



**Høgskolen  
i Innlandet**

Fakultet for anvendt økologi, landbruksfag og bioteknologi

**Vegard Ekker og Fredrik Brørs**

## **Bacheloroppgave i agronomi**

Evaluering av målinger fra Claas NIR sensor for tørrstoff og næringsinnhold i ferskt gras

Evaluation of measurements from Claas NIR sensor for dry matter and nutrient content in fresh grass

Agronomi

6JB297

**2022**

Samtykker til utlån hos høskolebiblioteket

JA  NEI

Samtykker til tilgjengeliggjøring i digitalt arkiv Brage

JA  NEI

## Sammendrag

Denne oppgaven om evaluering av målinger fra en Claas NIR sensor for tørrstoff og næringsinnhold i ferskt gras, tar for seg et forsøk som er gjennomført sommeren 2021, og en litteraturstudie om NIR teknologi. Problemstillingen for denne oppgaven ble «å evaluere målinger fra Claas NIR sensor for tørrstoff og næringsinnhold i ferskt gras». Dette gjorde vi ved å ta ut ferske grasprøver fra en slått, som ble høstet med en Claas Jaguar. Denne Claas Jaguaren hadde en innebygd NIR sensor som målte kontinuerlig under høsting, og vi fikk tilsendt data fra denne sensoren. Grasprøvene ble sendt til Eurofins for NIR analyse, og vi brukte verdiene fra NIR sensoren, og Eurofins verdiene for å gjennomføre analysen vår. Vi gjorde dette forsøket for å finne ut om målingene til Claas sin NIR sensor stemte overens med Eurofins sine målinger. Vi kom fram til at Claas sin NIR sensor måling for tørrstoff i ferskt gras ikke var signifikant forskjellig fra analysene til Eurofins. For næringsinnhold i ferskt gras var det signifikant forskjell mellom analysene fra Claas sin NIR sensor og Eurofins sine målinger.

## Abstract

This assignment of evaluating measurements from a Claas NIR sensor for dry matter content, and nutrition content in fresh grass, is based on an experiment we conducted in the summer of 2021, and a literature study on NIR technology. The topic question we landed on for this assignment is «to evaluate measurements from a Claas NIR sensor for dry matter content and nutritional content in fresh grass». We did this research by gathering fresh grass samples from a harvest, which was harvested using a Claas Jaguar. This Claas Jaguar had an integrated NIR sensor which measured during harvesting, we got this NIR sensor data sent to us. The fresh grass samples were sent to Eurofins for NIR analysis, and we used the values from the Claas NIR sensor and Eurofins NIR sensor measurements to conduct our research. We did this experiment to find out if the Claas NIR sensor measurements were consistent with the measurements from Eurofins. We concluded with that the measurements from the Claas NIR sensor on dry matter had no significant difference from the measurements conducted by Eurofins. For nutrition content we concluded that there was a significant difference between the measurements from the Claas NIR sensor, and the measurements from Eurofins.

## Forord

Bacheloroppgaven er en avsluttende oppgave i Agronomi ved Høgskolen i Innlandet avdeling Blæstad, vårsemesteret 2022. Og med det avslutter vi bachelorstudium på Blæstad.

Takk til Bjørn Dybo Breivik, og hans medarbeidere for at vi fikk komme å ta prøver mens de holdt på med slått. Takk til Espen Syljuåsen og Hans Andreas Horgen hos Norwegian Agro Machinery for å gjøre dette forsøket mulig med tilrettelegging, svar på spørsmål og for å ha videreformidlet noen spørsmål til Claas. Takk også til alle andre fagpersoner som har bidratt med å svare på spørsmålene vi har stilt, under arbeid med denne oppgaven.

Tusen takk for veiledning fra Marius Kjøsberg, Svein Solberg, Lars Erik Ruud, og ikke minst Dag Jørgensen som har vært vår veileder under denne bacheloroppgaven.

For avklaring så er fem av analyseprøvene som ble sendt til Eurofins, betalt av Norwegian Agro Machinery og fem av prøvene betalt av Høgskolen i Innlandet avdeling Blæstad.

*Vegard Ekker og Fredrik Brørs*

Blæstad 1. juni 2022

# Innhold

Sammendrag .....	3
Abstract .....	4
Forord .....	5
Innhold .....	6
1.0 Innledning.....	7
2.0 Teori.....	9
2.1 Introduksjon til NIR teknologi og lys.....	9
2.2 Transmisjon og diffus refleksjon .....	12
2.3 Ulike NIR systemer .....	13
2.4 NIR og gras.....	15
2.5 Forstå NIR spektrumet .....	16
2.6 Kalibrering og datanalyse .....	17
2.7 Ulemper med NIR.....	22
2.8 Grovfôr .....	25
2.9 Tørrstoff.....	27
2.10 Fett .....	28
2.11 Protein .....	29
2.12 Sukker .....	30
2.13 Aske .....	31
2.14 Fiber.....	31
3.0 Materiale og metode.....	32
4.0 Resultater .....	35
5.0 Diskusjon .....	36
6.0 Konklusjon .....	39
7.0 Litteraturliste.....	40
8.0 Vedlegg .....	44

## 1.0 Innledning

Grovfôr produksjon drives i stort omfang, og foregår over hele Norge. I 2019 ble det dyrket gras på 67,3 % av det totale jordbruksarealet i Norge (Animalia, 2021). Denne produksjonen legger til grunn for en stor industri rundt, her har vi alt fra gårdbrukere, rådgivere, meierier, butikker, maskinbransjen, lastebilsjåførere, håndverkere med flere. Grovfôr omfatter flere ting, som surfôr, beite, høy, gras, grønnfôr, behandlet halm og rotvekster (Vangen, 2018), men vi kommer til å hovedsakelig ta for oss gras.

Gras er også den viktigste energi- og proteinkilden i norsk melk- og kjøtt produksjon (NIBIO, 2020) og står for 67,9 % av den totale andelen protein til drøvtyggere (Røflo, 2021). Det vi også vet om grovfôrproduksjonen er at den står for store deler av totalkostnadene på gårdsbruk med drøvtyggere. Når så mange produksjoner er avhengig av grovfôret, skulle man tro at mange vet hva de fôrer med, og hvilken kvalitet grovfôret har, men resultater fra en spørreundersøkelse for melkebønder viser at blant de som svarte var det 50 % som tok fôrprøver hvert år. Dette er høyere enn snittet for landet, som ligger på 40 % (Thuen & Tufte, 2017). Da er det i realiteten mange som fôrer dyrene sine med grovfôr de ikke vet hva inneholder. Dette gjør det vanskeligere å utnytte de ressursene man har, vanskeligere å oppnå en best mulig produksjon, og man får dessuten en større risiko for produksjonssykdommer.

Når bønder skal ta en grovfôranalyse, er det i dag mest vanlig å ta ut en prøve av et ferdig gjæret surfôr som sendes inn til et analyselaboratorium for analyse, for eksempel: Eurofins, FKRA eller Ofotlab. Slike prøver og analyser koster i dag rundt 1000-1500 kr per prøve, noe som gjør at ikke mer enn om lag 2 av 3 bønder velger å sende inne fôrprøver årlig. I tillegg er det rundt 90 % av disse bøndene som kun sender én prøve (L.E.Ruud, personlig kommunikasjon 28 april 2022). Han er førsteamanuensis på Høgskolen i Innlandet. Dette vil da si at en prøve fra gården skal da representere ulike skifter, gjenleggsår, slåtter, slåttetidspunkt og ofte også ulike grassorter.

Et alternativ til denne tradisjonelle måten å ta prøver på, er å bruke en NIR sensor for å ta prøver på gården. Med denne metoden så «leser» man graset/prøvene der og da, uten at man får kostnadene med innsending og betaling for analyser. Dette vil gjøre det mulig å få mange prøver og gjentak på hver enkelt gård.

For at NIR sensorer skal fungere, og gi troverdige resultat, er man helt avhengig av at utstyret er riktig kalibrert for riktig type fôr og bruksområdet. Slikt utstyr er som regel utviklet utenfor Norge, i USA eller Europa, noe som gjør at de som regel er kalibrert for planter og fôr som

typisk finnes i disse områdene. Dette er foreløpig nytt utstyr og lite brukt i Norge, men er i en «startfase» for både håndholdte, stasjonære og maskinintegreerte versjoner.

Problemstillingen for denne bacheloroppgaven er å evaluere målinger fra Claas NIR sensor for tørrstoff og næringsinnhold i ferskt gras. Oppgaven vil også inneholde en litteraturstudie om NIR-teknologien.



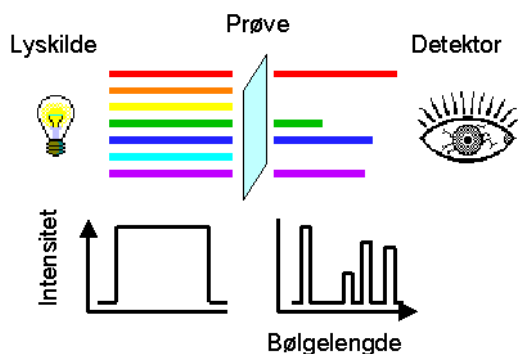
## 2.0 Teori

### 2.1 Introduksjon til NIR teknologi og lys

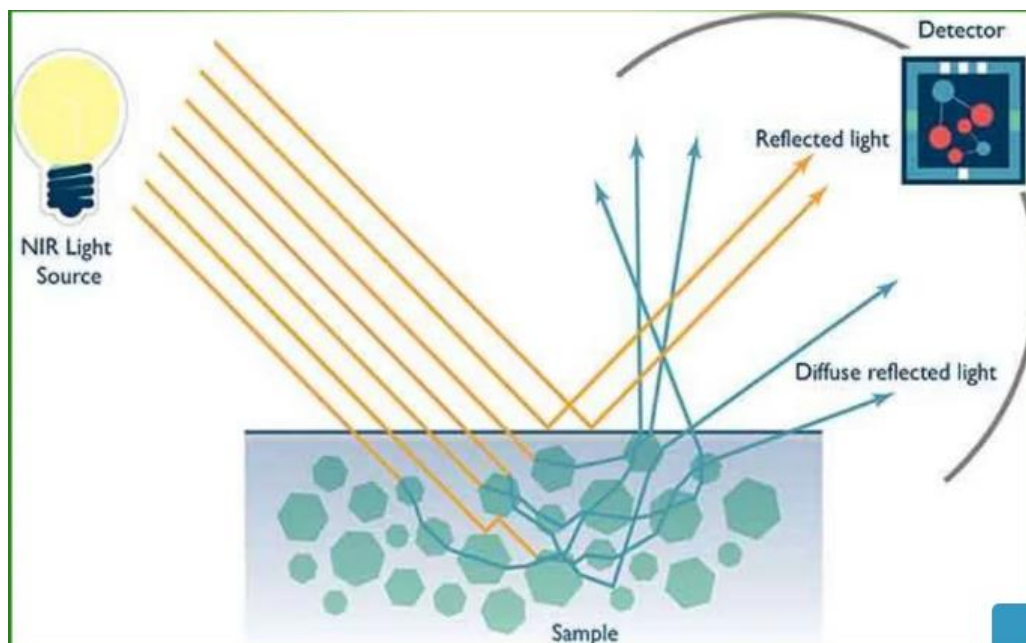
Når det kommer til lys har vi flere regioner og den nærinfrarøde regionen, ofte forkortet til NIR, er den mest energiske innenfor den infrarøde regionen, og er nært den synlige delen av lys i det elektromagnetiske spekteret. Det ble gjort forskning allerede på 1800 tallet (Harshel, 1800), men ingen videre forskning på NIR ble gjort før etter 150 år senere. Midt infrarød regionen (MIR) ble populær innenfor analyse av kjemiske egenskaper, mens NIR regionen ble ignorert fordi den ble anslått til å ikke ha noe relevant kjemisk informasjon (Agelet & Hurburgh Jr, 2010).

