



TEST AF DYNAMISK RECEPTJUSTERING MED IN-LINE NIR PÅ FULDFODERBLANDER

STØTTET AF

mælkeafgiftsfonden

In-line NIR på fuldfoderblandere kan anvendes til justering af recepten under indvejning til fuldfoderblanderen, og undersøgelsen viste reduceret variation i restfoder med dynamisk receptjustering baseret på in-line NIR.

INDLEDNING

Montering af NIR (NIR = nærinfrarød spektroskopi) på fuldfoderblandere gør det muligt at prædikere tørstof i fuldfoderblandinger i realtid (KvægInfo 2523, KvægInfo 2545). Integration af NIR i vejesystemet gør det muligt at bruge afvigelser, mellem forventet tørstof og det aktuelle tørstof i foderblandingen, til at korrigere indvejningen til blanderen. Med NIR-baseret receptjustering er målet at opnå en mere præcis tildeling af foder, så foderspild ved overfodring reduceres og underfodring undgås.

Formålet med nærværende arbejde var at opbygge en testmetode til at undersøge effekten af in-line NIR på variation i restfodermængden ved fodring af malkekøer, undersøge datakvalitet fra dataopsamling via vejesystem og undersøge sikkerheden af NIR prædikteret tørstof ved sammenligning af NIR scanning på fuldfoderblander og laboratorieanalyse af foderprøver udtaget i foderstrengen.

MATERIALE OG METODE

Undersøgelsen blev gennemført i perioden 1/10 til 2/12-2018 i en Jerseybesætning med ca.

140 årskøer. Forsøgsblanderen, JF VM22 vertikalblander, blev indsat som erstatning for besætningens egen blander, og eksisterende recepter blev overført uden redigering i mængder eller tørstofkoncentration af fodermidler.

I undersøgelsen blev anvendt 2 NIR instrumenter: 1) Dinamica FeedScan-IC (Dinamica Generale SPA, Poggio Rusco, Italien) og 2) Perten DA-7300, (Perten, Hägersten, Sverige). Dinamica instrumentet var monteret i forenden af blandekarret på første plade til højre for blandekarrets midterlinje og med "øjet" 50 cm over blandekarrets bund. Perten instrumentet var monteret i bagenden af blandekarret præcist diagonalt for Dinamica instrumentet.

Dinamica NIR instrumentet var koblet med et Dinamica DG8000-IC vejesystem med firmware version 093. I blanderecepten var indlagt opsamling af 20 scan-sekvenser under blanding efter, at blanderen havde slutblandet i 10 min. Scanning med Dinamica instrumentet var styret af blanderecepten og foregik uden aktivering fra bruger. Scanning med Perten instrumentet blev aktiveret af brugeren, umiddelbart inden slutblanding var afsluttet.

Foderprøver blev indsamlet dagligt ved at fylde 4-L prøvepose med foder udtaget direkte i foderstrengen – midt i stalden. Foderrest blev opsamlet og vejet dagligt i en foderblander. Restfoder blev registreret på skema, hvor der også blev noteret eventuelle fejl i registreringer under indvejning til foderblander mv. Foderprøver blev opbevaret ved -20 °C indtil analyse. Foderprøverne blev tørret ved 60 °C i mindst 40 timer og tørstof beregnet med NorFor korrektion. Den tørrede prøve blev formalet og analyseret med NIR (KMP-fuldfoder). Foderprøver, registreringer af restfoder og NIR spektre blev indsamlet fra bedriften ca. 1 gang om ugen.

Foderblandingerne blev formuleret i DMS og importeret til DTM (version 7.0.25.8) ved anvendelse af FBO service (SEGES). I DTM blev foderblandinger og udfodringshold koblet, og data blev udvekslet mellem vejecomputer (DG8000-IC) på foderblanderen og DTM via GPRS (General Packet Radio Service). Fodermængder blev udlæst af FBO service hos SEGES og justeret for fejlregistreringer noteret af brugeren under læsning.

Fodermængder blev justeret af brugeren i forhold til mængden af restfoder. Målet var at opnå en konstant restfodermængde på 125 kg/dag.

