

# Fuldfoderets optimale struktur og partikelfordeling

Projektleder Hanne Bang Bligaard, AgroTech

Den Europæiske Union ved Den Europæiske  
Fond for Udvikling af Landdistrikter og Ministeriet  
for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri har deltaget  
i finansieringen af projektet.

## Sammendrag

Penn States Partikelseparator kan bruges til at vurdere partikelfordeling og strukturværdi i fuldfoderrationer. Baseret på litteraturgennemgang og screeningsresultater fra danske fuldfoderrationer anbefales en partikelfordeling med 10-30 % lange partikler, 40-60 % mellemlange partikler og 25-40 % korte partikler. Indenfor disse intervaller bør rationer med stor andel majsensilage have stor overvægt af mellemlange partikler, mens rationer med stor andel græsensilage bør have større andel på det øverste sold. Partikelseparatoren kan bruges til at undersøge fuldfoderblandingerne's homogenitet og graden af sortering i rationen, og der er givet anbefalinger for, hvordan det gøres i praksis.

## Baggrund og formål

Partikelseparatoren er udviklet ved Pennsylvania State University i USA som en "on-farm-metode" til at analysere strukturindholdet i foderrationer til kvæg. Partikelseparatoren kan bruges til at analysere partikelfordelingen i en færdig fuldfoderblanding, rationens homogenitet ved udfodring og omfanget af sortering under rationens ophold på foderbordet.

I første omgang blev partikelseparatoren udviklet med to solde, så foderet blev inddelt i 3 fraktioner. Denne partikelseparator giver en fordeling i andel lange (>19,0 mm), mellemlange (19,0-8,0 mm) og korte (< 8,0 mm) foderpartikler. En undersøgelse blandt 831 amerikanske TMR-rationer viste, at gennemsnitligt 58 % af foderet var så fint, at det endte i bundkassen (<8,0 mm). Derfor blev der udviklet endnu et sold, så de mindste partikler blev opdelt i korte (8,0-1,18 mm) og fine (<1,18 mm) (Heinrichs & Kononoff, 2002). Resultater fra litteraturen viser derfor ofte en partikelfordeling i fire fraktioner. Andelen af meget fine foderpartikler er væsentligt lavere i danske foderrationer, og vores fokus i brugen af partikelseparatoren er primært på de strukturgivende dele af rationen. For at gøre processen så enkel som mulig har vi valgt ikke at tage det ekstra sold i brug.

Formålet med projektet er at opstille danske anbefalinger for optimal partikelfordeling i fuldfoderrationer, at opstille anbefalinger for brug af partikelseparatoren og at beskrive virkningen af blandingen for rationens partikelfordeling.

I projektet er gennemført et litteraturstudie og en test i fire malkekvægbesætninger. Der indgår desuden resultater fra en screening gennemført blandt 28 danske fuldfoderrationer (Thorsager, 2011). I dette bilag fokuseres primært på spørgsmålet omkring optimal partikelfordeling, mens øvrige resultater rapporteres nærmere i Bligaard et al. (2011).

## Optimal fordeling i fuldfoder

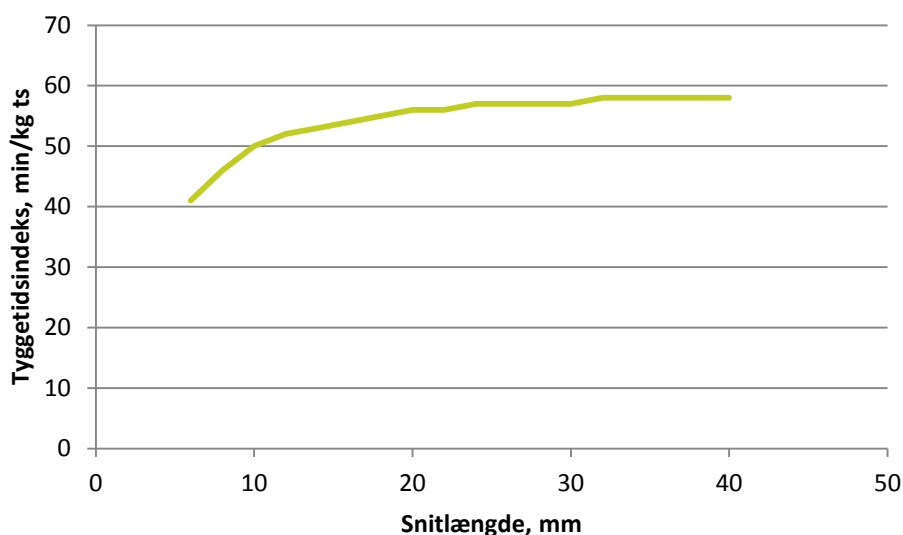
En optimal partikelfordeling i fuldfoderet skal bidrage til at sikre et tilstrækkeligt strukturindhold i rationen, en høj foderoptagelse og mindst muligt sortering i rationen.

