



N-verlies en bemestende waarde van een riet/veenbaggerbedding uit een vrijloopstal bij drie verschillende opslagmethoden

Onderzoek uitgevoerd in opdracht van de Provincie Utrecht

Herman de Boer



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN **UR**

N-verlies en bemestende waarde van een riet/veenbaggerbedding uit een vrijloopstal bij drie verschillende opslagmethoden

Onderzoek uitgevoerd in opdracht van de Provincie Utrecht



PROVINCIE  UTRECHT

Herman de Boer

Wageningen UR Livestock Research
Wageningen, augustus 2015

Livestock Research Rapport 887



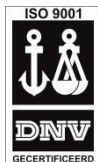
LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN 

De Boer, Herman, 2015. *N-verlies en bemestende waarde van een riet/veenbaggerbedding uit een vrijloopstal bij drie verschillende opslagmethoden*. Wageningen, Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, Livestock Research Rapport 887. 21 blz.

© 2015 Wageningen UR Livestock Research, Postbus 338, 6700 AH Wageningen, T 0317 48 39 53, E info.livestockresearch@wur.nl, www.wageningenUR.nl/livestockresearch. Livestock Research is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever of auteur.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op als onze onderzoeksoopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Inhoud

Samenvatting	5
1 Introductie	7
2 Materiaal & methoden	8
2.1 Algemene proefopzet	8
2.2 Bemonstering en analyse van de bedding	10
2.3 Schatting van de afbraak van organische stof tijdens opslag	10
2.4 Schatting van het N-verlies tijdens opslag en na uitrijden	10
2.5 Bepaling van de snelheid van C-afbraak	10
2.6 Bepaling van de snelheid van N-mineralisatie	12
2.7 Bepaling van de 'verdwijningssnelheid' van uitgereden bedding op de graszode	12
3 Resultaten & discussie	13
3.1 Afbraak van organische stof en P- en K-verlies tijdens opslag	13
3.2 N-verlies tijdens opslag en na uitrijden op grasland	13
3.3 Snelheid van C-afbraak	14
3.4 Snelheid van N-mineralisatie	15
3.5 Verdwijningssnelheid van bedding na uitrijden op grasland	16
4 Conclusies	19
Referenties	20
Bijlagen	21
Bijlage 1. Input voor het C-afbraakmodel en voorspelde hoeveelheden overblijvende C	21

Samenvatting

Een toenemend aantal melkveehouders heeft interesse in de bouw van een vrijloopstal met een organische bedding, om daarmee o.a. het welzijn van de koeien te verhogen. Om de bedding voldoende droog te houden moet er regelmatig nieuw strooisel worden aangevoerd om het met mest uitgescheiden vocht te absorberen of door compostering te verdampen. Voor vochtabsorptie of verdamping kunnen verschillende organische materialen gebruikt worden. In het westelijk veenweidegebied is gedroogde veenbagger in combinatie met riet mogelijk een interessante optie voor vochtabsorptie. Riet en veenbagger zijn gebiedseigen materialen, waardoor het gebruik daarvan bijdraagt aan het sluiten van de kringloop op het bedrijf en in de regio. Een bijkomend voordeel is dat door een relatief lage zuurgraad van veenbagger de emissie van ammoniak uit de bedding geremd kan worden. Riet is in de combinatie nodig om de bodem voldoende draagkracht te geven. Door riet en veenbagger in afwisselende lagen te stapelen ontstaat een zogenoemde 'lasagne' bedding. De bedding in een vrijloopstal wordt aan het einde van zijn levensduur, eventueel na een opslagperiode buiten de stal, gebruikt om gras- en bouwland te bemesten. Voor een goede bemesting en het minimaliseren van stikstof(N)verlies tijdens opslag is antwoord op o.a. de volgende vragen nodig: 1) hoe moet de gebruikte bedding opgeslagen en behandeld worden om de mestkwaliteit te behouden of te verbeteren; 2) wat is het N-verlies tijdens opslag en na uitrijden van de bedding op het land; 3) wat is de waarde van de bedding als N-meststof en voor opbouw van de bodemorganische stof; en 4) geeft bemesting met bedding vervuiling van het te oogsten gras? Om deze vragen te beantwoorden werd in opdracht van de Provincie Utrecht op proefbedrijf Zegveld onderzoek uitgevoerd. In een kleine vrijloopstal werd tijdens een periode van ruim vier maanden een bedding opgebouwd, bestaande uit afwisselende lagen riet en veenbagger. Na verwijdering van de bedding uit de stal werd deze op drie verschillende manieren opgeslagen: in de open lucht, onder waterwerend doek en onder kuilplastic. Voor en na opslag werd de bedding bemonsterd en geanalyseerd op mestkwaliteit. Op basis van veranderingen in gehalten in verhouding tot het asgehalte werd geschat hoeveel er van de organische stof afbrak en hoeveel N, P en K er tijdens opslag verdween. Omdat de hoeveelheid N die verdwijnt tijdens opslag invloed kan hebben op de N die verloren gaat door vervluchtiging na uitrijden, werd het N-verlies na uitrijden ook geschat en werd het opgetelde N-verlies voor de verschillende opslagvormen vergeleken. De opgeslagen bedding werd in het voorjaar uitgereden op grasland, waarna werd beoordeeld hoe snel deze uit de graszode verdween. Uit de resultaten blijkt dat tijdens opslag de meeste organische stof werd afgebroken onder waterwerend doek, gevolgd door open lucht en tenslotte kuilplastic. Indicatieve afbraakpercentages varieerden tussen 18 en 38%. Tijdens opslag ging de meeste N verloren onder waterwerend doek, gevolgd door open lucht en kuilplastic. Indicatieve verliespercentages varieerden tussen 16 en 38%. De afbraak van de organische stof en het N-verlies werden waarschijnlijk onderschat, omdat er tijdens opslag mineralen zoals P en K uitspoelden. Het indicatieve P-verlies door uitspoeling varieerde tussen 11 en 32% en het indicatieve K-verlies tussen 28 en 45%. Het indicatieve N-verlies door vervluchtiging na uitrijden op grasland was het hoogst bij het direct uitrijden van de bedding uit de stal (12%) en duidelijk lager na opslag (1 tot 3%). Het indicatieve opgetelde N-verlies (tijdens opslag en na uitrijden) was het hoogst bij opslag onder waterwerend doek, gevolgd door open lucht en kuilplastic. Opslag onder kuilplastic lijkt op dit moment de meest geschikte methode om N-verlies tijdens opslag en na uitrijden op grasland te beperken. Direct uitrijden van bedding uit de stal is niet aan te bevelen. Tijdens afbraak van de rauwe bedding kan er minerale (plant-opneembare) N uit de bedding worden vastgelegd. De rauwheid van het materiaal (harde stukken riet) kan daarnaast vervuiling van het gras geven. De waarde van riet/veenbaggerbedding als N-meststof voor de korte termijn lijkt beperkt, vanwege een laag gehalte aan minerale, plant-opneembare N, en een lage mineralisatiesnelheid van organische N. De toevoeging van riet aan de bedding geeft een extra opbouw van bodemorganische stof. Hoewel het verschil in opslagmethode leidde tot een verschil in afbreekbaarheid van de organische stof, heeft dit niet direct gevolgen voor de opbouw van de hoeveelheid bodemorganische stof, omdat er van bedding die sneller afbreekt ook meer beschikbaar is, en omgekeerd. De resultaten laten zien dat na een opslagperiode van enkele maanden, en gebruik van een mestwagen met dubbele walsen, er na het uitrijden van een riet/veenbaggerbedding op

