 6 1977) aminosyrene tyrosin og sannsynligvis histidin og glutaminsyre i gulle av storfe i Vesttyskland.

For vurdering av gjødselvirkningen bestemmes i husdyrgjødsel mengden av ammoniumnitrogen, i tillegg til totalnitrogen. Det er først etter mineralisering til $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ at nitrogenet nyttes av plantene. I jord omsettes ammonium videre til nitrat, men nitrifisering synes å foregå i begrenset omfang i husdyrgjødsellagre (da dette forutsetter bl.a. god lufttilgang). I urinkum omsettes urinstoff raskt til ammoniumkarbonat (hydrolyse). Mengdeforholdet $\text{NH}_3:\text{NH}_4^+$ er avhengig av pH (se seinere).

Hovedregelen er at urinfattig gjødsel dvs. bare faste ekskrementer, har et svært lite innhold av amm.-N, mens andelen av slikt lett nyttbart N økes med urinblanding i gjødsla.

Fosfor finnes som nevnt alt vesentlig i de faste ekskrementer og ikke i urin. Bare en mindre del (20-25%) av fosforeter i organiske forbindelser, mens storparten er uorganiske fosforforbindelser. Uorganiske fosfater kan være kalsium, magnesium, ammonium-magnesium-fosfat m.fl. (FORDHAM & SCHWEITMANN J. Environ. Qual. 6, 1977). Organiske fosforforbindelser kan være fosfatider, fytin- og nukleinsyre. Forholdet mellom organiske og uorganiske fosforforbindelser varierer med dyreslag, fôring og lagring av gjødsla.

Fosforet i husdyrgjødsel, også deler av det organiske, er noe løselig i vann. Utvaskningsforsøk med husdyrgjødsel viste at 30-50% av fosforet kan bli vasket ut av gjødselprøver plassert ute (UHLEN Meld. NLH 1978).

Kalium i husdyrgjødsel er lett bevegelig, som K^+ ion, og kan vaskes ut nesten fullstendig med vann. Det samme gjelder stoffer som natrium (Na^+) og klor (Cl^-).

Husdyrgjødsel inneholder ellers mer eller mindre av alle de stoffer som er å finne i plantene. Et større antall analyser som Institutt for jordkultur har fått utført i årenes løp, viser 0,05-0,14% Mg i noe omsatt gjødsel med varierende urininhold og noe vekslende vanninnhold. Svovelinholdet i slik gjødsel har svinget fra 0,05 til 0,10% og klorinnholdet mellom 0,07 og 0,35%. Foring med mye silofôr konservert med AIV-syre, kan øke klorinnholdet i gjødsla sterkt (AIV-syre brukes nå ikke lenger hos oss ved fôrkonservering).

Kalsiuminnholdet i husdyrgjødsel med 15-20% tørrstoff, kan dreie seg om 0,25%. I noen få analyser ved NLH fra seinere år varierte innholdet fra 0,15 - 0,6% Ca. I 4 prøver av husdyrgjødsel brukt i lysimeterforsøk på Ås i 1938-1941 var Ca-innholdet 0,15 - 0,29% og tørrstoffinnholdet 16-18%. I gylle fra Vest-Norge 0,06% Ca.

Det høye Ca-innholdet på over 4% i hønsegjødsel (ref. i tabell side 13) skyldes at verpehøns forsynes ekstra godt med Ca, i bl.a. skjellsand.

Innholdet av mineralstoffer i gjødsla er sannsynligvis meget sterkt bestemt av føring, f.eks. bruk av mineraltilskudd. Når det gjelder fordeling på urin og faste ekskrementer, må en også regne med visse variasjoner avhengig av om tilgangen er rikelig eller knapp. Magnesium, og sannsynligvis også kalsium, finnes i størst mengde i den faste avføring. I noen danske analyser var Mg-innholdet i urin bare 0,003% (Steenbjerg 1965). Oppgavene over Ca i urin og fast varierer nokså mye. Når det gjelder stoffer som S og Cl, må en regne med at mye kommer i urinen. Svovel vil forøvrig finnes i forskjellige kjemiske forbindelser også i den faste gjødsla.

Mikronæringsstoffer. I noen norske undersøkelser er funnet fra 3 til 5 g B pr tonn faste ekskrementer og fra 3 til 10 g B pr tonn urin. Som middel kan en regne med 5-6 g B pr tonn urinrik gjødsla. I Danmark har Steenbjerg undersøkt innholdet av B, Mn og Cu og kommet til disse middeltall:

	<u>B</u>	<u>Mn</u>	<u>Cu</u>
I land, gram pr tonn	4,3	0,8	0,3
I urinfattig, fast gjødsla, gram pr tonn	4,0	48	4,6

Ved disse tall er å merke at de ikke gjelder rene faste ekskrementer og urin, men land fra kum og fast gjødsel med noe urin. En må regne med at manganet er tungt tilgjengelig, mens innholdet av B og Cu har stor direkte betydning for plantene (blir behandlet seinere).

Innhold av jern og sink i husdyrgjødsel tillegges vanlig noe mindre vekt. På grunn av stort innhold av sink og kopper i mineralnæringen brukt til svin, kan slik husdyrgjødsel ha stort innhold av disse stoffer. (FAO. Rep. 1978. Consultation on the european coop. network on animal waste utilization).

Molybdeninnholdet i husdyrgjødsel kan også variere sterkt. I 44 prøver fra Canada fant en fra 0,8 til 4, og i et tilfelle 15 gram Mo, beregnet pr tonn tørrstoff (Atkinson m.fl. Canad. J. of Agr. Sci. 34 1954). I de samme prøver varierte f.eks. Zn-innholdet fra 43 til 247 g pr tonn tørrstoff. Scharrer og Prün (Landwirtsch. Forsch. 8 1956) oppgir for husdyrgjødsel med 20% tørrstoff følgende innhold i gram pr tonn: B 3,5 Cu 2 Mn 43,8 Zn 16,4 Mo 0,13 Co 0,21.

3. Virkning av fôring på mengde og kvalitet av husdyrgjødsel

Det er neppe tvil om at ny og sterkere fôring har medført at husdyrgjødsel fra de fleste dyreslag har endret karakter. Mye vannrikt fôr, relativt mindre stråfôr og kanskje særlig større kraftforandel av den totale forrasjon, har medført at de faste ekskrementer er blitt bløtere og tørrstoff-fattigere enn i tidligere tider. Samtidig vil stort innhold av vann i foret medføre mer urin.

I mangel av nyere publiserte undersøkelser, skal refereres noen

eldre danske tall som fortsatt gir et bra bilde av virkningene. Tallene er fra F.Steenbjerg Plantenes ernæring DSR forlag 1965.

Ved kombinerte fôrings- og gjødslingsforsøk på Aarslev i Danmark i 1911-26 hadde en to grupper melkekyr som ellers ble føret ens, men med den forskjell at den ene fikk 2 f.e. kraftfôr pr dyr og dag mer enn den annen. I middel for hele forsøksperioden var innholdet av N, P og K i gjødsla som følgende tall viser:

	Faste ekskrementer			Land		
	N	P	K	N	P	K
	%	%	%	%	%	%
Gruppe på sterk fôring	0,47	0,13	0,32	0,71	0,004	1,12
" " svakere "	0,41	0,11	0,30	0,48	0,004	1,14

Forskjellen er som en ser størst for nitrogen i urinen. I dette tilfelle kom bortimot 75% av det ekstra nitrogentilskott til den ene gruppen igjen i gjødsla. Overføring med fordøyelig protein, medfører stor utskillelse av N i urin.

I et forsøk med grisepurker på Ladelund i Danmark ble en gruppe føret bare med fôrbeter med bladene på, og en annen med korn og litt melk. Etter en uke var innholdet i gjødsla:

	Faste ekskrementer			Urin		
	N	P	K	N	P	K
	%	%	%	%	%	%
Gruppe med fôrbeter	0,62	0,37	0,37	0,11	0,018	0,22
" " korn m.m.	0,87	0,70	0,58	1,81	0,163	0,95

Etter så ensidig fôring er naturligvis forskjellen særlig stor. En merker seg det unormalt store forsforinnhold ved kornfôring, og at griseurin i motsetning til storfeurin kan inneholde noe fosfor.

Noen tall for gjødselmengder tas med fra noen eldre meget vel gjennomførte forsøk med melkekyr på Bergentvedt i Danmark i 1905-06.

	Faste ekskrementer	Urin
Vanlig vinterfôring	27,8 kg	10,6 kg
Fôring med grønn kløver (om sommeren)	18,6 "	22,6 "

I forsøk på Askov i Danmark undersøkte en i 1942-44 virkningen av ulik fôrsammensetning på gjødselmengde og -sammensetning ved å endre fôrsammensetningen fra periode til periode. Resultatene fra noen ledd tas med (i mengdene inngår 1 kg halmstrø):

Daglig fôrmengde	Fast gjødsel				Urin		
	kg	N %	P %	K %	kg	N %	K %
16 kg lusernehøy	35,8	0,35	0,05	0,26	9,2	0,64	1,37
66 kg ferskt kløver-gras + 0,7 kg halm	30,3	0,41	0,06	0,27	18,2	0,73	1,15
50 kg kålrot + 4 kg kr.fôr + 2,5 kg høy + 3 kg halm	28,2	0,47	0,17	0,32	10,6	0,80	1,34
70 kg kålrot + 2 kg kr.fôr + 2,5 kg høy + 3,2 kg halm	30,5	0,44	0,19	0,23	21,7	0,44	0,81

Høyfôring har gitt mest fast gjødsel. Ferskt gras og den store kålrotmengde har økt urinmengden sterkt, men det prosentiske innhold av N og K har samtidig avtatt sterkt ved økning i kålrotmengden.

4. Husdyrgjødsel fra forskjellige husdyr.

De tall som skal refereres for innhold av husdyrgjødsel fra forskjellige husdyr gjelder stort sett prøver tatt ut etter kortere eller lenger lagring. Innholdet forandres under lagring, og gjødsela i gjødsellagret vil være noe påvirket av fôrrester, strø m.m.

Innhold i husdyrgjødsel (iflg. norske analyser)

	Antall prøver	% tørrstoff	Innhold i prosent						
			Tot-N	NH ₄ -N	Tot-P	K	Mg	S	Cl
Storgjødsel (kjeller) med noe urin	115	20	0,46	0,13	0,12	0,43	0,08	0,08	0,18
Land		± 2.7 ca 5	± 0.09	0.08	± 0.03	0.13	± 0.02	± 0.03	± 0.06
Bløtgjødsel storfe	70	9.0	0.50	0.29	0.08	0.38	0.05	0.05	Ca = Kalsium
Gylle "	54	4.0	0.24	0.16	0.04	0.23	0.02		0.06
Bløtgjødsel gris	9	8.5	0.56	0.37	0.17	0.27	0.06	0.06	
Hønsegjødsel, rel. tørr	12	33.2	1.48	0.55	0.64	0.81	0.36	0.15	4.07
Broilergj. med flis	6	50.8	1.78	0.44	0.72	0.95	0.30	0.25	1.22
Saugjødsel	11	23.6	0.81	0.20	0.17	0.87	0.13		0.3
Pelsdyrgjødsel	20	24.2	1.4	0.65	1.0	0.26	0.15		1.9

Prøvene av storfegjødsel med noe urin og av bløtgjødsel fra gris er fra Østlandsområdet. Prøvene av bløtgjødsel, storfe er fra Østlandet og Vestlandet, mens gylle bare er fra Vestlandet.

Den tyske betegnelsen Gülle brukes også hos oss om bløtgjødsel tilsatt vann f.eks. 1:1. Forøvrig har en på tysk "Vollgülle" (uten vanntilsetning), "Halbgülle" osv. Gylle blir spredd i spesielle rørspredeanlegg, noe som krever sterk uttynning av gjødsla (tørrstoffinnhold ikke over 4-5 %). På engelsk brukes uttrykket "slurry" om flytende husdyrgjødsel.

Saugjødsel

inneholder ifølge analyser fra Vestlandet (Håland 1986) omtrent dobbelt så mye tørrstoff N og P og K som storfegjødsel. Dersom sauen går på talle blir gjødsla svært tørrstoffrik og med mye strø.

Hestegjødsel har også i fersk tilstand noe større tørrstoffinnhold enn kugjødsel. Næringsinnholdet pr tonn gjødsel er derfor noe større i hestegjødsel, mens innholdet pr tonn tørrstoff ofte er mindre enn i god storfegjødsel.

Hestegjødsel omsettes raskt, gjærer lett, noe som nok fører til store tap av N ved lagring, men også til gode fysiske egenskaper av slik gjødsel.

Av tabellen kan vi se at grisegjødsla har et høyere innhold av N og P pr kg tørrstoff enn storfegjødsel, mens K-innholdet er noe mindre. Det er særlig med gras og grønne fôrvekster det tilføres mye K, mens korn og kraftfor på den annen side er mye rikere på fosfor. Kraftforblandinger f.eks. A og C er tilsett ekstra fosfor. Avlsgris (grisepurker) føres noe mer med grovfôr (rotvekster og silofôr) og gjødsla fra disse kan derfor bli mer lik storfegjødsel i kjemisk innhold.

Fjørfe gjødsel er særlig næringsrik. Dette gjelder ikke minst broilergjødsel, men slik gjødsel kan også være mest strørik, ved såkalt dypstrømetode. Ved vurdering av fjørfe gjødsel og særlig broilergjødsel, må en ta hensyn til forholdet mellom strø og gjødsel. Analysetallene for hønsegjødsel i tabellen gjelder med få unntak for steder der det ikke er brukt strø (e. Tveitnes Jord og Myr s. 1979).

Rev og mink. På grunn av den spesielle føring (mye fisk- og slakteavfall m.m.) har gjødsla fra disse dyra et spesielt høyt nitrogeninnhold. Etter oppgaver fra H. Rimslåtten Inst. for fjørfe og pelsdyr NLH, ble gjødselmengden pr produsert skinn av rev 33 kg faste ekskrementer og 43 kg urin, og pr minkskinn 20 kg

fast og 20 kg urin. I denne gjødsla med 16-17% tørrstoff, fra rev og mink, var N-innholdet hele 2,9%, P-innholdet ca. 0,6 og K-innholdet 0,4 - 0,5%. I lagret gjødsl var N-mengden redusert til det halve, p.g.a. ammoniakktap (se tabell s. 13 e.Tveitnes).

Næringsstoffmengden pr dyr årlig

For vurdering av betydningen av husdyrgjødsel i gjødslingssammenheng, såvel som den potensielle forurensningskilde som slik gjødsl innebærer, kan det ha noe for seg å se på de totale næringsstoffmengder i årsgjødsel fra forskjellige dyreslag. Tallene må betraktes som grove anslag.

	Kg pr dyr og år:			
	Organisk tørrstoff	Tot.-N	P	K
Pr mjølkeku	1000-1500	85 (82)	15 (12.6)	60
årsslaktegris	100-150	10 (12)	3,5 (2.5)	4
verpehøne	10-15	0,5 (0.7)	0,25 (0.185)	0,3

Tall i parentes er fra nye beregninger (N og P) etter stoffbalanseprinsippet ved Institutt for husdyrfag i 1988.

5. Folkegjødsl.

I følge eldre oppgaver kan en som et middel for voksne mennesker regne med 60 kg faste ekskrementer og 450-500 l urin pr person og år. Innholdet ble oppgitt til 23% tørrstoff, 1,3% N, 0,5% P, 0,33% K i det faste, og 5,5% tørrstoff, 0,8% N, 0,07% P og 0,18% i urinen. Pr person blir dette 4,6 kg N og 0,63 kg P årlig.

Til sammenligning kan nevnes at det her i landet regnes med et utslipp i kloakk på 4,4 kg N og 0,9 kg P pr dag og innbygger. (Undersøkelsen av Norsk Institutt for Vannforskning fra indre Oslofjord). I utslipp i kloakk kommer blant annet også fosfor fra vaskemidler m.m.

6. Strø

Dersom den faste og flytende gjødsel lagres sammen i kjeller eller på gjødselplass under forhold hvor en har aerob gjæring, må en bruke store mengder strø, dels for å hindre at urinen kan renne vekk, dels for å få en hensiktsmessig omsetning av gjødsla ved gjæring under lagringsperioden. Strø brukes også i båsen for å suge opp fuktighet slik at dyra lettere holder seg tørre.

Torvstrø kan holde fast større væskemengder enn noe annet strøslag. Oppsugingsevnen er størst for den reineste og minst omsatte kvitmosetorv. Det er også noe forskjell mellom de ulike Sphagnum-arter. Oppgavene over den væskemengde torvstrøet kan holde fast, er nokså forskjellige. Ved lagring i gjødselhaug kan en ikke regne at torvstrø holder på mer urin enn 5-7 ganger sin egen vekt.

Torvstrøet har sterkt sur reaksjon (oftest pH 3,5-4) og evne til å binde ammonium-N. Tuorila (Finland) fant størst evne til binding av amm.-N hos torv av Sphagnum fuscum. 1 kg tørrstoff av slik torv bandt 20 g NH_4 -N. Torvstrø inneholder lite plantenæring (0,5 - 1% N i tørrstoffet og som regel noen få hundredels prosent P og K). Nitrogenet er også lite effektivt. C/N-forholdet er ca. 50-60:1.

Torvstrøblandet gjødsel faller godt sammen og gjærer jevnt og relativt langsomt. I båsen er derimot torvstrøet ikke velsett av hensyn til melken.

Halmstrø kan vel i praksis neppe holde fast stort mer væske enn det dobbelte av halmens egen vekt. Hakk har litt større oppsugingsevne enn hel halm. Halmstrø inneholder i middel omkring 0,5% N, 0,1% P og ca. 1,5% K.

C/N-forholdet varierer betydelig, men dreier seg vanlig om 60-80 : 1.

Bruker en mye halm, blir gjødselhaugen løs hvis den ikke pakkes godt sammen. Derfor, og fordi halmen inneholder mye lett omsettelig organisk stoff, blir gjæringen sterk, og nitrogentapet dermed lett stort. Det store karbohydratinhold i halmen fører også til et stort nitrogenkonsum ved mikroorganismer.

Sagflis angis å kunne holde fast litt mer urin enn halmhakk, forutsatt at den er tørr. Brukt i stor mengde gjør den gjødselhaugen løs. Større sagflismengder i gjødsel og i jorda er ikke bra, men i mindre mengde gjør den neppe noen skade.

C/N-forholdet er svært vidt, ca. 500 : 1 i sagflis av nåletrær.

7. Omsetninger og tap av stoff under oppbevaringen av gjødsel

Oppsamlingsmåte, strømengde og gjødsels konsistens innvirker sterkt på lufttilgangen i gjødsel under lagring og følgelig på omsetningen av det organiske materiale.

Såvel ved anaerobe som ved aerobe forhold er gjødsel gjenstand for mikrobiologiske omsetninger av mange slag, omsetninger som vi sammenfatter under fellesbetegnelsen gjæring. Ved gjæringen endres gjødsels kjemiske sammensetning og andre egenskaper på forskjellig vis.

Et stort antall forskjellige bakterie- og sopparter er representert ved aerob omsetning. Denne rike mikroflora angriper både fast gjødsel, urin og strø.

Omsetningen av N-frie organiske stoffer. Til denne store stoffgruppe hører sukker, stivelse, cellulose, salter av organiske syrer, pektinstoffer, hemicellulose og lignin. Arten og mengden av slike stoffer har stor betydning for gjæringsprosessene.

N-frie stoffer omsettes både av aerobe og anaerobe mikroorganismer. Noen stoffgrupper spaltes raskt, andre svært langsomt. Løhnis fant t.eks. at sukkermengden i løpet av en viss tid avtok med 20-30%, mengden av pektinstoffer med 15-20 og cellulosemengden med bare 7-10%. Lignin er mest resistent. Det spaltes svært langsomt, men går delvis over i andre resistente forbindelser. Nedbrytingen av de N-frie stoffer resulterer til slutt i de uorganiske sluttprodukter CO_2 og H_2O ved aerob omsetning og CO_2 , H_2 og CH_4 ved anaerob spalting. Som mellomprodukter opptrer en lang rekke organiske stoffer, bl.a. visse organiske syrer, alkoholer og fenol.

De N-frie organiske stoffer er energikilde for mikroorganismene. Ved omsetningen frigjøres varme. Ligger gjødsel i større hauger, akkumuleres varmen, og temperaturen kan stige sterkt. Jo mer gjødsel inneholder av lett omsettelige karbohydrater, og jo bedre luftvekslingen er, desto sterkere blir varmeutviklingen. Lufttemperaturen har også betydning for temperaturstigningen i gjødsel. I gjødselhauger som ligger løst og er rike på lett omsettelige stoffer, kan temperaturen lett stige til 30-40, ja helt opp i 60-70°C. Halm er rik på relativt lett omsettelige nitrogenfrie stoffer (særlig cellulose og hemicellulose) og gjør dessuten gjødselhaugen løs. Sterkt halmblandet gjødsel er derfor utsatt for sterk gjæring

og temperaturstigning. Gjødsel av hest og sau gjærer sterkere enn storfegjødsel.

Fig. 1 gir et eksempel på de endringer i husdyrgjødsels kjemiske sammensetning som følger med gjæringen. Det er resultatet av en undersøkelse utført av amerikanerne Waksman og Diehm med strøblandet hestegjødsel. Tallene viser innholdet av forskjellige stoffgrupper uttrykt i prosent av tørrstoffet.

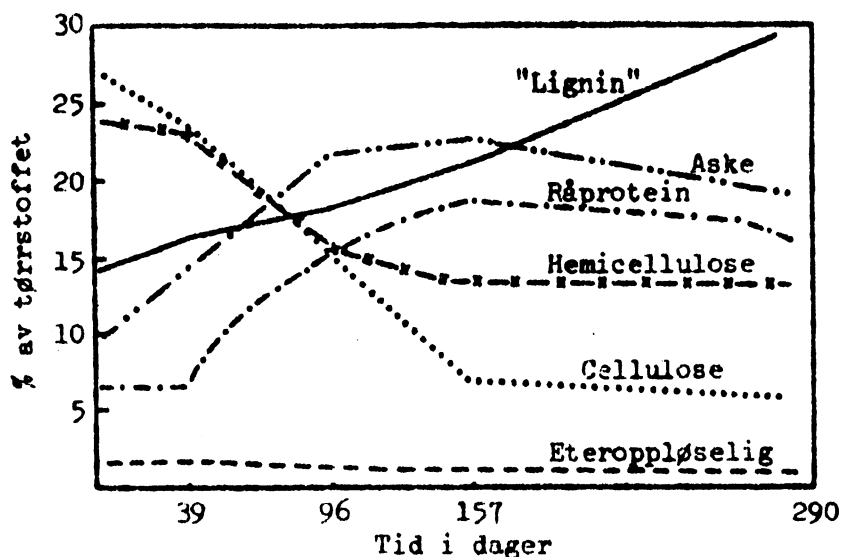


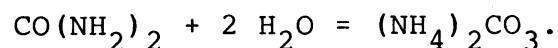
Fig. 1. Gjæringsforløp for strøblandet hestegjødsel

Innholdet av cellulose og hemicellulose minker sterkt, mens mengden av lignin (og beslektede stoffer), mineralstoffer og N-forbindelser tiltar prosentvis, på grunn av tørrstofftapet.

Når gjødsla gjærer, skjer det et større eller mindre stofftap. Tørrstofftapet er lite ved svak og kortvarig gjæring. Når gjæringen er sterk eller varer lenge, kan det gå opp i 30-40% eller enda mer. Vannmengden kan naturligvis minke eller bli større alt etter som oppbevaringsmåten er.

Nitrogenforbindelsenes omsetning skjer også med svært forskjellig hastighet..

Urinstoff omsettes til ammoniumkarbonat:



Omsetningen settes i verk av en rekke forskjellige bakterier ved hjelp av enzymet urease. Enzymet utskilles av bakteriene, og prosessen kan altså fortsette selv om bakteriene dør. Urinstoffgjæringen tar til straks etter urinen er uttømt. Den går raskt, foregår både i urin og urinblandet gjødsel og både under aerobe og anaerobe forhold.

I bløtgjødsel hindres lufttilgang og en får en mer eller mindre anaerob omsetning. Ved såkalt våtkompostering blåses inn luft og det skjer en raskere omsetning av organiske stoffer. Ved denne prosessen stiger temperatur og pH, mens tørrstoffinnholdet og viskositeten av gjødsla reduseres.

Ved nedbrytingen av de andre organiske nitrogenforbindelser i urinen blir det også avspaltet ammoniumforbindelser som nitrogenholdige sluttprodukter.