## Sikre strukturindhold i rationen

Til planlægning af foderrationer anvender vi i Danmark det tyggetidsindeks, der er udviklet i Nor-For. Tyggetidsindekset beregnes for hvert enkelt fodermiddel ud fra informationer om fodermidlernes type (tilskudsfoder eller grovfoder), behandling (f.eks. pelleteret), NDF-indhold, partikellængde i grovfoder og partiklernes hårdhed eller lignificering (fra iNDF). Rationens tyggetidsindeks beregnes som summen af de fodermidler, der indgår i rationen (Nørgaard et al., 2011). Tyggetidsindekset er således det tætteste, vi i dag kommer på en sand vurdering af rationens strukturværdi.

Med tyggetidsindekset er det altså ikke kun partikellængden, men også NDF-indhold og partiklernes hårdhed, der tages højde for. Ændres NDF-indholdet i finsnittet græsensilage fra 340 til 470 g/kg tørstof, ændres tyggetidsindekset fra 42 til 58 min/kg tørstof. Ændring i iNDF har kun mindre vægt i beregningen af tyggetidsindekset. En ændring i den teoretiske snitlængde fra 6 til 20 mm giver en ændring i tyggetidsindeks fra 41 til 56 min/kg tørstof. Øget snitlængde derudover har kun mindre virkning på tyggetidsindekset (se figur 1).

Majsensilage varierer typisk fra 300 til 420 g NDF/kg tørstof. Ved en teoretisk snitlængde på 10 mm vil denne variation betyde en ændring i tyggetidsindeks fra 37 til 51 min/kg tørstof.



Figur 1. Beregnet tyggetidsindeks afhængigt af grovfoderets teoretiske snitlængde (TCL). (Nørgaard et al., 2011).

I beregningen af tyggetidsindekset bidrager partikellængde og NDF-indhold altså cirka lige meget suppleret af hårdhedsfaktoren.

I USA arbejder man ofte med begrebet "physical effective fibres" og "physical effective NDF", hvor Mertens (1997) har defineret fysisk effektive fibre som fibre med en partikellængde over 1,18 mm svarende til de fibre, der tilbageholdes i vommen. peNDF beregnes som indholdet af NDF i fysisk effektive fibre.

Yang og Beauchemin (2007) har undersøgt partikelfordeling og peNDF i rationer med høj eller lav grovfoderandel samt to forskellige snitlængder og finder, at forskellen i grovfoderets struktur bedst afspejles, når peNDF beregnes ud fra NDF-indhold i partikler længere end 8,0 mm i stedet for partikler længere end 1,18 mm. Denne definition anvendes i flere efterfølgende studier.

Hypotesen om peNDF antager altså, at strukturværdien er lige stor i de to øverste fraktioner fra partikelseparatoren, og der skelnes således ikke mellem strukturværdien i lange eller mellemlange foderpartikler.

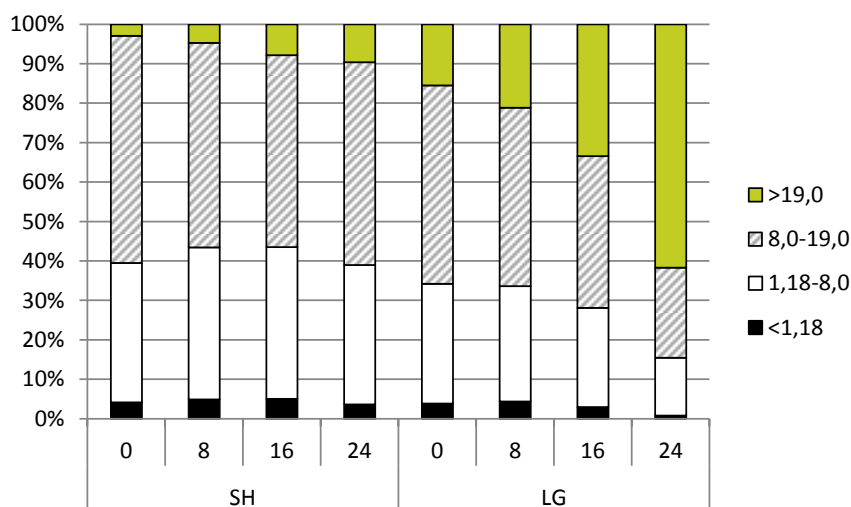
Danske og amerikanske systemer vægter altså betydningen af partikellængden forskelligt, men er enige om, at længere partikler bidrager til øget strukturværdi i rationen. Partikelseparatoren supplerer det beregnede tyggetidsindeks i en vurdering af foderblandingen, fordi flere fejlkilder kan påvirke blandingen undervejs fra foderplan via lager til udfodring: Ensilagens snitlængde kan være anderledes end antaget i fodermiddeltabellen. Lang halm giver øget risiko for sortering og dermed for lav strukturværdi, læsse- og blandeproces kan reducere foderets partikellængde, og mængder læsset i blanderen kan afvige fra det planlagte.