grasland geen problemen te verwachten zijn door vervuiling van het gras. Toepassing van een riet/veenbaggerbedding in de vrijloopstal geeft een extra opbouw van bodemorganische stof in veengrond en leidt tot een betere sluiting van de kringloop op het eigen bedrijf en in de regio. Het N-verlies van de onderzochte opslagmethoden is echter nog te hoog, en de waarde van de bedding als N-meststof op korte termijn is gering. De riet/veenbaggerbedding is hierdoor momenteel nog geen aantrekkelijke keuze voor de vrijloopstal. Wijzigingen in de manier van opslaan/composteren kan dat perspectief mogelijk verbeteren.

1 Introductie

Een toenemend aantal melkveehouders heeft interesse in de bouw van een vrijloopstal met een organische bedding, om daarmee o.a. het welzijn van de koeien te verhogen. Om de bedding voldoende droog te houden moet er regelmatig nieuw strooisel worden aangevoerd om het met mest uitgescheiden vocht te absorberen of door compostering te verdampen. Voor vochtabsorptie of verdamping kunnen verschillende organische materialen gebruikt worden. In het westelijk veenweidegebied is gedroogde veenbagger in combinatie met riet mogelijk een interessante optie voor vochtabsorptie. Riet en veenbagger zijn gebiedseigen materialen, waardoor hun gebruik bijdraagt aan het sluiten van de kringloop op het bedrijf en in de regio. Een bijkomend voordeel is dat door een relatief lage zuurgraad van veenbagger de emissie van ammoniak uit de bedding geremd kan worden. Riet is in de combinatie nodig om de bodem voldoende draagkracht te geven. Door riet en veenbagger in afwisselende lagen te stapelen ontstaat een zogenoemde 'lasagne' bedding.

De bedding in een vrijloopstal wordt aan het einde van zijn levensduur, eventueel na een opslagperiode buiten de stal, gebruikt om gras- en bouwland te bemesten. Voor een goede bemesting en het minimaliseren van stikstof(N)verlies tijdens opslag is antwoord op o.a. de volgende vragen nodig: 1) hoe moet de gebruikte bedding opgeslagen en behandeld worden om de mestkwaliteit te behouden of te verbeteren; 2) wat is het N-verlies tijdens opslag en na uitrijden van de bedding op het land; 3) wat is de waarde van de bedding als N-meststof en voor opbouw van de bodemorganische stof; en 4) geeft bemesting met bedding vervuiling van het te oogsten gras? Om deze vragen te beantwoorden werd in opdracht van de Provincie Utrecht op proefbedrijf Zegveld onderzoek uitgevoerd. In een kleine vrijloopstal werd tijdens een periode van ruim vier maanden een bedding opgebouwd, bestaande uit afwisselende lagen riet en veenbagger. Na verwijdering van de bedding uit de stal werd deze op drie verschillende manieren opgeslagen: in de open lucht, onder waterwerend doek en onder kuilplastic. Voor en na opslag werd de bedding bemonsterd en geanalyseerd op mestkwaliteit. Op basis van veranderingen in asgehalte werd geschat hoeveel er van de organische stof afbrak en hoeveel N, P en K er tijdens opslag verdween. Omdat de hoeveelheid N die verdwijnt tijdens opslag invloed kan hebben op de N die verloren gaat door vervluchtiging na uitrijden, werd het N-verlies na uitrijden geschat en werd het opgetelde N-verlies voor de verschillende opslagvormen vergeleken. De opgeslagen bedding werd in het voorjaar uitgereden op grasland, waarna werd beoordeeld hoe snel deze uit de graszode verdween.

2 Materiaal & methoden

2.1 Algemene proefopzet

De riet/veenbaggerbedding in de vrijloopstal van Zegveld werd eind juni 2011 gestart en op 10 november beëindigd. Daarmee lag de bedding ruim vier maanden in de stal. De bedding was tijdens deze periode geleidelijk opgebouwd uit afwisselende lagen riet en gedroogde veenbagger. De bedding werd op 11 november bemonsterd (Foto 1), opgedeeld in drie partijen en tijdens een periode van drie maanden op drie verschillende manieren opgeslagen in ruggen: 1) in de open lucht; 2) onder waterwerend compostdoek; en 3) onder kuilplastic (Foto 2, Foto 3, Foto 4). Het doel hiervan was te onderzoeken welk effect de verschillende vormen van opslag hadden op de waarde van de bedding als N-meststof en voor de opbouw van bodemorganische stof. Op 8 februari 2012 werden de drie ruggen bemonsterd. Op basis van de analyseresultaten werd vervolgens geschat hoeveel organische stof er tijdens opslag afbrak en hoeveel N, P en K er uit de bedding verdween. Na de bemonstering werd het materiaal van de opslag in de open lucht en onder kuilplastic uitgereden op grasland. De rug met opslag onder waterwerend doek bleef liggen en werd uitgereden na de oogst van de eerste snede gras. Na het uitrijden werd bepaald hoe snel het materiaal verdween uit de graszode, om vast te stellen of er risico was van vervuiling van het gras bij de volgende oogst.

De genomen monsters werden geanalyseerd op samenstelling en ingezet in twee incubatieproeven in het laboratorium: een proef waarin werd bepaald hoe snel de C (~ organische stof) uit de bedding afbrak (afbraakproef) en een proef waarin werd bepaald hoe snel de N uit de bedding mineraliseerde (mineralisatieproef). De werkwijze bij bemonstering en bij de uitvoer van de incubatieproeven wordt hierna meer in detail beschreven.