Nær infrarød spektroskopi (NIRS) er en teknologi som har hatt en stor og bred økning i bruk siden den først ble tatt i bruk rundt 1960 i korn industrien (Agelet & Hurburgh Jr, 2010). Nå er det mange forskjellige institusjoner og fagfelt som bruker NIR teknologi til analyser, eksempelvis innenfor mat, miljø, medisin, farmasi, arkeologi, og landbruk, pluss flere. Videre utvikling av NIR teknologien er antatt å gjøre NIR tilgjengelig og nyttig for enda flere brukere og fagfelt (Agelet & Hurburgh Jr, 2010). I fagstoff blir NIRS (nær infrarød spektroskopi) og NIR (nær infrarød regionen) brukt om hverandre, men vi kommer til å bare bruke NIR som en forkortelse videre i denne oppgaven.

En NIR sensor kan brukes ved hjelp av to hovedmetoder; transmisjon (se Figur nr. 1) og diffus refleksjon (se Figur nr. 2). NIR brukes i forskjellige bølgelengder innenfor 700-2500 nanometer (nm), men ulike instrumenter kan måle i ulike områder/regioner innenfor 700-2500 nm, avhengig av tiltenkt bruk og leverandør. Innenfor ulike type NIR sensorer har man forskjellig oppbygging av komponentene og hvordan de ulike produsentene velger å reflektere lyset.



Figur 1: viser hvordan transmisjon/transmittans målinger blir strålt gjennom en prøve og blir tatt opp i en detektor: (Universitet i Bergen, 2020).



Figur 2: Et visuelt bilde som viser prinsippene i NIR spektroskopi: (Sasivardhan, 2016).

Noen av styrkene til NIR sensorer er at de måler og gir resultater fort, og man «ødelegger» ikke prøven man måler, slik at man kan teste prøven igjen. Den bruker ikke kjemikalier, har høy grad av automatisering som i større grad fjerner sjansen for menneskelige feil, og lave operasjonskostnader.

Lysfysikk og kjemometri er viktige prinsipper innenfor NIR sensorer, og hvis man skal forstå NIR sensorer ordentlig, er det viktige prinsipper å beherske. Men for å forstå hvordan en NIR sensor fungerer og viser fram målingene, holder det å beherske noen grunnprinsipper innenfor disse prinsippene, slik at man har en viss forståelse hvordan en NIR sensor fungerer.

NIR er nær infrarød lys, og lys er en elektromagnetisk energi definert av egenskapene av bølgelengde, frekvens, og energi (Agelet & Hurburgh Jr, 2010). Kjemometri er bruken av matematikk, statistikk, og data analyse verktøy i kjemiske analyser (Fjellvåg, 2020). NIR sensorens målinger vil produsere et spekter, spektrum eller graf. Det har litt forskjellig benevnelser, og her får man bølgetopper og bølgedaler bortover, dette varierer ut ifra fysiske, kjemiske og strukturelle egenskaper hos prøven. For å forstå dette er det utviklet komplekse matematiske modeller, men dette er et eget fagfelt, og vi kommer ikke til å gå detaljert inn på dette.

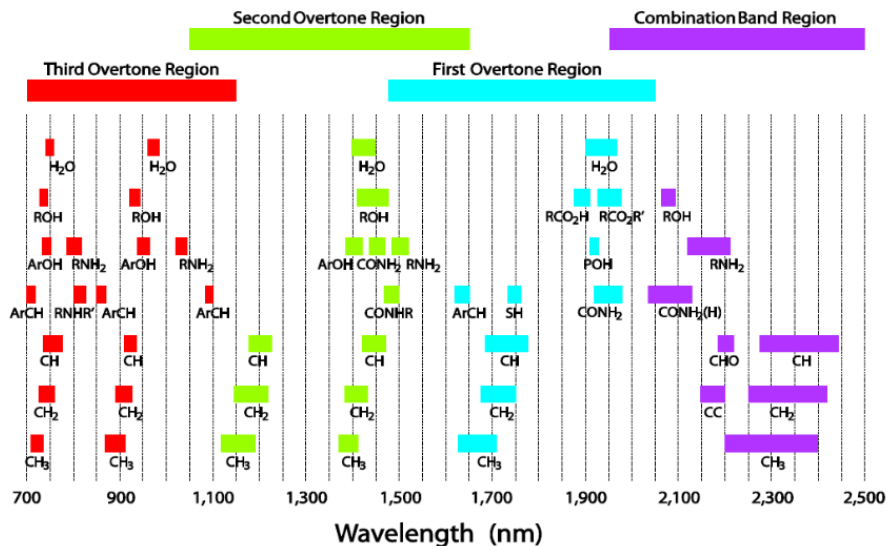
Energidelen i lys er indirekte proporsjonal til bølgelengden til lyset. Korte bølgelengder har mer energi og er direkte proporsjonal til bølgefrequensen til lyset. Lys kan bli sortert ut ifra disse

egenskapene til å forme det elektroniske magnetiske spektrumet, og den infrarøde kategorien har tre forskjellige store regioner (Agelet & Hurburgh Jr, 2010). Langbølget infrarød (300 GHz (1 mm) til 30 THz (10 mikrometer), midtbølget infrarød (30 til 120 THz eller 10 til 2,5 mikrometer), og nærinfrarød (fra 120 til 400 THz eller 2500 til 7500 nanometer).

Før vi går videre i denne oppgaven må vi forstå hva NIR/NIRS teknologi er, hvordan den fungerer og hva den måler. Måten man skaper NIR målinger med eksempelvis diffus refleksjon, er at man tar NIR sensoren/apparatet og bestråler en prøve med lys. Ulike molekyler vil da absorbere ulike lysfrekvenser. Disse vil da enten vibrere, eller strekke seg, avhengig av bindingene, og atomene til molekylet (Blanco & Villarroya, 2002). Så vil lyset som ikke er blitt absorbert, og rester av det som er absorbert gå ut av prøvematerialet til en detektor, som fanger opp lyset. Dette lyset inneholder informasjon om prøven og hva den består av. Videre vil et infrarødt spektrometer, produsere et infrarødt spektrum. Et slikt infrarødt spektrum (IR-spektrum) viser fram en graf som viser infrarødt lys absorpsjon eller overføring på y-aksen og, på x-aksen vises bølgelengden eller frekvensen. Ut ifra dette spektrumet kan man da «lese» hva prøven inneholder.

Vanlige enheter som brukes for frekvensen blir ofte kalt bølgetall, og er på fagspråket gjensidige centimeter og blir skrevet med symbolet  $\text{cm}^{-1}$ . Andre enheter som bruker IR-bølgelengde, bruker ofte mikrometer med tegnet « $\mu\text{m}$ ». Dette er relatert til bølgetall på en gjensidige vei (M & J, 1989).

Utrykket spektral er vanlig brukt i spektroskopi og referer til målinger av lysets intensitet etter at den enten har blitt reflektert eller sendt gjennom en prøve, som en funksjon av bølgelengden (Agelet & Hurburgh Jr, 2010). NIR spekteret/spektrumet er laget av overtoner og kombinasjonsbånd, og det er i disse overtonene og kombinasjonsbåndene vi finner informasjonen til prøven. Overtoner er elektroneksitasjoner til høyere energinivåer. Dette NIR spekteret består av opptil fire slike overtoner, men den fjerde er svak og er ofte ignorert (Agelet & Hurburgh Jr, 2010), og overtonene finner vi fra 700 nm til 2100 nm ( $1300\text{-}4000 \text{ cm}^{-1}$ ). Kombinasjonsbånd (fingeravtryksområdet) finner vi ved NIR bølgelengder 1900 til 2500 nm ( $900\text{-}1300 \text{ cm}^{-1}$ ), og involverer en kombinasjon av vibrasjonene i de kjemiske gruppene C-H, N-H, O-H og C=O. Les mer om de kjemiske gruppene i: (Agelet & Hurburgh Jr, 2010). Disse fire gruppene finner vi også i MIR, men i NIR så vil kjemisk informasjon gjentas og bli overlappet i høy grad gjennom hele bølgelengdeområdet (Agelet & Hurburgh Jr, 2010).



Figur 3: Figur som viser de forskjellige overtone regionene og kombinasjonsbåndregionen, med hvilke stoffer som blir absorbert hvor: (Photonics, u.å.).

## 2.2 Transmisjon og diffus refleksjon

NIR målinger utføres enten ved transmisjon eller diffus refleksjon. Diffus refleksjon tillater å arbeide med tykkere og tettere prøver, uten å tilsette så mye varme som transmisjon. Med transmisjon må prøvelengden være forhåndsbestemt og må bli holdt konstant. Minimumslengden til prøven for diffus refleksjon er avhengig av ulike faktorer som bølgelengden, som blir brukt for analysen, og prøvens egenskaper som tetthet, partikkelstørrelse og prøven absorpsjon egenskaper. Fysiske trekk og egenskaper påvirker diffus refleksjons målinger mye, spesielt ved høyere bølgelengde (kombinasjons bånd regionen/fingeravtryksområdet), og derfor vil enhver prøveforandring spille en tilleggs variabilitet og «støy» i observasjonene og målingene (Agelet & Hurburgh Jr, 2010).