### **Sikre en høj foderoptagelse og lille sortering**

Der er arbejdet meget med at undersøge betydningen af snitlængde i grovfoderet og dermed partikelfordelingen for foderoptagelsen, og resultaterne er ikke entydige. Bhandari et al. (2007) konkluderer, at der er resultater, der viser, at øget snitlængde reducerer foderoptagelsen, øger eller ikke påvirker foderoptagelsen.

Kononoff et al. (2003) undersøgte betydningen af snitlængde i majsensilage for foderoptagelse, tyggetid og sortering. I forsøget blev majsensilage snittet ved høst med en teoretisk snitlængde på 22,3 mm uden kerneknuser. Ved udfodring blev en del af ensilagen snittet igen til en teoretisk snitlængde på 4,8 mm. Der blev lavet fire rationer, hvor majsensilagen bestod af kort majsensilage (SH), 1 del lang og 2 dele kort majsensilage (MSH), 2 dele lang og 1 del kort (MLG) eller lang majsensilage (LG).

Øget findeling af ensilagen reducerede andel lange foderpartikler og forøgede andel mellemlange og korte partikler bestemt med partikelseparatoren (figur 2, søjler mærket med "0").



Figur 2. Partikelfordeling i fuldfoder med kort (SH) eller lang (LG) majsensilage. Data kun vist for to af behandlingerne. Prøver udtaget ved udfodring (0) og efter 8, 16 eller 24 timer (Kononoff et al., 2003).

Forsøget viste, at foderoptagelsen steg lineært, jo mere finsnippet majsensilagen var. Ved den helt korte snitlængde var foderoptagelsen således 2,3 kg tørstof større end ved lang snitlængde.

Figur 2 viser også den ændrede partikelfordeling ved øget tid efter udfodring (0 til 24 timer). Andelen af lange foderpartikler stiger markant, når majsensilagen er lang, mens fordelingen kun ændrer sig lidt, når majsensilagen er snittet kort.

Kortere snitlængde i majsensilage gav kortere tyggetid målt som min./kg tørstof. Målt i samlet tyggetid pr. dag var sammenhængen kvadratisk, fordi foderoptagelsen steg med kortere snitlængde. Den korteste tyggetid (min./dag) blev således fundet ved de to rationer med mellem snitlængde.

Der var dog ikke nogen forskel i vom-pH mellem de fire behandlinger, hvilket kan hænge sammen med, at kørerne var opstaldet i bindestald. Problemer med sortering er større i løsdriftsstalde end i bindestalde (Leonardi & Armentano, 2007). I løsdriftsstalde kan stærke køer flytte sig rundt og sortere sig til en meget letfordøjelig ration.

Forfatterne konkluderer, at en kortere partikellængde i majsensilage kan være mere effektiv til at stimulere tyggeaktiviteten, da kørerne æder en større mængde NDF, når foderoptagelsen er større. Kortere partikellængde kan samtidigt bidrage til at reducere sorteringen i rationen. De konkluderer også, at andelen af partikler på det store sold kan være en god indikator for rationens samlede tyggetid og for sortering i foderet (Kononoff et al., 2003).

Resultaterne stemmer godt overens med danske anbefalinger for snitlængde i majsensilage. En lang snitlængde i majsensilage (og uden brug af kerneknuser) vil erfaringsmæssigt betyde, at foderpartiklerne på det øverste sold overvejende består af lange blade og kolbestykker. Det gælder især, når majs er tør ved høst. Betydningen af snitlængde for sortering kan ikke nødvendigvis overføres til græsensilage, hvor en længere snitlængde af letfordøjeligt foder ikke nødvendigvis fører til samme grad af sortering eller reduktion af foderoptagelsen.

Skal danske anbefalinger for partikelfordeling være anderledes end amerikanske?

Heinrichs & Kononoff (2002) har for snart 10 år siden lavet anbefalinger for optimal partikelfordeling i fuldfoderrationer. Når vi ikke har overført disse anbefalinger direkte, skyldes det, at amerikanske rationer afviger fra danske rationer.

Det fremgår for eksempel af en screening gennemført af Endres & Espejo (2010) blandt 50 malkekvægbesætninger i Minnesota med minimum 150 køer/besætning (tabel 1). Besætningerne anvendte i gennemsnit 52,1 % grovfoder i rationerne (tørstofbasis). Majsensilage udgjorde  $48,7 \pm 14,2$  % af grovfodertørstof, mens lucerne-haylage udgjorde  $43,4 \pm 14,9$  % af grovfodertørstof. Hø blev brugt i 31 af de 50 rationer, mens halm indgik i syv af rationerne. Opgørelsen er lavet blandt besætningernes gruppe af højtydende køer, men denne gruppe udgjorde i gennemsnit 117 køer. Desværre er besætningernes størrelse ikke angivet. En opgørelse viser, at malkekvægbesætninger i Minnesota har en gennemsnitlig besætningsstørrelse på 142 køer, og at antallet af besætninger med mere end 200 køer er begrænset (90 besætninger svarende til 23 % af besætningerne) (Nordquist & Lecy, 2011). Dette tyder på, at gruppen, der er beskrevet som de højtydende køer i undersøgelsen, ikke kun er en nykælvergruppe, men består af en større andel af de lakterende køer.