Foto 1 Bemonstering van de riet/veenbaggerbedding in de vrijloopstal van Zegveld



Foto 2 Opslag van de riet/veenbaggerbedding in de open lucht



Foto 3 Opslag van de riet/veenbaggerbedding onder waterwerend compostdoek



Foto 4 Opslag van de riet/veenbaggerbedding onder kuilplastic

2.2 Bemonstering en analyse van de bedding

Bij de bemonstering werd de bedding/rug over de hele laagdikte bemonsterd. Hierbij werd een mengmonster samengesteld van 10 tot 20 steken op verschillende plaatsen, regelmatig verdeeld over het oppervlak. De mengmonsters werden onderverdeeld in submonsters en opgeslagen in gelabelde plastic zakken. Van elk mengmonster werd een submonster verstuurd naar het ETE Servicelaboratorium (Vakgroep Milieutechnologie, Wageningen). Deze monsters werden geanalyseerd op: drogestof, as, totaal N, totaal P, totaal K, totaal C, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ en pH (in water). De andere monsters werden opgeslagen in een vriescel (-18°C). Na enkele weken werd van ieder mengmonster een submonster verstuurd naar Wageningen voor het uitvoeren van de incubatieproeven. Naast de genomen monsters van de riet/veenbaggerbedding werden hiervoor ook twee referentiemonsters met bekende samenstelling gebruikt: een monster van een vrijloopstalcompost met actieve compostering van houtsnippers en een monster van runderdrijfmest van een 'gemiddelde' samenstelling. Het monster van de vrijloopstal was eerder genomen en geanalyseerd in 2011, de runderdrijfmest was eerder gebruikt in onderzoek van De Boer & Bloem (2010) en lag sindsdien opgeslagen in de vriezer bij -18°C . Beide referentiemonsters waren bij hetzelfde laboratorium op dezelfde parameters geanalyseerd als de in dit onderzoek genomen monsters.

2.3 Schatting van de afbraak van organische stof tijdens opslag

Tijdens opslag van de bedding werd er organische stof afgebroken. Omdat de hoeveelheid as door afbraak niet verandert, daalde de verhouding (organische stof : as) van een opslagvariant vergeleken met de uitgangspartij. Op basis van deze daling kon de afbraak van de organische stof worden geschat. De afbraak (%) van de organische stof (o.s.) tijdens opslag werd in dit onderzoek geschat als: $100\% * (1 - ((\text{o.s. opslagvariant} / \text{as opslagvariant}) / (\text{o.s. uitgangspartij} / \text{as uitgangspartij})))$.

2.4 Schatting van het N-verlies tijdens opslag en na uitrijden

Tijdens de opslag en afbraak kon N verloren gaan door vervluchtiging en uitspoeling. Op basis van de afname van de verhouding (N : as) werd met bovenstaande formule ook het N-verlies (%) geschat. Hierbij werd de parameter o.s. vervangen door N-gehalte. N die tijdens opslag niet verloren gaat, kan na het uitrijden van de bedding op gras- of bouwland alsnog verloren gaan, en omgekeerd. Om een beter beeld van het totale N-verlies tijdens opslag en uitrijden te krijgen, werd er daarom ook een schatting van het N-verlies na bovengronds uitrijden op grasland gemaakt voor alle opslagvarianten. Op basis van eerdere metingen bij het uitrijden van stalmest (b.v. Mulder, 1992) werd er vanuit gegaan dat bij het uitrijden van riet/veenbaggerbedding er 75% van de aanwezige $\text{NH}_4\text{-N}$ vervluchtigde.

2.5 Bepaling van de snelheid van C-afbraak

De snelheid van C-afbraak werd bepaald door herhaalde meting van de CO_2 -emissie in een incubatieproef (afbraakproef). Omdat de C-afbraak naar verwachting grotendeels parallel loopt met de afbraak van organische stof, is de C-afbraak een maat voor de afbraak van organische stof. In de afbraakproef werd de bedding direct uit de stal zowel gemengd met een veengrond als een zandgrond (Tabel 1), werden de referentie runderdrijfmest en referentie vrijloopstalcompost alleen gemengd met zandgrond en werd de bedding na drie maanden opslag alleen gemengd met veengrond. De veengrond werd gebruikt om een idee te krijgen van de afbraak van C in een gebiedseigen grond. Het gebruik van zandgrond kwam voort uit het feit dat de afbraaksnelheid van de referentie vrijloopstalcompost en runderdrijfmest oorspronkelijk in het kader van een ander project werden

bepaald. Doordat de bedding direct uit de stal zowel gemengd werd met veengrond als zandgrond, kon de afbraak van de bedding in veengrond vergeleken worden met die in zandgrond, en die van bedding in zandgrond met de afbraak van de twee referentiematerialen. Dit gaf een idee van het niveau van de afbraaksnelheid van de riet/veenbaggerbedding vergeleken met andere vrijloopstalcompost en runderdrijfmest. De afbraakproef werd uitgevoerd door het Chemisch Biologisch Laboratorium Bodem (CBLB) te Wageningen. De afbraakproef werd uitgevoerd in glazen flessen, bij constante bodemvochtigheid, in het donker en bij een temperatuur van 20°C. De flessen (ø 6,9 cm; inhoud 575 ml) werden gevuld met 10 cm vochtige zand- of veengrond om zo een bouwvoor te simuleren. De zandgrond werd op 60% van de vloeigrens (~ veldcapaciteit) gebracht door gedemineraliseerd water toe te voegen aan luchtdroge grond. De zandgrond was afkomstig uit de bouwvoor (0 tot 30 cm) van een praktijkperceel blijvend grasland van proefbedrijf Aver Heino (perceel 1-2, esgrond). De veengrond werd vers ingezet; de vochtigheid op dat moment was 75% van de vloeigrens. De veengrond was afkomstig uit de bouwvoor van de huiskavel van proefbedrijf Zegveld. De zand- en veengrond werden op samenstelling geanalyseerd door het CBLB te Wageningen (Tabel 1).

Tabel 1

Samenstelling van de zand- en veengrond gebruikt in de C-afbraak- en de N-mineralisatieproef.