Repererbarheten til diffus refleksjon er noe dårligere og viser seg mest i heterogene prøver (Agelet & Hurburgh Jr, 2010). På noen områder er det ikke sikkert at disse skaper noen signifikante feil og de kan bli redusert med at det blir brukt et bredere spekter av bølgelengder (Kays et al., 2005). Transmisjonsmålinger viser en bedre nøyaktighet enn målinger med diffus refleksjon innenfor de fleste farmasøytiske formål (Short et al., 2008). Sammenligningsstudier innenfor landbruk fører ikke til noe enstemmig konklusjon om hvilken av disse to type målinger som er best (Orman & Schumann Jr, 1991) (Williams & Sobering, 1993) (Börjesson et al., 2007) (Xing & Guyer, 2008). Selv om det er en generell preferanse for transmisjonsmålinger når små konsentrasjonen skal bli målt. Forskjeller oppstår når det er kombinasjoner av forskjellige faktorer som valgt bølgelengde, instrument, prøveegenskaper, sammensetning, data

analyse og prøvetakingsprosedyre (Corti et al., 1999) (Kays et al., 2005) (Delwiche, 1995) (Cogdill et al., 2005). Som følge av redusert fleksibilitet og allsidighet til målinger med transmisjon, har diffus refleksjon blitt ledende innenfor felt apparater (Fischer & Pigorsch, 2000) (Dryden, 2003).

### 2.3 Ulike NIR systemer

Det er mange forskjellige NIR sensorer som selges på markedet, og selv om mange har ulik oppbygging, har alle kommersielle NIR sensorer med fem felles standarddeler: et prøverom, en lyskilde, et lysbølge selekterings system, en sensor eller flere sensorer, og et området for signal prosessering eller en datamaskin (Agelet & Hurburgh Jr, 2010). NIR kan deles opp i fem forskjellige hovedgrupper ut ifra hvordan spekteret blir skapt. Disse er FT-NIR, dispersive infrarøde instrumenter, Diode Array, MEMS, LVF (NIR4).

FT-NIR bruker et interferometer til å samle et spektrum som består av en kilde, to speil, stråle deler, en detektor og en laser. Energikilden går først fra kilden til en stråledeler, som deler strålen i to deler. Den ene delen går til et fast speil og den andre delen går til et bevegelig speil. Laseren i bølgelengdesystemet virker som en intern bølgelengdekalibrering og den kontrollerer det bevegelige speilet. Strålene samles ved stråledeleren etter de har blitt reflektert fra speilene, der de har «reist» forskjellige avstander (Vista, u.å.).

Når strålene er slått sammen, er noen av bølgelengdene slått sammen destruktivt og noen konstruktivt. Dette skaper et interferensmønster, som blir kalt et interferogram. Interferogrammet går deretter fra stråledeleren til prøven, hvor noe av energien blir absorbert og noe blir transmittert. Den transmitterte delen når detektoren. Detektoren leser da av informasjon om bølgelengdene i det infrarøde spektre. Deretter blir det utført en «Fourier-transformasjon» algoritme, på Interferogrammet for å gjøre dette om til et spektrum. På grunn av den interne laseren, er bølgelengdeaksen svært presis. En stor fordel for FT-NIR instrumenter er at bølgelengdeaksen ( $x$ ) er veldig presis, på grunn av den interne laseren. Dette betyr at overføringen av kalibrasjoner mellom instrumenter er gode (Vista, u.å.). En av bakdelene med FT-NIR er at instrumentene er komplekse og dyre, og passer stort sett bare for kontrollerte miljøer som laboratorier, som i følge av deres sensitivitet til eksterne faktorer som temperatur og vibrasjoner (Agelet & Hurburgh Jr, 2010).

Den andre hovedgruppen er dispersive infrarøde systemer, også kalt skanning eller gitter spektrometre. Den har i likhet med FT-NIR et speil og en kilde. Det fungerer ved at kilden av energien går igjennom en referansebane og prøven som skal testes. Før energien blir moderert

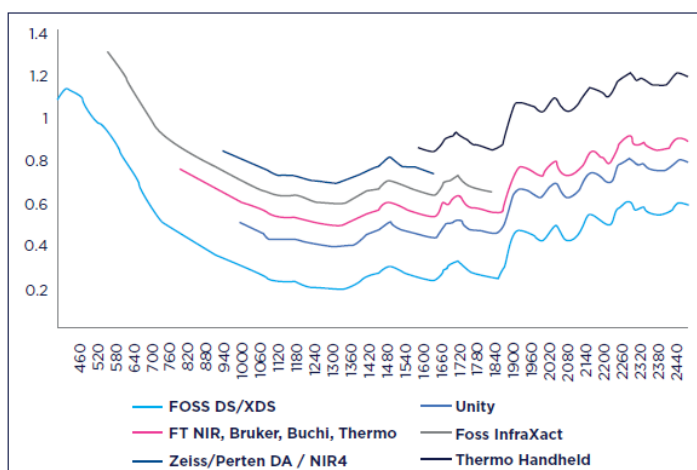
i en chopper, før den når detektoren og til slutt en diffraksjonsrist. Dette gitteret har likheter med et prisme. Der blir bølgelengdene rettet og målt en og en med spalteovervåking, spektralbåndet og gitteret beveger seg, og blir brukt for å lage dette spekteret (Vista, u.å.).

Diode array fungerer ved at en lyskilde lyser opp prøven med hvitt lys, der det meste av lyset reflekteres og noe absorberes. Det reflekterte lyset treffer et stasjonært gitter før lyset blir skilt etter bølgelengde. Det hvite lyset blir omdannet til et spektrum og hver bølgelengde blir målt av en diodedetektor. Med denne diodedetektoren blir alle bølgelengdene målt samtidig på grunn av at hver bølgelengde har en bestemt detektor. Dermed er en av fordelene med en diodedetektor er at den måler hurtig (Vista, u.å.).

Micro-elektro-mekaniske-systemer (MEMS) er samlebetegnelse for enheter som er mekaniske og er produsert av silisium wafer teknologi. MEMS systemets instrumenter kan være relativt små, slik at de kan brukes som håndholdte målere. Denne metoden gir også raske svar på målingene slik at man kan ta mange prøver relativt fort. Ulempen med denne metoden, er at de måler i kortere bølgelengder, noe som medfører at disse målingene har en større sannsynlighet for å vise ukorrekte resultater. (Vista, u.å.).

LVF står for lineært variabelt filter og blir brukt mest som et posisjonsavhengig instrument. LVF er best egnet for å brukes i kompakte instrumenter som krever høy spektral oppløsning. Fordelen med dette systemet er at størrelsen på instrumentet kan tilpasses, slik at det gir fleksibilitet og er flyttbart (Vista, u.å.).

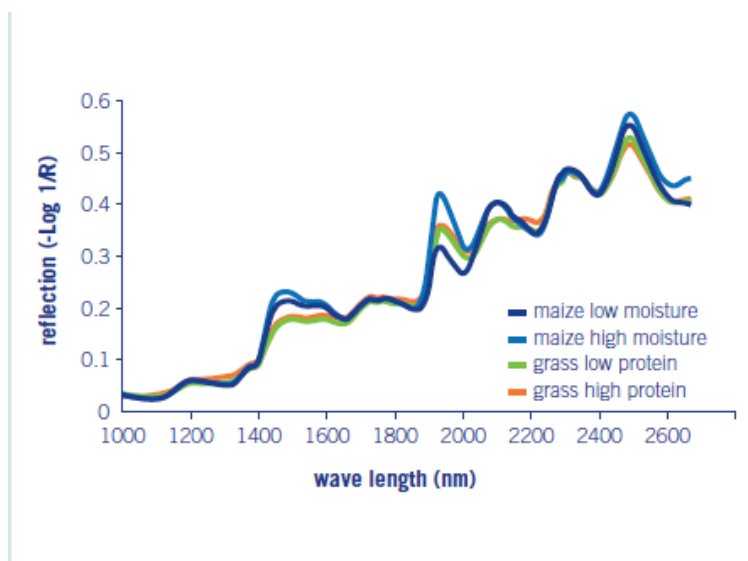
På (Figur nr. 4) ser vi ulike bølgelengder som blir frembrakt ved bruk av forskjellige type NIR maskiner. Ifølge Vista (u.å) får man de mest troverdige resultatene fra maskiner som dekker det fulle spekteret av bølgelengder, og ikke bare i overtone regionen (Vista, u.å.)



Figur 4: bølgelengder skapt med forskjellige type NIR maskiner: (Vista, u.å.)

## 2.4 NIR og gras

Når en gjenstand/prøve blir bestrålt med lys, vil ifølge energiprinsippet deler bli reflektert, transmittert og absorbert (Agelet & Hurburgh Jr, 2010). For eksempel med en prøve av kuttet silo, vil den bli strålet med nær infrarødt lys, deretter måles det hvor mye av hver lys bølgelengde som blir reflektert (Agro, u.å.-b). Etter dette får man et «refleksjonsmønster», altså dette spektrumet som inneholder informasjon om prøvens sammensetning (se Figur nr. 5). Denne informasjonen kan imidlertid ikke brukes direkte, da den er for kompleks. Dette gjelder spesielt for plantematerialet, der innholdet og molekylene stort sett er det samme, men mengden protein, ligning, sukker, fiber og andre verdier varierer. Derfor kan man si at dette NIR spektrumet fungerer på samme måte som et fingeravtrykk, som reflekterer nyanser. På samme måte som et fingeravtrykk kan gi informasjon med å sammenligne det med en database, kan NIR spekteret gi informasjon når den holdes opp med en riktig database/kalibrering (Agro, u.å.-b).



