

Vurdering af grovfoder i det nye NorFor fodervurderingssystem

Kvægforskning.dk

Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, Planteavl

Af: Seniorforsker Karen Søegaard, Aarhus Universitet, seniorforsker Martin Weisbjerg, Aarhus Universitet, specialkonsulent Rudolf Thøgersen og landskonsulent Martin Mikkelsen, SEGES



Vurdering af grovfoder i det nye NorFor fodervurderingssystem

En detaljeret undersøgelse af en række grovfoderprøver har givet mulighed for at sammenligne bælglplanter med græsser og analysere betydningen af udviklingstrin indenfor de forskellige grovfodertyper for kvalitet af cellevægge og energiværdier i NorFor. Cellevæggens sammensætning har stor betydning for foderkvaliteten og for de to hovedgrupper, bælglplanter og græsser, er der stor forskel i sammensætningen af cellevæggene. Bælglplanternes cellevægge (NDF) indeholder mindre hemicellulose og er mere lignificeret end NDF i græsser. Lignificeringen er mere punktvis koncentreret i bælglplanterne og andelen af potentiel nedbrydelig NDF bliver derfor lav, mens nedbrydningshastigheden (K_d) er høj. I græsserne er ligninen mere jævnt fordelt i cellevæggene, og øget lignificering bevirker kun en lille nedgang i potentiel nedbrydelig NDF, men en stor nedgang i K_d for NDF. Hos højtydende malkekøer, hvor opholdstiden i vommen er kort, er faldet i fordøjelighed med stigende foderniveau mindre for bælglplanterne end for græsserne på grund af lavere indhold af potentiel nedbrydelig NDF og højere nedbrydningshastighed af NDF. NorFor tager hensyn til både opholdstiden i vommen og NDF nedbrydningskarakteristika og giver derfor en mere korrekt vurdering af bælglplanters og græssers foderværdi hos højtydende malkekøer end det hidtidige fodervurderingssystem.

Prøver

I alt 28 grovfoderprøver blev høstet dels på Foulum dels forskellige steder i DK og har dannet grundlaget for dette arbejde. Afrøderne, hvoraf mange blev høstet ved forskelligt udviklingstrin, kunne groft opdeles i græsser og bælglplanter. Græsserne (familien Poaceae) omfattede græs, byg til grønkorn og helsæd samt majs. Græs og byg er C_3 -planter og majs er C_4 -planter. C_4 græsser er tilpasset varmere klima end C_3 græsser bl.a. ved et tilpasset fotosynteseapparat. De fleste prøver af græsser var friske, og nogle få var ensileret eller halm. Bælglplanterne (familien Fabaceae) inkluderede hvidkløver, rødkløver, lucerne, lupin, markært og hestebønne. Ingen af disse var ensileret, og kun en enkelt var halm. Nogle enkelte af bælglplanteafgrøderne indeholdt græs, men andelen var under 50 %.

Definitioner og analyser

NDF: et udtryk for cellevægge; primært hemicellulose, cellulose og lignin

Analyse: fibre der ikke opløses ved kogning i en neutral opløsning

ADF: en andel af cellevæggene; primært cellulose og lignin

Analyse: fibre der ikke opløses ved kogning i en sur opløsning

ADL: den andel af cellevæggene, der svarer til lignin

Analyse: organisk rest efter kogning og opslæmning i en sur opløsning

NDF-ADF: hemicellulose

ADF-ADL: cellulose

ADL/NDF: lignificeringsgrad af cellevæggene

DNDF: potentiel nedbrydelig NDF som er den del af NDF der potentielt kan nedbrydes

Analyse: nedbrudt NDF efter 12 dages (288 timer) inkubation i nylonpose i vommen

INDF: unedbrydeligt NDF

Analyse: NDF der ikke er nedbrudt efter 12 dages inkubation i nylonpose i vommen.

K_d : nedbrydningshastighed for DNDF, dvs. den procentandel som nedbrydes pr. time

Analyse: nedbrydningsprofilen findes ved inkubation i nylonposer i vommen i forskellig tid (0-168 timer). K_d estimeres ved at fitte en eksponentiel funktion til nedbrydningsprofilen.