Parameter	Eenheid	Zandgrond	Veengrond
Organische stof	g/kg droge grond	52	551
N-totaal	g/kg droge grond	1,84	21,3
P-totaal	mg/kg droge grond	604	1319
K-totaal	mg/kg droge grond	417	6842
C-totaal	g/kg droge grond	31	266
C/N	-	16,8	12,5
NH ₄ -N	mg/kg droge grond	5	5
NO ₃ -N+NO ₂ -N	mg/kg droge grond	3	28
pH-KCl	-	4,8	4,3
pH-water	-	5,9	5,2

Bij incubatie werd van alle materialen 15 g vers materiaal vermengd met de 10 cm vochtige grond, na knippen van het materiaal op 1 cm. Knippen van de bedding direct uit de stal kostte daarbij relatief veel moeite vanwege de nog harde rietstengels. Dit was bij de monsters van de opgeslagen bedding niet het geval. De gift van 15 g correspondeerde op basis van het oppervlak in de fles met een gift van 40 ton ha⁻¹; echter, omdat het materiaal in de praktijk eerder 20 dan 10 cm diep wordt ondergewerkt, correspondeerde deze gift op basis van de vermenging met grond eerder met een gift van 80 ton ha⁻¹. Na het vullen van de flessen werd het gewicht op de fles geschreven, werden de flessen afgesloten met een wattenprop (om vrije gasuitwisseling mogelijk te maken) en weggezet in het donker bij een constante temperatuur van 20°C. De CO₂-emissie van de flessen werd gemeten na 1, 3, 7, 14, 28, 56, 112 en 168 dagen. Vier tot zes uur (zes uur vanaf dag 56) voor de meting werden de wattenproppen vervangen door luchtdichte doppen met een flexibele rubberen middensectie. Na vier tot zes uur werd de opgebouwde CO₂-concentratie in de fles gemeten met een Innova 1412 gasmonitor. Bij drijfmest werd de CO₂-emissie op de eerste meettijdstippen niet na vier uur, maar al na een half uur gemeten, vanwege de hoge emissiesnelheid. Na het meten werden de flessen terug op gewicht gebracht door het toedienen van gedemineraliseerd water. Het typische vochtverlies was meestal niet meer dan 1 ml per week. Na de watertoediening werden de luchtdichte doppen weer vervangen door wattenproppen en werden de flessen teruggezet in de incubatieruimte.

De netto CO₂- en C-emissie (het C-verlies) werden voor iedere behandeling berekend. De snelheid van C-afbraak werd berekend door lineaire integratie over de tijd, ofwel door aan te nemen dat de C-emissie tussen twee meetpunten het gemiddelde is van de twee meetpunten. Omdat de oorspronkelijk aanwezige hoeveelheid C (in grond en toegediend organisch materiaal) bekend was, kon met behulp van de geïmitteerde hoeveelheid C de overblijvende hoeveelheid C berekend worden.

De afname van de hoeveelheid C over de tijd, uitgedrukt in percentages van de oorspronkelijk aanwezige hoeveelheid in de fles, werd gebruikt om de modelparameters R en S af te leiden voor het

C-afbraakmodel beschreven door Yang en Janssen (2000). Eerst werden daarvoor de gemeten data aangepast aan de gemiddelde bodemtemperatuur in Nederland (9°C), die lager is dan de temperatuur in de afbraakproef (20°C). Deze aanpassing werd uitgevoerd met de methodiek beschreven door Yang en Janssen (2002) en resulteerde in een vermenigvuldiging van de tijdschaal met factor 2,33. Na de afleiding van de modelparameters R en S werden de C-afbraaksnelheden en overblijvende hoeveelheden C in de bodem met het C-afbraakmodel voorspeld voor een tijdsduur tot 100 jaar.

2.6 Bepaling van de snelheid van N-mineralisatie

De snelheid van N-mineralisatie werd bepaald door herhaalde meting in de tijd van de hoeveelheid aanwezige minerale N ($\text{NH}_4\text{-N}$ en $\text{NO}_3\text{-N}$) na het mixen van bedding met zandgrond in een incubatie-experiment (mineralisatieproef). Het gebruik van zandgrond kwam voort uit het feit dat de oorspronkelijke mineralisatieproef in het kader van een ander project werd uitgevoerd. Beddingmateriaal direct uit de vrijloopstal van Zegveld werd daarbij toegevoegd als een extra behandeling. Omdat in de oorspronkelijke mineralisatieproef ook de referentie runderdrijfmest en de referentie vrijloopstalcompost als behandelingen waren opgenomen, kon de snelheid van N-mineralisatie van de riet/veenbaggerbedding hiermee vergeleken worden. De mineralisatieproef werd eveneens uitgevoerd door het CBLB in Wageningen.

De mengsels van zandgrond met bedding of drijfmest werden ingezet in gesealde (luchtdoorlatende) polyethyleen zakjes, bij een constante bodemvochtigheid, in het donker en bij een constante temperatuur van 20°C. De meststoffen werden gemengd met de zandgrond (Tabel 1) in dezelfde verhoudingen als in de C-afbraakproef en uitgevoerd onder dezelfde omstandigheden (paragraaf 2.5). De hoeveelheid minerale N werd bepaald bij de start van het experiment (alle behandelingen en de controle met alleen zandgrond) en na vier en acht weken incubatie. Alle behandelingen werden een keer herhaald, wat resulteerde in een totaal van $8+8+8 = 24$ zakjes. Een verdere beschrijving van dit type mineralisatiemetingen is gegeven door Velthof en Oenema (2010).

Door de hoeveelheden minerale N te vergelijken tussen de behandelingen en tijdstippen kon de bruikbaarheid van de bedding en drijfmest als N-meststof voor de korte termijn beoordeeld worden. Het verschil in minerale N tussen twee tijdstippen was een maat voor de hoeveelheid N die in deze periode mineraliseerde. De gemineraliseerde N van alle behandelingen werd gecorrigeerd voor de gemineraliseerde N van alleen de zandgrond (controle) en uitgedrukt als percentage van de totale hoeveelheid N die oorspronkelijk werd toegediend met de mest. Bij de zandgrond werd de gemineraliseerde N uitgedrukt als percentage van de totale hoeveelheid N die in de grond aanwezig was bij start van het experiment.

2.7 Bepaling van de 'verdwijningssnelheid' van uitgereden bedding op de graszode

Om te bepalen hoe snel uitgereden bedding tijdens het groeiseizoen uit de graszode verdween werd gecomposteerd bedding (opgeslagen onder waterwerend doek) uitgereden na oogst van de eerste snede gras. Deze bedding had ongeveer zeven maanden in opslag gelegen. Het materiaal werd uitgereden op 31 mei 2012 met een mestwagen met dubbele walsen, waardoor het materiaal goed werd kortgeslagen. Om te bepalen hoe snel het materiaal in de grasmat verdween werden na het uitrijden regelmatig foto's genomen van een vaste plek op het perceel (observatievlak M1). Om te bepalen of en hoeveel van het uitgereden materiaal werd meegeoogst werd het geoogste gras van de tweede snede bemonsterd en daarna gescheiden in vers gras en beddingmateriaal.

Op 7 mei 2012 werd daarnaast nog een veldbezoek gebracht aan percelen waarop in februari de bedding uit de opslag in de open lucht en onder kuilplastic was uitgereden. Het doel van dit bezoek was om te beoordelen of er nog uitgereden materiaal in de graszode was terug te vinden. Een indicatie van het resultaat werd vastgelegd met foto's.