Figur 5: Eksempel på hvordan et NIR-spekter ser ut: Eurofins: leaflet\_4p\_nirs02-en-what-is-nirs-mailversion.pdf (Agro, u.å.-b)

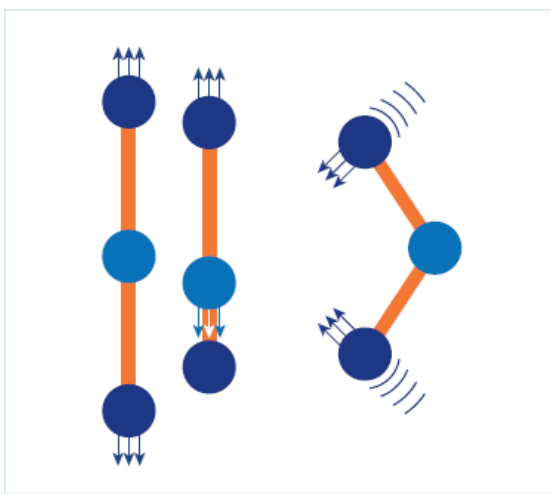
Som nevnt inneholder NIR spektrum store mengder informasjon om det organiske innholdet i en prøve, og trikset er å kunne få tak i denne informasjonen fra spektrumet, slik at det kan brukes/tolkes riktig. På grunn av den komplekse oppbygningen til grasplanter kan man ikke direkte ta informasjonen og derfor blir hver enkelt parameter kalibrert hver for seg. Dette fører til at man må ha store mengder med prøver, og det er ikke bare NIR spektrumet som blir målt, men disse parameterne blir også bestemt via kjemiske analyser, som NIR sensorer er helt

avhengige av. Disse kjemiske målingene gir muligheten til å hente verdiene til disse parameterne direkte fra kalibrering standarder (Agro, u.å.-a).

NIR har vist seg å gi nøyaktige målinger av kvalitetsparametere sammen med våt kjemisk analyse (Boever et al., 2000) (Norris et al., 1976) (Pérez-Marin et al., 2004). Vanlige metoder for NIR analyse på grovfôr og gras krever derimot ekstra arbeid som tørking og kutting av materialet, noe som kan ha skadelige virkninger av graset før en analyse. Dette er spesielt på proteindelen og fordøyelig organisk materiale (Alomar, Fuchslocher & Pablo, 2003).

## 2.5 Forstå NIR spektrumet

Når et materiale absorberer lys uansett bølgelengde, fører dette til at atomene i molekylene enten beveger seg raskere, bøyer seg, strekkes eller roteres ved siden av hverandre (se Figur nr. 6) (Agro, u.å.-b). Forandringer innenfor lysenergi mellom disse forskjellige regionene fører til varierte absorpsjoner i molekyler og bindinger, noe som fører til ulike type vibrasjoner, disse vibrasjonene «skaper» da informasjonen som blir vist på et spektrum. For eksempel den minst energiske infrarøde regionen, langbølget infrarød strålingen blir absorbert av tunge atomer som noen uorganiske og organiske metalliske stoffer, mens den midtbølget infrarød regionen er populær for organiske kjemiske analyser (Agelet & Hurburgh Jr, 2010). Den nærinfrarøde delen av lyset blir primært absorbert av bindinger mellom hydrogen, karbon, oksygen, nitrogen og svovel (Agro, u.å.-b). Slike kjemiske elementer finner vi i vann, fett, protein og cellevegger, men vi finner ikke dette i mineraler og sporstoffer, og disse er ikke synlige på NIR-spekteret fordi de ikke inneholder slike bindinger (Agro, u.å.-b).



Figur 6: eksempel på bøying og strekke bevegelser i et CO<sub>2</sub> molekyl : Eurofins: leaflet\_4p\_nirs02-en-what-is-nirs-mailversion.pdf (Agro, u.å.-b)



Et NIR spektrum som på (Figur nr. 5) har vi y-aksen og x-aksen. På x-aksen vises bølgelengdetallet i nanometer (nm). På y-aksen vises  $\log(1/R)$ , der R står for refleksivitet, og dette viser hvor mye av strålingen som blir reflektert fra en prøve (Universitetet i Bergen, 2020).  $\log(1/R)$  står for hvor mye av strålingen som blir absorbert av IR-absorberende molekyler i prøven i refleksjonsforsøk (Universitetet i Bergen, 2020). Denne sammenhengen er slik at hvis en prøve absorberer 25 prosent av strålingen ved en bølgelengde, vil refleksiviteten på denne bølgelengden være 75 prosent (Universitetet i Bergen, 2020).

## 2.6 Kalibrering og datanalyse

Kalibreringer er et sentralt tema innenfor NIR-spektroskopi, siden NIR-sensorer måler mengden lys som blir reflektert eller transmittert av et objekt, så vet ikke sensoren hva den måler. Sensoren må bli fortalt hva den måler/skal måle, og den må ha et referansegrunnlag for hva den skal måle.

Kalibrering er den matematiske prosessen som kreves for å relatere optiske NIR-målinger til ønsket bestand, eller en egenskap som brukes til å definere ernæringskvaliteten av grovfôr eksempelvis. Kalibreringen er nøkkelen til vellykket bruk av NIR (Deaville & Flinn, 2000). Et av de viktigste kriteriene for å utvikle en robust NIRS-kalibrering, er at den naturlige variasjonen av parameterverdiene av interesse må tas med innenfor prøvepopulasjonene til kalibrerings- og valideringsdatasettene (Agelet & Hurburgh Jr, 2010). Valg av riktige og passende prøver er avgjørende for at man sitter igjen med et resultat som er riktig og en vellykket kalibrering. Deaville og Flinn (2000) bekrefter at utvidet tid brukt på utvikling av passende kalibreringsprøvesett belønnes med mer nøyaktige og stabile kalibreringer (Deaville & Flinn, 2000).

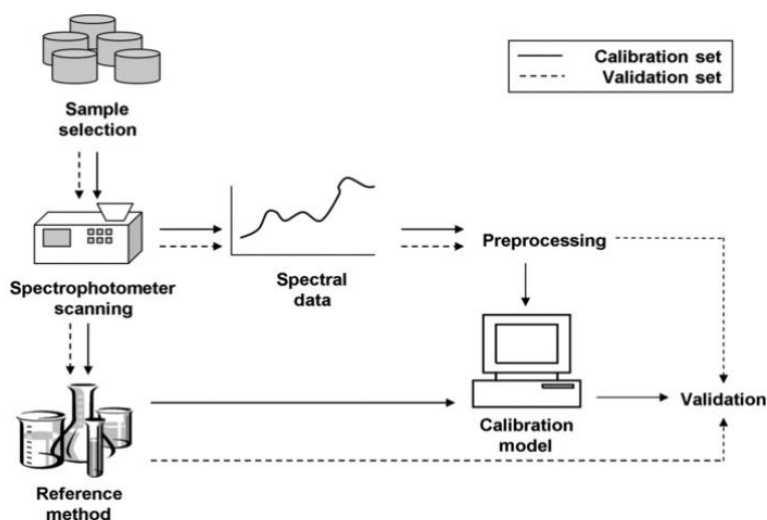
Det første man må gjøre er å ta stilling til tiltenkt bruk av denne kalibrering, for eksempel er det tiltenkt å analysere raigrasprøver, burde kalibreringspopulasjonen bestå kun av raigras. Dersom mange ulike typer gras skal analyseres, må alle typer være representert i populasjonen. Denne kalibreringspopulasjonen må inkludere alle variasjonskilder som sannsynligvis vil bli funnet i fremtidige ukjente prøver av lignende materiale, som kjemiske, fysiske og botaniske egenskaper (Windham et al., 1989).

Den tradisjonelle metoden for utvalget involverte enten strukturert eller tilfeldig utvalg fra en populasjon, ved å bruke informasjon som allerede er tilgjengelig om kjemisk eller botanisk sammensetning (Marten et al., 1985). Det vesentlige med kalibreringsprøvevalg er at prøvene

som velges, burde representere spekteret av de kjemiske, fysiske og botaniske egenskapene som er til stede i populasjonen av interesse. En kalibreringsligning utviklet fra et prøvesett med et tørrstoffområde på 90 til 95 prosent bør derfor ikke brukes til å analysere en populasjon med et tørrstoffområde på 85 til 95 prosent. På samme måte bør kalibreringsligninger ikke utledes fra belgfrukter hvis formålet er å måle sammensetningen av gras. Dette er i samsvar med en av hovedreglene for statistikk, det vil si ikke ekstrapolere utover rekkevidden av tilgjengelig informasjon (Marten et al., 1985). «Ekstrapolasjon er i matematikken det å bestemme eller anslå verdiene til en funksjon utenfor et område der en rekke verdier av funksjonen er kjent. Dette kalles å ekstrapolere» (Johan. F Arnes, ekstrapolasjon i Store norske leksikon på snl.no. Hentet 19. mai 2022 fra <https://snl.no/ekstrapolasjon>).

NIR sensorer er helt avhengige av dataanalyse og kalibrasjoner for å fungere, derfor krever NIR dataanalyse kjemometri. Kjemometri gjorde det mulig å utnytte informasjonen man får fra en NIR sensor. Dette er på grunn av at NIR sensoren gir store overlapp i disse overtonene og kombinasjonsbåndene, i tillegg til at den er følsom for prøvens fysiske egenskaper og gir ut mye informasjon som kan være overflødig (Agelet & Hurburgh Jr, 2010). Selv om informasjons overflødighet kan være en fordel ved at man kan bruke forskjellige bølgelengder, så kan man ikke bestemme hvilken bølgelengder som inneholder informasjon av interesse uten å ha noen korrelasjon mellom dem, og dette er ikke et problem som kan effektivt bli løst med en prøve- og feile-metode (Agelet & Hurburgh Jr, 2010).

(Figur nr. 7) viser et bilde av de grunnleggende stegene man tar for å opprette en NIR kalibrering. I denne prosedyren blir en prøve bestrålt med NIR lys, som blir korrelert med prøvens egenskaper og karakteristikk, som personen later til å analysere. Forbindelsene som blir målt burde helst være fra noe organisk av natur, altså en direkte måling eller korrelert med prøvens fysiske egenskaper eller en annen organisk forbindelse (Agelet & Hurburgh Jr, 2010). Det er videre nødvendig med en fundamental analytisk metode, som kalles referansemetode, for å oppnå den avhengige variabelen som skal bli kalibrert, en avhengig variabel/egenskap er noe man forutsetter å ha blitt påvirket av en eller flere andre variabler/egenskaper (Dahlum, 2022). Et passende antall prøver som dekker et stort nok spekter av det som skal analyseres burde være med i dette kalibrering settet. Denne kalibreringsmodellen burde senere valideres for å teste modellens nøyaktighet på fremtidige prøver (Agelet & Hurburgh Jr, 2010).



Figur 7: Denne figuren viser de grunnleggende stegene for en utvikling av en NIR kalibrering: (Agelet & Hurburgh Jr, 2010).