Recepten bestod af 9 komponenter i en TMR udfodret til alle malkende køer, undtagen et mindre opstartshold. Efter udfodring af blandingen til det store hold blev 15 % af den samlede mængde overført til en ny blanding, der bestod af første blanding tilført ekstra tilskudsfoder. Ludkorn, tørt tilskudsfoder, mineraler og halm blev sat i støb med vand dagen før udfodring. På udfodringsdagen blev græsensilage, ensileret mask og HP pulp indvejet til mellem-mix. Til sidst blev indvejet majsensilage. Indvejningen af majsensilage blev delt i 80+20 % med 5 minutters blandetid + opsamling af 20 NIR scan sekvenser inden de 20 % blev indvejet. I den første periode på 1 måned blev NIR prædiktions af tørstof mellem de 2 indvejninger af majs ikke anvendt aktivt, i den anden periode på ca. 1 måned blev NIR prædiktions af tørstof efter indvejning af 80 % af den planlagte majs mængde anvendt til justering af indvejning af de 20 % af majsensilagen. Aktiv styring med NIR blev iværksat 3/11-2018. Til beregning af korrektionen blev anvendt indvejningen af alle forudgående komponenter og fodermidlerne

tørstforkoncentration fra foderplanen. Differencen mellem kg tørstof i foderblanderen og forventet kg tørstof i foderblanderen blev trukket fra de 20 % majsensilage indvejet som sidste komponent i blandingen (hvis difference var negativ, betød det en forøgelse af mængden). I Dinamica vejeselementet er korrektionsmetoden benævnt Teoretisk tørstofjustering.

Brugeren initierede blandingen af foder på DG8000-IC vejecomputeren monteret på foderblanderen. Fodermængder til indvejning blev vist på Dinatel 3 display, og brugeren var tvunget til at bekræfte indvejning af hvert fodermiddel med tastetryk på Dinatel 3 display.

Kalibreringen anvendt på Dinamica instrumentet var bygget på scanning med forsøgsblanderen i 40 forskellige besætninger og inkluderer scanning af ensilager, mellem-mix og slut-mix. Kalibreringen anvendt på Perten instrumentet var en smal kalibrering baseret på prøvemateriale fra 3 besætninger.

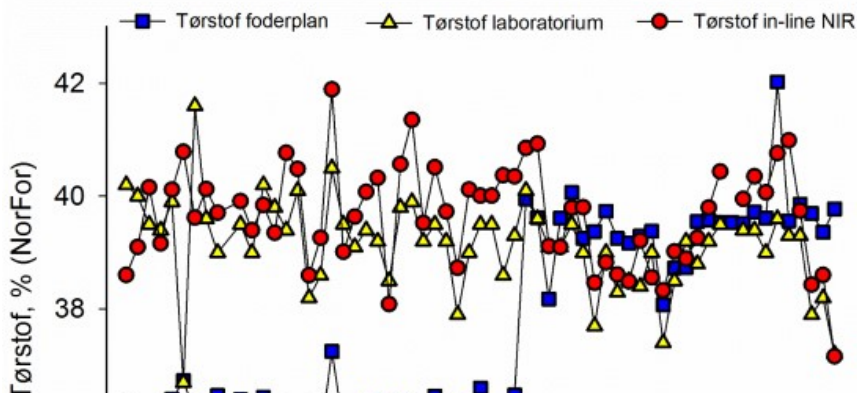
Den samlede mængde af indvejet foder til foderblanderen blev udfodret til malkende køer, og udfodrede mængder blev beregnet på basis af indvejninger.

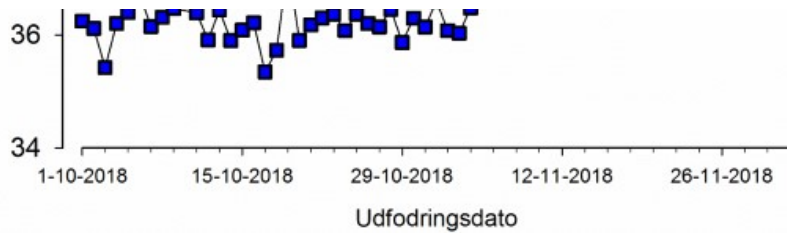
Prædiktionsfejl er beregnet som standardafvigelsen for differencer beregnet som NIR prædiktionsfejl – laboratorieanalyse. Bias er beregnet med gennemsnittet af differencer beregnet som NIR prædiktionsfejl – laboratorieanalyse.