3 Resultaten & discussie

3.1 Afbraak van organische stof en P- en K-verlies tijdens opslag

Op basis van veranderingen in de verhouding (o.s. : as) werd geschat dat er tijdens opslag, gemiddeld over de opslagvarianten, 27% van de organische stof werd afgebroken. De grootste afbraak werd gerealiseerd bij opslag onder waterwerend doek (38%), gevolgd door opslag onder kuilplastic (25%) en opslag in de open lucht (18%). De aanname bij deze schatting was dat de hoeveelheid as in het product niet veranderde door afbraak. Mineralen zoals P en K zijn onderdeel van het asgehalte en kunnen tijdens afbraak niet vervluchtigen, maar wel uitlekken of uitspoelen. Zonder uitspoeling zouden hun concentraties in de as na opslag op hetzelfde niveau moeten liggen als voor opslag. Uit het verloop in de gehalten tijdens opslag blijkt echter dat zowel de concentratie van P als K in de as tijdens opslag afnam (Tabel 2). Dit duidt erop dat er zowel P als K tijdens opslag uitspoelde. Met behulp van de afname van de concentratie van P en K in de as werd geschat dat er gemiddeld 19% van de P verloren ging en 34% van de K. Het geschatte P-verlies was het grootst bij opslag onder waterwerend doek (32%), gevolgd door opslag onder kuilplastic (14%) en opslag in de open lucht (11%). Het geschatte K-verlies was het grootst bij opslag onder waterwerend doek (45%); het verlies bij opslag onder kuilplastic (28%) was gelijk aan opslag in de open lucht. Bokhorst en ter Berg (2001) melden een gemiddeld P-verlies tijdens composteren van 7% en een K-verlies van 5% bij afdekken van de composthoop en 27% bij niet afdekken. Het veel grotere P- en K-verlies bij afdekken in het huidige onderzoek vergeleken met de resultaten van Bokhorst en ter Berg (2001) kon niet verklaard worden. Door de uitspoeling van mineralen zoals P en K was de geschatte afbraak op basis van de verhouding (o.s. : as) mogelijk een onderschatting van de werkelijke afbraak. Het niveau van onderschatting kon op basis van de gegevens van dit onderzoek echter niet inzichtelijk gemaakt worden. Wel lijkt het aannemelijk dat de uitspoeling bij opslag onder de open lucht groter was dan bij de twee andere opslagvormen. Dit zou betekenen dat de geschatte afbraak van organische stof en de uitspoeling van P en K bij deze opslagvariant waarschijnlijk het meest onderschat is.

Tabel 2

Samenstelling van de riet/veenbaggerbedding uit de vrijloopstal van Zegveld bij verschillende vormen van opslag, en van een referentie vrijloopstalcompost en referentie runderdrijfmest (alle resultaten in kg ton⁻¹ vers, behalve dichtheid (kg m⁻³), C/N (-) en pH (-)).

Parameter	Bedding Zegveld				Referentiemateriaal	
	Zonder opslag	Opslag in open lucht	Opslag onder waterwerend doek	Opslag onder kuilplastic	Vrijloopstal compost	Runderdrijfmest
Drogestof	308	298	321	306	431	84
As	97	107	137	116	106	20
Totale N	7,26	6,71	6,34	6,55	15,4	3,9
Totale P	0,51	0,50	0,49	0,53	2,8	0,5
Totale K	3,67	2,93	2,83	3,17	19,0	5,3
Totale C	114	107	100	109	161	33
C/N	15,7	15,9	15,8	16,6	10,4	8,3
NH ₄ -N	1,11	0,35	0,35	0,14	0,2	1,9
NO ₃ -N	0,01	<0,01	0,06	0,13	0,18	<0,01
pH	7,4	6,9	6,4	5,9	8,6	7,1

3.2 N-verlies tijdens opslag en na uitrijden op grasland

Op basis van afname van de verhouding (N-totaal : as) werd geschat dat er tijdens opslag gemiddeld 26% van de oorspronkelijk aanwezige N verloren ging. Het grootste N-verlies werd gerealiseerd bij

opslag onder waterwerend doek (38%), gevolgd door opslag onder kuilplastic (25%) en opslag in de open lucht (16%) (Tabel 3). Vanwege de uitspoeling van mineralen tijdens opslag waren deze verliezen mogelijk een onderschatting van de werkelijke verliezen. De resultaten geven aan dat het N-verlies gelijke tred hield met het verlies aan organische stof. Ondanks het 'luchtdicht' opslaan onder kuilplastic was het N-verlies toch relatief groot, waarschijnlijk als gevolg van een combinatie van gasvormige verliezen en lekwater. Mogelijk was ook de kuil niet voldoende luchtdicht; de bedding was bij het inkuilen niet aangereden en het kuilplastic zat niet overal strak over het materiaal heen.

Bij uitrijden van de bedding op het grasland werd het grootste geschatte N-verlies door vervluchtiging gerealiseerd bij het direct uitrijden van bedding uit de stal en het kleinste verlies na opslag onder kuilplastic (Tabel 3). Verschillen tussen de drie opslagvormen waren klein, omdat er na opslag nauwelijks nog $\text{NH}_4\text{-N}$ in de bedding aanwezig was (Tabel 2). Het totale geschatte N-verlies (opslag + uitrijden) was het laagst als de bedding direct uit de stal werd uitgereden en het hoogst als de bedding werd opgeslagen onder waterwerend doek (Tabel 3). Een totaal N-verlies van 12 tot 41% van de oorspronkelijk aanwezige N is relatief hoog. Ter vergelijking, het totale N-verlies door vervluchtiging bij een referentie ligboxenstal (uit de stal en na emissiearm uitrijden van drijfmest op grasland) kan berekend worden op 19% van de in de stal uitgescheiden N, op basis van Velthof et al. (2009) en Ogink (2012) (bij jaarrond opstallen). Daarbij is de N-vervluchtiging na uitrijden 8,5% van de in de stal uitgescheiden N en 9,6% van de N aanwezig in uit te rijden drijfmest.