Det aller meste av urinens nitrogenforbindelser går over i uorganisk form på kort tid. Ved en undersøkelse av Wagner utgjorde mengden av $\text{NH}_3\text{-N}$ og $\text{NH}_4\text{-N}$ i prosent av total-N i urin:

	<u>Ublandet</u>	<u>Urin blandet med fast gjødsel</u>
Opprinnelig	2,5%	2,5%
Etter 1 døgn	5 "	42 "
" 2 "	59 "	84 "
" 3 "	82 "	90 "
" 4 "	90 "	90 "

Nitrogenet i de faste ekskrementer av hest, storfe, småfe og gris er vesentlig til stede i kompliserte organiske forbindelser, dels i fôrrester og dels i mikroorganismer. De omsettes derfor nokså seint. I helt urinfri fast gjødsel finner en forholdsvis lite ammoniakk- og ammoniumnitrogen etter flere måneders lagring. Ved Institutt for jordkultur har vi i flere år oppbevart urinfrie storfeekskrementer ved en temperatur på 10-14°C fra oktober-november til april-mai og som regel funnet 15-20% av nitrogenet i uorganisk form (som NH_3 -, NH_4 - og nitrat-N) om våren. Barthel og Bengtsson (Sverige) har ved omsetningsforsøk med husdyrgjødsel i jord og sand funnet at bare en mindre brøkdel av det organiske nitrogen er blitt omsatt til nitrat etter flere års forløp.

Den langsomme mineralisering av nitrogenforbindelsene i den faste gjødsel skyldes først og fremst deres resistente natur. Dertil kommer at C/N-forholdet kan være så vidt at det betinger nitrogen-assimilasjon ved mikroorganismer den første tid.

Ved nedbrytingen av proteinstoffene dannes også H_2S , indol, skatol og en rekke andre stoffer, som bidrar til å gi gjødsla dens karakteristiske lukt. Men det som framfor alt interesserer, er ammoniakk-nitrogenet og dets skjebne.

Omsetningen av organiske nitrogenforbindelser til ammoniakk og ammoniakkforbindelser er fra gjødslingssynspunkt nyttige prosesser, som fører nitrogenet over i direkte nyttbar form. Men samtidig blir det fare for N-tap som NH_3 .

En har regnet med at nitrifikasjonen spiller liten rolle i gjærende gjødsel. Nitratnitrogenet utgjør vanlig bare noen få hundredels prosent eller mindre. Det er imidlertid mulig at nitrat som dannes, kan tapes raskt i gassform ved denitrifikasjon.

I gjødsel foregår ikke bare en nedbrytning av kompliserte til enklere organiske nitrogenforbindelser og til slutt en overgang til uorganisk form, men også prosesser som går i motsatt retning. Mikroorganismene konsumerer ammoniumnitrogen, nitrat og aminosyrer og gjør nitrogenet til bestanddel av proteinstoffer i sin egen kropp.

Betingelsen for at nitrogenassimilasjonen ved mikroorganismer skal bli av stort omfang, er først og fremst at det finnes større mengder både av lett omsettelige N-frie stoffer og slike nitrogenforbindelser som nevnt. Dette er framfor alt tilfelle i urinrik gjødsel med større halmmengder. Her gir særlig halmens store innhold av relativt lett omsettelige karbohydrater betingelser for en rik mikroflora, som legger beslag på en stor del av det tilgjengelige nitrogen. Torvstrø inneholder lite av lett omsettelige N-frie stoffer, og skulle derfor medføre mindre nitrogenkonsum enn halm. I land spiller nitrogenassimilering underordnet rolle, fordi det er lite av N-frie organiske stoffer. Mikroorganismenes nitrogenassimilasjon blir ellers størst ved god lufttilgang og høy temperatur.

Husdyrgjødsel med vidt C/N-forhold og stort innhold av relativt lett omsettelige N-frie stoffer kan ha sterkt nedsatt nitrogenvirkning den første tiden. Gjødsler en med slik gjødsel om våren, vil omsetningene foregå i jorda i veksttiden, og mikroorganismene kommer til å konkurrere med kulturvekstene om nitrogenet i gjødsla. I verste fall kan de også konsumere nitrogen som er tilført i annen gjødsel eller skriver seg fra jorda selv; slik at kulturvekstens nitrogenforsyning blir dårligere med enn uten husdyrgjødsel. Når mikroorganismene dør, blir det assimilerte nitrogen litt om senn tilgjengelig igjen. Men en kan ikke stole på at alt kommer til nytte seinere. En må regne med at en del av nitrogenet i mikroor-

ganismene går inn i resistente humusstoffer og altså i lengre tid får liten eller ingen betydning for plantenes næringsforsyning. Utvaskingstapet kan vel også til dels bli litt større, fordi mindre nitrogenmengder kan gå over i oppløselig form til årstider da det ikke er kulturplanter til å ta opp det frigjorte nitrogen.

For å få relativt rask nitrogenvirkning av husdyrgjødsel må mengden av lett omsettelige N-frie organiske stoffer og C/N-forholdet være brakt ned på et visst nivå under gjæringen. Etter en rekke undersøkelser i flere land kan en gå ut fra at nitrogenkonsumet opphører og ammoniakkavspaltningen begynner når C/N-forholdet er kommet ned på noe over 20, og N-prosentsen i tørrstoffet er steget til minst 1,8-2,0. Grensene vil sikkert variere noe, bl.a. etter strøslaget som blir brukt.

En møter i blant den oppfatningen at husdyrgjødsel først må omsettes, gjæres, for at næringsstoffene skal kunne nyttes av plantene. Dette har nok sin bakgrunn i erfaringer med relativ N-fattig og C-rik gjødsel som igjen kunne være et resultat av svak foring kombinert med mye strø. Husdyrgjødsel ved nåtidens foring, f.eks. bløtgjødsel fra storfe, har et C/N forhold på knapt 10. En kan derfor regne med at slik gjødsel, selv om den er lite omsatt, gir en rask ammoniakkavspaltning etter at den er tilført jorda.

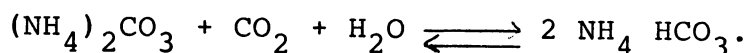
Overskudd av karbon i forhold til nitrogen kan fjernes også ved anaerob omsetning. Det er hevdet at metanproduksjon av husdyrgjødsel kan gi et restprodukt med økt gjødseleffekt sammenlignet med utgangsmaterialet. Dette er sannsynligvis rett dersom husdyrgjødsel har stort innhold av karbon i forhold til nitrogen. På den annen side kan en reduksjon av C-innholdet i en relativt N-rik

gjødning medføre at en får et produkt som er særlig utsatt for tap av ammoniakk i gassform. Spesielt gjelder dette dersom slik gjødning lagres ved lufttilgang og omsettes ytterligere før den blir brukt som gjødning.

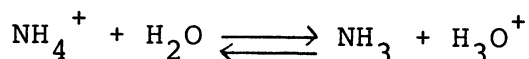
Dersom mye av urinen renner vekk, eller hvis gjødninghaugen blir gjennomvasket av vann uten at fraset blir samlet opp, kan store mengder nitrogen og kalium gå tapt. Ved en eventuell bortrenning fra gjødsellagre, vil det også tapes fosfor og andre næringsstoffer. Nitrogen kan også tapes i store mengder som gass. Det som interesserer mest, er ammoniaktapet.

Vi skal ta for oss de viktigste kjemiske og fysiske faktorer som regulerer ammoniaktapet. Vi tenker da først og fremst på land, men skal samtidig være oppmerksom på at forholdene er prinsipielt de samme for fast gjødning. I det ene tilfelle er det en væske, i det annet kan vi si det er en væske som er oppsugget i et porøst, fast stoff.

Ammoniumkarbonat går for en stor del over til hydrogenkarbonat:

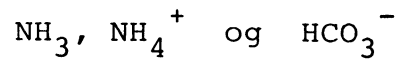


Nitrogenet opptrer dels som ammoniumjoner og dels som ammoniakk:



Av den siste ligning ser vi at NH_3 -fraksjonen må tilta og NH_4^+ -fraksjonen avta med stigende pH. Både urin og urinblandet fast gjødning har alkalisk reaksjon, ofte pH 8-9, og inneholder relativt mye ammoniakk.

I det følgende kommer vi særlig til å behandle disse forbindelser i gjødsla:



Ammoniakken har et større eller mindre gasstrykk og altså en tilsvarende tilbøyelighet til å unnvike.

Hvor raskt ammoniakktafet går, m.a.o. hvor stort det blir i løpet av en bestemt tid, beror særlig på:

1. Ammoniakkgassens trykk i væsken.
2. Ammoniakkgassens partialtrykk i lufta over væsken.
3. Størrelsen av berøringsflaten (grenseflaten) mellom væske og lufta.

Ammoniakktrykket i væsken beror igjen på flere faktorer:

- a. Konsentrasjonen av $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$
- b. Væskens reaksjon.
- c. Temperaturen.

Trykket av NH_3 i land er proporsjonalt med konsentrasjonen (NH_3 -mengden pr volumenhet). Forutsatt at forholdene ellers (også mengdeforholdet mellom NH_3 og NH_4^+ og mellom disse to og organisk bundet N) er konstant, tiltar og avtar trykket proporsjonalt med N-innholdet. Trykket er altså om lag dobbelt så stort i land med 0,6% som i land med 0,3% N. Ved fortytning med 50% vann avtar trykket med 1/3 og ved blanding med den nidobbelte vannmengde går det helt ned til ca. 1/10.

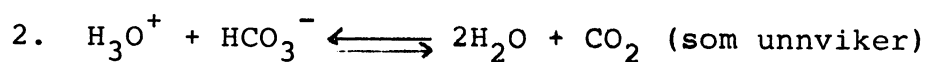
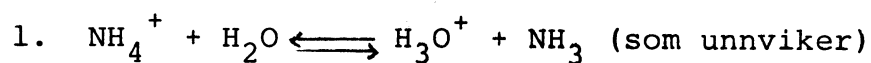
Vi kan minske ammoniakktafet etter spredning av land ved å blande med vann. Men som vi ser, trengs det nokså store vannmengder for å gjøre ammoniakktrykket virkelig lite. Det er ellers å merke at fortytningen kan minske N-taPET noe mer enn reduksjonen av ammoni-

akktrykket, fordi den større væskemengde trenger bedre ned i jorda. Blant andre praktiske konsekvenser av det som er sagt ovenfor, kan vi nevne at godt land er mer utsatt for stort ammoniakk-tap på kort tid enn dårligere land, og fast gjødsel med stort innhold av NH_4^+ og NH_3 mer enn gjødsel med lite innhold av amm.-N.

Væskens reaksjon bestemmer mengdeforholdet mellom NH_3 og NH_4^+ (se ligningen s.26). Ved høg pH går den reversible prosess til høyre, ved lågere pH langt til venstre.

Ved pH ca. 9,3 er det like mye N som NH_3 og som NH_4^+ . I pH-intervallet 9,5-5 varierer NH_3 -konsentrasjonen tilnærmet proporsjonalt med konsentrasjonen av H_3O^+ . Senker en t.eks. pH fra 9 til 8, avtar NH_3 -konsentrasjonen til 1/10. Senker en pH videre til 7, går konsentrasjonen ned til 1/100, og ved pH 6 til 1/1000 av hva den var ved pH 9. Vi ser at reaksjonen har overmåte stor betydning for ammoniakktrykket, og at dette må bli praktisk talt 0 når en kommer ned til nøytralpunktet eller lågere.

Tap av ammoniakk som følge av avspalting av H^+ fra NH_4^+ skulle for så vidt føre til senking av pH og endring av likevektsforholdet mellom NH_4^+ og NH_3 . Ammoniakk-tapet får her likevel liten betydning da H^+ (el. H_3O^+) vil bli oppfanget av HCO_3^- som finnes i oppløsningen:



Det er vesentlig her at både kation (NH_4^+) og anion (HCO_3^-) går over i gassform. Nitrogentapet fortsetter, da ammoniakktrykket i væsken vil minke bare langsomt, etterhvert som konsentrasjonen avtar.

Reaksjonens store betydning for ammoniakktapet har praktisk betydning på flere måter. Tapet kan minskes eller forebygges helt med syrer, t.eks. med svovelsyre. Omvendt vil alt som bringer pH til å stige, påskynde tapet (berøring med kalk og andre stoffer med sterkere alkalitet enn gjødsla).

Temperaturens virkning på NH_3 -trykket kan illustreres ved noen tall etter Tovborg-Jensen (Tidskr. f. Pl.avl. 1929) fra forsøk med oppløsninger av ammoniumkarbonat. NH_3 -innholdet i luft i likevekt med væsken ble bestemt ved forskjellig temperatur for en oppløsning med 0,49% N.

Temperatur, °C	0	10	20	30
N i oppløsningen, %	0,49	0,49	0,49	0,49
NH_3 -N i lufta, mg/l	0,20	0,39	0,75	1,40
Forh. $\frac{\text{NH}_3\text{-N pr 1 luft}}{\text{N pr 1 væske}}$	$\frac{1}{24\ 500}$	$\frac{1}{12\ 560}$	$\frac{1}{6\ 530}$	$\frac{1}{3\ 500}$

I dette tilfelle er NH_3 -trykket praktisk talt blitt fordoblet (95-87%) ved temperaturstigning på 10°C. Ammoniakktrykket i en gjødselhaug vil etter dette være mange ganger større ved 30° enn ved 0°. I forsøket her med ammoniumkarbonat er trykket økt 6,5 - 7 ganger. Tapet går under ellers like forhold derfor mye raskere ved høg temperatur. Også dette er vist av Tovborg-Jensen i laboratorieforsøk. Undersøkelsene viste at det ble et mindre ammoniakktap også ved temperaturer under nullpunktet. Ute på

jordet blir tapet vesentlig større desto høyere temperaturen er under og like etter spredningen av land og ammoniakkrik gjødsel, forutsatt at det ikke straks blir gjort noe for å bringe gjødsla ned i jorda (ved nedmolding).

Med tiltakende partialtrykk av ammoniakk-gassen i lufta over væsken bremses ammoniakktapet (under ellers like forhold) tilsvarende for til slutt å opphøre helt når trykket er like stort som i væsken. I en praktisk talt tett landkum blir snart ammoniakktrykket i lufta noenlunde i likevekt med trykket i væsken. I en utett kum er det siste i overvekt, tapet fortsetter og kan bli svært stort. Også i en mindre tett sammenpakket gjødselhaug skjer det en større eller mindre luftveksling, som påskynder ammoniakktapet.

Forutsatt like forhold ellers vil ammoniakktapet pr tidsenhet tilta omtrent proporsjonalt med størrelsen av væskeoverflaten, eller m.a.o. berøringsflaten mellom lufta og væsken. Eks.: 20 hl land med 1 m^2 overflate spres ut på 1 dekar. Overflaten blir nominelt 1000 ganger større. I virkeligheten tiltar den enda mer, fordi væsken fester seg til planterester o.l. Samtidig faller partialtrykket av NH_3 og CO_2 i lufta til et minimum. Vannet kan også fordunste med større eller mindre hastighet. Derved sinkes nedgangen i væskkonsentrasjonen, og NH_3 -tapet påskyndes. Alt dette forklarer det raske ammoniakktap som setter inn etter spredningen.

De synsmåter som vi her har gjort gjeldende for land, har også gyldighet for urinblandet gjødsel. Det er almenngyldige lover for ammoniakktapet, som en alltid bør ha for øye.

Tap av elementært nitrogen fra gjærende gjødsel, er et mere åpent spørsmål. Vi vet ikke om det er en tapspost vi vanligvis må regne med i praksis, og vi vet heller ikke nok om på hvilken

måte N-avspaltingen kommer i stand. Det mest nærliggende er muligheten for denitrifikasjon. Avspalting av elementært nitrogen av nitrat kan settes i verk av forskjellige bakterier ved liten lufttilgang, særlig når det er lett omsettelige karbohydrater til stede. Forutsetningene for at det skal foregå denitrifikasjon i en gjødselhaug, er at det først har foregått nitrifikasjon, og denne må som en utpreget aerob prosess ha funnet sted i en del av haugen der lufttilgangen er god. En må tenke seg en transport av nitrat fra de øvre og ytre til de indre deler av gjødselhaugen, forutsatt at gjødsla ligger utsatt for nedbør, eller at det siger væte gjennom den.

Etter alt som kan skje med gjødsla under oppsamlingen og oppbevaringen, må gjæret gjødsel ha svært forskjellig innhold av plantenæring. Er det gjødsel av flere dyrearter, blir det naturligvis forskjell også av den grunn. Innholdet av $\text{NH}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$ er av stor interesse, fordi det er N i rasktvirkende form. Denne N-fraksjonen kan variere enda mye mer enn innholdet av total-N.

Mineralstoffenes omsetning under gjæringen er lite undersøkt.

Men det er påvist at det organisk bundne fosfor nokså raskt kan gå over i uorganisk form. På den andre siden kan uorganisk fosfor assimileres av mikroorganismer på liknende vis som nitrogenet. Husdyrgjødsel som inneholder mye av lett omsettbare karbohydrater kan kanskje ha noe redusert fosforvirkning etter en rask og kraftig omsetning på lagret, eller i jorda. I følge Kaila (Scientific Agric.Soc. of Finland 21, 1949) er det kritiske innhold av fosfor så lite som 0,2% av tørrstoffet. Dette svarer til et C:P forhold 200:1 eller videre (40-45% C) i tørrstoffet. I gjødsel fra husdyr på vanlig og sterk foring er imidlertid fosforinnholdet langt større i forhold til tørrstoff eller karboninnhold. Bløtgjødsel

fra storfe inneholder f-eks. ca. 1% P på tørrstoffbasis.

Kalium finnes vesentlig i uorganisk form, og synes heller ikke i noen stor grad å være innesluttet av cellevegger. Gjæringen har derfor liten betydning for tilgjengelighet av kalium. Magnesium og kalsium er som nevnt ikke fullt så lettløselige, vannløselige, i husdyrgjødsel som tilfelle er med kalium. I forsøk har imidlertid magnesium i husdyrgjødsel hatt god virkning. Det samme har vært tilfelle med stoffer som kopper og bor.

Litteratur

K.Scharrer u. H.Linser: Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung, Band II/2 1968.

F.Honcamp: Handbuch der Pflanzenernährung und Düngerlehre. Bd. II, s. 162-222, 1931.

S.A.Waksman: Humus. p.191-212. London 1936.

S.Tovborg-Jensen: Om Kvelstoftab ved Ammoniakfordampning fra Ajle. Tidsskr. for Planteavl. Bd. 43, s. 177-188. 1938.

R.M.Salter and C.J.Schollenberger: Farm.Manure. Ohio Agric.Exp.St. Bull. 605 1939.

8. Forskjellige oppsamlings- og oppbevaringsmåter

Ved omsetningen av gjødsla kan en oppnå at viktige plantenæringsstoffer, først og fremst N, transformeres til en slik form at de blir mer direkte nyttbare for plantene. Samtidig oppnår en at den faste gjødsel blir lettere å spre. Særlig hvis gjødsla er sterkt blandet med hel halm, er den vanskelig å spre før den har vært gjenstand for en viss gjæring. I første rekke tar en sikte på å lagre gjødsla, slik at minst mulig av verdifulle bestanddeler går tapt.

Vi kan skille mellom tre prinsipielt forskjellige oppbevaringsmåter:

1. Delt lagring. Urinen skilles mest mulig fra den faste gjødsla, samles i kum og oppbevares for seg.
2. Fast-gjødsellagring. Urinen suges opp i strø- og blandingsjord og oppbevares sammen med den faste gjødsla.
3. Bløtgjødsellagring. Urin og fast gjødsel bringes i en felles kum sammen med mer eller mindre vatn til en flytende eller halvt flytende masse.

I noen tilfelle er oppbevaringsmåten en mellomting mellom to av hovedtypene. En kan t.eks. ta en del av urinen direkte fra skantillet, men bruke mye strø og dermed få en større del av urinen i den faste gjødsla. Innen de 3 hovedgrupper kan en ha spesielle håndterings- og lagringsmåter som t.eks. separering (1), talle (2) og våtkompostering (3).

Her i landet var inntil et par tre tiår tilbake de to første former de mest aktuelle ved rasjonelt gjødselstell. I seinere tid er det imidlertid blitt mest vanlig med en eller annen form for bløtgjødsellagring. Den sterke fõring, særlig med mye kraftfor har ført til at gjødsla i seg selv er blitt bløtere slik at aerob gjæring ikke er mulig, uten svært store strømengder.

Det er særlig omsetninger og tap i forbindelse med aerob gjæring under lagring av gjødsla som hittil er undersøkt. Omfattende forsøk i så henseende ble utført ved Aarslev i Danmark i tiden 1911-26. Disse omfattet både stofftapet under lagringen og gjødselvirkingen belyst ved dyrkingsforsøk. Av de omfattende lagringsforsøk kan nevnes at delt lagring, dvs. med oppbevaring av fastog flytende gjødsel hver for seg, viste seg å være best. Landkummen måtte naturligvis være tett. Ved slik oppbevaring økte tapet av nitrogen ved bruk av strø, da en del av urin på denne måten kom sammen med den faste gjødsel og ble utsatt for nitrogentap på gjødselplassen eller i gjødselkjelleren.

(N.A. Hansen Tidsskr. for Planteavl, 1928)

Noen forsøk som Jordkulturforsøkene hadde på Apelsvoll i noen år, viser også tydelig at nitrogentapet blir minst når urinen oppbevares for seg i tett kum. Noen få tall fra tre år gjengis nedenfor:

	Strømengde per dyr og dag	Tørrstoff- tap, %	N-tap, %
1935/36 Storparten av urinen i kum, torvstrø i den faste gjødsel	0,5	2,3	1,2
Urin og fast gjødsel sammen, torvstrø	2,5	4,3	9,2
1937/38 Storparten av urinen i kum, halm som strø	0,8	0,7	(-2,3)
Urin og fast gjødsel sammen, halmstrø	4,6	34,7	29,5
1940/41 Storparten av urinen i kum, sagflis som strø	0,4	3,0	4,2
Urin og fast gjødsel sammen, sagflis	5,0	9,2	13,9

Særlig ved delt oppbevaring er nok nitrogentapet i disse forsøk blitt mindre enn hva en kan rekne med i praksis. Hovedsaken er det større nitrogentap ved samlet oppbevaring enn ved delt. En ser også at tapet ved felles lagring av fast gjødsel og urin er mye større med halm som strø enn med torvstrø. Forsøket bekrefter altså at halm i urinrik gjødsel virker til stort nitrogentap, mens den ikke gjør noen større skade på den måten, når det meste av urinen er skilt fra.

a. Oppbevaring av land i kum

Forutsatt at landkummen tilfredsstillter det selvsagte krav at den må være vanntett, kan nitrogen bare gå tapt som ammoniakk. Det enkleste og mest effektive middel mot ammoniakktap er å gjøre kummen så tett at det praktisk talt ikke blir noen luftveksling. Skantillet bør ha så stort fall at urinen renner raskt til kummen.

Samling og oppbevaring av land i kum er den beste framgangsmåte under den forutsetning at kummen er tett. I utett kum kan nitrogen-tapet lett bli svært stort.

Ved en undersøkelse av kummens tetthet og nitrogeninnholdet i land på 72 bruk i Jylland i 1906 ble resultatet:

<u>Antall bruk</u>	<u>Kummens tetthet</u>	<u>N-innhold, gj.sn., %</u>
13	Særlig god	0,62
30	God	0,52
16	Mindre god	0,41
13	Dårlig	0,29

Ammoniaktapet skjer fra overflaten og går for det første ut over det øverste væskesjikt. Forutsatt at væsken er i absolutt ro, kan det bare skje en utjevning av ammoniakkinholdet i væskemassen ved diffusjon. Da diffusjonen som regel går seinere enn ammoniaktapet, blir nitrogeninnholdet mindre nær overflaten enn i større dybde. Dette må virke som en bremse på ammoniaktapet. Hvis innholdet i kummen kommer i bevegelse, vil naturligvis konsentrasjonen jamnes ut, og ammoniaktapet påskyndes.

I en utett landkum på Askov fant en disse tall:

	<u>N-innhold, %</u>
Nær overflaten	0,20
0,33 m under overflaten	0,38
0,66 " " "	0,43
1,0 " " "	0,45
2,0 " " "	0,45
3,0 " " "	0,45

I en helt lufttett kum skulle det ikke bli noen forskjell.

Urin skal kunne oppbevares i lang tid i åpent kar uten nevneverdig ammoniakktap hvis den er dekket med et oljelag. Ved Institutt for jordkultur ble det vinteren 1964/65 utført et forsøk med urin i åpne 2 liters Norgesglass med ulike mengder olje som dekklag over urinen. Forsøket gikk i 5 uker. Urinen ble omrørt noen få ganger i forsøkestiden. Ved avslutningen av forsøket fant en disse tall for total-N, lettilgjengelig N (som NH_3 , NH_4 og NO_3) og N-tap i forsøkestiden:

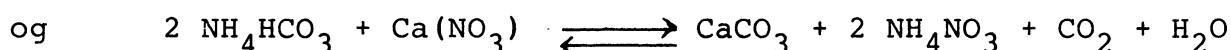
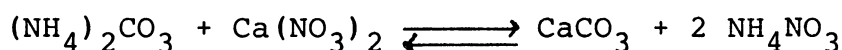
	Total-N. %	Lettliggjengelig N. %	N-tap %
<u>Ved forsøkets begynnelse</u>	0,85	0,48	
<u>Ved forsøkets slutt</u>			
a. Uten oljetilsetning	0,55	0,44	35
b. 0,5 l dieselolje/m ²	0,82	0,70	3,6
c. 1,0 " " "	0,83	0,71	2,4
d. 0,5 " spillolje/m ²	0,83	0,70	2,4
e. 1,0 " " "	0,84	0,71	1,2

Både dieselolje og spillolje har vært meget effektive til å hindre ammoniakktap i den tid forsøket har gått. Mengdene 0,5, 1,0 og 2,0 l olje pr m² svarer til et oljesjikt på etter tur 0,5, 1 og 2 mm.