**Tabel 1. Fodersammensætning og mælkeydelse hos gruppen af højtydende køer baseret på en screening blandt 50 malkekvægbesætninger i Minnesota (Endres & Espejo, 2010)**

Rationskarakteristika	Mean	SD	Min	Maks.
Grovfoderandel (% af tørstof)	52,1	6,5	38,6	68,2
Foderoptagelse (kg TS/dag)	24,3	2,3	18,3	29,9
TMR tørstofprocent	51,9	4,3	40,4	62,9
NDF, % af tørstof	29,8	1,6	25,4	32,8
NEL, MJ/kg tørstof	7,16	1,76	6,83	7,67
Mælkeydelse, kg/ko/dag	39,9	5,6	28,5	54,5
Fedt %	3,51	0,36	2,80	4,80
Protein %	2,90	0,20	2,16	3,20

Til sammenligning er vist resultater fra projektets fire testbesætninger (Bligaard et al., 2011). Disse besætninger vurderes at være rimeligt repræsentative for højtydende danske besætninger, men resultaterne inkluderer alle lakterende køer i besætningen. De amerikanske foderrationer har en lavere grovfoderandel, en højere foderoptagelse og er mere energirige. Mælkeydelsen er tilsvarende højere, men fedt- og proteinprocenten i mælken er lavere.

**Tabel 2. Fodersammensætning og mælkeydelse hos fire danske malkekvægbesætninger. Bemærk, at resultaterne er for en fuldfoderration og altså gælder på tværs af alle lakterende køer i besætningerne (Bligaard et al., 2011)**

Rationskarakteristika	Bes. 1	Bes. 2	Bes. 3	Bes. 4
Grovfoderandel (% af tørstof)	61,1	63,8	57,2	60,4
Foderoptagelse (kg ts/dag)	20,6	19,1	22,0	21,5
TMR tørstofprocent	41,7	39,8	41,3	39,1
NDF, % af tørstof	36,2	34,6	35,7	33,7
NEL, MJ/kg tørstof	6,36	6,54	6,43	6,50
Mælkeydelse, kg/ko/dag	32,1	31,2	29,3	29,7
Fedt %	3,90	4,24	4,17	4,00
Protein %	3,31	3,34	3,38	3,15

Partikelfordelingen i foderrationer er vist i tabel 3 og 4. Tabel 5 viser partikelfordelingen i 28 danske fuldfoderblandinger undersøgt af Thorsager (2011).

Det fremgår, at de amerikanske foderblandinger har en noget anderledes partikelfordeling end de danske blandinger. I den amerikanske screening indeholdt blandingerne i gennemsnit 10,8 % lange partikler, mens de danske rationer her indeholder omkring 20 % lange foderpartikler i gennemsnit.

Andelen af korte partikler er derimod betydelig større i de amerikanske blandinger (sum af korte og fine = 47,6 %) mod gennemsnitligt 32-41 % i de danske.

**Tabel 3. Partikelfordeling i fuldfoderrationer tildelt højtydende køer i besætninger fra Minnesota (Endres & Espejo, 2010)**

Partikelstørrelse	Mean	SD	Min	Maks.
> 19,0 mm, %	10,8	8,4	3,5	47,7
19,0-8,0 mm, %	41,5	7,9	18,1	57,7
8,0-1,18 mm %	35,0	6,0	24,3	50,7
< 1,18 mm, %	12,6	4,1	1,0	19,9
Tørstof, %	51,9	4,3	40,4	62,9