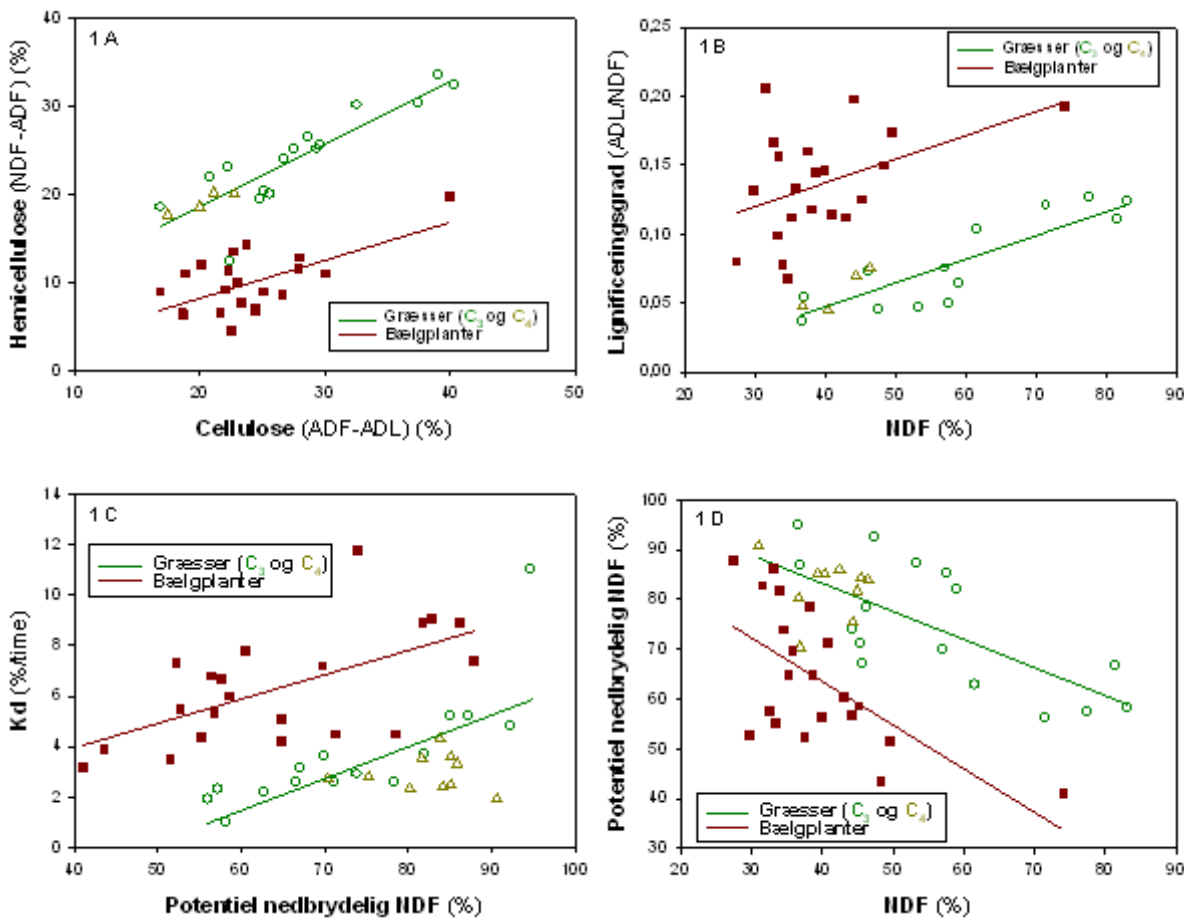
FK: Fordøjelighed af hhv. organisk stof, råprotein og NDF.

Analyse: Forskel mellem indhold i foder og i gødning ved fodring af får på vedligeholdsniveau

NEL_{p8} og **NEL_{p20}:** Nettoenergi laktation (MJ/kg tørstof) beregnet i det nye nordiske fodervurderingssystem NorFor ved en foderoptagelse på henholdsvis 8 og 20 kg tørstof.

Forskel mellem græsser og bælglplanter

Selv om prøverne dækkede et bredt spektrum af grovfodertyper, fra letfordøjelige unge afgrøder til tungfordøjeligt halm, var der for cellevæggene nogle karakteristiske forskelle mellem græs- og bælglanterprøverne, som er vist i figur 1. Cellevæggene består primært af hemicellulose, cellulose og lignin. Bælglanterens cellevægge indeholdt ikke nær så meget hemicellulose som græssernes (figur 1A). Ved samme celluloseandel var der næsten dobbelt så meget hemicellulose i græsserne som i bælglanterne.