De mange forsøk på kjemisk konservering av land har aldri fått større praktisk betydning. Noen få av de mange kjemikalier som er foreslått og prøvd, skal likevel nevnes.

Tilsetning av svovelsyre til gjæret urin resulterer i at oppløsningen blir sur, og karbonatjonene forsvinner fra væsken ved at CO_2 går vekk. Dermed er årsaken til fortsatt og stort ammoniakk-tap fjernet. Syremengden må være så stor at den ikke bare ekvivalerer mengden av ammoniumkarbonat, men også av andre karbonater. Svovelsyre er et effektivt middel mot NH_3 -tap, men den er vanskelig og ubehagelig å bruke. Tilsetning av svovelsyre fører til at det blir dannet ammoniumsulfat. Bruk av slikt land ville senke pH i jorda. Svovelsyre måtte også tilsettes i slike mengder at framgangsmåten ikke ville bli billig.

Lett oppløselige salter av sterke syrer med en katjon som danner tungt oppløselig karbonat, virker også til å fjerne en stor del av karbonatjonene og samtidig til å senke pH. Ved tilsetning av kalksalpeter kan en regne med disse reaksjoner:



Tovborg-Jensen tilsatte kalksalpeter for å redusere N-tapet i land. (Tidsskr. for Planteavl 1928). Det var nødvendig å tilsette 30-40 kg kalksalpeter pr tonn land for at N-tapet ikke skulle overskride ca. 10%.

Superfosfat kan minske ammoniakk-tapet dels ved sitt (vekslende) innhold av fri syre, dels ved at Ca^{++} i superfosfat bindes til CO_3^{--} . Utfelling av salter i kummen, antakelig tertiært kalsiumfosfat og gips, i tillegg til kalsiumkarbonat, er imidlertid en ulempe. Gipsen i superfosfat er for lite løselig til å ha stor effekt i å felle karbonationer.

b. Oppbevaring av fast gjødsel med mer eller mindre urin

Hvis en ikke har urinkum, kan en selvsagt bruke så mye strø og blandingsjord at all urin suges opp og holdes fast. Kjeller og gjødselplass bør likevel ha tett bunn og tette vegger. Gjødselplass utenfor fjøs og stall må være beskyttet mot flomvatn og ha tak. Som vist foran, s. 33, måtte en i forsøk bruke nesten 5 kg halm pr melkeku daglig for å suge opp all urinen (eller ca. 2,5 kg torvstrø eller 5 kg sagflis). Det er få som har muligheter for å bruke slike strømengder. I løpet av 8 mnd ville det f.eks. medgå halmavlinger fra 3-4 dekar pr ku. For å få til aerob omsetning, = kompostering, i storfegjødsel oppgis at tørrstoffinnholdet må opp i 22-25%, eller luft må blåses inn. Dersom tørrstoffinnholdet i den totale avføring bare er 10% trengs det ca. 6 kg tørrstoff i halm pr 40 kg fersk gjødsel for å komme opp i ca. 22% tørrstoff. Når kompostering kommer i gang, vil vannet forbrukes raskere enn tørrstoffet, dvs. gjødselhaugen kan tørke ut. Slik tørr gjødsel kan kanskje tjene som oppsugningsmateriale for ny fersk gjødsel, men et slikt system medfører selvsagt mye blandingsarbeid. En interessant metode er lansert fra Sverige, den såkalte "sorkhaugemetoden". Gjødsel skal her pumpes eller ledes ut fra fjøset til en overbygd plass slik at den tørker ut i overflaten, så mye at den omsettes aerobt. Ny gjødsel tilføres stadig til det indre av haugen, mens overflatelaget skrapes av etterhvert som det er omsatt.

Separering av husdyrgjødsel er lansert som en mulig løsning på problemene med bløtgjødsel. En får da en relativt fast del som ved tilsetning av mindre mengder strø kan komposteres. Den flytende delen må lagres og spres for seg (delt gjødsellagring og gjødselhantering).

Ved aerob omsetning tapes vann, organisk stoff og nitrogen. Det er selvsagt eventuelle tap av nitrogen og mikroorganismenes nitrogenassimilasjon som interesserer mest.

Fra en tett pakket og jamt fuktig gjødselhaug skjer ammoniaktapet vesentlig fra overflaten. Diffusjonen søker å jevne ut forskjellen mellom de indre og ytre deler av haugen, men den går seint. Derved blir det ofte et ammoniakkfattigere lag ytterst. En kan gå ut fra at dette lag minsker det fortsatte ammoniaktap. I en løs gjødselhaug er det derimot større kanaler og porer, som formidler luftveksling lenger inn i massen. Slike luftkanaler virker til å øke ammoniaktapet på liknende måte som åpninger i en landkum. En viss sammenpakking av gjødselhauger har vist seg å redusere ammoniaktapet.

Mikroorganismenes nitrogenassimilasjon er omtalt før, og tapet av elementært nitrogen er en faktor.

Strøslaget har som sagt mye å bety for omsetningen i gjødsel og for ammoniaktapet. Forsøkene på Apelsvoll (s.33) viste at større halmmengder i urinrik gjødsel var årsak til stort nitrogentap. Det kan tilføyes at også relativt små halmmengder (1,5-2 kg pr dyr og dag) ved siden av torvstrø i forsøk har økt ammoniaktapet ganske sterkt.

Hj. von Feilitzen gjorde for ca. 60 år siden et forsøk med ulike strøslag på Flahult (Sverige). Det ble brukt så mye strø at all urin ble holdt fast. Her ble nitrogentapet i fjøset undersøkt og det ble funnet et N-tap på 7, 20 og 11 % ved bruk av etter tur torv, halm og sagflis. Også tyske undersøkelser har vist store nitrogentap i fjøset, men tallene fra Flahult er så store at de gir grunn til mistanke om systematiske feil, bl.a. ved nitrogentap fra

analyseprøvene. Tross dette er det iallfall grunn til å merke seg at tapet er blitt størst når det er brukt halm til strø.

I den refererte svenske undersøkelsen ble storfegjødsel med de tre typer strø brukt i et 4-årig markforsøk med potet som forsøksvekst. Første året ga halmgjødsel (5 tonn pr dekar) bare ca. halvparten så stor meravling som torvstrøggjødsel, mens gjødsel med sagflis som strø var enda dårligere. Selv når ettervirkningsårene ble regnet med ga sagflisggjødsel mindre enn halv effekt av torvstrøggjødsel. Da N-tapet under lagringen var det samme for sagflis- og torvstrøggjødsel, ser det ut til at gjødsel med så mye sagflis har visse uheldige egenskaper ellers. Ved andre undersøkelser er det direkte påvist at sagflis virker skadelig på nitrogenholdningen i jorda. Hva skadevirkningen består i, er ikke helt klart, men delvis henger den sikkert sammen med omsetningen av karbohydratene i sagflisen. Ved spaltingen av cellulose og andre karbohydrater foregår nødvendigvis et nitrogenkonsum ved mikroorganismer. Da karbohydratene er sterkt impregnerte med de resistente ligningsstoffer, går nedbrytningen og nitrogenforbruket langsomt, men varer til gjengjeld lenge. Det er dessuten sannsynlig at en del av nitrogenet under omsetningen går inn som bestanddel av komplekse forbindelser av lignin og proteinstoffer (ligno-protein) som er meget resistente.

I nyere finske undersøkelser over virkningen av forskjellige strøslag (Kemppainen NJF sem.nr.113 1987) har en sammenliknet torv (2,3 kg pr ku og dag) sagflis (3.8 kg) og halm (2.4 kg). Det har vært 5 gårder/fjøs av hvert strøslag. Gjødselvirkingen av storfegjødsel er undersøkt i karforsøk med raigras høstet i alt 4 ganger.

Innholdet i gjødselprøver om våren viste noe høyere innhold av tot-N i gjødsel med torvstrø, og innholdet var minst i sagflisggjødsel.

I karforsøkene kunne en vurdere effekten av total-N og løselig N (sannsynligvis $\text{NH}_4\text{-N}$) i forhold til utnyttelse/opptak av N fra kunstgjødsel som igjen var 78 % av tilført.

	Utnyttelse av husdyrgjødsel-N relatert til N i kunstgjødsel (%)	
	Av total-N	Av løselig N
Storfegjødsel med halmstrø	19	69
" " sagflisstrø	19	57
" " torvstrø	31	109

Som en ser er det bare for torvstrøggjødsel at utnyttelsen, regnet på basis av $\text{NH}_4\text{-N}$ -andelen, er fullgod. Forklaringen på den dårlige virkning av de andre to strøslagene kan være at løselig N er blitt bundet ved omsetning av halm og sagflis i jorda.

Utnyttelsen av total-N innholdet i halm- og sagflisgjødsel blir bare $\frac{19 \times 78}{100}$ ca. 15 % i sum for 4 høstinger. Dette er lite, men ikke unormalt lite når det brukes store husdyrgjødselmengder.

Forøvrig bekrefter forsøkene mange tidligere undersøkelser, som har vist at torvstrø er det beste strøslag. Likevel konkluderes i den finske undersøkelsen med at gevinstene ved å bruke torv som strø er små sammenliknet med anskaffelsesprisen for torvstrø. Dette gjelder sannsynligvis i like stor grad hos oss.

Talle kan sies å være en form for fastgjødsellagring. Vurdert ut fra risikoen for N-tap under lagring er talle en god oppbevaringsmåte. Særlig gjelder dette for gjødsel som gjærer sterkt, som f.eks. saueggjødsel. Det må brukes mye strø slik at urinen suges opp. Bruken av tallegjødsel kan by på tekniske problemer.

I hønsehus brukes bl.a. såkalt golvstrø - eller dypstrømetode, dvs. at gjødsla samles for et lengre tidsrom i tykt strølag på gulvet. Dette gir sannsynligvis gode betingelser for gjæring, men en kan ikke vise til undersøkelser som viser omfanget av nitrogentap ved slik lagring.

Bløtgjødsellagring - gylle.

Ordet gylle er tysk. I fjelldistrikter i Sveits, Østerrike og Syd-Tyskland har denne oppbevaringsmåten lenge vært brukt. Gjødsel og urin blandes med vann i en tett kum og spres i et rør-slangesystem. Hos oss har metoden kommet i bruk i de siste 20-30 år. I 1980 var det ca. 1400 anlegg, i første rekke på brattlente gårder med grasdyrking i dal, fjord og fjellbygder på Vestlandet. Gjødsla blandes med vann, f.eks. i forholdet 1:1, slik at tørrstoffinnholdet kommer ned på rundt 4%. Dermed blir det mulig å spre gyllen i rørsprederanlegg. Gylle brukes både om våren og etter slått av grasarealer. I bratt lende brukes ofte rør eller slanger til å lede gjødsla til jordstykker som ligger lågere enn kummen og ikke for langt fra denne. I de seinere år er det stadig blitt flere som legger overjordiske eller nedgravde rørledninger til en større eller mindre del av eiendommen og anskaffer motordrevne pumper med tilhørende spredeapparater, slik at transporten og spredningen krever lite manuelt arbeid. Eller spredningen kan utføres med hensiktsmessige tankvogner påmontert spreder.

Gyllemetoden passer i distrikter der klimaet betinger overveiende grasdyrking. Der åkerbruket spiller liten rolle, blir det lite halm til strø. Rørsprede metoden for gylle er særlig fordelaktig på brattlende bruk. En unngår problemene med kjøreskader. Gjødsla blir finfordelt og vasket ned til jordoverflata, slik at en skulle unngå å få forurenset gras ved neste høsting. Anleggene kan brukes

også til vanning. En ulempe er sterk lukt under spredning.

Bløtgjødsel brukes hos oss som betegnelse for en blanding av fast og flytende gjødsel uten strø. Tørrstoffinnholdet er gjerne rundt 10%. Det kan bli tilsatt noe vann, særlig spillvann fra vask og mjølkerom. Ved bruk av spaltegolv eller rister må en ellers unngå strø.

I Sverige skiller en mellom flytgjødsel med mindre enn 12% tørrstoff, kletgjødsel 12-20% og fast gjødsel med minst 20% tørrstoff. Det er bare i den siste gruppen en kan regne med aerob omsetning.

Gjæringsprosessene i bløtgjødsel vil foregå uten oksygentilgang. En får stort sett anaerobe omsetninger som gir noe andre sluttprodukter enn den aerobe.

Ved god lufttilgang, aerob omsetning (= kompostering) blir en større del av de organiske stoffene brutt fullstendig ned til CO_2 og H_2O . En får stort vekttap, men også stor fare for betydelig tap av nitrogen i gassform.

Omsetning under tiltakende anaerobe forhold vil foregå over flere trinn. Det vil bli dannet enkle løselige organiske forbindelser, i første rekke organiske syrer. Når forholdene blir enda mer anaerobe (ved negative redokspotensial) vil de organiske syrene bli omdannet videre av strengt anaerobe bakterier, til metan og H_2 (J.F. Parr. FAO. Soil Bull. 27. 1975 s. 227-252). Samtidig er svovelforbindelser, sulfat, blitt redusert til sulfid, slik at en kan få den giftige gassen hydrogensulfid (H_2S).

Det er ikke minst prosesser, som gir farlige og illeluktende gasser, som har gjort bløtgjødsel beryktet. Faren for gasser, som kan føre til dødsfare for både mennesker og dyr som er i nærheten, er særlig stor hvis innholdet i kummen blir satt i bevegelse, t.eks. når gjødsla

blir kjørt ut. Det er særlig hydrogensulfid, H_2S , som antas å kunne frigjøres i slike mengder at fare kan oppstå, men også CO_2 (i stor konsentrasjon) og NH_3 blir regnet som farlige gasser i denne forbindelse. Gasser som dannes i mindre mengder under gjæringen, og som er med og bestemmer gjødsels lukt, er indol, skatol og merkaptaner. Dertil dannes naturligvis vekslende mengder metan.

Omsetning og tap av organisk stoff under lagringen er lite undersøkt. Det er grunn til å anta at tapet både er mindre og mindre varierende enn ved aerob gjæring.

Som en ser av det norske analyse materialet for fastgjødsel og bløtgjødsel side 13, inneholder den siste ca. dobbelt så mye nitrogen regnet ut på 100 kg tørrstoff som fast husdyrgjødsel med noe urin og strø. I innhold av NH_4 -N er forskjellen enda større. Dette skyldes både forskjell i foring og dermed opprinnelig innhold i fersk gjødsel, men også at tapene av N under lagring må ha vært mindre. Det er flere grunner til et mindre N-tap i form av NH_3 gass fra bløtgjødsellagre enn fra tørrgjødsel og fra utett landkum. Bløtgjødsel-massen ligger stort sett i ro, dersom den ikke blir rørt om. Mangel på luft og det store vanninnhold gjør at temperaturstigningen blir liten, sammenlignet med en gjærende fast gjødsel. Også sammenlignet med land i kum kan diffusjonen i bløtgjødsel være mindre på grunn av mindre bevegelse og fordi det kan dannes et fast lag i overflaten som hindrer gassene i å slippe ut. Endelig kan det pekes på at pH verdien i bløtgjødsel vanlig er noe lågere enn i fast gjødsel eller i land. I bløtgjødsel finner en ofte pH-verdier nær 7 eller litt over 7. I fast gjødsel som gjærer, vil pH kunne bli over 8 og i land kanskje så høgt som 9. Som behandlet tidligere, er pH av avgjørende betydning for forholdet NH_3/NH_4^+ og dermed for gasstapet. Det er sannsynlig at dannelsen av organiske syrer ved omsetningen

i bløtgjødsel i noen grad motvirker pH-økningen på grunn av avspaltning av ammoniakk.

I mangel av norske sammenligninger av næringsstofftap under lagring fra bløtgjødsel og fastgjødsel, skal refereres noen tyske tall etter VETTER og KLASINK, Landw.sch. Forschung 28. 3.1975:

	Org. stoff	N	P	K	Ca	Mg
Rottemist	30	35	10	25	15	15
Gülle	5	10	5	5	5	5

De store tap fra aerobt gjæret gjødsel, rottemist, også av mineralstoffer, tyder på at det her har vært adskillig avrenning fra gjødsellagret. Utendørs lagring er nok vanlig mange steder i andre land. Tap av organisk tørrstoff og av total-N på opp til 30% er ellers funnet også ved innelagring av fast gjærende gjødsel her i landet. Den høge temperatur en får i gjødsla innendørs og i varmt klima øker ammoniakktapet.

Tapene ved bløtgjødsellagring, på tysk benevnt som Gülle, er klart mindre enn ved fastgjødsellagring av grunner som er behandlet foran. Når det gjelder å ta vare på næringsstoffene i husdyrgjødsel er derfor bløtgjødselmetoden bra, men når det gjelder lukt og sykdoms-sanitære forhold er den problematisk. Aerob omsetning virker desimerende på sykdomsorganismer, i land virker den høye pH sanerende.

Våtkompostering, oksydering og varmebehandling er nyere metoder for gjødselhantering. Metodene går ut på at luft bringes inn i den flytende gjødsla ved hjelp av roterende organer i en kum. En får dermed i gang omsetninger ved aerobe organismer, oksydering og mer fullstendig nedbrytning av illeluktende og giftige mellomproduk-

ter. Temperaturen kan stige opp til 50-60°C, men en prøver å unngå dette, da det medfører store tap av ammoniakk-gass. Ved å holde temperaturen nede 30-40°C, ved å stoppe lufttilførselen, synes ikke N-tapet å bli særlig stort. Ved behandlingen oppnår en å få en mer hanteringsvennlig gjødsel, mindre luktpoblemer og lettere å spre, og, dessuten en viss reduksjon i totalvolum, p.g.a. vannfordamping og nedbrytning av organisk stoff.

Husdyrgjødsel representerer store energimengder. En del av denne energien frigjøres ved aerobe eller ved anaerobe omsetninger. Aerob omsetning skulle kunne gi større energimengder i form av varme enn anaerob, men den siste er gjenstand for stor interesse, da en her får metan som er lett å bruke videre.

For biogasproduksjon, metan, stilles spesielle krav, også til gjødsels sammensetning. Et C/N forhold på 27 (20-35) regnes som optimalt, pH bør være 7-7,5, tørrstoffinnholdet f.eks. 8-10%. Dette innebærer at bløtgjødsel må tilsettes store mengder N-fattig organisk stoff, f.eks. halm for at den skal passe til biogassproduksjon. Metangjæring kan foregå både i de mesofile (30-40°C) eller i det termofile (50-65°C) temperaturområdet. Det første regnes som gunstigst, og det ser ikke ut til at NH₃ tapes i noe større grad ved slik metangjæring. En skulle følgelig kunne regne med at gjødseleffekten ikke reduseres. Jordforbedrings-effekten, virkning på humusinnholdet, må bli noe mindre dersom store mengder av det organiske stoffet går med til biogassproduksjon, eller ved kraftig aerob gjæring. Det oppgis at biogass består av 55-65 vol.% metan, 35-45% CO₂ og 0-3% N.

d. Konservering av husdyrgjødsel

Konserveringsmidler for å redusere NH_3 tap eller hindre dannelselse av andre giftige gasser, særlig H_2S , har vært forsøkt.

For å hindre NH_3 -tap er særlig tilførsel av superfosfat blitt anbefalt, f.eks. 0,5 kg superfosfat daglig tilført i skantilet pr voksent storfe. Dette senker pH og minsker derved ammoniakk-tapet for en tid. Særlig er lagt vekt på at ammoniakkinholdet i fjøslufta blir redusert ved superfosfattilsetning.

I en undersøkelse ved NLH (Ingebrigtsen, Forsk. Fors. Landbr. 1960) senket en tilførsel av 0,75 kg superfosfat pr dyr og dag pH med 0,5-1,5 enheter. Det ble likevel vunnet inn bare et par kg $\text{NH}_4\text{-N}$ pr 100 kg superfosfat ved et halvt års kjellerlagring. Omtrent like store reduksjoner i NH_3 tap (2,5 kg N pr 100 kg superfosfat) ble funnet i amerikanske undersøkelser fra 1937 (MIDLEY og WEISER, Vermont Bull 419).

Såvel i de norske som i svenske forsøk (AGERBERG L S Statens Jordbr.försök Särtryck 61 1952) var virkningen av superfosfat større når halm var brukt som strø enn ved bruk av torvstrø. I svenske markforsøk var virkningen av husdyrgjødsel + superfosfat gitt separat minst like god, som når superfosfat var tilført husdyrgjødsel med torvstrø (0,3-0,5 kg superfosfat og 2 kg torvstrø pr dyr og dag. Torvstrø er i seg selv et bra konserveringsmiddel, da det både er surtvirkende og har stor kation-ombyttingskapasitet. Finmalt steinmjøl er også anbefalt tilsett i skantilet. Effekten er sannsynligvis avhengig av bindingsevne for ammonium, da en her ikke kan regne med noen pH-senkning.

Konklusjonen i den norske forsøksmelding er at det neppe vil svare seg å bruke superfosfat i fjøset bare for å konservere N, men at metoden kanskje kan ha noe for seg innenfor grensene av de fosformengder en likevel må tilføre jorda. Problemet her er ikke minst at husdyrgjødsel også uten superfosfat er en fosforrik gjødsel, i hvert fall vurdert ut fra nyttbare næringsstoffer.

Et kjemisk middel CS 80 som består av formaldehyd + ca 20% urea har i forsøk ved Inst. for bygningsteknikk (LILLENG 1970) eliminert dannelsen av H_2S , men synes likevel ikke å være lett å bruke.

I følge ligningen $H_2S = H^+ + HS^-$ ($pK_a = 7$) vil avgivelse av H_2S -gass påvirkes av pH, men motsatt det som gjelder $NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+$ systemet. Dersom pH senkes fra 7 til 6 vil H_2S drives ut. pH-senking ved tilsetning av superfosfat eller f.eks. sur silosaft til bløtgjødsel kan derfor være uheldig når det gjelder H_2S , mens det altså virker til å konservere NH_3 -gass i gjødsla.

9. Utkjøring og spredning

Både fast gjødsel, land og bløtgjødsel fortsetter å tape verdistoffer ute på jordet. Jo rikere gjødsla er, desto mer utsatt er den for tap. Tapet blir altså lett størst for den beste gjødsla. Det som er vunnet ved god oppsamling og godt stell før, kan for en stor del gå tapt ved uaktsomhet etter at gjødsla er kjørt ut.

Fast gjødsel ble tidligere i store deler av landet kjørt ut på vinterføre og lagt i relativt store hauger. Jo større haug, jo mindre overflate i forhold til gjødselemengde, og dermed mindre tap. I tillegg til ammoniakktap til luft, må en regne med et visst utvaskingstap, også av kalium og andre mineralstoffer.

Slike gjødselhauger etterlater gjerne flekker i åkeren, med ekstra frodig vekst i flere år framover.

I dag er det nok bare unntaksvis at gjødsel kan kjøres ut og legges i større eller mindre hauger. Konsistensen av gjødsla er en annen, og det tekniske utstyret gjør det rasjonelt med utkjøring og spredning i samme operasjon.

Utstyr for direkte nedmolding av gjødsla, samtidig med spredning, medfører store fordeler av hensyn til reduksjon av lukt og gassformige tap. Slikt utstyr vil kreve ekstra trekraft, det blir kostbart og kan føre med seg tekniske problem, som tiltetning m.m. Når gjødsla blir spredd, får den stor berøringsflate med lufta. Dermed blir den utsatt for mye raskere ammoniakktap. Danske forsøk med nedmolding kortere eller lengre tid etter spredningen ga resultater som kan uttrykkes ved disse middeltall for første års gjødselvirkning (K Iversen Tidsskr/Planteavl 42 1937).

	Meravling, rel.tall:				
	Havre	Bygg	Kålrot	Før- beter	Alle
Antall forsøk	15	3	12	6	36
Nedpløyd straks	100	100	100	100	100
" etter 6 timer	86	93	91	94	89
" " 24 "	80	74	87	81	82
" " 4 døgn	67	58	76	70	70

En tilsvarende norsk undersøkelse på Møystad (Glærum Meld. 1938) med tilførsel av 7 tonn husdyrgjødsel pr dekar og år til poteter (7 forskjellige felt i 7 år) ga dette resultat:

	Relative meravlinger	
	knoller	tørrstoff
Nedmolding innen 2 timer	100	100
" etter 1 døgn	94	94
" " 4 "	78	72
I småhauger(lass) 4 døgn	94	94

Husdyrgjødsel var vanlig fast storfegjødsel, men med et relativt beskjedent innhold av $\text{NH}_4\text{-N}$ (0,01-0,14 i flg analysene). Dette kan være forklaringen på de relativt mindre avlingstap ved utsatt nedmolding, f.eks. etter ett døgn, på Hedmark enn i de danske forsøk.