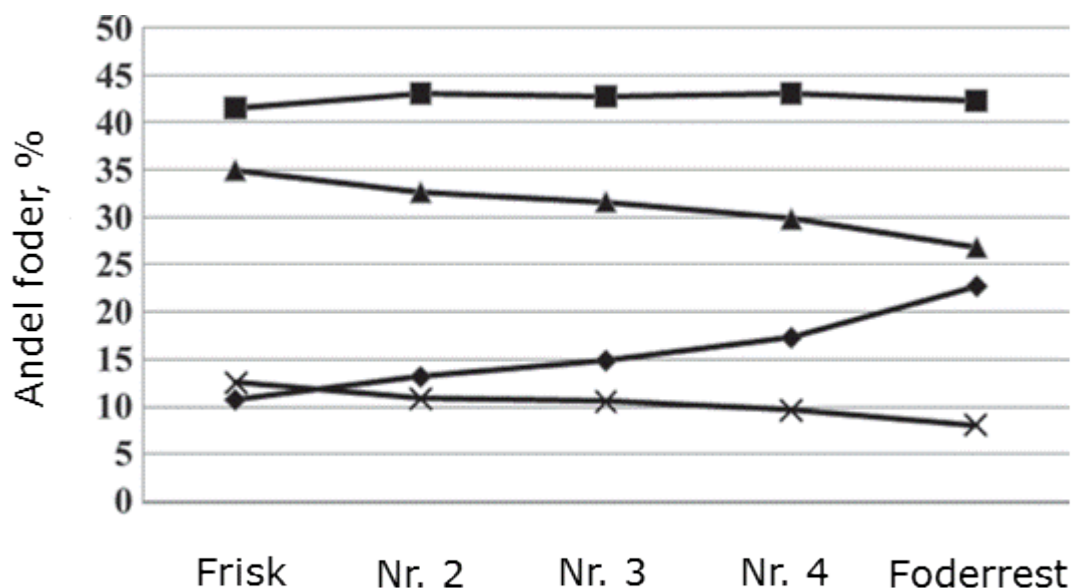
**Tabel 4. Partikelfordeling i fuldfoder tildelt fire danske testbesætninger (Bligaard et al., 2011)**

Partikelstørrelse	Bes. 1	Bes. 2	Bes. 3	Bes. 4	Gns.
> 19,0 mm, %	18,2	31,0	8,1	23,6	20,2
19,0-8,0 mm, %	42,2	25,9	55,6	32,4	39,1
< 8,0 mm	39,4	43,1	36,3	44,0	40,7
Tørstof, %	41,7	39,8	41,3	39,1	40,5

**Tabel 5. Partikelfordeling i fuldfoder hos 28 danske malkekvægbesætninger (Thorsager, 2011)**

Partikelstørrelse	Mean	SD	Min	Maks.
> 19,0 mm, %	19,6	6,4	10,7	35,4
19,0-8,0 mm, %	48,2	5,9	34,9	57,7
< 8,0 mm	32,1	4,8	24,8	48,4
Tørstof, %	39,8	3,3	33,2	49,2

Screeningen fra Minnesota viser desuden ændringen i partikelfordeling med øget tid efter udfodring (figur 3). Resultaterne viser, at køerne sorterer de lange partikler fra samt sorterer efter de korte og fine partikler. Derimod sker der ingen ændring i andel mellemlange partikler. Samtidig med udtagning af prøver til partikelfordeling blev der udtaget prøver til kemisk analyse. Disse prøver viste tilsvarende stigning i rationens NDF-indhold og fald i proteinindhold (Endres & Espejo, 2010). Resultaterne er i overensstemmelse med andre undersøgelser, der også har vist, at fraktionen med mellemlange partikler er ret robust overfor sortering, mens det især er andelen af lange og korte partikler, der ændres. Resultaterne er samtidigt et godt billede af, hvordan partikelseparatoren kan bruges til at vise graden af sortering i praktiske kvægbesætninger.



Figur 3. Partikelfordeling i fuldfoderrationer ved udfodring, hver 2-3 time efter udfodring og i foderrest (Endres & Espejo, 2010).

### Et bud på optimal partikelfordeling i danske fuldfoderrationer

I Danmark arbejder vi ikke med en enten/eller virkning af partikelfordelingen, som de gør i USA. Her er hypotesen, at samlet tyggetid øges ved øget teoretisk snitlængde i grovfoder op til ca. 20 mm, hvorefter virkningen af øget snitlængde er begrænset.

Den teoretiske snitlængde (TCL) angiver indstillingen på finsnitteren, og den faktisk opnåede partikellængde i grovfoderet er længere end dette. For at opnå sammenhæng til tyggetidsindekset må en anbefalet partikelfordeling i danske fuldfoderrationer indebære en større andel lange foderpartikler end de amerikanske anbefalinger på 2-8 %. Dette understreges yderligere af brugen af græsensilage i danske rationer, hvoraf en relativ stor andel vil indgå blandt de lange foderpartikler, også selvom græsset er finsnittet. Græsensilage brugt i de fire testbesætninger (Bligaard et al., 2011) havde således hhv. 66,3 %, 84,4 %, 84,5 % og 92,8 % lange partikler.

Sortering i foderrationen sker typisk ved, at køerne sorterer de lange partikler fra og går efter de korte partikler. En virkning der forstærkes, når lange partikler er meget lange og lignificerede som f.eks. halm eller grove stængler. Tilbageholdes letfordøjeligt græsensilage på øverste sold, vil det ikke blive sorteret fra i samme grad. Andelen af mellemlange partikler ændres sjældent ret meget i den tid, hvor køerne har adgang til rationen, hvilket taler for at anbefale en stor andel mellemlange foderpartikler for at sikre en robust foderration med begrænset mulighed for sortering.