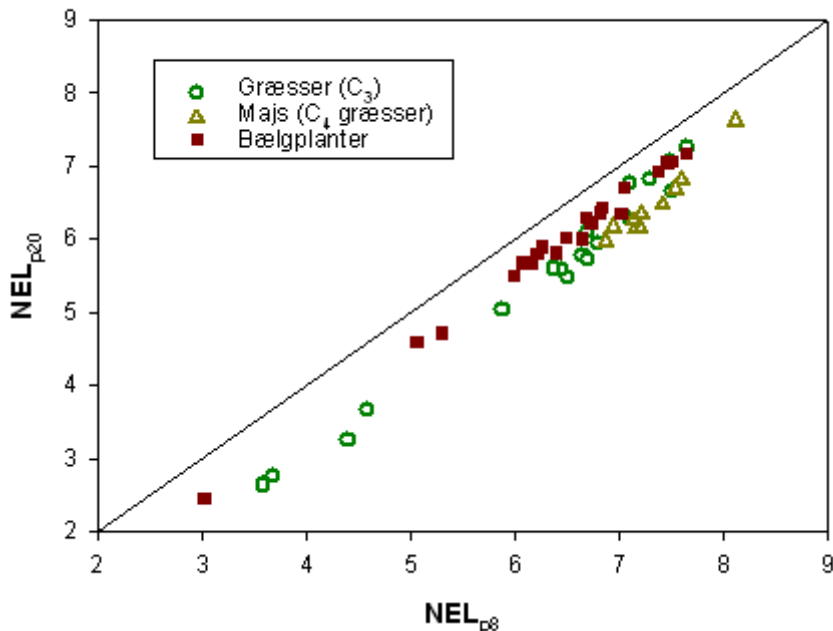
Figur 1. Cellevægskarakteristika og nedbrydningsforhold for cellevægge i to grovfodertyper, græsser og bælglanter. Græsserne er delt i to; C₃ som inkluderer byg, græs og halm (O) og C₄ som inkluderer majs (Δ). Bælglanterne (□) inkluderer ligeledes forskellige arter. Cellevægskomponenter i % af tørstof og potentielt nedbrydelig NDF (DNDF) i % af total NDF.

Bælglanterens cellevægge er mere lignificerede end græssernes, hvilket ses af figur 1B. Lignificeringsgraden (ADL/NDF) var som gennemsnit mere end dobbelt så stor i bælglanterne som i græsserne ved samme NDF indhold. Lignin er ikke et kulhydrat men er et tredimensionalt netværk opbygget af fenypropan enheder. Det binder sig til cellevæggene med nogle komplekse bindinger, og dets funktion i planten er at give cellevæggen større resistens og give støtte til planten ved en større stivhed. Lignin er i sig selv ufordøjeligt, og de komplekse bindinger er med til, at tilgængeligheden og dermed fordøjeligheden af hemicellulose og cellulose reduceres. Græsser og bælglanter adskiller sig fra hinanden i den måde cellevæggene lignificeres på. I græsserne er ligninen mere jævnt fordelt i cellevæggene, og øget lignificering bevirker en lille nedgang i potentiel fordøjelighed og en stor nedgang i nedbrydningshastighed (K_d) for NDF. I bælglanterne er lignificeringen omvendt mere punktvis koncentreret, hvilket gør, at den potentielle NDF fordøjelighed bliver lav og K_d høj. Det ses også i figur 1C, at bælglanterne har en meget højere K_d ved samme indhold af potentielt nedbrydeligt NDF end græsserne. Til gengæld er den potentielle nedbrydelighed af NDF betydeligt større i græsserne end i bælglanterne ved samme NDF indhold (Figur 1 D). For C₃ (græs og byg) og C₄ (majs) græsser er der ikke betydende forskelle i de omtalte cellevægskarakteristika (Figur 1A-D). I tabel 1 er de principielle forskelle vist skematisk.

Tabel 1. Principielle forskelle mellem indhold og nedbrydelighed af NDF i græsser og bælglanter.