RESULTATER OG DISKUSSION

I undersøgelsen indgik 62 foderdage med indvejning til 2 blandinger og udfodring til 2 udfodringshold. Der var manglende registrering af 4 udfodringer (3 % af udfodringer) og der var fejlregistrering af indvejede fodermidler på 4 dage (6 % af foderdagene). Datasættet blev korrigeret i henhold til registreringer fra besætningen.

I perioden frem til 5/11 var tørstof fra laboratoriet og NIR prædikeret tørstof i blandingen markant højere ($39,4 \pm 0,6$ og $39,9 \pm 0,8$ %) sammenlignet med forventet tørstof ud fra indvejede mængder og tørstforkoncentrationer fra foderplanen ($36,3 \pm 0,7$ %; se figur 1). Efter opfølgende analyser, hvor tørstof i majsensilage og ensileret mask blev justeret, var tørstof ifølge foderplan, laboratorium og in-line NIR på linje med hinanden, henholdsvis $39,5 \pm 0,7$, $38,8 \pm 0,7$ og $39,3 \pm 1,0$ %.

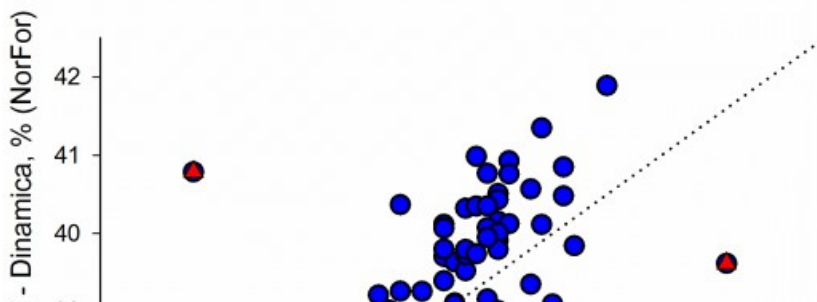


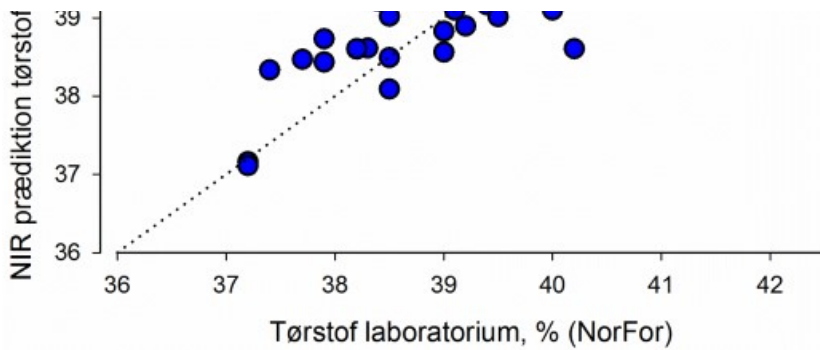


Figur 1. Forventet tørstofkoncentration af foderblanding beregnet ud fra indvejede mængder og forventet tørstof i fodermidler (blå firkanter), tørreskabsanalyse af foderprøve udtaget ved simpel opsamling i foderstrengen (gule trekkanter) og tørstof præsigeret med Dinamica Generale in-line NIR efter 10 min slutblandetid (røde cirkler).

Tørstofpræsigerer fra begge NIR instrumenter blev valideret mod daglige foderprøver udtaget som simple "posefyldningsprøver" på foderbordet. Figur 2 viser NIR præsigeret tørstof plottet mod laborietørstof for Dinamica instrumentet, og figur 3 viser NIR præsigeret tørstof plottet mod laborietørstof for Perten instrumentet. De samme 2 prøver blev fundet som out liers (z -værdi > 2) ved sammenligning af præsigeret værdi og laborietørstof for begge NIR instrumenter. Prøverne er markeret med røde trekkanter, idet NIR instrumenterne var monteret i modsatte ender af foderblanderen. NIR instrumenterne havde uafhængig strømforsyning, scanning med instrumenterne skete i samme tidsrum, men ikke synkront og NIR præsigerer er baseret på meget forskellige kalibreringsgrundlag betyder det, at de 2 afvigende prøver i datasættene med meget lille sandsynlighed kan skyldes fejl eller usikkerhed på NIR scanning og præsiger af tørstof, men at fejlen må skyldes usikkerhed forbundet med den anvendte prøveudtagningsmetode eller i efterfølgende håndtering af prøverne. Der blev ikke fundet tegn på, at en simpel prøveombytning kunne forklare de observerede afvigelser.