Viktigheten av NIR sensor kalibrering har kanskje tidligere blitt undervurdert og ikke blitt dekket godt nok i litteratur (Agelet & Hurburgh Jr, 2010). Det finnes ikke noe bestemt antall prøver som burde være med i en slik kalibrering. Til mulighetsstudier og innledende kalibrasjoner burde det være minst rundt 20 til 30 prøver (Williams & Norris, 2001). Men kraftigere kalibreringer burde ha flere hundre prøver, for eksempel kalibreringen for analyse av korn analyse. (Kyprianidis & Skvaril, 2017) viser til mellom 20-200 prøver som trengs for kalibrering. Fordelene med et stort NIR datasett over et som er lite, er robustheten og mer nøyaktig prediksjoner av ukjente prøver. For gras vil et større datasett kunne dekke over flere faktorer som geografiske, sesongvariasjon og sortsforskjell (Vista, u.å.).

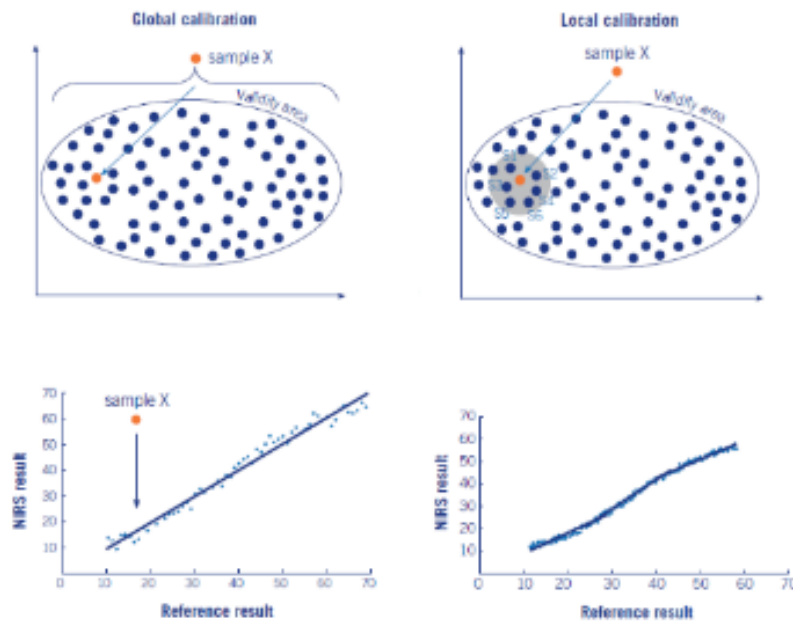
Kalibreringer for mer homogene blandinger for eksempel farmasøytiske produkt, kan inneholde et mindre kalibrerings sett enn en kalibrering til landbruksformål som har stor sammensetnings kompleksitet og heterogenitet, som til grovfôr eller korn (Agelet & Hurburgh Jr, 2010). Et ideell kalibreringssett burde dekke det kjemiske, spektrale og de fysiske karakteristikkene til den populasjonen som skal bli analysert, og unngå i fremtiden ekstrapolering når man anslår nye prøver (Fearn, 2005). Når man samler inn prøver er det noen viktige regler å ha og det er: ta så mange prøver du kan, sikre at prøvene er representative, sammenligne like med like (Vista, u.å.). Jo flere prøver man tar, jo bedre.

Det er også viktig at distribusjonen av referanseverdien er lik. Hvis distribusjonen har en bjelleform, der prøver enten hører til høye eller lave konsentrasjoner, så har dette en sjanse til å bli mer relevant i en kalibrering, noe som ikke er ønskelig (Agelet & Hurburgh Jr, 2010). På

grunn av at man ikke bestandig vet referanseverdiene, og at en referanseverdianalyse av store prøvesett kan være kostbare, så finnes det andre metoder å gjøre et innledende kalibreringssett, eksempelvis med å bruke spektrale (Agelet & Hurburgh Jr, 2010). Dette er en metode som er utviklet av Tormod Næs (Næs, 1987) og videre vist i (Næs et al., 2002).

NIR kalibreringer kan få like gode, om ikke mer presise målinger, sammenlignet med tradisjonelle våtkjemimetoder (Coates, 2002), men NIR er avhengig av våtkjemimetoder, og verdiene for å lage kalibreringer (Gislum et al., 2004). Kvaliteten av referansedataene vil påvirke NIR kalibreringen (Agelet & Hurburgh Jr, 2010). Det finnes som regel unormalheter/ytterpunkter i enten referanseverdiene eller spektral dataene og de fleste kalibrerings metodene er sensitive for disse (Kovalenko et al., 2006) (Hubert et al., 2008). Det å finne flere potensielle unormalheter/ytterpunkter er vanskelig, og deres effekt er gjemt i hverandre og her har tradisjonelle metoder vist seg å ikke være så effektive (Walczak & Massart, 1998) (Agelet & Hurburgh Jr, 2010) (Næs et al., 2002).

Når det kommer til kalibreringer, kan de enten bli kalibrert med åpne globale kalibreringsmetoder, eller kalibrert med lokale modeller som blir laget av et privat firma for eksempel. Globale kalibrasjoner bruker en bestemt modell. For denne blir all tilgjengelig informasjon brukt for å forutse paramaterverdiene til ukjente prøver. Lokale kalibrasjoner derimot, har modeller som fokuserer spekteret til prøven. Gjennom et automatisk søk, vil dette spekteret bli kombinert med prøver fra det kalibreringssettet, som stemmer mest overens med det målte spekteret. Denne tilegningen har en fordel med at kalkuleringen er mer nøyaktig, selv når forholdet mellom NIR spekteret og analysefunksjon ikke er lineær (se Figur nr. 8) (Agro, u.å.-a).



Figur 8: Sammenligning mellom global kalibrering (venstre) og lokal kalibrering (høyre). Grafen viser at linjen som representerer lokal kalibrering bedre treffer de målte punktene: (Agro, u.å.-a).

Disse NIR kalibreringsmodellene bruker enten rå eller forhåndshåndterte spektre. Forhåndshåndtering av spektre er et sett med matematiske prosedyrer på spekteret før utviklingen av en kalibreringsmodell. Matematisk forhåndshåndtering av dataene/spektrene brukes for å redusere bakgrunnsinformasjon/støy, slik at man kan forsterke signalene fra den kjemiske informasjonen man ønsker å få tak i (Agelet & Hurburgh Jr, 2010). En slik forhåndsbehandling kan sees på som en normalisering eller signalforbedring. Det finnes flere metoder for en slik forhåndshåndtering av data som kan gjøres (Agelet & Hurburgh Jr, 2010).

Når man skal utføre en kalibrering kan man anta at det er en lineær korrelasjon mellom analytten (eks. et molekyl, grunnstoff eller en kjemisk binding) som skal måles, og dens absorberende evne ifølge Beer's lov (Wibetoe, 2020). De tre mest brukte og beste metodene for kalibrering under denne antagelsen til Beer's lov er: principal component regression (PCR), multiple linear regression (MLR) og partial least squares (PLS) (Agelet & Hurburgh Jr, 2010). Disse forskjellige metodene har sine styrker og svakheter. Svakheten til MLR er at den ikke tar høyde for bølgelengde multikollinearitet. «Multikollinearitet: er graden av lineær sammenheng mellom flere forklaringsvariabler i en multipel regresjonsmodell» (Dahlum, Sirianne: uavhengig variabel i Store norske leksikon på snl.no. Hentet 19. mai 2022 fra [https://snl.no/uavhengig\\_variabel](https://snl.no/uavhengig_variabel)) eller variabel avhengighet. Når variabler er korrelerte til

hverandre, som de ofte er med NIR bølgelengde, vil en MLR føre til en ustabil kalibrering (Agelet & Hurburgh Jr, 2010). Både PCR og PLS løser disse problemene til MLR, men av disse er PLS foretrukket, på grunn av at algoritmen er raskere og at modellen er mer presis (Agelet & Hurburgh Jr, 2010) (Gemperline, 2006).

Men det kan være tilfeller der forholdet mellom prøvens spekter og referanse verdier ikke er lineære. Skal man utvikle ikke lineære kalibrasjoner har man andre metoder som: kunstig nevralt nettverk (Artificial neural networks, (ANN) eller støttevektormaskiner (support vector machines) (SVM) (Agelet & Hurburgh Jr, 2010).

Etter kalibreringsmodellen er bestemt/utviklet blir modellvalidering neste steg. Denne valideringen er med på å bestemme modellens evne til å forutse nye prøver. (Agelet & Hurburgh Jr, 2010). Modellens evne til å forutse fremtidige data blir uttrykt i RPD (relative predictive determinant) og (Agelet & Hurburgh Jr, 2010) viser til at RPD verdier over 8 indikerer at kalibreringen er god, mens RPD verdier under 2,3 indikerer en dårlig kalibreringsytelse og bruk for å forutsi nye prøver ikke er anbefalt.

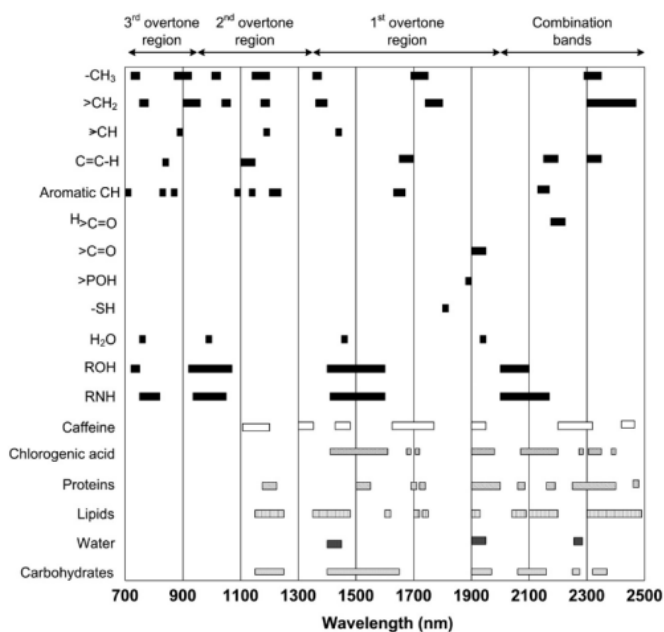
## 2.7 Ulemper med NIR

Ulemper med NIR er faktorer som kravet til instrumentet, pris, påvirkning av temperatur, vanninnhold i prøven, partikkelstørrelse, avhengigheten av en kalibreringsprosedyre som er rett, kompleksitet i valg av databehandling og sensitivitet for mindre bestanddeler. NIR metoden krever spektroskopisk instrumentering med høy presisjon fordi små endringer i refleksjon ved spesifikke bølgelengder må måles. Kalibrering er nødvendig for hver komponent, og generelt er en kalibrering kun gyldig for samme type prøver. Ulike instrumentprodusenter bruker ulike databehandlingsprosedyrer, og ulike talsmenn for NIRS metoden er ikke enige om den ideelle metoden for databehandlingen (Marten et al., 1985). NIR sensorer er temperaturfølsomme på grunn av at absorpsjonsbånd i IR blir bredere og mindre intens (Nicolai et al., 2007).