Været vil selvsagt ha avgjørende virkning på NH_3 -tapet fra spredd gjødsel. Tapene blir større når det er varmt og i vind, enn i fuktig, overskyet og stille vær. Hva vinden betyr, gir et forsøk i USA av HECK (Soil Sci. 1931) en antydning om. Han undersøkte ammoniaktapet fra gjæret storfegjødsel ved 20°C både i stille luft og ved en vindstyrke på knapt 4 m/sek. = "lett bris". Tapet angitt i prosent av hele innholdet av $\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{-N}$ var:

	<u>Stille luft</u>	<u>Vind</u>
Etter 12 timer	15,2%	49,4%
" 36 "	46,0%	61,0%
" 3½ døgn	63,9%	70,0%
" 7 "	71,3%	73,5%

Land er utsatt for ammoniakktap så snart det tas ut av kummen og kommer i berøring med lufta. Tapet under selve spredningen skal, i følge noen undersøkelser, være beskjedent. Det er bare et kort tidsintervall at landet befinner seg i lufta over bakken.

Det største ammoniakktap skjer etter spredningen, fra land som hefter seg til planter eller planterester, og fra en mer eller mindre opptørket jordoverflate. Det beste motmiddel er å bruke land på åker og molde det ned straks. Ved 7 danske forsøksstasjoner ble resultatene av forsøk i 1928-33 som følgende relative tall for meravlingene første år etter en viss landmengde og de beregnede verditall viser (K IVERSEN Tidsk/Planteavl. 43, 1938).

	Meravling, rel.tall				
	Havre	Bygg	Kålrot	Poteter	Alle
Antall forsøk	9	6	8	4	27
Nedm. straks	100	100	100	100	100
" etter 6 timer	88	96	91	81	90
" " 24 "	82	91	84	79	84
" " 4 døgn	75	85	79	68	80

Det er spesiell grunn til å merke seg at de danske undersøkelsene gjelder bruk av land i åpen åker. I grasdyrkingsområder i Norge har en i stor utstrekning vært henvist til å bruke landet på eng, ofte også om sommeren etter første slått. Også på åpen åker i de danske forsøk var variasjonen i tapene svært store. Som et eksempel refereres at av 62 observasjoner var tapene i meravling som følge av utsatt nedmolding i 4 dager større enn 50% i 20 tilfelle, fra 33-50% i 22 tilfelle og mindre enn 33% i 25 tilfelle.

De viktigste årsaker til forskjellen er utvilsomt ulike værforhold, jordtemperatur og jordfuktighet. Etter laboratorieforsøk i Danmark ser det ut til at tapet under ellers like forhold er minst når jorda verken er mett med vatn eller helt tørr, altså når den er noe fuktig. Nitrogeninnholdet i landet må også bety mye. Av de danske forsøksresultatene ser vi at tapene på grunn av 4 døgns utsettelse av nedmolding er vel så store når det gjelder urinblandet, fast gjødsel som for land alene brukt på åpen åker.

Som vist tidligere, vil avdunstning av ammoniakk, under ellers like forhold, øke til omtrent det dobbelte, når temperaturen økes med 10°C . Tapet blir derfor lett stort om sommeren.

Også frysing kan, paradoksalt nok, medføre økt ammoniakktap, fordi konsentrasjonen av ammonium i fuktigheten vil øke etterhvert som vannet går over til iskrystaller. I et forsøk av Midgley og Weiser (Vermont USA 1937) gikk omtrent halvparten av ammoniumnitrogenet i små husdyrgjødselprøver tapt i løpet av 2 døgn ved -5°C . I noe større gjødselhauger, og gjødsellagre utendørs, betyr vel dette mindre i det et kompakt islag ytterst vil kunne hindre gassvekslingen. I forsøk i feltlysimetre i hellende terreng på Ås fant en at $\text{NH}_4\text{-N}$ innholdet i vinterspredt gjødsel forsvant, men i dette tilfelle ble det alt vesentlige funnet igjen i overflatevann/smeltevann som rant bort fra disse forsøksparcellene.

Nedmoldingsmåten for husdyrgjødsel er også svært viktig for ammoniakktap og dermed for gjødselvirkning.

I danske forsøk har nedmolding med plog vært suverent best, sammenlignet med harv. Resultatene av noen eldre norske forsøk har gått i samme retning, men med noe mindre utslag. Det er ellers selvsagt nokså avgjørende hva slags nedharving av gjødsla som praktiseres. Ved skålharv er det mulig å få en meget god tildekking av husdyrgjødsel, mens harving med en tindeharv nok kan resultere i at mye av gjødsla fortsatt blir på overflaten. Dette blir kanskje særlig synlig først etter opptørking.

Nedmolding med plog er mest aktuelt ved høstgjødsling. Dersom en har latt pløyinga utstå til våren, høver det svært bra å kjøre ut husdyrgjødsel før en pløyer. I slike tilfelle er en relativt grunn pløying å foretrekke.

10. Husdyrgjødsling til forskjellig årstid

Når det gjelder tidspunkt for spredning av husdyrgjødsel, er det flere forhold og tildels kryssende interesser ute og går. En har å gjøre med hensyn til:

- a. Gjødselvirkning og dermed utnyttning av plantenæringsstoffene.
- b. Tap ved bortvasking/utvasking - vannforurensning.
- c. Luktproblemer, hensyn til naboskap m.m.
- d. Sykdomssanitære forhold, særlig for grasarealer.
- e. Kjøreskader, tekniske problemer.
- f. Arbeidssituasjonen, disponibel tid.
- g. Gjødsellagrets kapasitet m.m.

Gjødsellagrets størrelse kan være en absolutt begrensende faktor. På den annen side står en ikke lenger fritt til å spre husdyrgjødsel vinterstid. Både hos oss, og bl.a. i Sverige, er det i henhold til lov forbud mot spredning av husdyrgjødsel på snø og frossen mark, der forholdene kan medføre skadelig vannforurensning. Dette er

seinere utvidet til å gjelde også avrenning til sjøen (i visse områder etter vurdering av fylkesmyndighetene).

Det er lett å slå fast at utkjøring og rask nedmolding om våren, i forbindelse med våronn og såing, er det beste alternativ både når det gjelder utnyttelse av næringsstoffene i planteproduksjonen og for å redusere faren for vannforurensning. Likevel er spredning av husdyrgjødsel til andre tider aktuelle alternativ, ikke minst av hensyn til arbeidssituasjonen, lagerkapasitet m.m.

Forhold som har betydning for tap og utnytting ved husdyrgjødsling til forskjellig tid på året:

- a. Det er i første rekke utnyttelse og tap av husdyrgjødsel nitrogen som påvirkes sterkt av spredningstidspunkt. (NH_3 -tap og NO_3 -utvaskning). Tap av ammoniakk i gassform fra gjødsel og land uten nedmolding, eller ved mangelfull nedmolding, er størst i den varme årstid og i tørt vær.
- b. Utvaskning og nedvaskning til dybder under planterøttens rekkevidde, er aktuell i første rekke for NO_3 -N, NH_4 -N og K. Nitrat transporteres lett nedover på all slags jord, mens utvaskning av NH_4 -N og K vesentlig er knyttet til lettere jordarter, jord med liten kationombyttingskapasitet. Utvaskningstap vil i vårt klima ha størst omfang i de seine høstmånader, etter at jorda er helt fuktet opp. I strøk med milde vintre kan utvaskning foregå hele vinteren og, på tien jord ikke minst i snøsmeltingperioder på vårparten.
- c. Utnyttelse av næringsstoffer blir størst, og tapene minst, ved tilførsler på en tid av året da det er plantevekst, eller

like før vekstsesongen. Et unntak fra dette er ugjæret gjødsel med mye strø, vidt C/N forhold. I slike gjødsel må C/N-forholdet snevres inn før det kan bli nyttbart N for plantene i konkurranse med mikroorganismene.

Det tar noe tid før storparten av nitrogenet i husdyrgjødsel er omsatt til forbindelser som er lett nyttbare og som lett tapes. Avspaltning av ammonium fra den organiske fraksjonen, og omdanning av dette til nitrat, foregår i lite omfang utenom vekstsesongen.

Av det ovenforstående følger at næringsstoffer tilført i husdyrgjødsel om høsten kan konserveres i jorda og komme til nytte neste vekstsesong.

d. Fra husdyrgjødsel spredd om vinteren på snø og frossen mark kan det bli store tap ved overflateavrenning, f.eks. under snøsmelting. Restriksjonene mot slik spredning er særlig betinget av faren for fosforavrenning og fosforforurensning i utsatte vann. For jordbruket må det dessuten tas hensyn til at store mengder ammonium, kalium og andre stoffer kan gå tapt ved en slik bruk av husdyrgjødsel.

Når en skal vurdere utnyttelse og tap fra husdyrgjødsel gitt til forskjellig årstid, må en skille mellom to systemer:

- A. Husdyrgjødsel på åpen åker med nedmolding.
- B. Husdyrgjødsel på grasmark uten noen form for nedmolding.

Åpen åker. Foruten våren som det beste, er høstgjødsling også et brukbart alternativ, særlig i innlandsklima. Det er en fordel at jordtemperaturen er låg, og sein høstgjødsling, fulgt av pløying, er å foretrekke.

Dersom en er nødt til å ha ut noe gjødsel om vinteren, kan en regne med at sannsynligheten for tap av stoffer ved overflateavrenning er mindre ved sein enn ved tidlig vinterspredning på frossen mark. Jo mindre smeltevann og regn som vaskes gjennom den utsprede gjødsla, jo bedre. I alle tilfelle må spredningen tilfredsstillende regler og krav som er satt i loven, som nevnt foran.

Det er små muligheter for å bruke husdyrgjødsel i den egentlige veksttida, sommer og tidlig høst, til åpenåkervekster. Å dumpe store mengder husdyrgjødsel på et areal, i den hensikt å la skiftet ligge uten plantevekst, må sterkt frarådes, da dette kan medføre uhyggelig store nitratkonsentrasjoner i grøftevann etterfølgende høst. Det er jo dessuten et økonomisk tap forbundet med plantenæringsstoffer som havner i vassdragene.

Eng og grasarealer. I mange distrikter av vårt land må mye av husdyrgjødsel ut på eng. Beregninger av Tveitnes (MLVF 1985) viser at dersom en i Vestlandfylkene, Rogaland til Møre, og i Nord-Norge, var henvist til å bruke all produsert husdyrgjødsel nedmoldet i åpen åker, måtte en hvert år bruke ca 20 tonn pr dekar åpen åker. (I Sogn og Fjordane minst 25 tonn).

Også på eng er spredning om våren best, særlig i regnrrike strøk med skiftende vintervær.

Spredning om sommeren på eng, etter slått bør også kunne gi en tilfredsstillende utnyttelse av næringsstoffene.

Høstspredning av husdyrgjødsel på eng kan, i tillegg til stor utvaskning, medføre fare for fosfortransport under forhold der det er overflateavrenning i vinterhalvåret. I motsetning til hva som er sagt for åpenåker, bør eventuelt høstgjødsling på eng helst foretas tidlig på høsten. Da kan det være en viss vekst og næringsopptak av lettløselige N-forbindelser, kalium m.m. Videre vil noe mer fosfor og andre stoffer vaskes ut av gjødsla og ned i de øverste centimetre av jorda, slik at stoffene blir noe bedre beskyttet mot avrenning med overflatevann i løpet av vinteren.

Forbud mot vinterspredning av husdyrgjødsel under de nærmere definerte betingelser, gjelder selvsagt for grasarealer så vel som åpenåker.

Forsøksresultater. Sammenligning av ulike tidspunkt for spredning av husdyrgjødsel byr på visse forsøktekniske vanskeligheter. Dersom problemstillingen er om gjødsla skal ut om høsten eller lagres i kjeller til våren, burde en inkludere tapet ved ekstra lagring, som jo kan være vesentlig. Tilsvarende kan spørsmålet være om en av hensyn til arbeidsstuasjonen skal utsette en del av gjødselspredningen fra våronna til ut på sommeren. Det mest realistiske er kanskje å bruke gjødsel som en noenlunde lik, fersk, eller lagret på samme måte, ved de tidspunkt en er interessert i.

Når det gjelder virkning og tap ved gjødsling til forskjellig tid, kan en ikke bygge så mye på utenlandske forsøk. I Norge varierer dessuten klimaet mye mellom distrikter og landsdeler, slik at en må bygge på undersøkelser innen samme område.

Forsøk med sammenligning av høstgjødsling og vårgjødsling på eng ble gjennomført i stor skala like etter århundreskiftet (B.R. Larsen og S.Hasund. Beretn.Jordkulturforsøk 1912). Disse forsøk viste at vårgjødsling var best i kystbygdene på Vest- og Sør-Vestlandet, mens høstgjødsling konkurrerte bra i innlandsstrøk. Det er pekt på at høstgjødsling ga beskyttelse mot hard og sein håbeiting av forsøksrutene! I tre fireårige forsøk på beite i Østfold ga vårgjødsling med husdyrgjødsel nesten 50% større meravling enn høstgjødsling (B.SAKSHAUG, Årbok for beitebruk 1932-33).

I forsøk med husdyrgjødsel til eng over en rekke år på Gibostad (P.SOLBERG, Meld. Troms land.sk. 1945) ga vårgjødsling tydelig bedre resultat enn sein høstgjødsling, mens tidlig høstgjødsling ga bortimot like store avlinger som vårgjødsling.

I et 6-årig forsøk på eng ved Fureneset (STEINE 1963) ga 3 tonn husdyrgjødsel gitt om høsten 285 kg høy i meravling, mens 3 tonn av noenlunde samme kvalitet om våren ga 360 kg høy i meravling, i middel for 6 år.

Seinere forsøk med gylle (80 hl/daa) gitt til forskjellig tid om vinteren (Myhr 1978) ga til resultat at utkjøring i februar eller mars, var bedre enn spredning om høsten (20 sept-20 des). Det ble gitt 40 kg fullgj. F om våren og 40 kg etter 1.slått til alle ledd. Meravlingene var små og materialet er lite (2 felt i 2-3 år). Likevel viser dette at i regnrrike strøk kan virkningen av gylle gitt om høsten bli dårlig. I gylle er næringsstoffene i lettløselig form, også mye av nitrogenet, slik at utvaskingen kan bli stor. Gjødsling i september-oktober kan dessuten virke uheldig på overvintring av grasarter.

Når det gjelder land på grasmark viser både danske og norske forsøk at dette virker best når det brukes tidlig om våren. I forsøk på Møystad var imidlertid sein høstspredning av land omtrent like bra som vårspredning i 6 forsøksfelt på eng.

Dersom en kan tilføre land og annen ammoniumrik gjødsel like før jorda fryser til, og en har stabil vinter, burde tapene ved utvaskning bli små. En forutsetter da at nitrifiseringen får lite omfang før neste vår. I noen forsøk med flytende ammoniakk nedfelt om høsten ved Institutt for jordkultur, ble likevel resultatet dårlig, sannsynligvis fordi en fikk betydelig nitrifisering i en mildværsperiode etter spredning. På lettere jord med liten ombyttingskapasitet kan kationer som ammonium og kalium vaskes relativt lett nedover i profilet.

Fra de mange danske forsøk med sammenlikning av høst- og vårgjødsling med relativt fast husdyrgjødsel og mer eller mindre urin, kan tas med at i forsøk på leirjord på Askov i Sønder-Jylland hadde høstgjødsling en virkningsgrad på 75-90% av vårgjødsling, mens tilsvarende tall på sandjord var 50-70% (for ulike vekster). Den viktigste årsak her synes å være utvaskning etter høstgjødsling, og at utvaskingstapet er blitt størst på sandjord.

På forsøksgården Møystad ved Hamar ble det gjort forsøk med høstgjødsling og vårgjødsling til poteter og nepe (ett år kålrot). Derpå ble feltene brukt til hvete 1 år og til eng i 3 år uten gjødsling. Sammenstillingen nedenfor viser meravlingene i middel for 4 felter med poteter og 4 med rotvekster første året:

Gjødsla nedpløyd	Vekst første år	Gjødsling kg/dekar	Meravl., f.e./dekar		
			1.år	2.-5. år	Sum 5 år
Om høsten	Poteter	5 250	100	103	203
" våren	"	5 250	159	69	228
" høsten	Rotvekster	7 000	278	184	462
" våren	"	7 000	321	148	469

Sammenlikningen gjelder like mengder av en og samme gjødsel om høsten. En del er kjørt ut og pløyd ned, en annen del er oppbevart i gjødselkjelleren vinteren over, spredd og nedpløyd om våren. Vårgjødsling har i begge serier resultert i større meravlinger enn høstgjødsling første året. Ettervirkningen er derimot størst etter høstgjødsling. Gjødsla som ble brukt, var lite gjæret om høsten. I kjelleren ble den sannsynligvis godt gjæret til våren, men i jorda ble den praktisk talt konservert vinteren over. Dette kan forklare den større meravling første året ved vårgjødsling. Da utvaskingen spiller liten rolle i det tørre innlandsklima, står høstgjødsling tilsvarende bedre de seinere år. Resultatet skyldes altså dels klimaet, og dels henger det sammen med beskaffenheten av den gjødsel som er brukt.

Forsøk med vinterspredning av husdyrgjødsel ble utført ved Institutt for jordkultur i årene 1949-58 og i årene 1971-77, i den siste periode først og fremst for å måle forurensningene.

Forsøkene i 1950-årene, ett hvert år på NLHs gårdsbruk, tok sikte på å sammenlikne vinterspredning 4 tonn/daa i jan/febr med samme husdyrgjødselmengde lagt i en stor haug ute og spredd om våren. En korrigerer her for vekttap ved lagring i haugen (ØDELIEN 1959). Husdyrgjødsla var relativt tørr og urinfattig (tørrstoff 17-24%, Tot-N 0,34-0,55 og $\text{NH}_4\text{-N}$ 0,07-0,19, P 0,11-0,15 og K 0,33-0,53%).

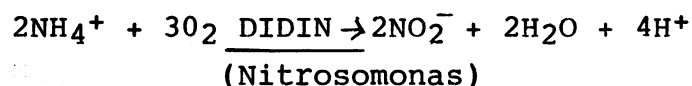
Ved å ta prøver i mai av den gjødsla som hadde ligget spredd om vinteren, fant en at mesteparten av $\text{NH}_4\text{-N}$ og K var gått tapt fra gjødsla, mens fosfortapet var mindre. Noe av disse stoffene kunne ha vært vasket ned i jorda, og likevel komme til nytte. Feltene lå i praktisk talt flatt terreng. Resultatene av forsøkene med poteter som forsøksvekst i disse årene, tyder ellers på at det aller meste av ammonium-nitrogenet i vinterspredd gjødsel faktisk

var gått tapt for plantene. Sannligvis som ammoniakk. For å oppveie den dårligere virkning av vinterspredning enn av vårspredd gjødsel måtte en bruke 1,3 - 4 kg N i salpeter ekstra pr 4 tonn gjødsel i disse forsøkene. Dette virker i seg selv ikke så avskrekkende, men forurensningsfaren begrenser som nevnt mulighetene for slik spredning de fleste steder.

Forsøk med nitrogenstabilisator (DIDIN)

DIDIN = dicyandiamid er en nitrogenstabilisator, egentlig nitrifikasjonsinhibitor, som er prøvd ut i forsøk i Tyskland og i de nordiske land i de seinere år. Det finnes også andre med tilsvarende virkning, f.eks. N-serve.

Virkingen av DIDIN består i at overgangen fra ammonium til nitritt i nitrifikasjonsprosessen hindres.



Ved å blande inn DIDIN i husdyrgjødseltanken før utkjøring om høsten, f.eks. i en mengde tilsvarende 1,5 kg pr dekar, kan en få tatt vare på lett tilgjengelig nitrogen, d.v.s. ammoniumandelen, slik at en får bedre effekt neste vekstsesong.

Virkingen er forbigående og ved svært tidlig høstspredning, kan en kanskje likevel få noe nitrifisering seint på høsten.

Hos oss er det lite aktuelt å nytte DIDIN ved vårspredning av husdyrgjødsel. Siktemålet ved nitrifikasjonsinhibitor er å få økt utnyttelse og avling av N i husdyrgjødsel, ved at tapene ved utvasking av nitrogen, som nitrat, blir redusert i den tida det ikke er plantevekst som kan utnytte nitrogen.

DIDIN inneholder 66-67 % N og brytes også ned i jorda til enkle forbindelser som karbondioksyd og ammonium/nitrat. Ved temperatur under 10°C kan det ta 8-10 uker før den hemmende effekt er borte, mens det går raskere ved høyere jordtemperaturer.

På jord med lite innhold av leir og humuskolloider vil også bindingen av NH_4^+ bli mindre, og under slike forhold vil også nedvasking av ammonium kunne bli stor. Bortvasking av ammonium fra husdyrgjødsel spredd på overflaten uten nedmolding, f.eks. på frossen mark, vil ikke forhindres ved en slik tilsetning.

Tilsetning av DIDIN vil medføre at total-N innholdet i husdyrgjødsel blir større 1.5 kg DIDIN = 1 kg N ekstra pr.dekar. I norske forsøk Tveitnes og Håland (1987) fikk en positive avlingsutslag for tilsetning, av 1.5 kg DIDIN til 5 tonn bløtgjødsel gitt om høsten. Dette var middel fra 13 forsøksfelt, derav 5 på eng (Vestlandet) 5 i ettårig raigras og 3 i korn (Østlandet). Med en pris på 24 kr pr kg DIDIN ga bruk av 1.5 kg DIDIN økonomisk gevinst for alle 3 vekster. 3 kg DIDIN ga mindre avlingsøkning enn 1.5 kg og var ikke lønnsomt.

Når effekten ble god også ved overgjødsling på eng, kan dette skyldes at både ammonium og DIDIN er blitt vasket ned i jorda, der NH_4 -ionene kan ha blitt absorbert.

11. Forurensning fra husdyrgjødsel

Husdyrgjødsel, enten den er fast eller flytende, representerer en stor potensiell forurensningskilde. Noe forenklet kan en si at mens kunstgjødsel representerer en forurensningsfare vesentlig når det gjelder nitrat i vann, så kan husdyrgjødsel medføre forurensning både med nitrogen og fosfor. I tillegg kan husdyrgjødsel forurense vann med organisk stoff. Husdyrgjødsel fører med seg sykdomssanitære problemer og sist, men ikke minst, luktproblemer.

Ved Institutt for jordkultur ble forsøk med vinterspredning av husdyrgjødsel utført i 1950-årene, men den gang først og fremst for å finne ut hva en tapte av gjødselverdien ved slik spredning. Vi forsøkte imidlertid også å få et mål på utvaskingen fra gjødsel ved å la små prøver ligge utsatt for vær og vind fra vinterspredning til våronn. I de seinere år har vi, i tillegg til slike utvaskingsundersøkelser, hatt anledning til å måle avrenningen fra forsøksparseller ca. 4m x 20m, i hellende terreng. Husdyrgjødsel er her gitt til noe ulike tider og under varierende snø- og tele-

forhold. Det synes å herske noe forvirring om mekanismene ved overflateavrenning og forurensning fra vinterspredd gjødsel. Risikoen ligger ikke først og fremst i at husdyrgjødsel er blitt bløtere enn tidligere og derfor renner vekk på overflaten. Dette kan selvsagt også forekomme ved svært uforsiktig bruk, men vi har i hvert fall ikke hatt eksempler på noe slikt fra våre forsøksparseller med helning ca. 1:10. Faren for vannforurensning henger sammen med at flere stoffer i gjødsel løses ut med smeltevann og regnvann og kan derved transporteres til vassdrag om overflateavrenning finner sted. Vannmengden i selve gjødsel, selv om den er bløt, er nok så beskjedent. F.eks. svarer 5-6 tonn bløtgjødsel jevnt spredt pr dekar til ca. 5 mm væskehøyde, mens den totale avrenning ved snøsmelting lett kan komme opp i 100-200 mm. I ugunstige tilfelle kan slike store vannmengder vaskes gjennom den utspredd gjødsel og renne videre ut i bekker og sjøer.

I våre undersøkelser har vi fått vasket ut fra 10 til over 50 prosent av fosforet i husdyrgjødselprøver som har ligget ute. Kalium, ammonium, natrium og klorid er enda lettere å vaske ut, slik at gjødsel som har ligget under snøen ofte er praktisk talt fri for innhold av slike stoffer. Den delen av nitrogenet som ikke er i ammoniumform, blir stort sett holdt tilbake i gjødsel. Av det organiske stoffet synes bare en liten brøkdel å være vannløselig, men slike stoffer setter likevel en tydelig brunfarge på avrenningsvannet fra husdyrgjødslede arealer.

Utvasket fra gjødselprøver (2-5 kg) plassert ute fra jan/febr til våronn (mai). I % av opprinnelig innhold.

	Tot-N	NH ₄ -N	P	S	Cl	K	Na	Ca	Mg
1950-58	31	92	10		71	74			
1972-77	20 -50	100	30- 50	30- 50	90- 100	85- 95	85 -95	10 (50)	5 (-50)

Bortførsel med overflatevann fra husdyrgjødslede parseller. Ås 1972-77.