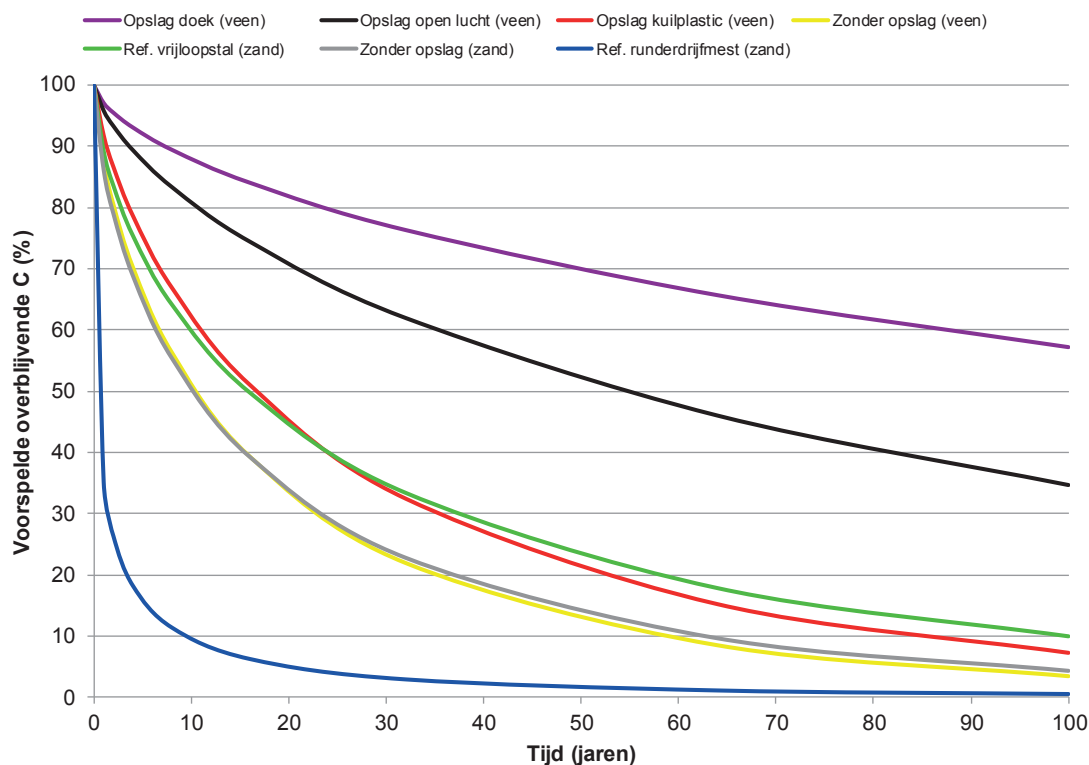
Tabel 3

Geschat totaal N-verlies (% van totale N in uitgangspartij) tijdens opslag en na bovengronds uitrijden van de riet/veenbaggerbedding uit de vrijloopstal van Zegveld, zonder opslag en bij drie verschillende vormen van opslag.

Opslagvorm	N-verlies		
	Tijdens opslag	Na uitrijden	Totaal
Direct uit de stal	0	12	12
Opslag in de open lucht	16	3	19
Opslag onder waterwerend doek	38	3	41
Opslag onder kuilplastic	25	1	26

3.3 Snelheid van C-afbraak

Het C-afbraakmodel van Yang en Janssen (2000) bleek de werkelijk gemeten afbraak goed te beschrijven ($P < 0,05$; $R^2 = 96\text{-}100\%$; Bijlage 1) en was daarmee geschikt om de C-afbraak op zowel de korte als lange termijn te voorspellen. De bedding direct uit de stal had in de afbraakproef de hoogste afbraaksnelheid, gevolgd door bedding opgeslagen onder kuilplastic, opgeslagen in de open lucht en onder waterwerend doek (Figuur 1) (Bijlage 1). Hoe meer C tijdens de opslag werd afgebroken, hoe resistenter de overblijvende C was tegen afbraak en hoe langzamer deze C afbrak in de afbraakproef. Hieruit kan afgeleid worden dat tijdens opslag onder waterwerend doek de meeste C werd afgebroken, gevolgd door opslag in de open lucht en opslag onder kuilplastic. Omdat de afbraakgegevens gevoeliger en nauwkeuriger zijn dan de schattingen op basis van veranderingen van de verhouding (o.s. : as), werd op basis van de afbraakgegevens de eerdere conclusie bijgesteld. Op basis van de bijgestelde verschillen in afbraaksnelheid, en de eerdere observatie dat het niveau van N-verlies gelijke tred hield met het niveau van o.s. afbraak, werd de conclusie getrokken dat bij opslag onder waterwerend doek de meeste N verloren ging, gevolgd door opslag in de open lucht en opslag onder kuilplastic. Dezelfde conclusie werd ook getrokken voor het eerder geschatte totale N-verlies (tijdens opslag en na uitrijden). Het bijstellen van de conclusies betekent dat de volgorde in verliespercentages en de verliesniveaus per opslagvariant, zoals eerder geschat op basis van het asgehalte, in het vervolg van deze rapportage niet meer worden aangehouden.



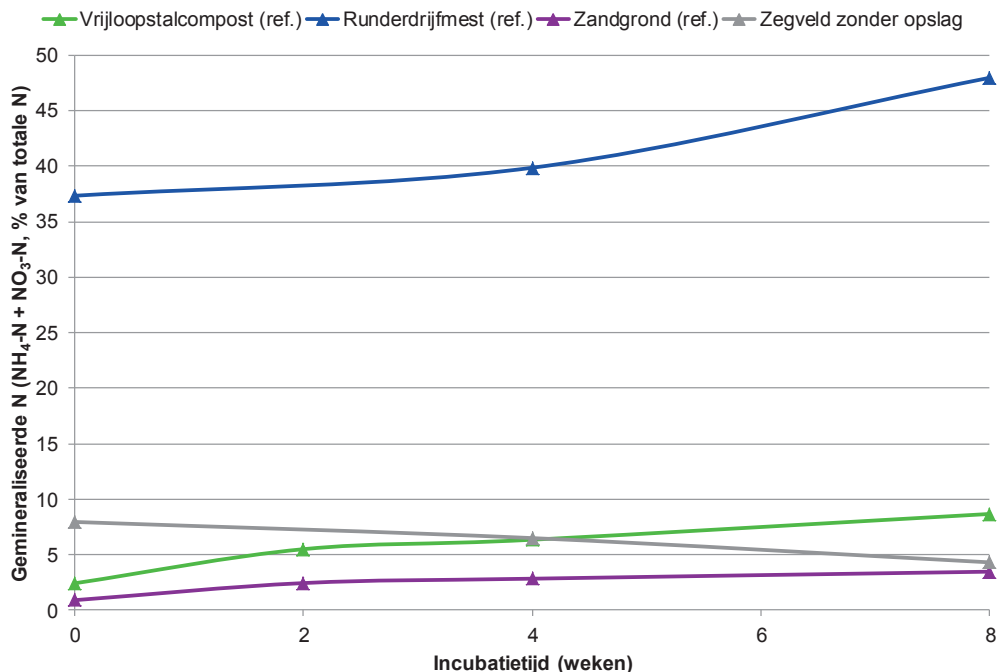
Figuur 1 Voorspelde afbraak van C in de riet/veenbaggerbedding uit de vrijlooptal van Zegveld na verschillende vormen van opslag, en van enkele organische referentiematerialen, over een periode tot 100 jaar na uitrijden