I de amerikanske anbefalinger er målet 30-50 % korte partikler i rationen, hvilket vurderes at være for højt sat under danske forhold, hvor vi typisk går efter en større andel letfordøjeligt grovfoder og mindre tilskudsfoeder i forhold til amerikanske blandinger.

Resultatet af en screening gennemført af Thorsager (2011) blandt 28 fuldfoderrationer er vist i tabel 5. Besætningerne er udvalgt, så de repræsenterer typiske danske rationer. I udvælgelsen af

besætningerne blev der lagt vægt på, at rationerne ikke indeholdt usnittet græsensilage, specielle fodermidler eller våde biprodukter af hensyn til partikelseparatorens funktion. Desuden blev besætninger med meget lav ydelse (< 7.000 kg EKM) fravalgt. Andel grove foderpartikler varierede fra 11-35 % med et gennemsnit på 20 %. Andel mellemlange partikler varierede fra 35-58 % med et gennemsnit på 48 %. Andel fine partikler varierede fra 25-48 % med et gennemsnit på 32 %. Disse resultater kan bidrage med en pejling af, hvilket niveau danske rationer befinder sig på.

Alle rationer på nær to indeholdt mere end 33 % græsensilage i grovfodertørstof. Det er muligt, at rationer med en større andel majsensilage vil have en partikelfordeling, der er lidt finere, end resultaterne fra screeningen viser.

Når målet er, at rationerne skal bidrage til at opfylde køernes strukturbehov men samtidigt reducere risikoen for sortering mest muligt, foreslås en optimal partikelfordeling på 10-30 % i øverste fraktion, 40-60 % i mellemste fraktion og 25-40 % i nederste fraktion. Inden for disse anbefalinger er det vigtigt at være opmærksom på sammensætningen af foderpartikler på øverste sold, idet det primært bør bestå af f.eks. græsensilage, wrapphø eller andre fodermidler med en relativ høj fordøjelighed, mens andelen af halm og stive stængler bør begrænses mest muligt og være snittet til en længde på omkring 3 cm. Rationer med overvægt af majsensilage bør således bestå af omkring 10 % på det øverste sold og omkring 50-60 % på det mellemste sold. Rationer med stor andel græsensilage kan bestå af op mod 30 % på det øverste sold, mens andelen af mellemlange partikler kan være omkring 40 %.

**Tabel 6. Anbefalet partikelfordeling i fuldfoder som angivet af Heinrichs & Kononoff (2002) og forslag til dansk anbefaling**

Sold	Amerikanske anbefalinger for optimal partikelfordeling i TMR		Forslag til danske anbefalinger for optimal partikelfordeling i TMR
	4 fraktioner	3 fraktioner	3 fraktioner
Lange (> 19 mm)	2-8 %	2-8 %	10-30 %
Mellemlange (8-19 mm)	30-50 %	30-50 %	40-60 %
Korte (8-1,18 mm)	30-50 %	30-50 %	25-40 %
Fine (< 1,18 mm)	≤ 20 %		

### Analyse af blandingens homogenitet

Partikelseparatoren er god til at vise, om blandingen er homogen, og hvor meget kerner sorterer i rationen. Dette er afprøvet hos fire malkekvægbesætninger i samarbejde med Syddansk Kvæg og Heden & Fjorden. Testen er nærmere beskrevet af Bligaard et al. (2011).

For at undersøge blandingernes homogenitet blev prøver af fuldfoder udtaget 10 steder langs foderbordet umiddelbart efter udfodring. Prøverne blev udtaget, så de så vidt muligt afspejler blandingens sammensætning. Det kan være en idé at efterligne en "lagkage-neddelling" af foderet ved prøveudtagningen.

Partikelfordelingen blev bestemt i de 10 prøver, og resultaterne blev brugt til at beregne variationskoefficienten blandt prøverne efter følgende formel:

$$CV (\%) = (\text{standardafvigelsen/gennemsnit}) * 100$$



I besætning 1 blev homogeniteten undersøgt to dage i træk, idet blandetiden på dag to blev øget med syv minutter (tabel 7). Der findes ikke videnskabeligt publiceret litteratur, der beskriver metoden, men rådgivere, der er specialiseret i at gennemføre "TMR-audits", anvender et mål på omkring 5 % for variationskoefficient for andelen af korte og mellemlange partikler (Oelberg, uden årstal; Buckmaster, uden årstal).