Spredningsdato	Mengde i tonn/daa	Helningsgrad	Overflatevann mm	Ekstra bortførsel etter husdyrgjødsling						
				Nitrogen		Fosfor		Kalium		
				Kg/daa	% ¹⁾	kg/daa	%	Kg/daa	%	
1972:										
Mye snø	30/1	4	9	150	1,31	9	1,07	16	10,1	59
+ tele		8	9	158	1,91	7	1,97	15	23,4	67
1973:										
Litt snø, teleløsning	15/2	6	9	32	0,48	2	0,28	3,4	5,6	29
1973;										
Overfl.spredd	12/10	6	4,5	237	0,38	2	0,33	6,5	0,4	8
Nedmoldet ²⁾	12/10	6	4,5	192	-	0	0,02	0,5	-	0
1974:										
Høstgj.på eng	11/11	6	4,5	207 ³⁾	0,36	2	0,37	8	0,9	35
(tien jord)	11/11	6	9	158	0,45	2	0,25	5	0,8	34
1975:										
Ikke snø, ved	2/4	6	4,5	0						
teleløsning	2/4	6	9	0						
1977:										
Mye snø,	10/2	6	4,5	237	9,45	30	1,51	14	13,6	70
tele	10/2	6	9	218	9,65	30	1,31	13	12,2	73

- 1) Prosentandel vasket bort av tilført næringsstoff.
- 2) Høstgjødsling med og uten nedmolding. P.g.a. mindre overflateavrenning (og jorderosjon) reduserte nedpløyd husdyrgjødsel stofftapet også sammenliknet med uten husdyrgjødsel.
- 3) Den større avrenningsmengde i mm fra parsellen med 4,5 enn med 9% fall skyldes forskjell i snømengde og teleforhold.

I tabellform er gjengitt noen hovedresultater fra avrenningsforsøkene i hellende terreng ved Institutt for jordkultur. En har her bare tatt med bortføring ved overflateavrenning (snøsmelting + eventuelle overflateavrenninger i løpet av året). Også det vannet som har pas-

sert jordlag og fanget opp som grøftevann i forsøkene har inneholdt næringsstoffer. Økningen i fosfor- og kaliuminnhold i grøftevannet etter husdyrgjødsling har imidlertid vært helt ubetydelig. Høsten 1975 var det derimot en kraftig økning i nitratinnholdet i grøftevannet som følge av gjødsling med 6 tonn grisegjødsel 2. april dette året.

Fosfor er vel fortsatt det viktigste næringsstoff med hensyn til forurensning av ferskvann. Som vi ser, har tilførsel av husdyrgjødsel uten nedmolding og utenom vekstperioden medført stor økning i fosformengdene ved overflateavrenning fra disse parsellene. Til sammenligning kan nevnes at den årlige borttransport av fosfor i overflatevann + grøftevann fra parseller uten husdyrgjødsel, men med kunstgjødsel, har vært fra 0,01-0,05 kg fosfor pr dekar, noe mer fra eng enn fra åpen åker. Overflateavrenning av fosfor, når husdyrgjødsel er tilført som i forsøkene, har variert fra 1/4 kg P og opp til et par kg pr dekar, med et unntak for 1975, da opptining og opptørking satte inn like etter spredning den 2. april. Sannsynligvis har en i alle år også hatt betydelige nitrogentap i form av ammoniakk til luft, særlig i opptørkingsfasen om våren. Slike tap er ikke med her, idet en bare har hatt anledning til å måle bortførselen i avløpsvann.

Forsøket i 1972 demonstrerer for øvrig at om en har et bestemt gjødselkvantum som må ut i vintertid, så oppnår en neppe redusert tap eller forurensning ved å fordele denne gjødsel over et dobbelt så stort areal. Smeltevann- og avrenningsmengdene pr tonn gjødsel blir større om en reduserer gjødselmengden pr dekar. Et interessant og viktig forhold som går igjen i undersøkelsene, er at en gjerne får en noe forsinket utvasking av fosfor i forhold til f.eks. kalium, klorid og organisk stoff fra overflatespredd husdyrgjødsel. For de

sistnevnte er det klart størst konsentrasjon pr liter i den første avrenningen ved snøsmelting, mens fosforkonsentrasjonene er langt mindre, men holder seg til gjengjeld relativt sett høyt også etter at store mengder vann har passert gjennom gjødsla. Dette medførte f.eks. i høstgjødslingsforsøket 1974/75 at høstregnet vasket kalium, natrium, klorid og antakelig ammonium ned i jorda, slik at innholdet av disse stoffene ble lite i smeltevannet på ettervinteren 1975. Derimot fant en betydelig økt fosforinnhold i overflatevann fanget opp fra de husdyrgjødslede ruter i februar-mars. Spørsmålet kan stilles om husdyrgjødsel som faller på beite og overflatespredd på eng i sommerhalvåret kan resultere i betydelig fosforbidrag i bekker og innsjøer ved snøsmelting neste vinter. Ikke bare fra husdyrgjødsel, men også fra døde planterester, f.eks. på grasmark, frigjøres ikke ubetydelige mengder fosfor og andre næringsstoffer som kan renne av i tøvørsperioder om vinteren. (UHLEN, Vann 2, 1979.)

De store overflateavrenninger er særlig knyttet til snøsmelting på mark med fullstendig telelag. Under slike forhold vil det kunne bli et islag på jordoverflaten, og kontakten mellom smeltevann og jordoverflate blir dårlig. Dette kom til uttrykk i disse avrenningsforsøkene ved at smeltevannet fra pløyd mark uten husdyrgjødsling viste pH-verdier ned mot 4 i 1972 og ca. 4,5 i 1977. Dersom det var husdyrgjødsel i eller under snølaget var pH-verdiene i det oppsamlede smeltevann 7 til 8, samtidig som innholdet av næringsstoffer var stort:

På tien jord vil vann og næringsstoffer i større grad komme i kontakt med jord, og mulighetene for binding av f.eks. fosfor, kalium og andre stoffer er stor. I slike tilfelle vil også vannet kunne infiltreres i jorda om ikke tilførslene er særlig store. Overflateavrenning i sommerhalvåret synes å være knyttet til kraftige regn-

skyll og åpen åker som lett slemmes igjen. I vinterhalvåret kan en ha forhold med tien jord over et telelag f.eks. i mildvårsperioder. Dette kan lett gi stor jordtransport i tillegg til næringsstoffer.

De beregnede mengder av næringsstoffer referert i tabellen, viser hva som er bortført i overflatevann fra begrensede arealer med jevnt fall. Variasjonene er som en ser, betydelige fra år til år alt etter tele- og avrenningsforhold.

Et viktig spørsmål en må stille seg ved vurderingen av forsøksresultater fra slike anlegg, er om tallene også kan tas som uttrykk for de mengder av fosfor og andre stoffer som virkelig når frem til utsatte vannresipienter. Sannsynligvis vil mer eller mindre kunne fanges opp på vegen. Under forhold med sammenhengende tele av innmarka, slik som i 1972 og 1977 i dette distriktet, er det vel bare terrengmessige hindringer som kan stenge for overflatevannet. Helningsgraden av arealet der gjødsla spres betyr under slike forhold lite. Som en ser av tabellen er borttransporten like stor ved 4,5% fall som ved 9 (1:11). Sannsynligvis må det være nesten helt flatt om overflateavrenningen på helt frossen jordoverflate skal stoppe opp. Åpninger i telelaget vil kunne føre til infiltrering av overflatevann, men en skal være klar over at det i intense avsmeltingsperioder blir svært store vannmengder på kort tid.

Et område med udyrket mark, f.eks. skog med lyngdekke, mellom jordbruksarealene og vassdragene, vil sannsynligvis kunne bety mye. Selv om våre kunnskaper om teleforhold på forskjellig markslag er mangelfull, må en ha lov til å anta at en på slik mark ikke har like sammenhengende og ugjennomtrengelig tele som på innmark, og at muligheten for oppfangning av smeltevann derfor burde være langt bedre.

Forurensning av vann med nitrogen, via grøftevann fra husdyrgjødslet jord, kan få stort omfang ved bruk av overdrevent store mengder. I avrenningsforsøkene referert her har husdyrgjødsel ikke påvirket grøftevannets fosfor- og kaliuminnhold.

I en serie avrenningsforsøk med 5 og 10 tonn husdyrgjødsel fant Tveitnes (NLVF rapport 1980) økt fosforutvaskning på grunn av gjødsling bare på et myrjordfelt på Voss. Som behandlet i del I kan myrjord ha liten evne til å binde fosfor.

I lov om regulering av ervervsmessig husdyrhold (10 juni 1975) stilles krav om rimelig forhold mellom antall dyreenheter og arealer for bruk av husdyrgjødsel. Loven tar sikte på å hindre fabrikkproduksjon, uavhengig av jordbruksareal, og gjelder ved etablering eller utviding av anlegg for svin- og fjørfehold. En må imidlertid også inkludere de øvrige husdyr, særlig storfe på bruket ved beregning av arealbehov.

Arealbehovet er fastsatt med utgangspunkt i N- og P-mengdene. Dersom en bare legger P-innholdet til grunn, vil dette medføre økt krav til landbruksareal for svin, og særlig fjørfe, i forhold til storfe. Forholdet tot-N:P i gjødsel fra melkekyr, slaktegris og fjørfe kan settes til henholdsvis ^{6:1} 5:1, 4:1 og 2-3:1. Ved bruk av store mengder storfegjødsel, kan kvaliteten av fôrvekster bli uheldig påvirket både av N-overskudd (høyt nitratinnhold) og K-overskudd (i forhold til Mg og Ca).

Normer for spredeareal

Tidligere har eksistert veiledende normer for krav til areal ved husdyrproduksjonen. Ved utbygging av bruk til produksjoner som krever konsesjon, d.v.s. utbygging til mer enn 500 slaktesvin pr år eller 2000 verpehøns eller 35000 broilere pr år. Kunne slike krav gjennomføres.

For tida (1988) er nye regler for arealkrav til høring. Det foreligger 2 forslag som refereres nedenfor. I forslag I tas hensyn til både N og P-innhold i gjødsla og i II bare hensyn til P-innholdet.

En har tatt utgangspunkt i en såkalt gjødseldyreenhet som defineres som det antall av de forskjellige dyreslag som gir samme mengde N og P (I) eller bare P i gjødsla som en melkeku på årsbasis (her = satt til 86 kg N og 15 kg P).

Etter forskriftene skal det normalt være minimum 4 dekar fulldyrka jord pr. gjødseldyreenhet.

Alt I og II gir følgende antall av de forskjellige husdyr = 1 gjødseldyreenhet.

Alt I	Alt II	
1	1	Melkeku (årsproduksjon)
3	3	ungdyr storfe
2	2	hester
6	6 /o	sau og geit
3	2	avlspurker/råner
8	6	slaktesvin dyreplasser
120	50	verpehøns
500	150	broiler/slaktekylling, dyreplasser
25	10	avlstisper av rev
40	15	" mink

En merker seg at for slaktesvin opereres med antall dyreplasser, og det er regnet med 2,5 innsett pr. år (slaktesvinplass = 2,5 slakt). For broiler regnes med 5 innsett pr. år.

Etter nyere beregninger av N og P i gjødsel for gris og fjørfe og også på grunn av mulige reduksjoner av P-tilførsel i kraftfor vil det bli noe mindre sprik i de to alternative beregningene. Det er videre stor usikkerhet i tallene for N og P mengder, vel og merke i den gjødsel en har ved utkjøring, særlig for de mindre husdyr.

Korreksjon for beitetid

I prinsippet skal kravet til spredeareal korrigeres for den tid dyra er på beite, dersom beiting ikke foregår på fulldyrka jord. Ved 3 mnd beitetid for storfe blir kravet derfor 3 dekar og ikke 4 dekar fulldyrka spredeareal. Det er satt en grense ved 3 dekar, uansett om beitetida kan være lenger, f.eks. for sau. Videre kan det bli vanskelig å vurdere andelen av gjødsla f.eks. fra storfe, som på årsbasis må samles opp, dersom det praktiseres delvis inneforing.

En regner ikke med at beiteareal bør tilføres mer husdyrgjødsel enn det som faller fra dyrene. Dette også fordi at slike beiter, dvs. naturmark og overflatedyrka ofte er utsatt for næringsstoffavrenning, (kupert terreng, tynt jordlag og dårlig plantedekke) På arealer som ikke kan pløyes vil ved stadig tilførsel bli en opphopning av f.eks. fosfor i overflatesjiktet, noe som kan øke overflateavrenningen.

12. Virkingen av husdyrgjødsel

Forsøk på en kvantitativ analyse av husdyrgjødsels virkning på plantevekst, byr på vanskeligheter. Den inneholder alle stoffer plantene trenger og har mange slags virkninger på stoffomsetning, fysiske forhold i jord m.m.

En fremgangsmåte er å undersøke hvor stor del av de tilførte næringsstoffer i husdyrgjødsel faktisk er tatt opp av plantene i forsøk. I slike forsøk bør en samtidig ha med kunstgjødsel, slik at effektiviteten av stoffene i husdyrgjødsel kan vurderes relativt med næringsstoffer i kunstgjødsel som målestokk. Slike forsøk bør helst være anlagt med flere trinn av husdyrgjødsel og kunstgjødsel og fortsettes en rekke år.

a. Nitrogeneffekten.

Det er effektiviteten av N i husdyrgjødsel som selvsagt varierer mest, avhengig av gjødsels kvalitet og de mange muligheter for tap. En gjør vanligvis ikke stor feil ved å gå ut fra at P og K i husdyrgjødsel er likeverdig med P og K i kunstgjødsel, forutsett jevn spredning og at de tilførte mengder i kg pr dekar er av samme størrelsesorden.

Av nitrogenet i husdyrgjødsel er noe i form av ammonium, eventuelt også litt som nitrat. Dette mineralske N, skulle egentlig være like bra som kunstgjødsel-N, dersom gasstap unngås. Praktisk talt hele N-mengden i urin er i en slik lettilgjengelig ammoniumform, mens mye av fraksjonen total-N minus $\text{NH}_4\text{-N}$ i den faste gjødsla vil virke seint og er i det hele mindre effektiv.

I Nederland har SLUIJSMANS og KOLENBRANDER 1977 (Proc.Int.Sem. Tokyo 1977) forsøkt å karakterisere N-fraksjonene i husdyrgjødsel på følgende måte:

$$N \text{ total} = N \text{ min} + N \text{ tilgj.1.år} + N \text{ rest}$$

N min. er innholdet av mineralsk N, det vil si, NH_4 -N-andelen. Videre opereres med en del av total-N minus NH_4 -N som blir frigjort i løpet av første året. Dette er kalt lett tilgjengelig, mens rest-N frigjøres bare svært langsomt. Modellen har den svakhet at N frigjort 1. år, likevel ikke kan regnes å komme til nytte i sin helhet i gjødslingsåret. Tilføres husdyrgjødsel om våren, er det bare den del som blir frigjort i løpet av de første par måneder, avhengig av vekstslag, som kommer til nytte første vekståret. Forfatterne er kommet frem til en fordeling på de to siste N-fraksjoner ut fra nedbrytningshastigheten av organisk stoff i de forskjellige husdyrgjødselslag. De fant at av totalinnholdet av organisk stoff i storfegjødsel ble ca. 50% brutt ned i løpet av ett år, mens tilsvarende tall for grisejødsel og hønsegjødsel var 70%. Dette ga følgende tall for de 3 fraksjoner:

	N min.	N tilgj. 1. år	N rest
FYM	10	44	46
Cattle slurry	50	25	25
Pig slurry	51	34	15
Poultry slurry	54	32	14

FYM (=farmyard manure) er vanlig relativt fast gjødsel, mens slurry står for bløtgjødsel av storfe, gris og fjørfe.

Tallene bør neppe brukes direkte hos oss. Etter vår erfaring kan nok andelen som brytes ned og mineraliseres første år være langt mindre. Det er likevel interessant å merke seg at en har funnet at det ikke mineraliserte nitrogenet i gris- og fjørfegjødsel frigjøres raskere enn i storfegjødsel.

Når det gjelder effektiviteten av de tre fraksjoner, i forhold til kunstgjødsel-N, er den for N min sett til 80% (på grunn av gassformig tap), for N frigjort første år 70% og for den lille andelen av rest-N som frigjøres årlig til ca. 60%. På riktig lang sikt kommer en da til at utnyttelsen av N i vanlig storfegjødsel kan nå opp i 2/3 av N i kunstgjødsel, og for bløtgjødsel og gjødsel fra de andre dyreslag noe høyere.

Ut fra norske og danske undersøkelser har en kommet til at effektiviteten, utnyttelsen av N i husdyrgjødsel er rundt det halve av N i kunstgjødsel når ettervirkning i de nærmeste år er inkludert. I gjødslingsåret har virkningsgraden ofte vært langt mindre, noe som også har sammenheng med at de tilførte mengder N totalt sett har vært større i husdyrgjødsel- enn i kunstgjødseleddene.

6. Utnyttelse av N, P og K i langvarige forsøk.

Et forsøk i lysimeterceller på Ås (ØDELIEN og VIDME Meld.NLH 1945) er godt egnet til å sammenlikne førsteårsvirkning og ettervirkning fordi det ble dyrket samme vekst hvert år (poteter).

Næringsopptak fra husdyrgjødsel i prosent av tilført. Lysimeterforsøk 1938-41:

	1.år	2.år	3.år	4år	Sum
N	26,2%	7,9%	2,3%	1,1%	37,5%
P	16,2%	3,2%	4,7%	1,5%	25,6%
K	40,6%	11,1%	6,6%	3,0%	61,3%

Husdyrgjødsel, gitt i mengde tilsvarende 6 tonn pr dekar første år, inneholdt 0,5% tot-N, 0,24% NH_4 -N, 0,07% P og 0,44% K.

Merinnholdet av N i avlingene etter gjødsling med like mye nitrogen i kalkkammonsalpeter fordelt på alle 4 år utgjorde 66%. Den opptatte N-mengde fra husdyrgjødsel svarer altså til 57% av det som er tatt opp fra kunstgjødsel. Dette er et høgt forholdstall, dels fordi det ble brukt gjødsel med stort innhold av $\text{NH}_4\text{-N}$, og dels fordi gjødsla ble nedmoldet straks for å unngå ammoniakktap.

I noen langvarige gjødslingsforsøk ved NLH (UHLEN Forskn.fors. i landbr. 1956) ble det tilført 6 tonn husdyrgjødsel hvert 6. år til poteter. Nedenfor gjengis opptatt N, P og K i prosent av tilført i husdyrgjødsel i middel for de to første omløpsperioder à 6 år.

Meropptatt i prosent av tilført i husdyrgjødsel:

	Potet	Korn	1.års eng	2.års eng	3.års eng	Korn	Sum
N	8,0	3,9	1,0	1,2	3,0	3,3	20,4
P	4,6	3,5	0,6	1,5	1,5	2,6	14,3
K	26,7	1,9	3,1	5,2	6,2	2,4	45,5

Husdyrgjødsla inneholdt ca. 0,4% N, 0,03% $\text{NH}_4\text{-N}$, 0,12% P og ca. 0,5% K.

I begge de refererte undersøkelser er opptatt i overjordisk avling regnet ut som en differanse mellom ledd med husdyrgjødsel og helt uten gjødsling. Dersom husdyrgjødsel var gitt i tillegg til kunstgjødsel ville resultatet sannsynligvis ha vist mindre utnyttelse av næringsstoffene i husdyrgjødsel. Fremgangsmåten har derfor visse svakheter. I de langvarige markforsøk ble utnyttelsen av tilført N i kunstgjødsel årlig i de samme 12 år 42-45%, her målt

som differanse mellom ledd med kunstgjødning + husdyrgjødning og ledd med bare husdyrgjødning. Når utnyttelsen av N i husdyrgjødning er så pass dårlig, henger det nok særlig sammen med at husdyrgjødsel var svært urinfattig, nesten fri for $\text{NH}_4\text{-N}$ i de langvarige forsøkene.

Lysimeterforsøket med poteter og de langvarige markforsøk med et allsidig vekstomløp viser visse likheter når det gjelder utnyttelsen av N, P og K i husdyrgjødning, på tross av at nivået er forskjellig i de to tilfelle. Vi ser at kalium er det stoff som utnyttes relativt best det første året. Kalium i husdyrgjødning er lett tilgjengelig og en overskuddstilførsel medfører ofte et luksusopptak i gjødslingsåret. Fosfor, på den annen side, viser mindre utnyttelse første år, og relativt større ettervirkning i de etterfølgende år. Utnyttelsen av nitrogen kommer mer i en mellomstilling mellom kalium og fosfor. Markforsøkene ble fortsatt med ytterligere 3 omløpsperioder à 6 år med 6 t husdyrgjødning hvert 6 år. Deretter ble målt ettervirkninger av husdyrgjødning og kunstgjødning i en 10-årsperiode. Når en summerer opp hva som er kommet til nytte av det tilførte i de to første omløpsperioder, og hele forsøksperioden under ett, får en følgende:

	Første 12 år:	Hele perioden, 40 år:
N i husdyrgjødning	20,4%	36,8% av tilført
P " "	14,3%	32,5%
K " "	45,6%	73,5%
N i kunstgjødning	43%	60%
P " "	9,2%	21,8%
K " "	46,7%	74%

Den betydelige økning i meropptatt N, P og K i prosent av tilført, med årene har en parallell i økte meravlinger for alle tre stoffer etterhvert som årene går. Helt uten gjødsling ble avlingene etterhvert svært små, og differansene mellom med og uten tilførsel både i avling og næringsopptak vil derfor øke på. Ved en slik utarming av næringsstofforrådet, kommer det klart frem at gjødsling kan ha svært langvarige effekter. Dette gjelder til og med gjødsling med N i kalksalpeter, som er brukt i disse forsøkene. Som ventet, har likevel N i husdyrgjødsel relativt størst ettervirkning. I de første 12 år er den relative utnyttelsesgrad for N i husdyrgjødsel i forhold til N i kunstgjødsel $\frac{20,4 \times 100}{43} = 47\%$, mens tilsvarende tall for hele perioden under ett er 61%. Fortsatt var det etter 40 år, i følge jordanalyser, større N-innhold i jorda med enn uten gjødsling, og noe av dette kan i hvertfall teoretisk komme til nytte i tillegg til det som er utnyttet i forsøksperioden. Når utnyttelsen av N i husdyrgjødsel likevel ikke kommer helt på høyde med utnyttelsen av N i kunstgjødsel, skyldes det nok vesentlig tapene av NH_3 som ikke kan unngåes. Nyere danske undersøkelser tyder også på at tapet av N ved denitrifikasjon kan bli større for N i husdyrgjødsel enn for N i kunstgjødsel (S.CHRISTENSEN NJF 1981).

Den større utnyttelsesgrad av P i husdyrgjødsel enn av P i kunstgjødsel i disse langvarige forsøk, skyldes nok først og fremst at meropptatt P fra husdyrgjødsel er regnet ut i forhold til helt ugjødslet jord, mens tilsvarende tall for kunstgjødsel-P er differanser mellom ledd med kunstgjødsel + husdyrgjødsel og ledd med bare husdyrgjødsel. Den store meravling for husdyrgjødsel i forhold til ugjødslet (som forøvrig ikke bare skyldes bedre P-forsyning) har

medført et ekstra P-opptak. På den annen side viser blant annet danske undersøkelser at fosfor i husdyrgjødsel står fullt på høyde med P i kunstgjødsel.

I mange karforsøk ved Jordkulturforsøkene har P i dyregjødsel virket like godt som P i superfosfat alt første året, selv om gjødsla var lite gjæret. Karforsøk andre steder har i hovedsaken gitt samme resultat. I visse tilfelle synes dyregjødsla til og med å være en bedre fosforkilde enn superfosfat. Dette kan skyldes at hele gjødselmassen og/eller organiske kolloider til en viss grad beskytter fosfatjonene mot uheldig binding i jorda.

Utnyttelsen av K i husdyrgjødsel og kunstgjødsel er kommet ut helt likt i de langvarige forsøkene. Det ble sterk K-mangel på disse feltene, og avlingsutslagene var store også for K i kunstgjødsel i tillegg til husdyrgjødsel. Som nevnt flere ganger er storparten av K, også i de faste ekskrementer, vannløselig. I karforsøk har en riktignok funnet litt mindre opptak (10-13%) av K første året fra lite gjæret urinfri storfegjødsel enn fra kunstgjødsel. Av større betydning er det likevel at husdyrgjødsling ofte representerer en overdosering av K, fordi en ønsker å bruke store mengder husdyrgjødsel ad gangen. Dette medfører et luksusforbruk første året, altså et opptak av K som ikke følges av økt avling. Totalt, for en årrekke, kan derfor avlingseffekten av K i husdyrgjødsel bli noe mindre enn av K i kunstgjødsel som jo blir fordelt ved årlig tilførsel i mer moderate mengder.

c. Nyere forsøk med tildels store gjødselmengder

Hittil har vi vesentlig tatt for oss undersøkelser der husdyrgjødsel er gitt i moderate mengder og der en i forsøkene har tatt sikte på den best mulige behandling av gjødsla f.eks. jevn spredning og rask nedmolding. I praksis er dette ikke så lett å gjennomføre.