Op de lange termijn werd de grootste voorspelde bijdrage aan de opbouw van de bodemorganische stof gerealiseerd door bedding opgeslagen onder waterwerend doek, gevolgd door bedding opgeslagen in de open lucht en tenslotte bedding opgeslagen onder kuilplastic. Hierbij moet wel bedacht worden dat wanneer de bedding verder is afgebroken, er minder materiaal beschikbaar is om uit te rijden op het land. Hierdoor kunnen de netto verschillen tussen de opslagvarianten op termijn veel kleiner of afwezig zijn (de bijdrage van meer materiaal dat minder is afgebroken kan hetzelfde zijn als van minder materiaal dat meer is afgebroken). Bedding direct uit de stal brak sneller af dan na opslag; hierbij maakte het nauwelijks verschil of het materiaal werd gemengd met de zand- of de veengrond. Bedding die onder kuilplastic was opgeslagen brak op de lange termijn ongeveer even snel af als compost uit de referentievrijlooptal met houtsnippers. Bij deze stal waren de houtsnippers ongeveer tien maanden gecomposteerd. Bij de andere opslagvarianten brak de bedding een stuk langzamer af dan de referentie vrijlooptalcompost. De oorzaak hiervan was waarschijnlijk de relatief grote bijdrage van de resistente (oude) organische stof uit de veenbagger. De organische stof in de riet/veenbaggerbedding brak een stuk langzamer af dan de organische stof in de referentie runderdrijfmest. Gebruik van een riet/veenbaggerbedding zal daarbij een grotere opbouw van de bodemorganische stof geven, omdat met de toevoeging van riet er ook extra organische stof wordt toegediend.

3.4 Snelheid van N-mineralisatie

Na het mengen van bedding direct uit de stal met de zandgrond nam het gehalte minerale N niet toe maar af (Figuur 2). Dit wijst erop dat minerale N uit de bedding waarschijnlijk werd omgezet in organische N. Na acht weken incubatie was de hoeveelheid minerale N vrijwel gelijk aan de hoeveelheid in de referentie zandgrond. Omdat bedding direct uit de stal nog nauwelijks afgebroken was, was er tijdens de (verwachte) afbraak door bacteriën tijdens de incubatieproef waarschijnlijk te weinig minerale (opneembare) N in de bedding aanwezig vergeleken met de hoeveelheid makkelijk afbreekbare organische stof. Omdat bij de diverse opslagvormen de bedding al in bepaalde mate was

afgebroken (bij de ene variant meer dan bij de andere), mag verwacht worden dat hierdoor in verhouding meer N kon mineraliseren (niet gemeten). Als er meer N mineraliseert komt er ook meer N beschikbaar voor opname door het gewas. Echter, bij de in verhouding rijpere referentie vrijloopstalcompost was er na acht weken incubatie niet meer dan 8% van de totale N beschikbaar als minerale N. Bij de referentie runderdrijfmest was dit 48%. Gezien de mogelijke vastlegging van minerale N in organische N, en daarmee een kleinere beschikbaarheid van N voor gewasopname, kan de bedding beter niet direct uit de stal op het land uitgereden worden.



Figuur 2 Verandering in minerale N (NH₄-N + NO₃-N) als % van totaal toegediende N voor de riet/veenbaggerbedding uit de vrijloopstal van Zegveld (zonder opslag) en verschillende referentiematerialen, over een periode van acht weken na incubatie met zandgrond

3.5 Verdwijningssnelheid van bedding na uitrijden op grasland

Het verdwijnen van de bedding na uitrijden op grasland was goed te visualiseren met de genomen foto's (Foto 5 t/m 8). Twee weken na uitrijden was de bedding vrijwel volledig verdwenen uit de graszode (Foto 8). Uit de grasmonsters bij het maaien van de volgende snede (23 juli) bleek dat er de hoeveelheid beddingmateriaal in het gras verwaarloosbaar klein was. De resultaten geven daarmee de indicatie dat, wanneer een gecomposteerde riet/veenbaggerbedding wordt uitgereden tijdens het groeiseizoen, dit geen nadelige gevolgen hoeft te hebben voor de graskwaliteit. De op 9 februari uitgereden bedding uit de opslag onder kuilplastic en in de open lucht verdween ook relatief snel. Tijdens een bezoek op 7 mei was er vrijwel niets meer terug te vinden, behalve kleine resten direct op het bodemoppervlak (Foto 9).



Foto 5 Foto van de uitgereden bedding direct na het uitrijden op gemaaid grasland (31 mei)



Foto 6 Foto van de uitgereden bedding vijf dagen na het uitrijden op grasland (5 juni)



Foto 7 Foto van de uitgereden bedding acht dagen na het uitrijden op grasland (8 juni)

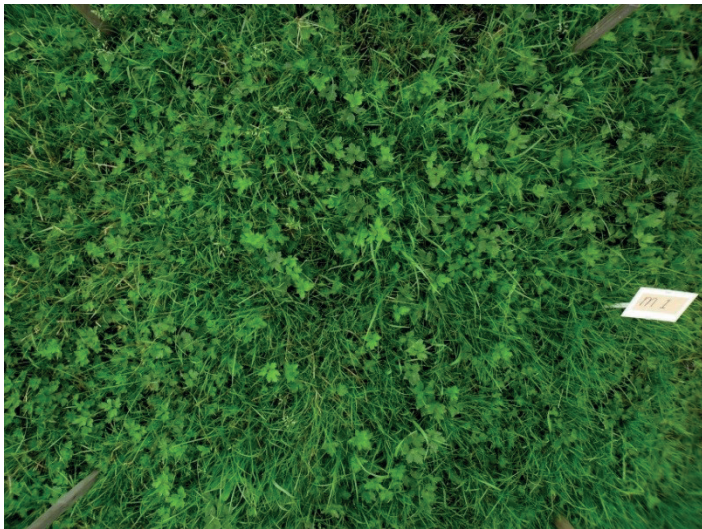


Foto 8 Foto van de uitgereden bedding 12 dagen na het uitrijden op grasland (12 juni)



Foto 9 Overblijvende beddingresten op 7 mei na uitrijden van bedding op 9 februari