	NDF	Hemi-cellulose	Lignin	DNDF	INDF	K _d
Græsser	Høj	Høj	Lav	Høj	Lav	Lav
Bælglanter	Lav	Lav	Høj	Lav	Høj	Høj

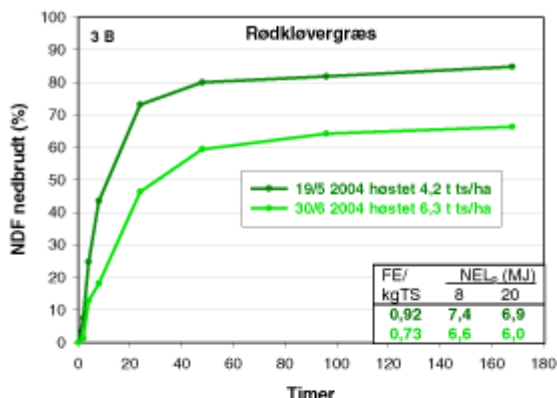
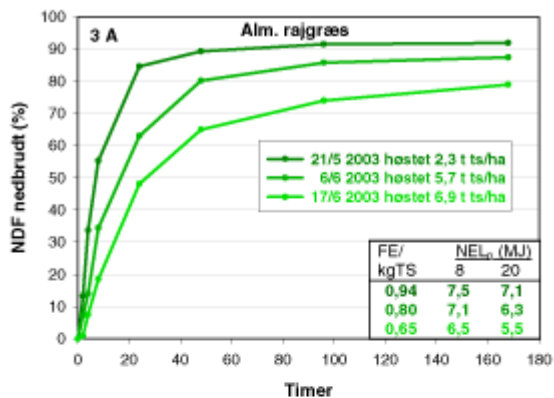
Ved fodring af malkekøer på højt foderniveau er fibrenes opholdstid i vommen kort (30-60 timer). Det betyder, at fordøjeligheden og dermed energiværdien af bælglplanter falder mindre end af græsser med stigende foderniveau på grund af bælglplanternes højere K_d og lavere indhold af potentiel fordøjelig NDF. NorFor tager hensyn til disse forhold ved beregning af fodermidlernes fordøjelighed i vommen og giver derfor en mere korrekt vurdering af både bælglplanters og græssers fordøjelighed hos højtydende malkekøer. NorFor tilgodeser således bælglplanternes særlige egenskaber i modsætning til det nuværende system, hvor fodermidlernes fordøjelighed er bestemt på vedligeholdelsesniveau. Det kan også ses i figur 2, at forskellen i foderværdi ved højt (NEL_{p20}) og lavt foderniveau (NEL_{p8}) er mindre for bælglplanter end for græsser.



Figur 2. Nettoenergi laktation ved lavt og højt foderniveau (8 og 20 kg tørstof) beregnet i NorFor

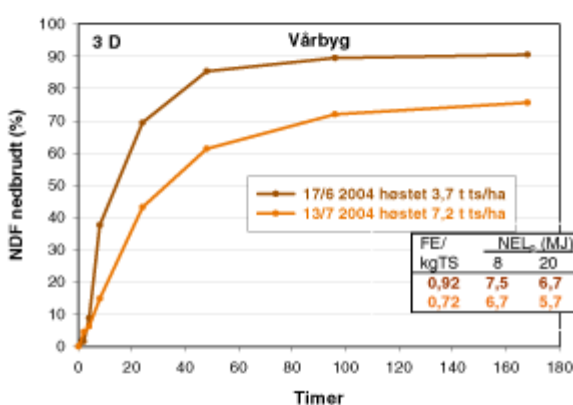
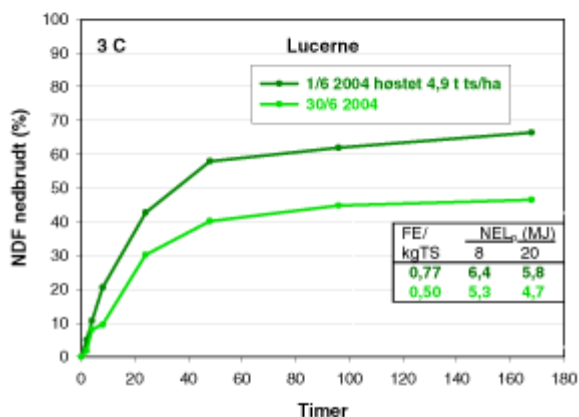
Betydningen af udviklingstrin

Prøverne blev udtaget i samme mark på forskelligt tidspunkt, og betydningen af afgrødens udvikling kan derfor analyseres. Eksempler er vist i figur 3. For græsmarksafgrøderne (Figur 3 A-C) er der som forventet et fald i indhold af råprotein og en stigning i indhold af NDF, ADF og ADL med stigende afgrødemængde. Samtidig er der et fald i fordøjelighederne af hhv. organisk stof, NDF og råprotein og et fald i nedbrydningshastigheden af NDF (K_d). Andelen af NDF nedbrudt efter 168 timer var ikke så forskelligt i alm. rajgræs, selvom udbyttet steg fra 2,3 til 6,9 t tørstof/ha (Figur 3A). Til gengæld var forskellene noget større ved kortere tid i vommen; 30-60 timer. I rødkløvergræs og lucerne (Figur 3B og C) var forskellene i andelen af nedbrudt NDF ikke så påvirket af, om opholdstiden i vommen var 30-60 timer eller 168 timer.