NIR analyse av ferskt gras har sine utfordringer, og dette er spesielt knyttet mot lav tørrstoffprosent og mye vann, noe som forstyrrer sensoren og fører til store spektrale topper. Disse overskygger spektrale identifikatorer for kvalitetsegenskaper som for eksempel på råprotein i gras. (Alomar, Fuchslocher & Pablo, 2003) (Deville & Flinn, 2000). (Feuerstein & Paul, 2007). Til tross for dette, har det blitt gjort framgang i NIR analyser for ferskt gras ved bruk av konvensjonelle NIR instrumenter. Flere studier har fremhevet NIR sin evne til å forutsi

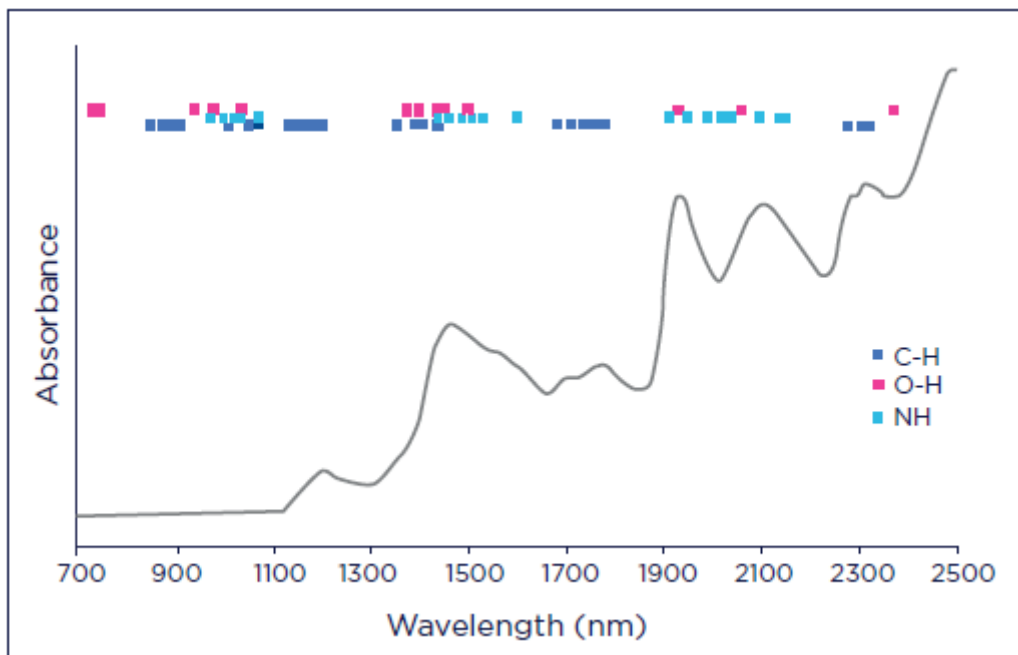
kvalitetsparametere for uttørket ensilasje (R.S Park et al., 1998). (A. Soldado et al., 2013) (A.L. Thomson et al., 2018).

Vann forstyrrer spesielt på grunn av at hydrogenbindingene er ganske lik andre bindinger som er av interesse i NIR spektrumet (se Figur nr. 9). For å forminske denne forstyrrelsen, er det viktig med en god kalibrering (Heegstra, 2019). En god kalibrering bruker bare en viss informasjon fra deler av NIR spekteret for å bestemme hvilke komponenter som er av interesse i prøven. (Figur nr. 9) viser hvilke bølgelengder som er assosiert med hver binding. Her ser vi at sammenreffet av vannbindinger med bindinger som protein, lipider, og karbohydrater er utfordrende. Dette er en av grunnene til at det er utfordrende å tolke NIR data av vandige løsninger. Det største problemet med vann som forstyrrer får vi rundt 1450 nm og 1940 nm (Heegstra, 2019).



Figur 9: hovedtyper av NIR absorpsjonsbånd, deres plassering, og deres tilsvarende næringsforbindelser: (Heegstra, 2019).

Som vi ser på (Figur nr. 10) blir C-H, N-H og O-H bånd absorbert på NIR spektrumet veldig nært hverandre (Vista, u.å.). Hvis man fokuserer seg inn på en tilfeldig del av NIR spektrumet kan du ikke være sikker på hva du ser på, siden da kan du egentlig se på enhver organisk gjenstand som inneholder N-H, O-H eller C-H bindinger i sin struktur. Dette er spesielt sant når man håndterer grovfôrprøver, da de inneholder mange forskjellige organiske komponenter (Vista, u.å.).

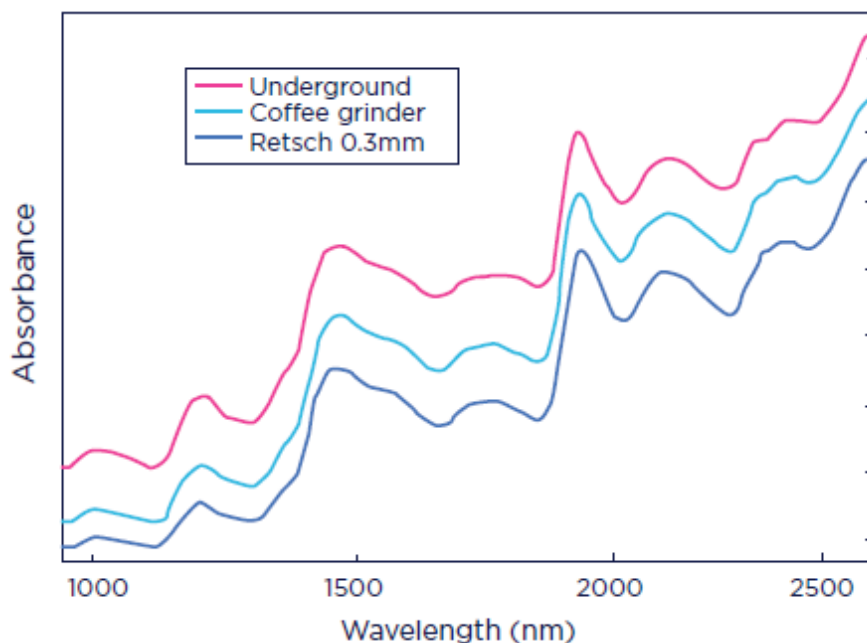


Figur 10: Viser absorpsjonspunktene av C-H, N-H og O-H: (Vista, u.å.).

NIR sensorer er dessuten sensitive for variasjoner tilknyttet prøvens størrelse, tetthet, porøsitet og også tilstedeværelsen av luftbobler (Vista, u.å.). Denne forskjellen vises på absorpsjonsaksen og kalles «grunnlinjeskifte», og er veldig vanlig. Dette kan man vise med at man måler en prøve med forskjellig tykkelse eller størrelse. Da vil man se at NIR spektrumet ikke overlapper perfekt. Dette kan forekomme når partikkelstørrelsen eller porøsiteten forandres, noe som gjør at NIR lyset som blir strålt på prøven kan komme seg gjennom åpningene i partiklene og da treffe detektoren til instrumentet. Dette fører til en høyere absorpsjon på grunnlinjen (Vista, u.å.).

På (Figur nr. 11) ser vi hele mais, altså en prøve som ikke er kuttet. Denne viser en høy grunnlinje (rosa linje). Den lyseblå linjen er når maisprøven blir malt i en kaffekvern. Dette vil føre til at mindre lys trenger seg gjennom prøvens mellomrom og når detektoren, derfor er grunnlinjen lengre ned. Så ser vi på den mørkeblå linjen som viser hvis man kutter prøven til enda mindre deler, i dette eksemplet en «Retch» laboratoriekvern 0,3 mm, så vil grunnlinjen starte enda lengre ned (Vista, u.å.). Dette grunnlinjeskifte er en av grunnen til at forhåndshåndtering før man tar en NIR analyse er viktig. Standardisering for forhåndshåndtering av prøvemateriale kan være med på å minimere de fysiske variasjonene i prøven, slik at den kjemiske informasjonen blir mer «fremhevet» (Vista, u.å.).





Figur 11: Viser forskjellen på en NIR måling av samme prøve av mais som er kuttet ned i forskjellige størrelser, og vi ser at grunnlinjen er skiftet lengre ned jo mindre prøven blir kuttet: (Vista, u.å.).

I denne studien (Murphy et al., 2021) om NIR har muligheten til å kunne forutse kvaliteten av beitegraset på tørrstoff og råprotein i Irland. Her viser de til at NIRS kalibreringen, som ble lagt fram i denne studien, var i stand til å anslå fersk fôr kvalitet innenfor akseptable verdier (RPD >2). For råprotein var den bare moderat i form av RPD, mens tørrstoff ble forutsett med et høyt nivå av presisjon. En signifikant faktor for at det ble høyere nivå av presisjon på tørrstoff sammenlignet med råprotein, var overskyggeeffekten, forårsaket av fuktighets absorpsjon av NIR lys. Overskygging av fuktighet kan være til stede rundt 2055- 2180 nm bølglengde hvor N-H molekyl vibrasjoner vanligvis foretreffer. Dette er også området som indikerer råprotein innhold, dette har også blitt funnet i flere studier på ferskt gras (Alomar, Fuchslocher & de Pablo, 2003) (Deaville & Flinn, 2000) (Feuerstein & Paul, 2007).

## 2.8 Grovfôr

Når det kommer til prøvetaking av grovfôr er det utviklet gode metoder for dette, og det er i dag brukt analyser med NIR (Nær infrarødrød spektroskopi) og kjemisk analyse. Der gravimetri ofte blir brukt for tørrstoff, blir NIR brukt for protein, fett sukker med flere, og kjemisk analyse blir brukt for fermenteringsprodukter og mineraler.