I årene 1956-61 ble gjennomført 35 ettårige forsøk med stigende mengde husdyrgjødsel og kunstgjødsel til poteter (BÆRUG Forsk. fors. Landbr. 1964). Nedmoldingen ble overlatt til vedkommende forsøksvert og kvaliteten av denne varierte sannsynligvis noe. Kvaliteten av husdyrgjødsla varierte, som en måtte vente, sterkt fra felt til felt. I middel var total-N 0,48%, NH_4 -N 0,16, P 0,12 og K 0,44% i de innsendte gjødselprøver.

Tilførte mengder næringsstoffer og avling i knoller og tørrstoff pr dekar ble i middel:

	Uten gjødsling	Husdyrgjødsel Tonn/daa			Fullgj. B + PK-gjødsel		
		3	6	9			
Tot-N	0	14,4	28,8	43,2	4,1	8,1	12,2
NH_4 -N	0	4,8	9,6	14,4			
P	0	3,6	7,2	10,8	3,4	6,7	10,1
K	0	13,2	26,4	39,6	12,5	24,5	36,5
Kg knoller/ daa	2130	2540	2740	2800	2540	2690	2830
" tørrstoff	509	580	603	605	588	605	614

En tok sikte på å tilføre omtrent like mye P og K i kunstgjødsleddene som ved stigende mengde husdyrgjødsel.

Avlingsresultatene kan tolkes derhen at husdyrgjødsel har hatt en N-effekt som omtrent svarer til 85% av $\text{NH}_4\text{-N}$ -innholdet, når N i kunstgjødsel settes til 100.

Nå er det neppe tvil om at noe av det øvrige nitrogen i gjødsel også må ha kommet til nytte. Derav følger at effekten av $\text{NH}_4\text{-N}$ i husdyrgjødsel må ha hatt en dårligere relativ effekt enn 85%. Tar en hele N-mengden i betraktning, vil virkningsgraden av N i husdyrgjødsel bli 28% i forhold til kunstgjødsel. Dette gjelder vel å merke bare første års virkning.

Som en ser, har det ellers vært lite å vinne ved de største gjødselmengder. Det er en antydning til at store mengder husdyrgjødsel har redusert tørrstoffinnholdet i knollene noe mer enn kunstgjødsel. Dette kan skyldes at Cl-tilførselen har vært størst ved bruk av husdyrgjødsel.

Forsøk med store mengder bløtgjødsel er utført både med grønnfôrvekster og til eng av TVEITNES (Meld. NLH 1979). Feltene er fra flere landsdeler. Storfegjødsel, som ble brukt på de fleste av feltene, inneholdt i middel 12,4% tørrstoff, 0,42% Tot-N, 0,19% $\text{NH}_4\text{-N}$, 0,12% P og 0,41% K.

Husdyrgjødsel til grønnfôrvekster (forraps, nepe, kålrot, formargkål)

10 forsøk	Uten gjøds- ling	Husdyrgj. i 2 år				Fullgj. A	
		Tonn/daa/år				kg/daa	
		5	10	20	30	100	200
Kg tørrstoff 1.år	604	678	729	801	806	758	842
pr dekar 2.år	288	403	477	507	507	420	507

1. år: Grønnfôr. I 2. år: Gjenlegg til eng el. raigras. I 3. og 4. år er målt ettervirkning som utgjorde 30-40% av totalmeravling i sum for 4 år.

Utnyttingsgrad. Meropptatt i % av tilført. Sum 4 år.

10 forsøk	Uten gjøds- ling	Husdyrgj. i 2 år				Fullgj. A	
		Tonn/daa/år				kg/daa	
		5	10	20	30	100	200
Tot-N	-	9	11	10	8	26	26
NH ₄ -N	-	(22)	(25)	(25)	(20)		
P	-	5	6	5	4	6	7
K	-	36	33	26	20	39	40

Husdyrgjødsel til eng

6 forsøk	Uten gjøds- ling	Husdyrgj. i 2 år				Fullgj. A	
		2,5	5	10	15	100	200
Kg tørrstoff 1.år	666	787	857	935	960	1116	1265
pr dekar 2.år	595	823	964	1072	1112	1205	1312

+ Ettervirkning i 3. og 4. år = 20% av totalvirkning 1-4 år

		Utnyttingsgrad % av tilført. Sum 4 år :					
Total-N	-	27	27	21	14	73	37
NH ₄ -N	-	(52)	(52)	(46)	(40)		
P	-	12	10	7	6	28	18
K	-	45	40	30	25	59	46

Som en skjønner er det urimelig store mengder som er brukt i disse forsøkene. Med 30 tonn er, etter analysene, tilført i middel 120-130 kg N/daa derav halvparten NH₄-N, og i middel 30-40 kg P og 120 kg K i to år på rad. Likevel har disse store mengder ikke medført skadevirkninger i noen særlig grad, selv om avlingene selv sagt heller ikke fortsetter å øke for de aller største mengder. Utnyttingsgraden av stoffene må bli liten under slike forhold. På eng er mengdene halvert, maks. 15t/daa i to år. Ved samme mengder

f.eks. 5 og 10 t er overraskende nok, utnyttelsen av næringsstoffene i husdyrgjødsel bedre for eng enn for fôrvekster i åpenåker.

Ved Statens forskningsstasjon Fureneset, og i det tilhørende forsøksdistrikt, er undersøkt virkningen av gylle til eng. Denne inneholder bare ca. 4% tørrstoff. N-innholdet var 0,24%, derav 0,16% $\text{NH}_4\text{-N}$, videre 0,04% P og 0,23% K i følge mange analyser.

Fra en serie på 9 forsøk som gikk i 3-4 år med gylle om våren (Næss og Myhr Forskn.fors. i landbr. 1976) gjengis:

	Hl gylle/daa					Kg fullgj F
	20	40	60	80	100	75
Kg høy 1. slått	553	578	612	628	637	642
" " 2, "	379	385	412	415	433	421

Etter slått ble gitt 50 kg fullgjødsele F til alle ledd.

I to langvarige forsøk med gylle både om våren og etter 1 slått fikk en følgende resultat (Myhr Forskn.fors. i landbr. 1979):

	Tonn vår + etter 1. slått				Kg Fullgj.F
	4+4	8+4	8+8	12+8	75+50
1+2 forsøksår	958	1122	1214	1267	1370
3+4	1235	1455	1445	1501	1238
5+6	1220	1331	1214	1218	1204
Middel 6 år	1138	1303	1291	1329	1271
7 år ugjødslet	888	882	952	998	555
pH 5-6 år	6,1	5,6	5,6	5,6	5,2
P-Al	7,4	11,8	19	19	7,5
K-Al	8,7	14	20	32	8,6
Mg-Al	17	21	29	30	10

8+4 tonn gylle (=28 kg tot-N, 16 kg $\text{NH}_4\text{-N}$, 4,4 kg P og 29 kg K) har ekvivalent 125 kg F (=20 kg N, 3,8 kg P og 19 kg K) i avlings-effekt.

Utviklingen her synes å være at virkningen av gylle, i forhold til en bestemt gjødsling med fullgjødsel, har tiltatt noe med årene, og har gitt en klart større ettervirkning i det 7. år. Det advares mot de største mengder gylle, fordi dette har økt kvotienten $K/Ca+Mg$ i milliekv. i grastørrstoffet fra 2 til ca. 3. Når denne kvotienten er over 2-2,5 kan det være fare for grastetani ved ensidig grasforing.

Ved Fureneset er også utført et par langvarige forsøk med land til eng om våren (Næss. Forsk. Fors. Landbr. 1975). Det ble gitt superfosfat i tillegg, da land vanlig inneholder svært lite fosfor. Virkningen av land var meget god. I middel for 12-14 år var dekaravlingene ca. 500 kg høy uten gjødsling, mot 1300 kg ved 30 hl land (=16 kg N) + fosforgjødsling. Dette tyder på at land + superfosfat er en fullverdig gjødsling til eng om våren. Ved overgjødsling etter 1 slått er faren for ammoniakktap langt større på grunn av høgere temperatur.

Husdyrgjødsel til vårkorn kan være aktuelt ikke minst ved kombinasjonen korn-gris eller korn-fjørfehold.

Kornartene, og i særlig grad bygg, må ha næringsstoffene tilgjengelig i første del av veksttida, og er følsomme for overdosering med nyttbart N (legde).

I 8 forsøk med bløtgjødsel til korn, 4 i Nord-Trøndelag og 4 på Østlandet ble forsøkt stigende mengder av grisegjødsel (4 felt), storfegjødsel (3felt) og fjørfegjødsel på et felt (TVEITNES Norsk Landbruk 8/79). Innholdet av total-N var 0.35-0.40 og NH_4 -N 0.25-0.28. Gjødsla var svært bløt, hønsegjødsel inneholdt bare 2,4% tørrstoff.

Resultatene som gjengis her, viste at slik bløtgjødsel virket meget bra til korn, og hadde også en målbar ettervirkning året etter. Vi merker oss ellers at kombinasjonen 2 t. husdyrgjødsel + fullgjødsel har gitt størst avling av alle ledd. I ettervirkningsåret ble gitt 35 kg fullgj. D til alle ledd.

Husdyrgjødsel og fullgj. D til korn

Tonn bløtgj./daa	0	2	4	8	2	0	0
Kg fullgj.D "	0	0	0	0	30	30	60
Kornavling, 8 felt	184	316	387	369	400	352	379
Legdeprosent 6 "	2	6	22	65	30	6	42
+ Ettervirkn. i 2 år							
Korn 5 felt	373	374	391	405	375	374	362

Vurdert ut fra såvel avlingsmengde som legdeprosenten kan en si at 2 eller 3 tonn tilsvarer 30 kg fullgj.D (6 kg N).

NH₄-N-tilførselen i 2 tonn er i middel 5-5,5 kg.

I noen tidligere forsøk med bløtgjødsel til korn fant Lyngstad (1972) følgende:

Tonn bløtgj./daa	0	0	0	3	3	3
Kg N i kalksalp. (+PK)	4	8	12	0	4	8
Kornavling 7 felt	382	377	400	388	402	407
Halmavling	336	364	400	364	387	408

Kornavlingene viser noe avvikende resultat for 8 kg N i forhold til 4 og 12, men vurdert også ut fra halmavling, kan en si at 3 tonn bløtgjødsel her har tilsvart 8kg Ni kunstgjødsel, noe som gir en virkningsgrad for N i bløtgjødsel på 50-60 prosent i forhold til kalksalpeter.

På kort sikt må en i gjødselplanlegging vesentlig ta hensyn til N, P og K i husdyrgjødsel, slik at en får en rimelig tilførsel av disse tre hovednæringsstoffene. Men over noe lengre tidsrom, i visse tilfelle også på kortere sikt, har husdyrgjødsel andre virkninger, som kan ha atskillig interesse. Flere langvarige markforsøk på forskjellige steder i verden tyder på at avlingene i lengden ofte holder seg noe bedre oppe ved gjødsling med husdyrgjødsel enn når en bruker bare kunstgjødsel. Videre er det godt gjort at samtidig gjødsling med både husdyrgjødsel og kunstgjødsel i visse tilfelle virker særlig godt.

Magnesiuminnholdet i husdyrgjødsel kan bety en del for plantenes magnesiumforsyning, framfor alt ved bruk av noe større mengder (se del I). Ved intensiv planteproduksjon på sandjord i Rygge, ble det til dels kraftig og nokså utbredt magnesiummangel i midten av 1950-åra. Dette ble tildels sett som en følge av at disse dyrkerne ikke lenger hadde husdyrgjødsel.

Svovel i husdyrgjødsel må en kunne regne med er delvis lett tilgjengelig og til dels mineraliseres, tilsvarende nitrogen, fra den organiske fraksjonen.

Borinnholdet i 6 tonn urinrik storfegjødsel svarer til ca. 0,2 kg boraks (med 15% bor), en mengde som straks kan ha merkbar virkning, når den er jevnt fordelt. God virkning er påvist ved forsøk og iaktatt i praksis mange ganger. Som eksempel refereres noen tall etter JAMALAINEN (Finland). De gjelder forsøk med 8 tonn gjødsel pr dekar til kålrot, som var utsatt for vattersott. Tallene viser den relative mengde av syke røtter.

Forsøk nr	Røtter med bormangel	
	Med husdyrgjødsel	Uten husdyrgjødsel
1	2,7%	73,0%
2	6,0%	31,3%
3	7,2%	84,5%
4	27,5%	57,3%

Husdyrgjødsel inneholder også kopper, mangan og andre stoffer som sikkert kan bety noe under visse forhold og særlig på lang sikt. I et karforsøk med havre dyrket i kvitmosetorv sammenliknet vi ved Institutt for jordkultur for noen år siden virkningen av like mengder kopper i husdyrgjødsel og i koppersulfat. I forsøket ble brukt fersk, fast storfegjødsel med et innhold av 2,5 g Cu pr tonn gjødsel (sv. til 9,8 g koppersulfat). Kornavling og kornprosent for de ulike ledd ble:

	Uten kopper g korn pr kar	Kopper tilført			
		som koppersulfat i husdyrgjødsel			
		g korn pr kar	korn pst.	g korn pr kar	korn- pst.
Uten kopper	0				
2,5 g Cu pr dekar	0	0	0	0	0
5,0 " " " "		1,2	1,7	0,7	0,9
10,0g " " " "		17,5	21,6	13,6	16,5
20,0g " " " "		31,9	39,3	33,1	38,5
1,27kg " " " "		39,6	44,5		

En legger her merke til at i denne torven har stigende koppermengder virket gunstig. Det er ingen tydelig forskjell mellom kopper i husdyrgjødsel og i koppersulfat.

De relativt store mengder av organisk stoff i husdyrgjødsel har betydning på flere måter. Største delen blir omsatt og nedbrutt av mikroorganismer i løpet av forholdsvis kort tid, en mindre del holder seg lenge.

Den lett omsettelige del tjener som nærings- og energikilde for mikroorganismene i jorda. Den forbigående stigning i kimtallet, som visstnok er vanlig etter gjødsling med husdyrgjødsel, skyldes vesentlig de organiske og uorganiske næringsstoffer den inneholder. Denne næringstilføring resulterer i en rask formering av mikroorganismene opp til den grense miljøet setter. Den store mengde av levende mikroorganismer i gjødsel spiller nok vanlig en underordnet rolle, men den kan ha betydning for visse patogene organismer (eks. klumprot) og til dels på nybrott.

Eventuelle virkninger av husdyrgjødsel ved innhold av hormoner, vekststoffer, sykdomsorganismer etc. går vi ikke inn på her.

Hvordan omsetningen av organisk stoff kan virke på nitrogenhusholdningen i jorda, er omtalt før. Nedbrytingen resulterer i utvikling av en betydelig mengde CO_2 . Når vi t.eks. gjødsler med 6 tonn husdyrgjødsel pr dekar, tilfører vi noe slikt som 900 kg organisk stoff med rundt regnet 50% karbon. Antar vi at 50% av det organiske stoff blir helt nedbrutt i løpet av ett år, svarer dette til vel 800 kg CO_2 . Om vi regner at bare 33% av karbonet går over i uorganisk form første året, blir CO_2 -mengden ca. 550 kg. Tallene kommer opp mot de mengder en regner for middels årsproduksjon av CO_2 i normal kulturjord. Teoretisk kan en større karbondioksydproduksjon ha betydning både for frigjøringen av næringsstoffer i jorda og for fotosyntesen. Hvilken rolle det faktisk spiller, vet vi lite om.

Ved nedbrytingen av det organiske stoff blir det frigjort varme. På Askov målte en temperaturen 5 cm under overflaten både i jord som var gjødslet med 12 tonn husdyrgjødsel pr dekar og i jord tilført handelsgjødsel. Målingene strakte seg over 40 dager

etter gjødsling og viste hele tiden litt høyere temperatur i jord med husdyrgjødsel, i middel varierende fra $0,3^{\circ}\text{C}$ kl 2100 til $1,0^{\circ}\text{C}$ kl 1400. Ved riktig sterk gjødsling kan altså temperaturstigningen under visse forhold kanskje ikke være helt uten betydning. Organisk stoff i husdyrgjødsel kan også ha en viss betydning for jordstrukturen. Denne virkning kan være merkbar straks.

De mer bestandige organiske stoffer som holder seg i jorda i lengre tid, er særlig huminsyrer som dannes under lagringen og i jorda, og dels kanskje også visse særlig resistente bestanddeler i fôret. Markforsøk av tilstrekkelig varighet viser at mineraljord med tiden får litt større innhold av organisk stoff ved gjødsling med husdyrgjødsel enn ved bruk av bare kunstgjødsel. På Askov var humusinnholdet i jorda etter 30 års gjødsling med husdyrgjødsel svarende til 900 kg pr dekar og med like mye N, P og K i kunstgjødsel:

	Ugjødslet	Gjødslet med	
		kunstgjødsel	husdyrgjødsel
Sandjord	1,86	2,08%	2,23
Leirjord	2,79%	2,94%	3,17%

Da humusinnholdet ikke ble bestemt den gang forsøket begynte, kan en ikke skille mellom øking og reduksjon som årsaker til forskjellen.

På et forsøksfelt med kontinuerlig hvetedyrking på Rothamsted er forskjellen mye større. Tallene nedenfor viser humusinnholdet i jord med ledd henholdsvis uten gjødsel, med husdyrgjødsel og med kunstgjødsel etter 74 år. Det ble brukt gjennomsnittlig ca. 3500 kg husdyrgjødsel pr dekar og en kunstgjødselblanding med atskillig mindre N, P og K. Jorda er stiv leirjord.

Hvetedyrking	Ugjødslet	Gjødslet med	
		kunstgjødsel	husdyrgjødsel
	2,62%	2,87%	6,50%

Her har humusinnholdet tiltatt sterkt ved gjødsling med husdyrgjødsel, men mengdene er større enn det en kan regne med blir produsert via grovforet på en gård med allsidig driftsopplegg. (I Norge ca 1,4 tonn husdyrgjødsel pr dekar og år ved antatt fordeling på hele jordbruksarealet.) Ved å regne om differansene i det prosentiske humusinnhold i jord med husdyrgjødsel og kunstgjødsel til absolutte mengder og, sette disse i relasjon til mengden av organisk stoff som er tilført i husdyrgjødsel, skulle en kunne få omtrentlige uttrykk for hva det organiske stoff i husdyrgjødsel betyr for humusinnholdet i jorda på lang sikt. Forutsetningen skulle strengt tatt være at de to slags gjødsel har gitt noenlunde like store avlinger. Ved større avlingsforskjell vil det vanlig også være en viss skilnad i rotmasse og andre planterester som blir igjen i jorda. Den positive effekt av kunstgjødsel som vist foran, har selvsagt sin årsak i økt mengde av røtter og avlingsrester.

I langvarige forsøk her i landet har en ved jordanalyse søkt å måle forskjell i humusinnhold som en følge av lang tids husdyrgjødsling. Her skal en nøye seg med å angi resultatene i målt differanse som prosent av tilført C og N i husdyrgjødsel. En har i mange tilfelle måttet anslå tilført mengde karbon, C, da en ikke har hatt slike analysetall for husdyrgjødsel. En har gått ut fra at C-innholdet er 50% av tørrstoff (minus aske) i husdyrgjødsel.

I langvarige gjødslingsforsøk på Ås utgjorde etter 35 år differansene i jorda 17 og 29% av henholdsvis C og N, beregnet tilført i husdyrgjødsel i hele perioden. Tilsvarende omtrentlige beregninger for et langvarig forsøk på Møystad, Hedmark var 16 og 27% av C og N tilført i husdyrgjødsel i løpet av 50 år.

I langvarig gjødslings- og omløpsforsøk ved NLH utgjorde differansene i jorda i 1978 mellom med og uten tilførsel av husdyrgjødsel etter 25 år, 16% for C og 25% for N.

Tallene er i alle 3 tilfelle nokså omtrentlige. En må gå ut fra en viss volumvekt og matjorddybde. C-innholdet i gjødsla er i alle 3 tilfelle satt til 9% av råvekt. (18% org.tørrstoff med 50% C).

Med den type husdyrgjødsel som er brukt i disse forsøkene, dvs. relativt strørik og urinfattig, vil en større del av husdyrgjødselens N-innhold enn av C-innholdet bli tilbake i jorda i form av relativt varige moldstoffer. Slik husdyrgjødsel vil ha et C/N forhold på 20-25. I jorda innstiller C/N forholdet seg på ca. 10:1 (her 11:1 på Ås-feltene og 9:1 på Møystadfeltet). En stor del av karbonet vil brytes ned, til CO_2 , og omdannelsesproduktene blir gradvis rikere på N i forhold til C.

Bløtgjødsel, som nå er den mest aktuelle husdyrgjødsel, vil, også fra storfe, ha et C:N forhold på rundt 10:1 eller helst noe snevere. Konsekvensen av dette blir sannsynligvis at slik husdyrgjødsel, i forhold til tilført N og andre næringsstoffer, vil gi en mindre rest i form av variere moldemner. Om humusutbyttet vil bli større eller mindre i forhold til tilført karbon for bløtgjødsel, sammenlignet med gammeldags husdyrgjødsel, er et åpent spørsmål.

Totalvirkningen av husdyrgjødsel kan måles med den meravling en får av en viss mengde gjødsel. En må bare være oppmerksom på at meravling ikke bare bestemmes av gjødselas egenskaper (gjødselkvaliteten), men også av jordas næringstilstand og andre jordegenskaper, gjødselmengden, været, veksten og mange andre faktorer.

Vanligere er det å sette husdyrgjødselas virkning i relasjon til kunstgjødsel. For å kunne sammenlikne husdyrgjødsel og kunstgjødsel må en iallfall i praktiske forsøk holde seg til innholdet av N, P og K. Denne forenkling er ikke vitenskapelig korrekt, men praktisk sett har den mye for seg. I noe eldre tid var en svært opptatt av at en på grunnlag av forsøksresultatene skulle komme til en beregnet pris pr tonn gjødsel. Imidlertid må husdyrgjødsel brukes i jordbruket uansett hvilke verdi en setter på den. Blant annet betyr ofte feilaktig bruk og dårlig utnyttelse av husdyrgjødsel økt forurensning.

f. Virkning til forskjellige vekster

Med støtte i de eldre danske og norske forsøk, og kjennskap til næringsopptak og næringsbehov hos de forskjellige vekster, kan en foreta en gruppering etter vekstenes evne til å gjøre seg nytte av husdyrgjødsel.

Poteter og rotvekster rangeres vanligvis først når det gjelder bruken av husdyrgjødsel. I de danske forsøk virket husdyrgjødsel meget godt sammenlignet med kunstgjødsel til poteter og kålrot. En må regne med at nepe og formargkål og forraps kommer i samme stilling. Et viktig forbehold gjelder likevel om en har klumprot-smitte på gården. Forraps og kålrot er mer utsatt enn formargkål og enkelte nepeslag.

Til beter har husdyrgjødsel i de danske forsøk ikke stått så godt som f.eks. potet og kålrot.

Kornartene nytter husdyrgjødsel dårligere enn vekster med lang veksttid, men likevel er det aktuelt med husdyrgjødsel til korn, både vårkorn og høstkorn.

Som nevnt tidligere må husdyrgjødsel brukes i stor utstrekning på eng i mange landsdeler. I innlandsstrøk der en har tilstrekkelig med åpen åker, forsøker en å få husdyrgjødsel moldet ned i de fleste tilfelle. Ved overgjødning med fast gjødsel må en regne med ammoniakktap. Virkningen blir altså mindre enn når gjødsel moldes ned, særlig hvis den inneholder større ammoniakkmengder. Men husdyrgjødsel på eng og beite virker likevel til dels så godt at en ikke helt kan se bort fra den mulighet at særvirkninger av slik gjødsel spiller en rolle.

Land har etter sitt innhold av N og K virket minst like godt som kunstgjødsel til poteter og kålrot i de danske forsøk, mens det var underlegent til korn. Eng viser her den dårligste virkning av land i forhold til kunstgjødsel. Det skyldes nok for det meste ammoniakktapet.

Virkning på forskjellige jordarter

Generelt kan sies at husdyrgjødsel, med sin mangesidige virkning, vil kunne ha utmerket effekt på problemjord, enten det er svært skarp og moldfattig sand eller leir- og siltjord med strukturproblemer. Planert leirjord med lite matjord, lågt moldinnhold, er et eksempel.

Stofflige særvirkninger av magnesium, bor og kopper i husdyrgjødsel betyr mest på næringsfattig jord. Også myrjord kan ha lite innhold av kopper, bor og andre sporstoffer. Ved nydyrking kan husdyrgjødsling ha betydning, også på myr. Forøvrig kan en si at på næringsrik myr kommer ikke husdyrgjødsel til sin rett. Organiske gjødselslag har mest for seg på humusfattig jord.