**Tabel 7. Eksempel på brug af variationskoefficient til at vurdere blandingsens homogenitet fra besætning 1, hvor blandetiden blev øget med syv minutter**

Behandling	CV_lang	CV_mellem	CV_kort
Normal blandetid	31,5	10,9	7,8
+ 7 min.	23,0	17,2	6,0
Mål	-	Maks. 5 %	Maks. 5 %

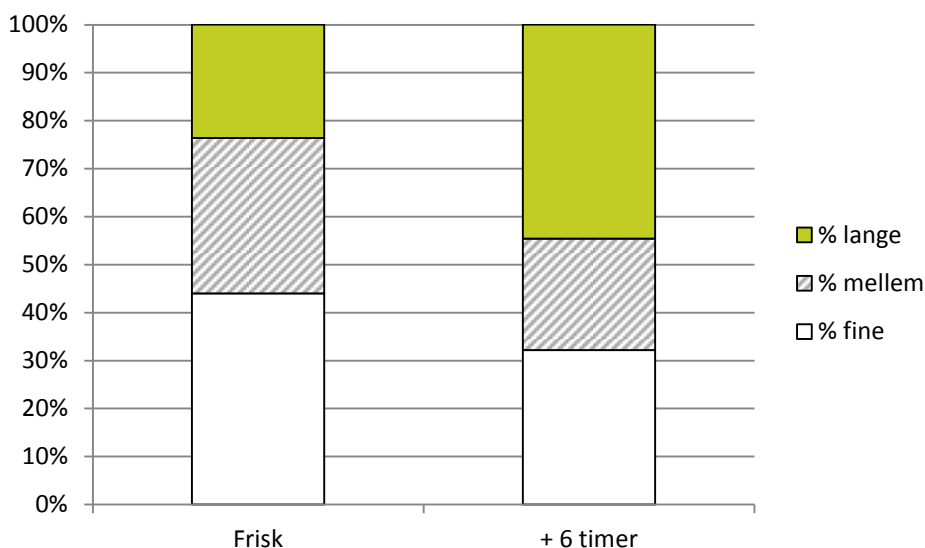
Resultaterne viser, at variationskoefficienten falder for de korte og lange partikler, mens den stiger for de mellemlange partikler ved øget blandetid. Variationskoefficienten er lidt højere end målsætningen ved de korte partikler og noget forhøjet ved de mellemlange partikler.

### **Analyse af sorteringsgrad**

For at undersøge omfanget af sortering kan partikelseparatoren anvendes på frisk blanding, og resultaterne sammenholdes med partikelfordeling efter køerne har haft adgang til foderet i en given tid.

Også her er det vigtigt at være opmærksom på prøveudtagningen. I testen analyserede vi igen partikelfordelingen 10 steder langs foderbordet, fordi sigtet samtidigt var at undersøge homogenitet. Hvis formålet alene er at undersøge sorteringen, kan de udtagne prøver "pooles" ved at samle dem i en spand, blande foderet omhyggeligt og derefter udtage en prøve herfra. Analysen af partikelfordelingen gentages tre gange, og resultaterne herfra bruges til at beregne en gennemsnitlig partikelfordeling for foderet. Denne metode er anvendt af Endres og Espejo (2010).

Figur 4 viser partikelfordelingen hos besætning 4 analyseret umiddelbart efter udfodring og efter, at køerne har haft adgang til foderet i seks timer. Resultaterne viser en omfattende sortering i ratioenen, idet andelen af lange foderpartikler øges, mens både andelen af mellemlange og korte partikler falder.



Figur 4. Partikelfordeling i fuldfoder fra besætning 4 umiddelbart efter udfodring (frisk) og efter seks timer (+ seks timer).

### Blandeprocessens betydning for partikelfordeling og homogenitet

Enhver håndtering af foder fører til en reduktion i foderets partikelstørrelse. I forbindelse med blanding af fuldfoderrationer bliver partikelfordelingen og homogenitet i blandingen påvirket af blandetid, brug af knive, blanderækkefølge og fyldningsgrad i blanderen.

I litteraturen findes kun få publicerede resultater, der beskriver betydningen af disse faktorer.

Heinrichs et al., (1999) har undersøgt betydning af blandetid for partikelfordeling i TMR. Deres forskning viser en klar reduktion i partikellængde ved øget blandetid. Kammel (1998) angiver, at producenterne af blandevogne i USA typisk anbefaler en blandetid på 3-6 minutter afhængig af blander-type. Der arbejdes altså med meget korte blandetider. Ved brug af store mængder hø anbefales typisk at findele dette før den egentlige blandetid. Kammel (1998) angiver, at øget blandetid ud over det anbefalede reducerer partikelstørrelsen og i nogle tilfælde fører til afblanding.

I modsætning hertil angiver Oelberg (2011), at "under-processing" er en af de seks hyppigste årsager til afvigelser ved TMR-audits. Andre årsager er: Overfyldning, manglende blanding efter læsning af sidste fodermiddel, undlade at øge blandetid, når knive/blander slides, for kort blandetid, når groft hø indgår i blandingen (efterlader klumper af hø i blandingen), en blanderækkefølge der kan forbedres, og forkert iblanding af flydende fodermidler.