Til analyse av grovfôrprøver er det forskjellige metoder som blir brukt. Laboratorium kan måle i forskjellige verdier til forskjellige systemer. Her i Norge, og Norden er det Norfor systemet som stort sett blir brukt, og deres verdier. Sukker og fiber blir i Norfor målt annerledes sammenlignet med for eksempel: systemet NRC som er i USA. I Norfor blir sukker målt uten fruktan, og fiber blir målt i NDF (nøytral løselig fiber), og iNDF (ikke fordøyelig fiber). Dette er i motsetning til NRC, der sukker blir målt med fruktan og fiber i ADF (syreløselig fiber). Ingen av disse metodene er nødvendigvis mer rett enn den andre, men det er bygget opp et system rundt dette som labber, rådgivere, tester og lignende forholder seg til, slik at det har blitt sånn at det er disse verdiene blir målt etter hvilket system man bruker. (E.Brodshaug, personlig kommunikasjon 30.03.2022). Han er spesialrådgiver i Tine Rådgivning, og sitter i ledergruppen i Norfor.

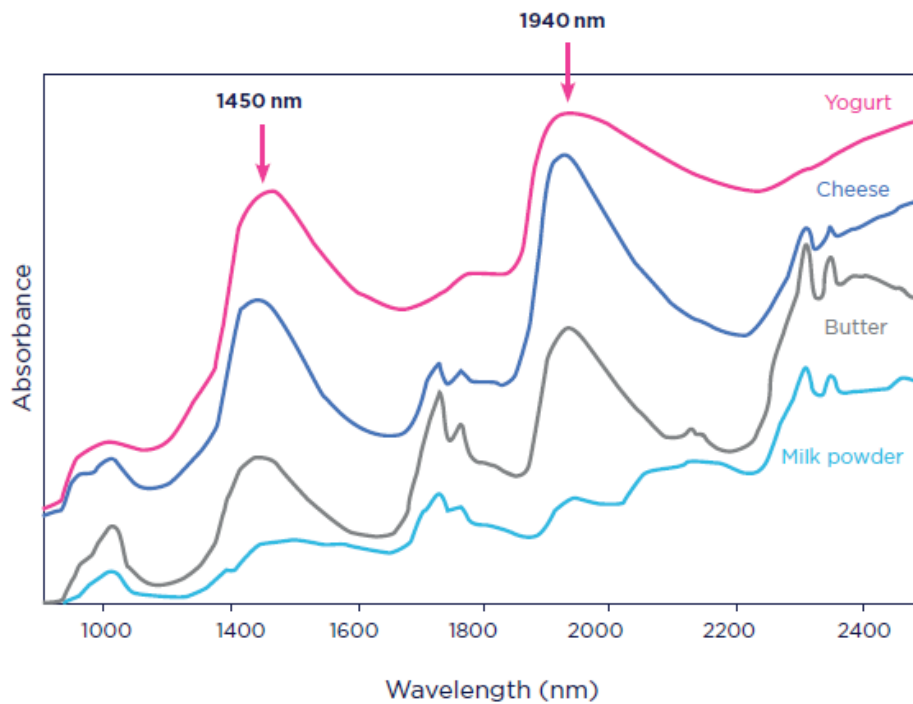
Når vi snakker om grovfôr kvalitet er det to typer vi snakker om, grovfôrets næringsinnhold og fermenteringsprodukter. Næringsinnhold tar for seg innholdet i graset, som protein, energi som vises i forskjellige former: forenheter (FE), Forenhet melk (FEm), Mega joule (MJ) eller netto energi laktasjon (NEL). Næringsinnhold tar også for seg sukker, nøytral løselig fiber (NDF), ikke fordøyelig fiber (iNDF), aminosyrer absorbert i tarm (AAT) og protein balansen i vom (PBV) (Mo, 2005). Fermenteringsprodukter tar for seg kvaliteten etter den har gjennomgått en ensilering/fermentering i en silo eller en rundball. I fermenteringsprodukter er det snakk om pH-nivå, innhold av smørsyre, eddiksyre, melkesyre, ammoniakk og organiske syrer (Mo, 2005) (Randby & Krizsan, 2006).

Alle disse parameterne er viktig når det kommer til grovfôr kvalitet og fôring av grovfôret. I alle grovfôrbaserte produksjoner er grovfôret det viktigste fôrmiddelet og grovfôret er over halvparten av forrasjonen til storfe, og enda mer til sau (Steinshamn et al., 2020). Kostnadene til grovfôrproduksjon utgjør en stor del av de variable kostnadene til bonden. Det er derfor ønskelig å få kostandene til grovfôret så lavt som mulig samtidig som man opprettholder god kvalitet. Det er også en viktig faktor i grovfôrbaserte produksjoner å vite hva man fôrer til dyrene, og hvilken kvalitet dette fôret har. Hvis man vet hva man fôrer til dyrene, og har kontroll på dette, vil dette gjøre det enklere å ha en høy dyrevelferd, samtidig som man legger til rette for en mer lønnsom produksjon.

## 2.9 Tørrstoff

Tørrstoffinnholdet i graset spiller en viktig rolle når man skal høste graset. Dette er på grunn av at ulike former for konservering av graset, ønsker man forskjellig tørrstoff prosent. For rundballer kan man variere stort innenfor tørrstoffprosenten, og fortsatt lykkes med ensileringen, men til siloer er det en generell anbefaling at tørrstoffprosenten ikke burde overstige 30-35%. Dette er på grunn av at det blir vanskeligere å få en vellykket konservering/gjæring av siloen, jo høyere tørrstoffprosenten stiger over 30-35%. Dette er spesielt med tanke på pakking og komprimering av siloen, som blir vanskeligere med en høyere tørrstoffprosent. Tørrstoffprosenten har også innvirkning på hvor mye ensileringsmiddel som blir anbefalt, hvis man bruker det. Man kan også velge å variere kuttelengde ut ifra tørrstoffprosent hvis man har utstyr som tillater dette. Derfor er det av interesse å kunne ha en håndholdt portabel NIR sensor som kan måle tørrstoffprosenten fort, og gi svar innen få sekunder. Dette er mindre tidkrevende enn å ta med deg prøver av graset hjem og tørke det i ovnen, som er en annen metode for å sjekke tørrstoffprosenten. Denne NIR sensoren vil da raskt sjekke hvor mye vann det er i graset du har, og da har man et bedre vurderingsgrunnlag for når man skal starte innhøstingen, eventuelt hvor mye ensileringsmiddel, og hvilken kuttelengde som er anbefalt til den tørrstoffprosenten.

Det har seg sånn at vann er den enkleste av alle å se på NIR spektrumet, med mindre det er veldig tørre prøver. Vannmolekyler absorberer NIR lys mer enn noe annen kjemisk binding (Vista, u.å.). Dette gjør at NIR er sensitiv for vann. Vann absorpsjonsbånd er så brede, og dominerende at de kan «skjule» annen viktig informasjon (Vista, u.å.). De to hoved absorpsjonsbåndene for flytende vann finner vi rundt 1450 nm og 1940 nm. (Figur nr. 12) viser spektrumet av forskjellige melkeprodukter med forskjellige tørrstoffinnhold (melkepulver 2%, smør, 15%, ost 50% og yoghurt 80%). Legg merke til at jo lavere tørrstoff prosent og høyere vanninnhold, så blir båndene for vann større og bredere (Vista, u.å.).

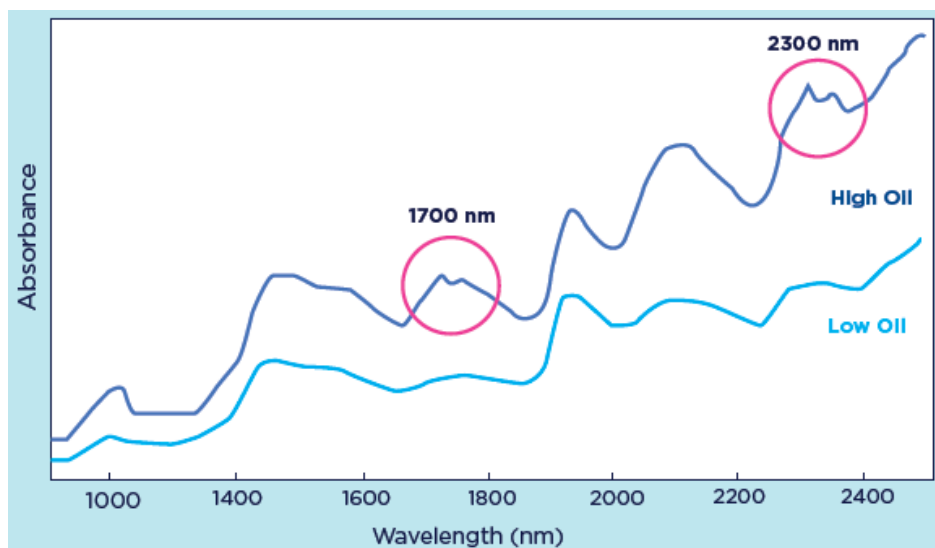


Figur 12: viser målingen av melkepulver, smør, ost og yoghurt, med utpekte områder for tørrstoff prosent og hvor vann blir absorbert i NIR spektrumet: (Vista, u.å.).

## 2.10 Fett

Fett i gras er ikke den parameteren det er mest snakk om i dagens produksjon av gras. Verdier som protein og sukker med flere, er av større interesse for bonden. Fett har heller ikke vært noe foredlingsmål i foredlingsprogram for nye grassorter i Norge (S.Solberg, personlig kommunikasjon, 27.02.22). Han er professor på Høgskolen i Innlandet. En høyere interesse i fettsammensetning av kjøtt og melkeprodukter kan være med på å øke interessen for fettsammensetningen i gras også (Clapham et al., 2005).

Fett blir på en NIR sensor fanget opp i 1700 nm regionen/området og igjen i 2300 nm regionen, (se Figur nr. 13). Fett er noe som er noe som blir lett gjenkjent i NIR spektrum og, spesielt når det er høye nivåer i prøven (Vista, u.å.).