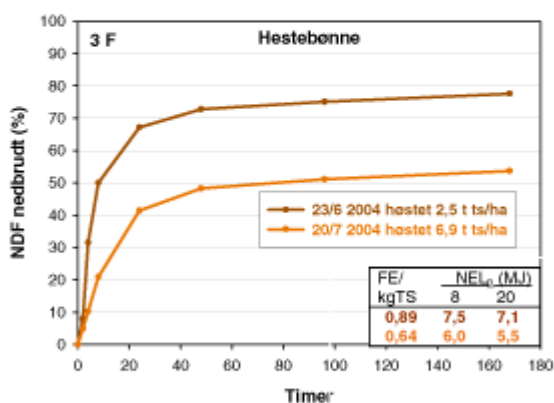
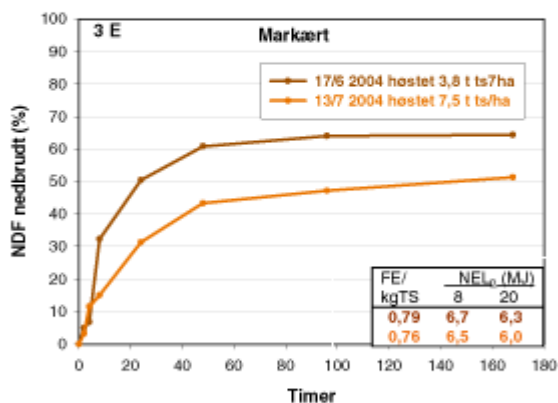
Rå-prot	NDF	ADF	ADL	FK org.st.	FK Prot.	FK NDF	K _d
% af tørstof.....%							
%t							
12	37	18	1,3	86	71	90	11,0
8	53	29	2,5	76	59	77	5,2
7	59	33	3,8	69	51	68	3,7

Rå-prot	NDF	ADF	ADL	FK org.st.	FK Prot.	FK NDF	K _d
% af tørstof.....%							
%t							
21	33	22	3,3	81	78	81	8,9
15	41	27	4,6	70	65	61	4,5



Rå-prot	NDF	ADF	ADL	FK org.st.	FK Prot.	FK NDF	K _d
% af tørstof.....%							
%t							
20	39	29	5,6	71	79	59	4,2
15	49	37	8,6	57	69	42	3,5

Rå-prot	NDF	ADF	ADL	FK org.st.	FK Prot.	FK NDF	K _d
% af tørstof.....%							
%t							
17	48	24	2,1	80	75	82	4,8
9	46	24	3,4	69	55	55	2,6



Rå-prot	NDF	ADF	ADL	FK org.st.	FK Prot.	FK NDF	K _d
% af tørstof.....%							
%t							
18	33	28	5,4	72	80	47	6,7
13	33	27	5,2	72	73	44	4,4

Rå-prot	NDF	ADF	ADL	FK org.st.	FK Prot.	FK NDF	K _d
% af tørstof.....%							
%t							
21	32	25	6,5	78	67	76	9,1
17	44	35	8,7	65	65	51	5,3