På leirjord med vanskelig struktur kan organisk stoff tilført i husdyrgjødsel ha betydning. I danske undersøkelser ga husdyrgjødsel større meravling på leirjord enn på sandjord. En av årsakene til dette kan også være, at utvaskningstapet ved overdosering har vært mindre fra leirjord. Leirjord har større kapasitet enn sandjord til å fastholde næringsstoffer som kalium og ammonium i ombyttbar form.

II. Andre organiske gjødselslag og jordforbedringsmidler.

Noen av de organiske stoffer som kan nyttes i jordbruket har både jordforbedringsvirkning og gjødselvirkning. Eksempler er, i tillegg til husdyrgjødsel, kloakkslam, kompost, tang og tare, grønnngjødsling.

Pressaft fra silo er eksempel på et stoff med gjødselvirkning, men liten jordforbedrende effekt. Tilførsel av halm ved nedpløying har først og fremst betydning for humushusholdningen og den biologiske aktivitet i jorda. Gjødselvirkningen av halm er positiv med hensyn til kalium, mens den i første omgang kan være negativ når det gjelder nitrogen.

1. Pressaft fra siloer

Pressaft fra silomasse inneholder en del plantenæringsstoffer. Kaliuminnholdet er relativt høyt, nitrogeninnholdet kan også være betydelig. Gjødselevirkningen av pressaft vil i de fleste tilfelle neppe dekke arbeidsutgifter og eventuelle utgifter til oppsamling. Imidlertid blir regnestykket for mange et helt annet, da pressaften må tas hånd om på en betryggende måte for å unngå forurensning av vassdrag og grunnvatn. Ved å bruke pressaften som gjødsel, vil en få nytten av plantenæringsstoffene på en gunstig måte.

Det er forbud mot utslipp av pressaft i medhold til lov om vannforurensning av 1970. (Unntak: I ledning til visse sjøområder). Siloen må ha godkjent opplegg for forsvarlig disponering av pressaft.

Når pressaft har vist seg å være svært skadelig i vann, så henger det sammen med innholdet av lett tilgjengelige karbohydrater, sukker, organiske syrer og aminosyrer. Disse medfører en oppblomstring av sopp og bakterier, med det resultat at oksygenet brukes opp (fiskedød m.m.).

Mengden av pressaft fra en silo beror på forskjellige forhold, der årsaksforholdet til dels er lett å påvise. Både massens tørrstoffinnhold og været under nedleggingen har betydning, slik at jo større tørrstoffinnhold plantemassen har, og jo tørrere massen er ved innleggingen, desto mindre pressaftmengde vil det bli. Grovt pleier en å regne at gras med 30% tørrstoff ikke gir avrenning av pressaft, og at hver 5% reduksjon av tørrstoffinnholdet (ned til 10 pst. tørrstoff) gir en pressaftmengde på 11%, dvs. gras som ved nedleggingen bare har 10% tørrstoff, skulle gi 4x11% (= 44%) av den nedlagte masse som pressaft. Mengder på 20-30% pressaft regnes for vanlig fra grassiloer, mens det fra innlagt raps kan bli inntil 50%.

Pressaftmengde og tørrstoffinnhold har sammenheng med pressaftens kjemiske sammensetning, slik at liten pressaftmengde vanlig er tørrstoffrik og relativt rik på plantenæringsstoffer, mens stor pressaftmengde fører til det motsatte. I følge LEIN (Forsk. Fors. Landbr. 1980) vil gras med 10% tørrstoff som gir 44% pressaft av innlagt mengde, gi en pressaft med bare 2,1% tørrstoff, mens den mindre pressaftmengden (22%) ved 20% tørrstoff i utgangsmaterialet, vil ha 4,6% tørrstoff. Det totale tap av tørrstoff ble 9,2% av innlagt i første og 5,1 i siste tilfelle.

Innhold i prøver av pressaft i prosent:

	Vest-Norge og Trøndelag	Østlandet (Apelsvoll)
Tørrstoff	3,7 (68)	6,4 (29)
Aske	1,0 "	1,4 "
Tot-N	0,17 (65)	0,26 "
NH ₄ -N	0,024 (12)	
NO ₃ -N	0,01 (12)	
P	0,04 (67)	0,06 "
K	0,39 (65)	0,45 "
Ca	0,049 (47)	0,14
Mg	0,023 (47)	0,04 "
pH	4,2 (65)	4,1

Tallene fra Vest-Norge og Trøndelag etter HÅLAND (Forskn. og forsøk 1979) og de fra Apelsvoll eller LEIN (1980). Tall i parentes står for antall prøver. I en sammenstilling av BÆRUG 1977, var innholdet fra 11-18 prøver (i%):

	Tørrstoff	Tot-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	K	S	Cl
Middel	3,9	0,16	0,012	0,014	0,40	0,022	0,19
Min.	1,8	0,06	0,002	0,003	0,04	0,017	0,11
Maks.	7,2	0,27	0,022	0,035	0,56	0,029	0,75

Som gjødsel betraktet er silosaft et svært varierende produkt, men med litt kjennskap til tørrstoffinnhold eller silosaftmengde, kan en i noen grad vurdere også innholdet av næringsstoffer. Konsentrasjonen av næringsstoffer i silosaft varierer selvsagt også med planteslag med utviklingstrinn og ikke minst med gjødselmengdene som er brukt. Gras med mye kløver høstet tidlig vil sannsynligvis gi større N og K-innhold i pressaft enn f.eks. rotvekstblad ved sein høsting.

Silosaft kan nyttes til fôr, noe som representerer den beste ressursutnyttning. En får da nytt ut lettfordøyelige karbohydrater og aminosyrer. Som gjødsel nytter en ut andre ressurser i silosaft, nemlig plantenæringsstoffer som kalium, nitrogen m.m.

Gjødselvirkningen av pressaft er i Danmark (DORPH-PETERSEN Tidsk./Pl.avl. 1957) undersøkt til litt forskjellige vekster i markforsøk. Resultatene viser at fosforet og kaliumet må være jevngodt med P og K i handelsgjødsel. Virkningen av nitrogenet har variert sterkt, bl.a. som følge av årstiden da pressaften er kjørt ut. I en serie hvor pressaften ble brakt ut om våren, var virkningen sammenliknet med N i kunstgjødsel vesentlig dårligere til korn, noenlunde jevngodt til beter og bedre til poteter. Gitt om høsten var virkningen meget dårlig. Uttrykt i verditall var N-virkningen i pressaft bare 0,26 til beter og 0,12 til bygg, når virkningen av N i chilesalpeter for beter og kalksalpeter til bygg var satt lik 1.

Her i landet er virkningen av pressaft til eng undersøkt i noen forsøksfelter de seinere år. Det har vært store variasjoner i virkningen av pressaft på disse feltene. De fleste felter har likevel gitt positive avlingsutslag for pressaft. Likevel kan litt større mengder pressaft under visse forhold virke veksthemmende. Veksthemmingen inntreffer gjerne relativt snart etter tilførselen. Seinere kan plantene igjen komme seg og vokse bra. Det er noe uklart hva veksthemmingen skyldes. Sviing og delvis kvelning av plantene ved den relativt store væskemengde som blir tilført, kan bety noe, men også i karforsøk har det blitt veksthemming ved bruk av store mengder, selv om væsken er blitt tilført slik at den ikke har kommet i berøring med de overjordiske deler av plantene.

Driftsmessige forhold gjør at det høver godt å bruke pressaft på eng etter første slått. Det blir da tilnærmet fersk pressaft som blir brakt ut. Blant annet på grunn av den låge pH skulle risikoen for tap av nitrogen i form av ammoniakk ikke være stor, selv om en ikke tar stort hensyn til været under spredningen.

I en stor forsøksserie (54 felt) på Vestlandet og i Trøndelag i årene 1970-76 ble stigende mengder pressaft tilført etter 1. slått sammenlignet med overgjødning med N i salpeter (HÅLAND 1979).

Pressaft tonn/daa	0	2	4	8	4	0	0
N i salpeter	0	0	0	0	4	4	8
	Meravlinger pr dekar						
Kg tørrstoff 2.slått	282	+36	+67	+95	+102	+83	+130
Protein i % tørrstoff	11,7	12,6	14,0	16,3		13,7	15,8

I forhold til tilført mengde N (6,7 kg N i 4 t pressaft) har pressaft gitt mindre meravlinger enn N i kunstgjødsel. Virkningsgraden av total-N i pressaft er ut fra avlingstallene 40% av N i salpeter. Innholdet av protein, dvs. opptatt N i plantene, er likevel relativt stort ved bruk av pressaft. Forfatteren tolker resultatene slik at pressaft, ved siden av en positiv gjødseleffekt, har hatt en negativ avlingseffekt i form av svi-skade eller annet. Sviskade er notert på en del av feltene, mest på kløver.

Analyser av avlingene viste økt opptak av K og redusert opptak av Ca, og i mindre grad Mg, ved stigende mengder pressaft. Med 8 tonn er tilført hele 30 kg K, noe som kan ha uheldig virkning på kvaliteten av graset (K/Ca + Mg, grastetani). Silosaft hadde en noe større positiv ettervirkning enn N i kunstgjødsel på 17 felter der det ble høstet en 3. avling. Også året etter var ettervirkninger av pressaft positiv.

I en egen serie ble sammenlignet spredning av pressaft til forskjellig tid etter 1. slått. Sviskadene ble større ved å vente med utkjøringen, og også av hensyn til gjødselvirkingen bør pressaften ut før det har gått 10 dager etter slått.

Forsøk på Østlandet (LEIN 1980) har også vist nokså varierende virkning av pressaft. Også her var det positiv ettervirkning i et andre og tredje år, noe som antakelig skyldes kaliumtilførselen.

Konklusjonen av de norske forsøk er at ved bruk av pressaft som gjødsel bør mengdene ikke overstige 4 t/daa (eller 4 m³). Ved silonedlegging om sommeren vil det være rikelig med høstet areal for spredning av silosaft. Selv ved en avling på 6 tonn friskt gras og 15% tørrstoff i dette, skulle pressaftmengden bli bare 2t pr dekar høstet areal.

Pressaftavrenning fra siloen begynner første døgnet og er på topp andre og tredje døgnet ved fortsatt fylling av gras. En kan få 30% av pressafta i løpet av et døgn i fl.HJULSTAD (LOT 5/78). Dersom innleggingen strekker seg over lang tid, vil selvsagt tida for avrenning bli tilsvarende lang.

Ved fylling av silo seint på året, med rotvekstblad, førvekster etc., blir det noe vanskeligere å få nytt ut plantenæringsstoffene i pressaft. Nitrogenet i pressaft er bare delvis i form av $\text{NH}_4\text{-N}$ og $\text{NO}_3\text{-N}$. I danske forsøk (JENSEN, Tidskr. f. Pl.avl. 54 1957) gikk mineraliseringen av N fra pressaft tilsatt jord svært langsomt og var temperaturavhengig, og det ser ut til at den har stoppet opp etter en måned eller to. Selv etter vel tre måneder var ikke mer enn ca. en fjerdedel av nitrogenet til stede som ammonium eller nitrat:

Prøve tatt antall dager etter forsøket startet	$\text{NO}_3\text{N} + \text{NH}_4\text{-N}$ i prosent av total-N i pressaft som ved starten var fersk	
	Temperatur 5-8°C	Temperatur 25°C
15	(-1,4)	13
30	4	22
70	11	29
100	24	21

Forfatterens forklaring er at det må ha foregått en N-assimilering, dvs. fastlegging igjen av det mineraliserte nitrogen ved mikroorganismer.

Vi skal ikke befatte oss med de tekniske løsninger ved eventuell lagring av pressaft til fôr eller gjødsel. Å blande pressaft med land eller bløtgjødsel i kum eller gjødselkjeller skulle være gunstig ut fra synspunktet å hindre tap av ammoniakk fra land i kum. Den sure pressafta vil i hvert fall for en tid bremse

gjæringen av landet og minske risikoen for ammoniakktap. En annen side av saken er at en slik blanding skal kunne øke dannelsen og faren for avspalting av den giftige gass i hydrogensulfid.

Pressaft har i utgangspunktet en pH så låg som ca. 4. På kort sikt kan den virke forsurende i vann og i jord. Den låge pH skyldes imidlertid innhold av organiske syrer som relativt raskt blir nedbrutt. Virkningen på jordreaksjonen blir derfor mindre enn om en hadde hatt med uorganiske syrer å gjøre. I danske undersøkelser har en ved titrering på laboratoriet funnet et kalkforbruk på bare 2-20 kg CaCO_3 pr tonn pressaft, og det konkluderes med (DORPH PETERSEN 1957) at én ikke behøver å ta noe hensyn til kalktilstanden ved gjødsling med pressaft. I jordprøver fra 5 felt på Vestlandet, med tilførsel av pressaft i 3 år, var pH blitt litt høyere med enn uten pressaft (HÅLAND 1979). Det samme ble funnet i to felt på Østlandet (LEIN).

Ved utslipp av pressaft til jord, infiltrasjon, og i vann kan det oppstå anaerobe forhold. Ved inkubering av jordprøver tilsatt silosaft fant UHLEN (Acta Agric.Scand. 1974) stor økning i pH, ammonium, oppløst jern og mangan, men ingen klar effekt på oppløst fosfor i jorda.

Ved gjødsling med pressaft må en huske på at den inneholder omtrent 10 ganger så mye K som P og 2-3 ganger så mye K som N. Nitrogenet virker dessuten vesentlig langsommere enn nitrogenet i kunstgjødsel og i land.

2. Tang og tare

Tang og tare er i blant brukt som gjødsel i kyststrøk, der transportkostnadene ikke blir for store. Med hensyn til gjødselvirking kan tang og tare sammenlignes med husdyrgjødsel.

Forsøk med tang og tare til potet og nepe er blitt utført av Inst. for jordkultur (SOLBERG Meld. NLH 1928).

Etter å ha ligget i haug noen måneder var innholdet i tang og tare om våren:

Tørrstoff	25%	(16-36)
Tot-N	0,73%	(0,54-1,10)
NH ₄ -N	0,04%	(0-0,09)
P	0,05%	(0,04-0,07)
K	0,66%	(0,14-1,10)

Variasjonen skyldes dels ulik botanisk sammensetning og dels utvaskning, f.eks. for kaliums vedkommende.

Innholdet av N og K er helst litt større enn i husdyrgjødsel, mens NH₄-N er ubetydelig. P-innholdet er også svært lite.

Tang og tare inneholder selvsagt en rekke andre plantenæringsstoffer. Jod- og koboltinnholdet kan kanskje bety noe for avlingene brukt til fôr, forøvrig er borinnholdet flere ganger større enn i husdyrgjødsel.

I forsøkene med nepe og potet ga tang og tare like stor meravling som husdyrgjødsel. Tørrstoffinnholdet i potetene ble imidlertid 1,7% lågere i middel, noe som sannsynligvis skyldes tilførsel av klorid Cl⁻ med sjøplantene. For å få vasket ut Cl, bør tang og tare ligge på land en tid. Kloridene vaskes lett ut, men det samme er dessverre tilfelle for en rekke nyttige stoffer, særlig K.

3. Grønngjødsel

Ved nedpløying av grønne planter dyrket på stedet, tilføres jorda ekstra organisk stoff og, om en nytter en belgvekst, også betydelige mengder nitrogen tatt fra lufta. En avling av belgvekster kan inneholde 10-20 kg N pr dekar, og da nitrogeninnholdet er stort også i forhold til innholdet av karbon, vil slikt materiale ha en betydelig gjødseleffekt. Grønngjødsling er lite brukt hos oss, da vi vanlig tar sikte på å utnytte jord og vekstsesong til direkte nyttbare kulturer. Nedpløying av en grønnavling kan ha noe for seg på moldfattig skarp sandjord som nyttes til kostbare spesialkulturer.

Ved ensidig korndrift kan en ved å så i tidligkløver, sneglebelg eller andre vekster få litt ekstra grønns masse til nedpløying om høsten. Forsøk med isåing av sneglebelg, tidligkløver i korn på Østlandet (HANSEN Forsk. Fors. Landbr. 1968) og et omløpsforsøk ved Øsaker i Tune (STABBETORP LOT 1972) viste avlingsøkning av korn året etter ved slik isåing. Avlingsøkningen synes i alt vesentlig å skyldes en N-effekt. Metoden har ikke fått innpass i praktisk korndyrkning, ikke minst på grunn av mulige ulemper ved skurtresking av kornåker med innblanding av grønne planter.

4. Kompost

kan være laget av svært forskjellig slags organisk avfall, jord m.m. og innholdet og verdien vil derfor veksle innen vide grenser. Det lar seg derfor ikke gjøre å oppgi middeltall for kjemisk innhold eller generelle råd for bruken av kompost. Vanlig kompost hører hjemme i småhagebruket og i enkelte gartnerier der det blir en god del planteavfall som en må kvitte seg med. Der-

som det er teknisk mulig å pløye ned planterestene direkte på voksestedet, vil dette være billigere og ofte bedre enn kompostering. Formålet med tilførsel av organisk materiale er bl.a. å øke livsvirksomheten i jorda, og det er derfor en fordel at så mye som mulig av omsetningene foregår i jorda.

Ved å blande planteavfall, gras, lauv o.l. med jord, kanskje også husdyrgjødsel og kalk og stikke komposten om noen ganger, kan en komme fram til et bra produkt som også er lett å nytte som gjødsel og jordforbedring.

Et forsøk med halmkompost ble gjennomført ved Inst. for jordkultur i årene 1956-69. En sammenlignet samme halmmengde pløyd ned i frisk tilstand om høsten eller lagt i kompost ett år. Til komposten ble neste vår tilført 0,7 kg N pr 100 kg halmtørrstoff, noe som medførte en nedbrytning av omtrent halvparten av halmens tørrvekt på ett år. I forsøket ga imidlertid frisk halm nedpløyd sammen med den ekstra N-mengden gitt om våren, langt bedre resultat avlingsmessig sett enn kompostering med N-tilskudd til komposten.

5. Kloakkslam

Slam fra renseverk kan variere i sammensetning, avhengig av hva som havner i avløpssystemene, kloakken, og også etter den behandling avløpsvannet og slammet har fått ved renseverkene.

Denne oversikten er etter VIGERUST (Ny Jord, 4, 1972).

<u>Rensemetode</u>	<u>Omsetning (av slam)</u>	<u>Tørrstoffinnhold</u>
1. Mekanisk	a. Ikke omsatt (råslam)	1. Ikke avvanna (1-5% tørrstoff)
2. Biologisk	b. Anaerob omsetning (gjæra slam)	2. Avvanna slam (15-25%)
3. Kjemisk	c. Aerob omsetning	
a. Al-forbindelse	d. Kjemisk stabilisering	a. mekanisk
b. Fe- " "		b. naturlig
c. Kalk		3. Tørka slam

Anaerobt stabilisert slam er slam som er omsatt, gjæret, i en råtne-tank. Utgangspunktet kan være slam fjernet fra avløpsvannet ved forskjellige rensemåter også ved kjemisk felling med Al eller Fe-forbindelser.

Ved utbygging av renseanlegg i Norge synes utviklingen å gå i retning av sløyfing av råtnetanker. I stedet for anaerobt stabilisert slam vil vi kanskje etter hvert få mere av andre slamtyper, som f.eks. kalkstabilisert slam og aerobt, stabilisert slam.

Hensikten med en anaerob stabilisering i råtnetank er å få et produkt som ikke er fullt så illeluktende, og som er mer handteringsvennlig (ved transport og opplagring).

Også i landbruket er anaerobt stabilisert slam langt lettere å bruke enn råslam.

Selve omsetningen i råtnetankene, som medfører et tap på ca. halvparten av det organiske karbon i utgangsmaterialet,

er jo i og for seg ikke ønskelig med tanke på jordforbedrings-effekten og resirkuleringsmålsetningen. På den annen side har det vist seg i forsøk at ugjæret slam, råslam, ofte har medført veksthemning. Derfor er anaerobt stabilisert slam vel så hensiktsmessig som andre slamtyper, også til bruk ved plantedyrking.

Uttrykket stabilisert slam må jo for øvrig ikke tas helt bokstavelig. Tilført jord er jo ikke slikt materiale helt stabilt, heldigvis. Det vil jo gradvis brytes ned slik at næringsstoffene, i første rekke nitrogen, kommer planteveksten til gode. Vi skal først se litt mer på den kjemiske sammensetning av slam med tanke på bruk til gjødsling og jordforbedring.

Brukt som gjødsel er det innholdet av N og P en tar i betraktning, mens som jordforbedring ser en på tilførselen av organisk stoff, eventuelt også kalkinnholdet, om det er såkalt kalkslam.

Fra Sverige foreligger et stort antall analyser av slam med stort vanninnhold, gjerne kalt vått slam eller bløtt slam. Slikt slam har tørrstoffinnhold på bare noen få prosent. I Norge har vi til jordbruksformål benyttet bare avvannet slam, dvs. slam som har en tørrhetsgrad som vanlig husdyrgjødsel.

Vi ser av tabellen (VALDMA) at nitrogeninnholdet i tørrstoffet går ned som følge av avvanning og tørking. Dersom temperaturen er høy i tørkeprosessen, må en anta at mye av det verdifulle nitrogenet går tapt (som NH_3). Også ved andre avvanningsmetoder vil lettløselige (vannløselige) næringsstoffer gå tapt. En må vente at kalkstabilisert slam er særlig utsatt for NH_3 -tap under tørking.

Innhold i anaerobt stabilisert slam. Referert etter Martinsen

Lis.oppg. NLH 1976.

	Antall prøver	pH	Tørrstoff%	Prosent av tørrstoff				
				Org. stoff	Tot-N	NH ₄ -N	P	K
Sverige (Jansson 1972)	162	6,8	5,2	58	4,6		1,4	0,4
variasjon	}	8,0	1,5-	87-	11,1-		3,6-	1,0-
		4,2	17,2	35	1,7		0,2	0,05
Finland (Viitasalo 1972)	12	6,8	29		2,17		0,64	
Tyskland (Haan 1972)	159			45	2,47		1,3	0,2
Norge (Bekkelaget Oslo)	6	7,5	30	50	2,5	0,45	2,0	0,15
Sverige (Valdma 1972)	18	7,2	2,7	62	7,0		1,8	0,5
	41	7,0	4,5	60	4,5		1,4	0,3
	3	6,2	13,3	60	3,5		0,9	0,3
	2	5,8	29,5	46	1,72		0,3	0,1

Det er etter hvert utført en god del feltforsøk med kloakkslam og særlig med anaerobt stabilisert slam i de nordiske land.

Her i landet var det ved Institutt for jordkultur slike forsøk først ble utført. Som et eksempel gjengis noen resultater fra forsøk i vårkorn. (Martinsen 1976.) 5 forsøk i korn Sør-Østlandet 1974-76.

N-gjødsling i	N ₁			N ₂			N ₃		
kunstgjødsel	4(0) kg			8(4) kg			12(8) kg		
Slam (ved anlegg)									
Tonn tørrstoff/da	0	3	6	0	3	6	0	3	6
Kg korn 1. år	232	321	342	282	348	370	311	356	373
Slameffekt		+89	+110		+66	+88		+47	+62
kg korn 2.år	181	213	231	223	259	276	258	272	283
Slameffekt		+32	+50		+36	+53		+14	+52

Kloakkslam i disse forsøk var anaerobt stabilisert med et tørrstoffinnhold på 32%. I tørrstoffet var det 50% org. stoff, 2,4% N, 0,46% NH₄-N, 1,9% P og 0,12% K.

Slamvirkningen er undersøkt også 3. år på et par av feltene. Også 3. år, altså 2. ettervirkningsår, var det positive utslag for slam. I det hele har en i markforsøk og i kar- og rammeforsøk registrert relativt store, positive avlingsutslag for anaerobt stabilisert slam fra dette renseverket (Bekkelaget ved Oslo). Dette gjelder også for jord der de fysiske tilstander ikke skulle betinge stor effekt av en eventuell jordforbedring. Slammet har m.a.o. også en god gjødselvirkning. Som resultatene antyder, er det et samspill slam og N-gjødselmengde. Meravlingene for slam avtar med stigende N-gjødselmengde, noe som tyder på at en del av slameffekten er en nitrogeneffekt. Den store tilførsel av fosfor i slammet er sannsynligvis også av betydning, selv om det her er tilført PK gjødsel også i tillegg til slam (30 kg PK 7-23) for alle forsøksledd.

I en svensk forsøksserie (VALDMA 1972) har en sammenlignet, på de samme forsøksfelte, virkningen av slam og husdyrgjødsel. Resultatene viste at slam ga til dels langt større meravling enn husdyrgjødsel. Under spesielle jordbunnsforhold, der det er behov for

en forbedring av de fysiske forhold i jorda, vil slamtilførsel kunne virke særlig gunstig.

I Norge har vi etter hvert fått planert ganske store arealer med bakket leiriord for å kunne nytte disse i planteproduksjon. En prøver selvsagt å ta vare på matjordlaget, og å få det tilbake over leira, men ofte er nok resultatet at en sitter igjen med en vanskelig leirjord med bare et meget tynt matjordlag.