4 Conclusies

- Tijdens opslag van de riet/veenbaggerbedding uit de vrijloopstal van Zegveld werd de meeste organische stof afgebroken bij opslag onder waterwerend doek, gevolgd door opslag in de open lucht en opslag onder kuilplastic. Indicatieve afbraakpercentages varieerden tussen 18 en 38%
- Tijdens opslag ging de meeste N verloren bij opslag onder waterwerend doek, gevolgd door opslag in de open lucht en opslag onder kuilplastic. Indicatieve verliespercentages varieerden tussen 16 en 38%. Het niveau van N-verlies liep gelijk op met het niveau van organische stofafbraak
- De afbraak van de organische stof en het N-verlies werden waarschijnlijk onderschat, omdat mineralen zoals P en K tijdens opslag konden uitlekken en/of uitspoelen. Het indicatieve P-verlies door uitspoeling varieerde tussen 11 en 32% en het indicatieve K-verlies tussen 28 en 45%
- Het indicatieve N-verlies door vervluchtiging na het uitrijden van de riet/veenbaggerbedding op grasland was het hoogst na uitrijden van de bedding direct uit de stal (12%) en duidelijk lager na opslag (1 tot 3%). Het indicatieve opgetelde N-verlies (tijdens opslag en na uitrijden) was het hoogst bij opslag onder waterwerend doek, gevolgd door opslag in de open lucht en opslag onder kuilplastic
- Opslag onder kuilplastic lijkt op dit moment de meest geschikte methode om N-verlies tijdens opslag en na het uitrijden van een riet/veenbaggerbedding op grasland te beperken
- Direct uitrijden van bedding uit de stal is niet aan te bevelen. Tijdens afbraak van deze relatief rauwe bedding kan er netto minerale (plant-opneembare N) uit de bedding worden vastgelegd en daardoor niet beschikbaar komen voor het gewas. De rauwheid van het materiaal (harde stukken riet) kan daarnaast vervuiling van het gras geven
- De waarde van riet/veenbaggerbedding als N-meststof voor de korte termijn is beperkt, vanwege een laag gehalte aan minerale (plant-opneembare N) en een verwachte lage mineralisatiesnelheid van organische N
- De toevoeging van riet aan de baggerbedding geeft een hogere opbouw van bodemorganische stof. Hoewel het verschil in opslagmethode wel leidde tot een verschil in afbreekbaarheid van organische stof, heeft dit niet direct gevolgen voor de opbouw van de hoeveelheid bodemorganische stof, omdat er van bedding die sneller afbrak ook meer beschikbaar was, en omgekeerd.
- Bedding die in februari werd uitgereden op grasland was drie maanden later volledig verdwenen uit de graszode. Bedding die eind mei werd uitgereden was twee weken later vrijwel verdwenen uit de graszode. Bij een opslagperiode van enkele maanden, en gebruik van een mestwagen met dubbele walsen, lijken er na het uitrijden van een riet/veenbaggerbedding op grasland geen problemen te verwachten met vervuiling van het te maaien gras
- Toepassing van een riet/veenbaggerbedding in de vrijloopstal geeft een extra opbouw van bodemorganische stof in veengrond en leidt tot een betere sluiting van de kringloop op het eigen bedrijf en in de regio. Het N-verlies van de onderzochte opslagmethoden is echter nog te hoog, en de waarde van de bedding als N-meststof op korte termijn gering. De riet/veenbaggerbedding is daarmee momenteel nog geen aantrekkelijke keuze voor de vrijloopstal. Wijzigingen in de manier van opslaan/composteren kan dat perspectief mogelijk verbeteren.

Referenties

- Bokhorst J., ter Berg C. 2001. Handboek mest & compost – behandelen, beoordelen & toepassen. Louis Bolk Instituut, Driebergen.
- De Boer, H.C., Bloem, J. 2010. Voorspelling van de bemestende waarde (N) van runderdrijfmest. Rapport 359, Livestock Research, Lelystad.
- Mulder, E.M. 1992. Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie bij mesttoediening. Ammoniakemissie na toediening van potstalmest en gecomposteerde mest op bouwland. Intern Meetploegverslag 34506-4100b, Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Wageningen.
- Ogink, N. 2012. Ammoniakemissie van melkvee in ligboxenstallen met roostervloeren: resultaten van metingen op praktijkbedrijven. Infoblad Nr. 45, Beleidsondersteunend Onderzoek (BO-12.12), thema Mest, Milieu en Klimaat. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, Nederland.
- Velthof G.L., van Bruggen, C., Groenestein, C.M., de Haan, B.J., Hooijbeek, M.W., Huijsmans, J.F.M. 2009. Methodiek voor berekening van ammoniakemissie uit de landbouw in Nederland. Rapport 70, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen, Nederland.
- Velthof, G.L., Oenema, O. 2010. Estimation of plant-available nitrogen in soils using rapid chemical and biological methods. Communications in Soil Science and Plant Analysis 41:52-71.
- Yang H.S., Janssen B.H. 2000. A mono-component model of carbon mineralization with a dynamic rate constant. European Journal of Soil Science 51: 517-529.
- Yang H.S., Janssen B.H. 2002. Relationship between substrate initial reactivity and residues ageing speed in carbon mineralization. Plant and Soil 239: 215-224.

Bijlagen

Bijlage 1. Input voor het C-afbraakmodel en voorspelde hoeveelheden overblijvende C

Tabel 4

Waarden voor de parameters *R* en *S* en de voorspelde hoeveelheid overblijvende C (%) na 1, 5, 10, of 100 jaar incubatie van verschillende organische materialen met zand- of veengrond bij 9°C, met gebruikmaking van het C-afbraakmodel van Yang en Janssen (2000).

Materiaal	R	S	R^2_{adj} ¹⁾	Voorspelde overblijvende C (%) bij:			
				t = 1 j	t = 5 j	t = 10 j	t = 100 j
Zandgrond (ref.)	0,0253	0,4103	100	98	94	91	68
Zegveld direct uit stal	0,1492	0,3379	98	86	65	50	4,3
Vrijloopstalcompost (ref.)	0,1143	0,3473	95	89	72	60	10
Runderdrijfmest (ref.)	1,0466	0,6482	97	35	16	9,5	0,5
Veengrond (ref.)	0,0135	0,0854	100	99	94	90	40
Zegveld direct uit stal	0,1337	0,2989	97	87	66	51	3
Zegveld open lucht	0,0428	0,3031	99	96	88	81	35
Zegveld waterwerend doek	0,0297	0,3627	98	97	92	88	57
Zegveld kuilplastic	0,0858	0,2571	98	92	75	62	7

¹⁾ R^2_{adj} = percentage variantie verklaard door het C-afbraakmodel wanneer dit gefit wordt door de gemeten data



To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen UR Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 480 10 77
E info.livestockresearch@wur.nl
www.wageningenUR.nl/livestockresearch

Livestock Research Rapport 887

Wageningen UR Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