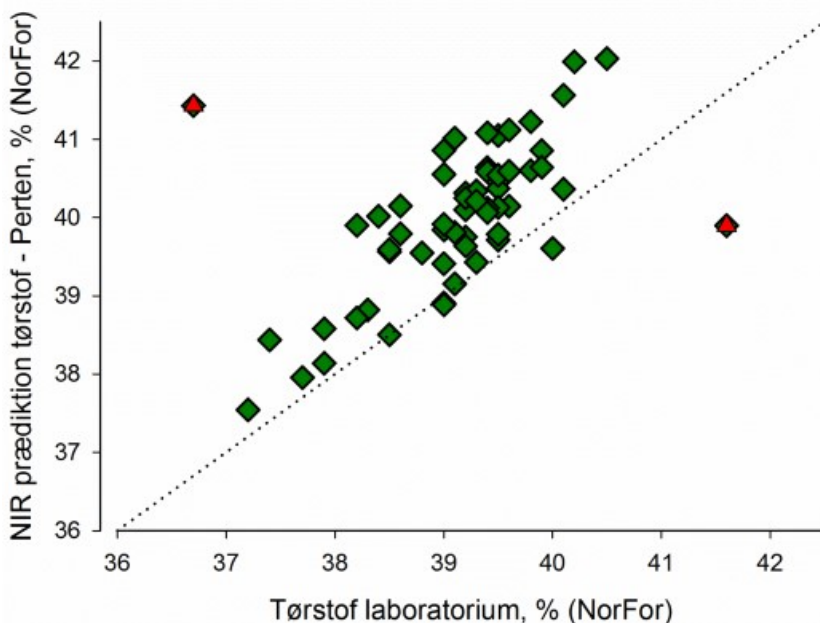
Vurderes præcisionen af NIR præsigerer uden de 2 out liers, var der lavere præsigeringsfejl 0,55 % tørstof for præsigerer fra Perten instrumentet sammenlignet med Dinamica instrumentet, 0,63 % tørstof. Der var højere korrelation mellem NIR præsigerer og laborietørstof for Perten sammenlignet med Dinamica instrumentet, henholdsvis 0,82 mod 0,75. Der var større bias for Perten sammenlignet med Dinamica instrumentet, henholdsvis 0,87 % mod 0,49 % tørstof, men i betragtning af hvor få prøver og besætninger kalibreringen til Perten instrumentet var baseret på, klarede instrumentet sig godt i testen sammenlignet med Dinamica instrumentet. Det gælder for begge instrumenter, at den ration, der blev anvendt i undersøgelsen, indeholdt større andel biprodukter og mindre grovfoder i form af majs- og græsensilage end langt hovedparten af kalibreringsmaterialet.





Figur 2. Tørstof prædikeret med Dinamica Generale in-line NIR instrument mod tørstof bestemt ved tørring af simpelt udtaget foderprøve på laboratoriet. Der blev identificeret 2 out liers med z-værdi større end 2 (røde trekanter). Prædiktionsfejlen var 0,63 % tørstof og bias 0,49 % tørstof, beregnet på basis af datasæt uden de 2 out liers (n = 60).