Det er gjennomført forsøk med tilførsel av store mengder slam på slik ugunstig leirjord (NJØS 1978). I et forsøk med 0 15 og 30 tonn slamtørrstoff pr dekar på en planert leirjord i Ås, ble kornavlingene henholdvis 278, 391 og 454 kg/daa i middel for 3 år. På det samme feltet økte ikke avlingene med stigende N-mengder i kunstgjødsel. Avlingsøkningen for slam må derfor ha vært en jordfysisk effekt, som har gitt bedre rotutvikling og større evne til å magasinere vann til perioder med tørke.

Også i et forsøk ved anlegg av plen på en ubekvem undergrunnsleire, ga store slammengder, opp til 15 tonn/daa, avlingsøkning av plengras på flere hundre prosent. Dette er ellers eksempler på bruk av større slammenøder enn det som blir tillatt av helsemyndighetene.

Som en ser av tabellen over kjemisk innhold i kloakkslam, er fosforinnholdet ofte svært stort, mens kaliuminnholdet er helt ubetydelig. Det låge K-innholdet skyldes vel både relativt små utslipp i kloakk, og stort tap i renseanlegg, og ved avvanning.

I anaerobt stabilisert slam, såvel som i råslam og aerobt (kompostert) slam vil fosforet være virksomt som plantenæring. Når det gjelder slam, felt kjemisk med jern- og aluminiumsalter,

kan det stilles visse spørsmål ved fosforets tilgjengelighet. Disse saltene tilsettes i renseverket nettopp fordi de binder fosfater effektivt. Fra Nederland rapporterer HAAN (phosphorus in Agric. 78 1980) at P i slam, kjemisk felt med ferriklorid, eller blanding av ferri- og aluminiumsulfat, var praktisk talt utilgjengelig for planter, mens kalk som fellingsreagens ikke hadde en slik negativ effekt på fosforet i slammet. I tyske undersøkelser synes P-effekten av kjemisk felt slam å ha blitt relativt bra, men også her fant en størst gjødselverdi av fosforet i kalkfelt slam. I noen norske markforsøk synes virkningen av jern- og aluminiumfelt slam på P-Al-tallene å være liten, sett i forhold til totalt tilført fosfor.

Når kalk benyttes til slamsterilisering, slik som planlagt ved det nye renseanlegg i Oslo-området, får en et produkt med høyt innhold av kalk (10-15% som beregnet av CaO av tørrstoffet). Dette må brukes først og fremst på arealer der det er behov for kalk, og mengdene bør også stipuleres etter kalkbehovet.

Som nevnt er det strenge restriksjoner på bruk av slam ved plantedyrking. Etter norske helsemyndigheters krav skal anaerobt stabilisert slam, så vel som råslam, pløyes ned. Høsten blir dermed den mest aktuelle årstid for slamspredning. Videre heter det at mengdene ikke skal være større enn 2 tonn tørrstoff i slam pr dekar, gitt for en 10-årsperiode, eller 1 tonn hvert 5. år. Ved nydyrking og bakkeplanering tillates en engangstilførsel på 5 tonn tørrstoff. Noenlunde tilsvarende restriksjoner på mengder gjelder i våre naboland, noe strengere i Sverige og mindre strengt i Finland.

Utgangspunktet for slamdoseringen har vært tungmetallpåvirkningen. Bruk av slam i jord- og hagebruk skal godkjennes av helsemyndighetene som kan forlange analyser for giftige tungmetall og undersøkelse av sykdomssmitte i slammet.

I nordiske land opererer en med øvre grenser for tungmetallinnhold.

Tungmetaller i gjæret kloakkslam i mg/kg ts

	Bekkelaget,Oslo ¹⁾		Mindre renseverk ¹⁾		Svenske ²⁾		Normale ³⁾
	Middel	Variasjon	Middel	Variasjon	Middel	Variasjon	verdier
Cd	23	14-37	5	2-9	16	1-61	3-15
Pb	391	260-570	136	44-410	324	52-2000	100-300
Hg	11	9-15	7	3-11	9	0,2-39	1-9
Ni	176	70-550	29	10-40	110	16-790	20-100
Cu	1850	900-2400	480	140-1250	1050	28-4600	150-1500
Zn	2270	1700-4850	750	250-1730	2500	114-12400	500-3000

1) Etter Martinsen 1976, ppm i tørrstoff (12 og 19 prøver)

2) " Jansson 1972, " " lufttørre prøver (56 prøver)

3) " Hovsenius og Vigerust 1975, ppm i tørrstoff

Dersom innholdet er større enn de såkalte normale verdier, anbefales det ikke brukt i det hele tatt ved plantedyrking. De tre stoffer som oftest er nevnt som betenkelige, er Cd, Pb og Hg. Det er først og fremst giftighet ovenfor mennesker og dyr som veier mest. Pb og Hg synes ellers å bli opptatt i liten grad gjennom røttene (SORTEBERG Landbr.forlaget 1978). Mange stoffer, også de som er nødvendige for organismene, kan ha giftvirkninger når den opptatte mengde blir for stor. I tabellen er tatt med også Ni som ikke minst etter SORTEBERGS undersøkelser ved Institutt for jordkultur, må sies å være et betenkelig tungmetall i forbindelse med bruk av slam ved plantedyrking.

Videre er tatt med Cu og Zn, to viktige plantenæringsstoff, som kan forekomme i svært store konsentrasjoner i kloakkslam. Listen kunne vært utvidet med mange flere stoffer.

Faren for spredning av sykdomssmitte til mennesker og dyr ligger klart innenfor lege- og veterinærvitenskapens domene. Vi som skal undersøke slammets virkninger i jord og planter, og eventuelt bruke det på landbruksarealer, må følge de anvisninger som kommer fra helsemyndighetene.

Slam medfører imidlertid også muligheter for å spre sykdommer på plantene. Det er vel særlig potetcystenematoden som har vært gjenstand for interesse og undersøkelser i denne sammenheng. Det ser ut til at eggene av potetcystenematoden kan greie et visst opphold, også i anaerobt stabilisert slam. Potetdyrking foregår i dagens jordbruk i særlig grad på spesielle jordarter av sandkarakter. Det er derfor grunn til å unngå å bruke slam på jordtyper der utvidet potetdyrking er eller kan bli aktuell.

Innhold i slam av klorerte hydrokarboner, som f.eks. DDT og PCB har også vært gjenstand for undersøkelse og interesse. Bruken av DDT og nærstående plantevernmidler vil vel opphøre, og det arbeides også med å kontrollere bruken av tilsvarende stoffer, som PCB, i industrien. Det arbeides også med å fjerne utslipp av tungmetaller som f.eks. kadmium. Kan dette lykkes, vil betenkelighetene ved bruk av slam i jordbruket bli mindre.

Septiktankslam eller masse uttatt fra septiktanker, kan også være aktuell ved plantedyrking. Slik slam er gjerne lite gjæret når den blir tatt ut fra tanken. I et karforsøk ved Institutt for jordkultur i 1969 ble det sterk avlingsreduksjon ved bruk

av septiktankslam, og sterkere reduksjon desto større tilførselen var.

Nyere karforsøk med septiktankslam og annet lite omsatt slam tyder på at den veksthemmende virkning av slikt slam relativt snart forsvinner etter hvert som materialet blir omsatt. Innblanding i jorda et par måneder før såing, ser ut til å være tilstrekkelig. Praktiske iakttakelser går i samme retning. Hva veksthemmingen består i, er ennå noe uklart. Det skyldes ganske sikkert ikke bare et mindre gunstig C:N-forhold den første tida, da supplering med ekstra nitrogen ikke har kunnet eliminere skadevirkningen.

Selv om det fortsatt er en del uklarhet om bruk av kloakkslam ved plantedyrking, tyder mye på at det vil få en del anvendelse i årene som kommer, framfor alt på jord med lite organisk materiale. Forsøk har vist at det med fordel kan brukes ved bakkeplanering av dyrket jord. På tidligere dyrket jord burde det kunne brukes ved ensidig korndyrking, kanskje særlig på leirjord. For å unngå kjøreskader vil det være fordel med en noe større tilførsel en gang i blant mot mindre mengder oftere. På nybrott, nyetablering av plener etc. hvor jorda har lågt humusinnhold, skulle kloakkslam også ha noe for seg. Rimelig hensyn til forsiktighet m.h.t. eventuell smittefare fra slammet bør gjennomføres ved transport og spredning. Det bør ikke brukes til vekster der røtter og knoller etc. kan bli spist i rå tilstand.

Resirkulering i slam i forhold til utslipp.

	Kg/person/år	
	Kloakkutslipp ¹	I anaerobt stabilisert slam
Tørrstoff 190g/dag	70	22 ²
Org. stoff 110 g	40	13
Nitrogen 12 g	4,4	0.5.0.6 Avvannet
Fosfor 2,5 g	0,9	0,3 Uten kjemisk felling

1. Etter NIVA 1972-73

2. " Hovsenius og Vigerust 1975

Det blir ofte fremhevet at næringsstoffene i avfallet fra menneskelig virksomhet skal tilbake til jorda. Uttrykket resirkulering av næringsstoffer og organisk stoff går stadig igjen. Saken er vel at bare en mindre del av det organiske stoff, og av nitrogen, i avløpsvannet, kan tas vare på i slammet. Selv om alt slam fra alle renseverk ble nyttet i planteproduksjonen ville denne resirkulasjon bare utgjøre en brøkdel av utslippene, for ikke å snakke om av innholdet i matvarene som gir opphav til kloakkutslippene.

For et stoff som fosfor, ligger det likevel noe bedre an. Ved kjemisk felling i renseverkene, skulle en teoretisk kunne få overført en stor del av fosforutslippene til slam. Her skulle det være mulig å oppnå, i hvert fall en bedre, resirkulering av en begrenset ressurs ved å utnytte slammet i planteproduksjonen.

6. Nedpløying av halm

Ved ensidig eller sterkt utvidet korndyrkning får en et overskudd av halm som er vanskelig å nytte på en ressursmessig god måte. Som oftest har en valget mellom å brenne halmen eller pløye den ned i korndyrkningsdistriktene.

På vel 3 mill. dekar med korn kan det produseres kanskje 1 mill. tonn halm. Ved høy stubbing vil det i alle tilfelle bli noe igjen på åkeren til nedpløying. Ved luting etter ammoniakkmetoden kan kanskje noe mer av halmen brukes til før enn hva som er tilfelle idag. Andre alternativer er teknisk utnyttelse, halmcellulose, papir, kjemiske produkter, eller også utnyttelse av energien i halm enten ved direkte forbrenning, eller til metanproduksjon.

Det aktuelle spørsmål er hva halmen betyr for planteproduksjonen og spesielt for humushusholdningen i jorda. Dersom halmen blir brent eller nyttet industrielt, kommer ikke noe av det organiske stoff til jorda. Mineralstoffene i halmen kan komme til nytte som gjødsel dersom halmen blir brent når den ligger spredd utover, mens nitrogenet må regnes å gå tapt ved brenning. Ved brenning som gir svært høye temperaturer, kan noe K og andre stoffer tapes til luft. Blir derimot halmen foret opp f.eks. etter luting, brukt til strø, eller pløyd ned i frisk tilstand, kan mer eller mindre av næringsstoffene og det organiske stoff komme til nytte i jorda.

Virkningene av nedpløyd halm på jord og avling kan for oversiktens skyld inndeles i en korttidseffekt, det vil si virkningen første året etter nedpløying, (særlig som følge av forandringer i nitrogenhusholdningen) og en langtidseffekt som skyldes ettervirkningene av tidligere nedpløyd og omsatt halm i jorda. Ved fortsatt nedpløying av halm hvert år vil en samtidig ha både korttids- og langtidseffekter.

Det norske forsøksmaterialet på ca. 30 forsøk omfatter både ettårige og flerårige forsøksfelter. Bare 7-8 felter ble fortsatt i 5 år eller mer, slik at det ga grunnlag for å måle ettervirkningene. På 3 forsøk på relativt moldrik leirjord har en målt langtidseffektene i ca. 20-25 år. Forsøkene er utført i de sør-østlige deler av Østlandet. Halmen ble pløyd ned om høsten, hel eller hakket, og det ble dyrket korn, overveiende bygg, det følgende år.

I middel fikk en følgende kornavlinger første året etter en gangs halmnedpløying, alle tall i kg pr dekar (e. Uhlen Meld. NLH 1973):

Serie I 17 felter i årene 1953-60

Kalksalpeter, om våren	0	15	30
Uten halmnedpløying	236	279	303
Med " 350 kg	218	271	305
Virkning av halm	-18	-8	+2

Serie II 9 felter i årene 1961-66

Kalksalpeter, om våren	0	15	30	45
Uten halmnedpløying	196	264	309	330
Med " 350 kg	183	242	304	324
Virkning av halm	-13	-22	-5	-6

De fleste av feltene i serie II ble fortsatt med halmnedpløying hvert år. Det viste seg da at den negative virkning av halm, som en særlig fikk ved svært svak N-gjødsling første året, uteble allerede etter 2-3 år ved fortsatt halmnedpløying hver høst. Også første året var den negative nitrogeneffekt av halmnedpløying liten. På grunnlag av N-analyser av korn- og halmavlingene er regnet ut at reduksjonen i opptatt N-mengde som følge av halmnedpløying, i middel for alle felt og gjødseltrinn, bare svarer til

N-innholdet i 1,5 kg kalksalpeter pr dekar eller 0,6 kg N pr tonn tørr halm. Dette er kanpt 10% av hva som beregningsmessig skulle behøves for full omsetning av halm (7 kg N pr tonn tørrstoff i halm). Det kan tenkes flere grunner til dette. a. Halmen kan omsettes relativt langsomt i jorda, og i slike tilfelle kan mikroorganismene greie å bryte ned karbohydratene ved å bruke bare den relativt lille N-mengden som finnes i halmen. b. Omsetningen kan foregå i stor grad allerede om høsten og da ved konsum av nitrat i jorda som ellers ville blitt vasket ut. c. Noe betyr det nok også at halmen og kornplantenes røtter i tida etter spiring befinner seg i forskjellige sjikt. En har eksempler på at innblanding av halmhakk direkte i såsjiktet kan resultere i sterk N-mangel hos unge kornplanter.

Den praktiske konklusjon av forsøkene er at fortsatt, dvs. årlig, halmnedpløying ikke koster noe ekstra i form av sterkere N-gjødsling. Det en må vurdere i fortsettelsen er om halmnedpløying har noen positiv avlingsvirkning, eller er nødvendig for å holde ved like moldinnholdet. For å få svar på dette kreves meget langvarige og nøyaktige forsøk. Erfaringsmessig er det meget vanskelig å holde ved like slike forsøk ute i forsøksringene. På Institutt for jordkulturs forsøksarealer har vi imidlertid hatt anledning til å fortsette et par-tre slike forsøk. Vi har et omløpsforsøk på Ås der vi har pløyd ned halmen i mer enn 25 år, og vi har et halm-nitrogen-forsøk som har vært i gang nesten 20 år. Tilsvarende forsøk er i gang på forsøksgården Øsaker i Tune.

Fra de to sistnevnte forsøk refereres avlingstall, som meravlinger, positiv el. negativ, for årlig halmnedpløyning:

Halmforsøk Ås. Bygg og havre 2. hvert år.

Utslag for halm kg korn/daa	Bygg 3 første år				Bygg 7 neste år				Havre 9 år			
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃
	-4	-11	-26	-1	+15	+3	-1	+5	+9	+5	+3	+9

Halmforsøk Øsaker. Bygg og havre hvert år.

Utslag for halm kg korn/daa	Bygg og havre 6 første år				Bygg 10 neste år				Havre 10 neste år			
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃
	-11	-15	-1	-16	+4	-5	+2	0	5	-3	0	+17

N-mengdene er økt gradvis fra 45, 60, 75 og 90 kg kalksalpeter for ledd N₃ altså største mengde på begge felt.

Det er leirjord begge steder, på Ås riktignok noe sandblandet, mens det er stiv leirjord på Øsaker. Halmmengden pløyd ned hver høst, var til å begynne med 350 kg, seinere har en pløyd ned den halmen som er produsert på hver enkelt forsøksparsell.

For et omløpsforsøk og et halmnedpløyingsforsøk på Ås har en gruppert meravlingene for halmnedpløyning etter kornart og fuktighetsforhold.

	Bygg	Havre
6 fuktige år 1960, 1962-65, 1972	+7	+2
8 tørre år 1959-1961, 1966-71	+4	+20

De to først refererte forsøk på NLH og Øsaker viser etterhvert store likhetspunkter.

a. Den svakt negative virkning av halm i de første år forandres gradvis til en liten positiv effekt, særlig i havre.

b. Ved for svak N-gjødsling kan en fortsatt ha negativ virkning på kornavling, mens dette synes å unngåes ved normal, dvs. relativt rikelig N-tilførsel. Når N-gjødsling sløyfes helt, er overraskende nok halmeffekten positiv. Dette har sammenheng både med konkurranseforholdene, og at halmmengdene er små, og N-rike, helt uten gjødsling.

c. Alle tre forsøk peker i retning av en større positiv effekt av halm på kornavlingene i tørre år, enn i våte somre, samtidig som relasjonen mellom havre og bygg er som nevnt foran.

Virkingen av halmnedpløying på moldinnholdet er undersøkt ved bestemmelse av glødetap, total C og total N i jordprøver fra de langvarige forsøksfeltene. I prøver tatt høsten 1977 fra forsøket anlagt i 1962, i alt 64 enkeltprøver, fikk en følgende middeltall, alt i prosent av lufttørr jord i sjiktet 0-20 cm:

	Glødetap	Tot-C	Tot-N
Uten halmnedpløying	7,43	2,90	0,273
Med " årlig	7,66	3,00	0,277

Det er signifikant utslag i prosent glødetap, mellom med og uten halm. Forskjellen i glødetap og total-C svarer til vel 10% av de totalt tilførte mengder organisk stoff, henholdsvis karbon, i halm i løpet av 16 år. Hverken i omløpsforsøket eller i halmforsøket kan påvises noen sikker effekt på C:N forholdet i jorda av halmnedpløying. C:N er ca. 11:1 i denne jorda, mens C:N-forholdet i halm er rundt 80:1. Dette medfører at for å ta vare på over 10% av halmens C, i relativt stabilt organisk stoff, må det legges beslag på en N-mengde som er bortimot 100% av det tilførte i halm. Derav følger at dersom nedpløying av halm på

lang sikt skal ha positiv N-gjødslingseffekt, må det skje en ytterligere nedbryting slik at det blir svært lite igjen til å vedlikeholde humusinnholdet. Når bare ca 10% blir igjen som mold, kan det kanskje synes å være lite igjen for strevet, men vi skal huske på at de 90% har tjent som næring for jordas mikroorganismer. Halmen er med å holde oppe jordlivet. For noen år siden undersøkte vi mengden av meitemark på et av feltene. Vi fant da ca. dobbelt så mange meitemark der halmen var pløyd ned hvert år som i jord uten halmnedpløying.

Virkingen av langvarig halmnedpløying på de fysiske forhold i jorda er det ikke så lett å få målbare uttrykk for. Flere undersøkelser viser at halmnedpløying gjør jorda litt mer porøs, med mer stabile aggregater, og med bedre evne til å lede og å holde på vann. De større positive effekter på avlingene i tørre enn i våte år, kan delvis ha sammenheng med dette, men kan også ha andre årsaker.

Halm kan selvsagt også virke negativt. En har sett eksempler på at ujevn nedpløying, særlig av hel halm, kan føre til rask uttørking og dårlig oppspiring og ujevn åker. Manganmangel kan også inntre på visse jordarter, når lufttilgangen blir for god. Under svært fuktige forhold kan den biologiske nedbrytningen av halm nede i jorda føre til oksygenmangel og annen skade på unge kornplanter.

Stubbearbeiding i kornåker om høsten har nå fått et visst omfang for å holde kveke og annet ugras i sjakk. Ved å kutte opp halmen og blande den inn i de øvre jordlag, kan en få en viss omsetning av halmen allerede om høsten. Dette har bl.a. den

positive effekt at en kan få beslaglagt noe av det nitrat som er i jorda om høsten, og derved redusere utvasking og forurensning i noen grad.

Halm inneholder relativt mye kalium, 1-1,5 K% i bygghalm og en halv prosent mere i havrehalm. Ved årlig nedpløying av halm kan en derfor redusere K-gjødslingen, kanskje med 4-5 kg pr dekar.

Nedpløying av halm bør betraktes som en forsikring, en forholdsregel en bør ta ved ensidig korndyrking for å sikre jordas produksjonsevne. Selv om situasjonen skulle bli at korndyrkerne kan selge halmen til luting eller brensel for en bra pris, bør en kanskje likevel sørge for å ha en god del igjen til nedpløying, der driften er ensidig.

7. Torv og bark er meget bra jordforbedringsmidler, både i jord- og hagebruk. Torv har på tross av vidt C:N-forhold ikke negativ N-effekt, da den omsettes svært langsomt i jorda. Torv er ofte sur og ved bruk av store mengder, f.eks. i hagebruk, bør den kalkes. Ved bruk av bark som jordforbedringsmiddel ved plantedyrking anbefales tilskudd av N- og P-gjødsel /SOLBRAA NISK 1972/.

StikkordsregisterHusdyrgjødsel

	side
aerob omsetning (=kompostering)	41
aerobt gjæret gjødsel	43
ammoniumkarbonat	20,24,36
ammoniakktap	24-28, 48-50
ammoniakktap etter spredning	49
ammoniakktrykket i væsken	25
anaerobe forhold	41
biogassproduksjon	44
bløtgjødsel	41
bløtgjødsellagring	31,40
bløtgjødsel til korn	78
borinnholdet i storfegjødsel	80
C/N-forholdet	21,13
C:P forhold	29
delt lagring	31
denitrifikasjon	21,29
DIDIN	59
effektiviteten av N i husdyrgjødsel	67
energikilde for mikroorganismene	82
fastgjødsellagring	31
faste ekskrementer, innhold	2,5,6
fjørfegjødsel	14
folkegjødsel	15
forsøk med gylle	77
forsøk med høstgjødsling og vårgjødsling	55-58
forsøk med store mengder bløtgjødsel	74
forurensing fra husdyrgjødsel	59-66
fosfor i husdyrgjødsel	8,13
frysing, husdyrgjødsel	50

FYM	68
gjæring	17
gjødseldyreenhet	66
grisegjødsel	14
gülle, gylle	13,40
halmstrø	17
hestegjødsel	14
husdyrgjødsel fra forskjellige husdyr	12
humusinnholdet etter gjødsling med husdyrgjødsling	83
husdyrgjødsling til forskjellig årstid	51
husdyrgjødsel til forskjellige vekster	86
husdyrgjødsel på forskjellige jordarter	87
hydrogensulfid (H ₂ S)	41,46,95
innhold i husdyrgjødsel	13
kalium i husdyrgjødsel	8,13
kalsium i husdyrgjødsel	9,13
klor i husdyrgjødsel	8,13
konserveringsmidler for å redusere NH ₃ -tap	45
kopper i husdyrgjødsel	81
land	3,13
magnesium i husdyrgjødsel	13,80
mengde av gjødsel pr dyr	3,5
metangjæring	44
mikronæringsstoffer, innhold	9
mineralstoffenes omsetning under gjæringen	29
nedmoldingsmåten	50
NH ₃ -tap-vind	48
nitrifikasjonen i gjærende gjødsel	21
nitrogenassimilasjon ved mikroorganismer	22
normer og arealbehov	66

oksydering	43
olje som dekklag	35
omsetningen av N-frie organiske stoffer	18
oppbevaring av fast gjødsel	37
oppbevaring av land i kum	33
overflateavrenning fra vinterspredd gjødsel	59
partialtrykk av ammoniakk	28
reaksjonens betydning for ammoniakktapet	27
rev- og minkgjødsel	14
sagflis til strø	17
sauegjødsel	13
separering av husdyrgjødsel	37
slurry	68
"sorkhaugmetoden"	37
strøslaget	38
superfosfattilsetning	45
svovel i husdyrgjødsel	8,13,80
talle	39
temperaturens virkning på NH_3 -trykket	28
tilsetning av kjemikalier til urin	36
torvstrø	16
urease	20
urin fersk, innhold	3,6
urinstoff	7,20
utkjøring og spredning	46
utnyttelsen av N,P og K i husdyrgjødsel	69,71
utvikling av CO_2	82
varmebehandling	43
virkning av føring	10
våtkompostering	43

StikkordsregisterAndre organiske gjødselslag og jordforbedringsmidler

grønngjødsling	97
halmnedpløying	109
halmnedpløying, virkningen på moldinnholdet	113
jordforbedringsmidler	2,88
kloakkslam, feltforsøk	101
kloakkslam, innhold	98, 101
kompost	97
korttidseffekt	109
langtidseffekt	109
P-effekten av kjemisk felt slam	104
pressaft-innhold	90
pressaftmengde	89
pressaft på eng	92
pressaft til fôr	91
septiktankslam	106
slam, aerobt, stabilisert	99
slam, anaerobt, stabilisert	99
slam, kalkstabilisert	99
slam, resirkulering	108
slam på planert leirjord	103
slamsterilisering, kalk	104
slam, sykdomssmitte	106
tang og tare, innhold	96
tungmetaller i gjæret kloakkslam	105