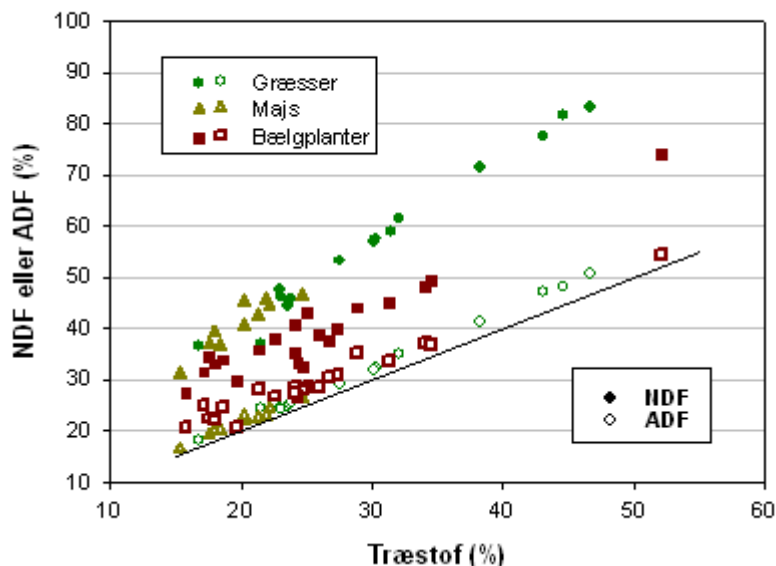
Figur 3. Nedbrydningsprofiler for NDF i hhv. græsmarksafgrøder og helsædsafgrøder ved forskelligt udviklingstrin bestemt ved nylonposeforsøg. På figurerne er foderværdien desuden vist; dels FE-koncentrationen og dels nettoenergi laktation (MJ/kg tørstof) ved foderoptagelser på hhv. 8 og 20 kg tørstof (Standardfoderværdier i NorFor). Under figurerne er flere kvalitetsparametre vist. Fordøjelseskoefficienten (FK) er bestemt ved fordøjelighedsforsøg med får. Nedbrydningshastighed af NDF (K_d) er bestemt med nylonposeforsøg.

Forholdene for helsæd er noget anderledes. Der foregår en kraftig fysiologisk udvikling fra grøn afgrøde til helsædsstadiet. Der sker en indlejring af stivelse i kerne/frø, samtidig med, at stængel og blade fysiologisk set bliver ældre. Det er ensbetydende med, at cellévægsandelen i stængel og blade stiger, lignificeringen øges og fordøjeligheden falder. Helsæden er således en todelt afgrøde, indeholdende en højt fordøjelig stivelsesfraktion i kerne/frø og en lavt fordøjelig stængel. Resultaterne i figur 3 D-F er for hele afgrøden, og for hele afgrøden sker der

ikke så meget mht. indhold af NDF, ADF og ADL. Forholdet mellem stængel og kerne/frø har således stor betydning for de gennemsnitlige koncentrationer. Fordøjeligheden og nedbrydningshastigheden af DNDF falder derimod pga. ældning af planten. Ligesom for græsmarksafgrøderne var der forskel på nedbrydningsprofilerne. For vårbyg, som er en græs, var der større forskel ved 30-60 timer i vommen i forhold til 168 timer (Figur 3D), mens der ikke var så stor forskel for bælglplanterne markært og hestebønne (Figur 3E og F). Til gengæld var der en større andel af NDF i markært og hestebønne, som ikke var nedbrydeligt. Indholdet af råprotein falder betydeligt med udviklingen af helsædsafgrøderne pga. lavt indhold i kerne/frø og faldende indhold i stængel og blade.

Ved stigende udviklingstrin i græsmarksafgrøder falder foderværdien med et faldende NEL_{p8} , NEL_{p20} og FE/kg tørstof, hvilket også er vist i figur 3. Faldet i NEL_{p8} er mindre end i NEL_{p20} med stigende udviklingstrin. Det skyldes især det stigende indhold af NDF, idet nedbrydningshastigheden er meget lavere for NDF end for celleindholdsstofferne. Den lavere nedbrydningshastighed betyder, at fordøjeligheden af NDF falder betydeligt mere end af celleindholdsstofferne med stigende foderniveau, fordi opholdstiden i vommen falder med stigende foderniveau. For vårbyg- og ærtehelsæd falder foderværdien også med udviklingstrinet, men faldet i NEL_{p8} og NEL_{p20} er væsentligt mindre end for græs, fordi indholdet af NDF er næsten konstant.

Træstof har indtil nu været en vigtig foderanalyse, og udskiftes nu i NorFor med NDF. I figur 4 er træstof sammenlignet med NDF og ADF. Der er ikke er så stor forskel på træstof- og ADF-indholdet. Indholdet af ADF var lidt større end indholdet af træstof for både græsser og bælglplanter. NDF er derimod betydeligt højere end træstof især for græsserne, og forskellen øges med stigende indhold. Det forskellige indhold af hemicellulose i græsser og bælglplanter kommer således også til udtryk her.



Figur 4. Sammenhæng mellem NDF/ADF og træstof (% af tørstof) for hhv. græsser, majs og bælglplanter. 1:1 linien er desuden vist.



Sidst bekræftet: 02-01-2015 Oprettet: 08-01-2007 Revideret: 15-01-2007

Forfatter

Kvæg



Afdelingsleder
Rudolf Thøgersen



Landskonsulent, Grovfoder
Martin Mikkelsen