Oelberg (uden årstal) angiver, at betydning af slidte knive afhænger af hvilke fodermidler, der indgår i blandingen. Blandingens homogenitet påvirkes næsten ikke med øget grad af slid, hvis der anvendes majsensilage og snittet hø eller halm. Derimod er det meget vigtigt med nye knive, hvis blandingen indeholder langt hø eller græs/haylage. Man kan øge blandingens homogenitet, reducere blandetid og øge læssenøjagtighed ved at snitte hø før læsning.

Anbefalinger vedrørende blanderækkefølge findes typisk fra amerikanske rådgivere, og disse er tilpasset amerikanske rationstyper og fodermidler. Derfor kan de ikke overføres direkte til danske forhold. En optimal blanderækkefølge afhænger af blander-type og bør tilpasses denne.

Flere angiver, at blanderen ikke bør fyldes mere end omkring 75-85 % afhængig af blandertype. Ved brug af vertikalblendere fremhæves, at toppen af sneglen skal være synlig for at opnå tilfredsstillende blandeproces, fordi blanding sker ved, at foderet løftes op og derefter falder ned.

### **Resultater fra testbesætninger**

Hos de fire testbesætninger i projektet ønskede vi at vise betydning af øget blandetid, ændret blanderækkefølge, brug af knive samt fyldningsgrad. Vi havde en forventning om en klar virkning på blandingernes homogenitet og graden af sortering i blandingerne. Men resultaterne viste, at det ikke var muligt at demonstrere den forventede virkning i nogen af de fire besætninger. Det kan skyldes, at det på forhånd var valgt hvilken ændring i blandeproces, der skulle demonstreres i hvilken besætning. Besætningerne var altså ikke udvalgt specifikt efter om de havde et behov for ændring i blandeprocessen.

### **Referencer**

Bhandari, S.K., Ominski, K.H., Wittenberg, K.M. & Plaizier, J.C., 2007. Effects of Chop Length of Alfalfa and Corn Silage on Milk Production and Rumen Fermentation of Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 90:2355-2366.

Bligaard, H.B., Christensen, A.L. & Trénel, P., 2011. Test af partikelfordeling i fire malkekvægbesætninger (arbejdstitel). Rapport under udarbejdelse.

Buckmaster, D.R., uden årstal. TMR Delivery and Variability on the Farm. Ppt-præsentation.

Endres, M.I. & Espejo, L.A., 2010. Feeding management and characteristics of rations for high-producing dairy cows in freestall herds. *J. Dairy Sci* 93:822-829

Endres, M.I. & Espejo, L.A. 2010. Erratum to "Feeding management and characteristics of rations for high-producing dairy cows in freestall herds" *J. Dairy Sci* 93:822-829). *J. Dairy Sci* 93:1785-1785

Heinrichs, A.J., Buckmaster, D.R. & Lammers, B.P., 1999. Processing, mixing and particle size reduction of forages for dairy cattle. *J. Anim. Sci* 77:180-186

Heinrichs, J. & Kononoff, P. (2002). Evaluating particle size of forages and TMR's using the new penn state forage particle separator. *Penn State, Dairy and animal Science.* DAS 02-42.

Kammel, D.W., 1998. Design, Selection and Use of TMR Mixers (pdf-fil, internet)

Kononoff, P.J., Heinrichs, A.J. & Lehman, H.A., 2003. The Effect of Corn Silage Particle Size on Eating Behaviour, Chewing Activities, and Rumen Fermentation in Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 86:3343-3353

Leonardi, C. & Armentano, L.E., 2007. Short Communication: Feed Selection by Dairy Cows Fed Individually in a Tie-Stall or as a Group in a Free-Stall Barn. *J. Dairy Sci.* 90:2386-2389

Mertens, D.R., 1997. Creating a System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy Cows. *J. Dairy Sci* 80:1463-1481

Nordquist, D. & Lecy, D., 2011. Minnesota dairy farm performance in 2010. [www.progressivedairy.com](http://www.progressivedairy.com)

Nørgaard, P., Nadeau, E., Randby, Å. & Volden, H., 2011. Chewing index system for predicting physical structure of the diet. IN: Volden, H. (ed) *NorFor – The Nordic feed evaluation system*. EAAP publication No. 130, pp. 127-132

Oelberg, T., uden årstal. Factors Affecting TMR Mixing That Can Impact Animal Health and Performance. Ppt-præsentation, DiamondV.

Oelberg, T., 2011. TMR audits solves large herd's production puzzle. *Progressive Dairyman*, reprinted from Apr. 12. [www.progressivedairy.com](http://www.progressivedairy.com).

Thorsager, O., 2011. Anbefaling for management af Totale Mixede Rationer. Recommendation for management of Total Mixed Rations. Afsluttende eksamensprojekt, Jordbrugets Uddannelsescenter, Vejlbjby (60 pp.)

Yang, W.Z. & Beauchemin, K.A., 2007. Altering Physically Effective Fiber Intake Through Forage Proportion and Particle Length: Digestion and Milk Production. *J. Dairy Sci* 90: 3410-3421