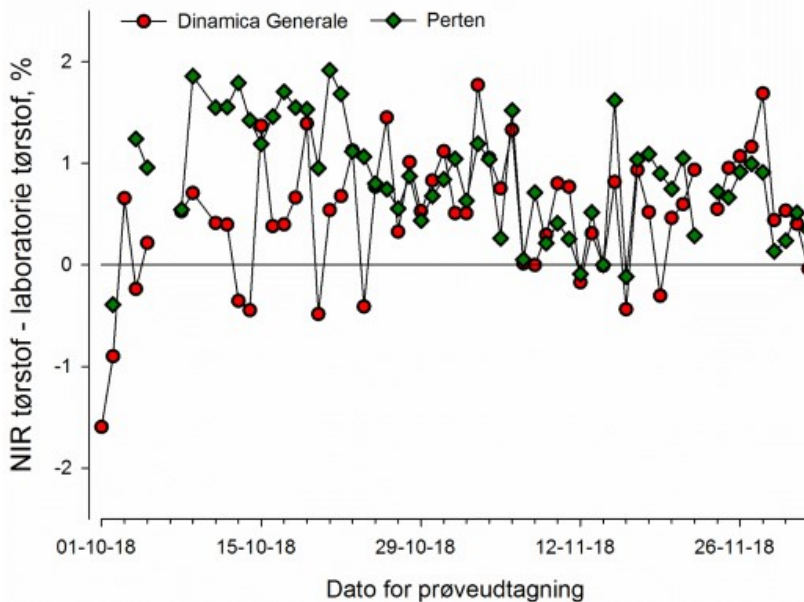
Valideringen af Dinamica instrumentet i nærværende undersøgelser viser en smule større usikkerhed sammenlignet med tidligere undersøgelser. I denne undersøgelse var prædiktionsfejlen 0,63 % og bias 0,49 % tørstof. I tidligere undersøgelser, hvor samme instrument blev anvendt, var prædiktionsfejlen 0,47 % og bias 0,30 % tørstof (KvægInfo 2545). I nærværende undersøgelse er anvendt en mere simpel prøveudtagningsmetode, og rationen ligger ikke i centrum af kalibreringen. Alligelvel lever præcisionen op til kravsspecifikationen for in-line NIR på foderblandere på maksimal prædiktionsfejl på 1 % og maksimal bias på 0,5 % tørstof.



Figur 3. Tørstof prædikeret med Perten DA-7300 in-line NIR instrument plottet mod tørstof bestemt ved laboratorietørring af foderprøver udtaget som simple posefyldningsprøver. Der blev identificeret 2 out liers med z-værdi større end 2 (røde trekanter). Prædiktionsfejlen var 0,55 %

tørstof og bias 0,87 % tørstof, beregnet på basis af datasæt uden de 2 out liers (n = 57).

Figur 4 viser de løbende differencer mellem Dinamica prædikeret tørstof og Perten prædikeret tørstof sammenholdt med laboratorietørstof. Figuren viser lidt større afvigelser mellem instrumenterne i den første periode af undersøgelsen sammenlignet med den sidste periode. Der er ikke umiddelbart nogen forklaring på forskellen i tilsyneladende sikkerhed mellem de 2 perioder og heller ikke, hvorfor der ser ud til at være større dag til dag variation for Dinamica instrumentet i den første periode.

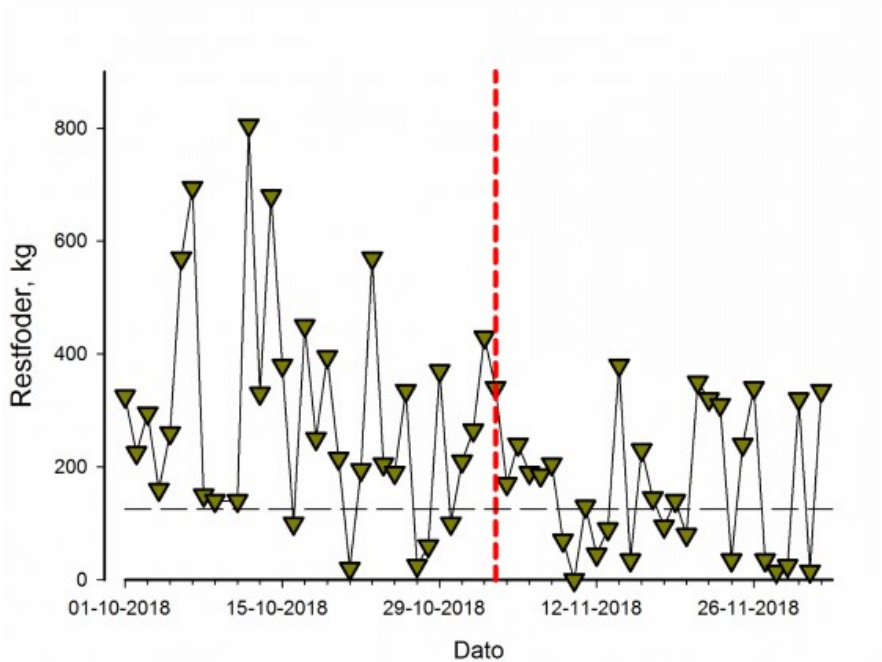


Figur 4. Difference mellem NIR prædiktion af tørstof baseret på scanning med Dinamica Generale (rød cirkel) og Perten DA-7300 (grøn rombe) in-line NIR og tørstof bestemt ved tørring på laboratoriet. 2 out liers er fjernet fra datamaterialet.

Figur 5 viser de løbende registreringer af restfoder fra malkende køer. I perioden uden aktiv NIR justering var mængden af restfoder numerisk højere og variationen større, 299 ± 194 kg/dag, sammenlignet med perioden med NIR justering, 164 ± 121 kg/dag. Mængden af restfoder svarer til, at $4,6 \pm 2,9$ % af fodermængden blev tilbagevejet i periode 1, og $2,4 \pm 1,8$ % af foderet blev tilbagevejet i periode 2. Der var lille variation i fodringstidspunktet i besætningen (gennemsnit 24,00 timer med standardafvigelse på 0,29 timer). Det var ikke tilsigtet, at der skulle være forskel i niveauet af restfoder mellem de 2 forsøgsperioder. Det betyder, at det er vanskeligere at vurdere effekten af NIR justeringen på variation i mængden af restfoder.

Aktiv NIR justering blev foretaget ved justering på de sidste 20 % af det sidste fodermiddel i recepten, i nærværende undersøgelse majsensilage. Opgørelse af indvejningen af justeringsfodermidlet i perioden før NIR justering og med NIR justering viste, at den gennemsnitlige indvejning af justeringsfodermidlet var 96 ± 22 % af planlagt mængde i perioden før aktiv justering og 91 ± 42 % i perioden med aktiv justering. I perioden med aktiv justering var mindste indvejning 0, og største indvejning var 187 % af forventet indvejning. Sammenfaldet af

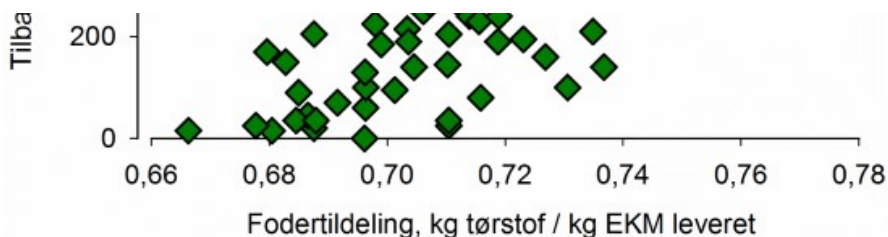
mindre variation i mængden af restfoder i samme periode, som variationen af indvejning af justeringsfodermidlet steg, tyder på, at der har været reel styring af foder mængden i perioden med aktiv justering, og at den aktive justering har haft en positiv effekt på variationen i mængden af restfoder.



Figur 5. Daglig tilbagevejning af restfoder fra malkende køer. Den vandrette linje viser målsætningen for mængden af restfoder, den lodrette linje markerer periodeskift, hvor dynamisk receptjustering baseret på in-line NIR blev igangsat. Der blev anvendt NIR instrument fra Dinamica Generale til bestemmelse af tørstof i foderblanding, og der blev foretaget justering af mængden af de sidste 20 % af det sidst indvejede fodermiddel.

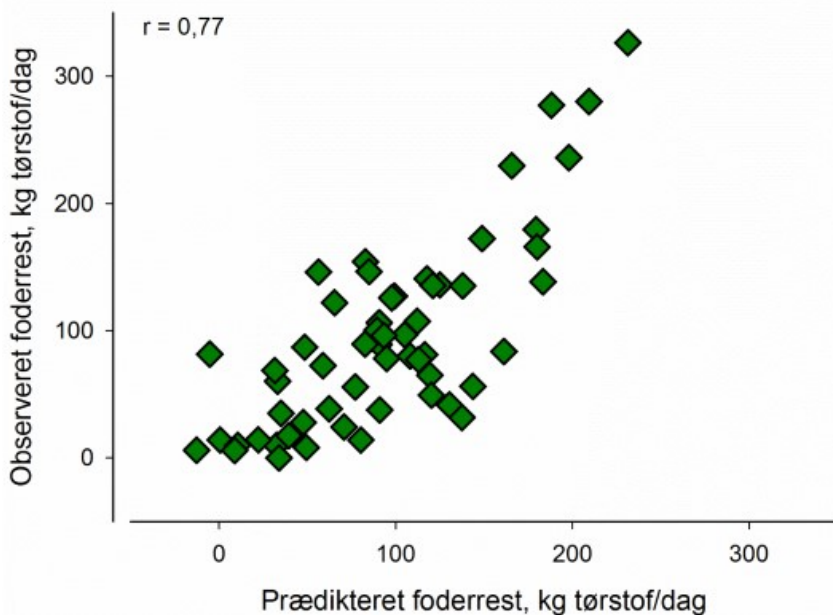
Mængden af tilbagevejet foder var korreleret ($P < 0,05$) til udfodret tørstof ($r = 0,57$), udfodret tørstof/ko ($r = 0,62$) og udfodret tørstof/kg leveret EKM ($r = 0,69$; se figur 6), og alle korrelationer var stærkere med anvendelse af tørstofprædiktioner fra Perten instrumentet sammenlignet med både laborietørstof og tørstof prædiktioner med Dinamica instrumentet.





Figur 6. Tilbagevejning af foder plottet mod udfodret tørstof i fuldfoder / kg leveret EKM. Fodertildelingen er beregnet som produktet af massen af foderblanding og tørstof i foderblandingen prædikeret ved scanning med Perten in-line NIR instrument monteret på foderblanderen. Figuren viser stigende mængde restfoder med stigende tildeling med en korrelation på 0,69. Omkring halvdelen af variationen i restfoder forklares af variation i udfodret tørstof.

Variation i kg udfodret tørstof/kg EKM forklarende omkring halvdelen af variationen i tilbagevejning af restfoder. Korrektion for længden af udfodringsdøgnet og anvendelse af tørstof i restfoder forbedrede kun sammenhængen mellem udfodret tørstof og mængde af restfoder marginalt. Modellering af restfoder under anvendelse af analysevariable fra KMP-fuldfoder viste effekt af foderenheder/kg TS og KMP-fuldfoder score for partikeltab. Effekten af ændring i foderenheder/kg TS var langt den kraftigste. Figur 7 viser observeret mængde restfoder plottet mod prædikeret restfoder. I modellen indgår udfodret tørstof/kg EKM leveret baseret på Perten in-line NIR prædiktion af tørstof, foderenheder/kg TS, partikelscore, længden af fodringsdøgnet og tørstof i restfoder.



Figur 7. Observeret mod prædikeret tilbagevejning af fodertørstof. Modellen inkluderede udfodret fodertørstof baseret på Perten in-line NIR prædiktion af tørstof i fuldfoder, EKM leveret, længden af fodringsdøgnet og korrektion af tørstof i tilbagevejet foder baseret på tørstof i

fuldfoder dagen før.

Den styringsmæssige værdi af in-line NIR påvirkes af den tekniske kvalitet af NIR prædiktionerne, men også af den sikkerhed, hvormed indvejninger til foderblanderen registreres. I nærværende undersøgelse, hvor den dynamiske receptjustering sammenregnede tørstofbidraget fra alle fodermidler frem til tidspunktet for scanning af blandingen (teoretisk tørstofjustering), vil registreringsfejl ødelægge sikkerheden i beregningen af en receptjustering. En type af fejl kan bestå i, at et fodermiddel overlæsses med indvejning af efterfølgende fodermiddel i recepten. Denne type fejl vil gøre det umuligt at beregne en korrekt korrektion, hvis de 2 fodermidler har forskellig tørstofkorrektion. Nærværende arbejde indikerer behov for at udarbejde faciliteter i vejesystemer, hvor brugeren har mulighed for at justere det registreringsgrundlag, der anvendes for en receptjustering og også bedre faciliteter til at evaluere kvaliteten af de NIR spektre, der anvendes til receptjusteringen.

KONKLUSION

Undersøgelsen viste, at der opnås robuste tørstofprædiktioner i fuldfoderblandinger ved scanning med in-line NIR under blandeprocessen i vertikal fuldfoderblander. Validering af NIR prædiktioner mod simple foderbordsprøver viste lavere prædiktionsfejl med Perten NIR instrumentet sammenlignet med NIR instrumentet fra Dinamica Generale, men der blev fundet større bias for Perten instrumentet sammenlignet med Dinamica Generale instrumentet. Der blev observeret numerisk lavere dag til dag variation i mængden af restfoder ved anvendelse af dynamisk receptjustering baseret på Dinamica Generale instrumentet sammenlignet med periode uden aktiv justering.