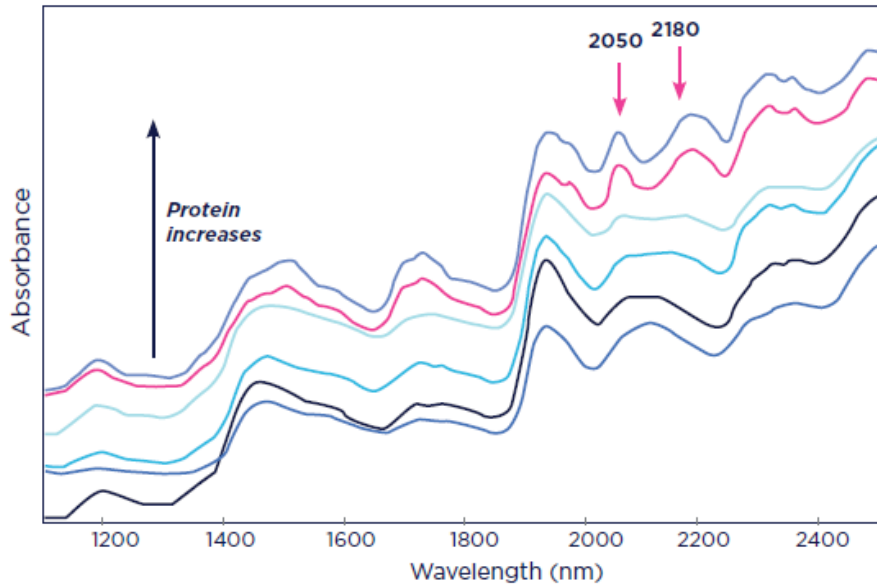
Figur 13: To eksempler av prøver som er målt, med utpekte områder hvor fett blir fanget opp på NIR spektrumet: (Vista, u.å.).

## 2.11 Protein

Grovfôret utgjør den største andelen av protein i rasjonen til melkekyr. Det har derfor blitt lagt stor interesse i hvordan øke proteinverdiene i graset, og hvordan et økt innhold i grovfôret kan være med på å øke norskandelen i grovfôret til grovfôrbaserte produksjoner (Skjold et al., 2022). Proteininnhold er av stor interesse for mange bønder, og det er ofte proteininnhold, forenhetskonsentrasjon og mengde tørrstoff mange bønder har i tankene sine under grasdyrkingen og innhøstingen. Proteinnivået i graset er hovedsakelig avhengig av utviklingsstadiet til planten, og etter dette, gjødslingen (Livenengen, 2022). Siden protein er av stor interesse for bonden er det også en viktig parameter å få målt riktig.

Selv om protein ofte er i fokus, er protein på NIR spektrumet vanskelig å se på lave konsentrasjoner, men den vises i to distinkte bånd, og det er i 2050 nm, og 2180 nm (Vista, u.å.). Disse er på siden av stivelse bånd på 2100 nm. Siden protein og stivelse ligger så nært hverandre så kan dette skape problemer med tolkning av stivelse innholdet, med forandringer i

proteininnhold, forvirret med forandringer i stivelse innholdet, noe som er mer viktigere å tenke på i korn enn i gras (Vista, u.å.).



Figur 14: Viser protein bånd i NIR spektrumet, med laveste innhold nederste og høyeste innhold øverst. Med rosa piler som viser til de to spesifikke stedene hvor protein blir lest av: (Vista, u.å.)

På (Figur nr. 14) ser vi flere NIR målinger av en prøve med varierende protein innhold. Stivelse innholdet som vi finner på 2100 nm er det samme i alle disse prøvene på ca. 12 prosent, selv om det ser ut til å forandre seg på spektrumet. I dette tilfellet kan lavt stivelseinnhold tolkes som høyt stivelseinnhold hvis protein nivået også er lavt, og høyt proteininnhold kan skjule lavt stivelseinnhold. Derfor burde protein og stivelse bli vurdert hver for seg, for å få et nøyaktig bilde av hver. Dette eksemplet viser hvorfor det å bare se på et bånd av en NIR analyse kan være misledende (Vista, u.å.).

## 2.12 Sukker

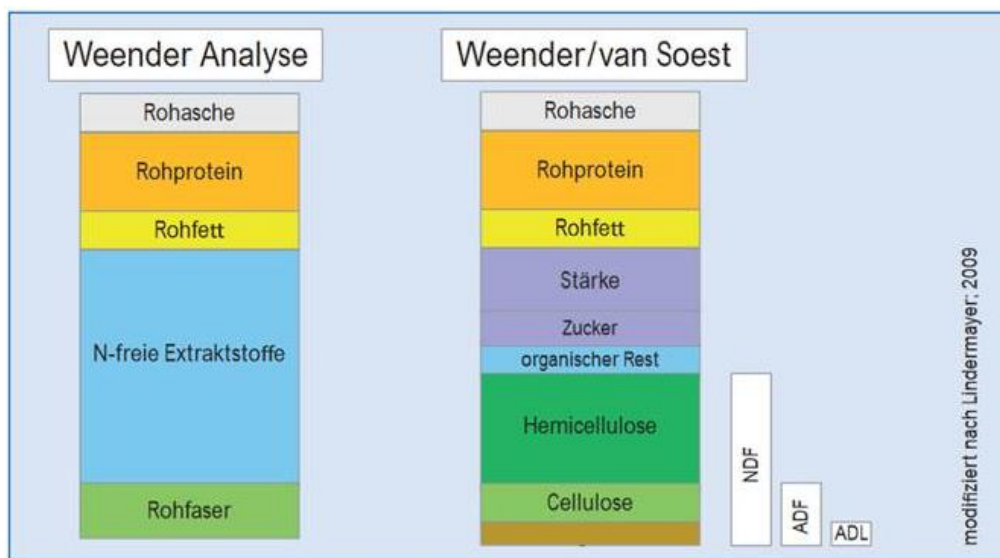
Sukkerproduksjonen i graset er sterkt knyttet opp mot sollys, og mye sollys forårsaker en høyere fotosyntese og mer sukker (Schärer, 2015). Sukkerinnhold varierer også mellom ulike grasarter. Her har raigras høyest andel sukker, etterfulgt av timotei, deretter hundegras, som er tre viktige arter i Norge. Videre kan gjødsling være med på å påvirke sukkerinnholdet i graset (Schärer, 2015). Et høyt innhold av sukker er ønskelig på grunn av at det gir et mer smakelig fôr, og at det legger bedre til rette for en vellykket gjæring i ensileringsprosessen, da sukker er mat for melkesyrebakteriene (Schärer, 2015).

## 2.13 Aske

Aske i graset er innholdet av mineraler. Her vil økt kløverandel, og tidlig slått bidra til høyere verdier (Eurofins, u.å.). Høyt innhold av aske kan også være tegn på at man har fått inn jord i graset. Dette kan være av interesse under høsting, hvis man plutselig ser at askenivåene stiger veldig mye på kort tid på en NIR sensor.

## 2.14 Fiber

Fiber er også en parameter som henger nøye sammen med utviklingsstadium til planten, sammen med protein. Der hvor lengre graset kommer i sin fenologiske utvikling, så øker andelen fiber i planten. Fiber i Norfor systemet deles opp i NDF og iNDF. Der iNDF er ufordøyelig fiber. Innenfor fôring så er iNDF den største faktoren for betydning av energi- og proteinverdien i grovfôret (Viken et al., 2003). I andre systemer enn Norfor så kan fiber bli uttrykt i ADF (acid detergent fiber) istedenfor. Dette er forskjellige metoder for å måle innholdet på. Begge disse rapportene (Viken et al., 2003) (Viken et al., 2005). Kommer fram til at NIR er en metode som er akseptabel for å måle ufordøyelig fiber, men dette vel å merke i laboratorier, og ikke ute i felt.



Figur 15: Denne figuren til høyere viser hva NDF og ADF måler: (H.A Horgen, Personlig kommunikasjon, 8.2.22) Hans Andreas Horgen er salg og produksjef hos Norwegian Agro.

### 3.0 Materiale og metode

Materialet som ble brukt for å utføre forsøket i denne oppgaven var:

- Claas Jaguar 40 000
- Innebygd Claas NIR -Sensor fra Hamamatsu
- Traktor med henger
- 10L Bøtte
- Plastposer
- Vekt
- Konvolutter for innsending til Eurofins
- Frysetape
- Bakteriepreparat (Silosolve FC)

Forsøket ble gjennomført i nærheten av Melsom videregående skole, i Sandefjord kommune i Vestfold. Den metoden vi brukte for å utføre selve prøvetakingen var at graset hadde blitt slått med en 9 meter brei butterfly maskin dagen før, deretter blitt samlet opp med en 14 meter brei samle rive på dagen vi tok ut prøvene. Føreren av Jaguaren startet først en såkalt «jobb» på maskinen, før det ble kjørt inn i strengen. Vi valgte å kjøre lengder mellom: 90 til 270 meter, dette var på grunn av praktiske hensyn, med tanke på å kjøre ut en hel streng om gangen. Vi startet alltid en «jobb» med tom henger. Når sjåføren kom på slutten av strengen så avsluttet sjåføren «jobben». NIR sensoren måler kontinuerlig under denne «jobben», og lager etter avsluttet «jobb» en rapport (se vedlegg nr. 1-4) som viser gjennomsnittstall for den «jobben». NIR sensoren måler parameterne: tørrstoff prosent, fett, aske, protein, sukker, fett og fiber. Disse målingene blir vist i prosent av mengden tørrstoff høstet under denne jobben. Jaguaren måler også hvor mange kg materiale som blir høstet under jobben.

Etter at Jaguaren hadde stoppet, klatret vi opp i hengeren som graset hadde blitt høstet i, og tok prøver fra forskjellige plasser i hengeren, og i forskjellige dybder. Her tok vi så mange prøver at vi fylte opp en 10L bøtte med gras. Det ble tatt tilfeldig stykkevis i hengeren med ca. en håndfull hver plass. Deretter blandet vi sammen innholdet i bøtten, og la det i en plastikkpose til vi hadde en mengde som var mellom 800-850 gram, dette ble veid med vekt. Det ble tatt ut mellom 2-3 plastikkposer fra en slik 10 liter bøtte. Fra plastikkposen presset vi ut så mye luft som var mulig. Totalt ble det samlet inn 10 grasprøver fra 4 ulike skårer, fra 4 forskjellige skifter. Etter innsamlet prøver, som skjedde i løpet av dagen 28. juni 2021, fylte vi ut bestillingskjema fra Eurofins, og sendte inn ti prøver samme dag med posten. Det ble da fire



slike rapporter fra Claas sin NIR sensor, og ti prøver fra Eurofins (Se vedlegg nr. 1-4). Graset som ble høstet var tilsatt et bakteriepreparat av typen Silosolve FC som inneholder bakterietypene: *Lactobacillus buchneri* LB1819 og *Lactococcus lactis* O224 (A/S, u.å.). Analysesvarene fra Eurofins fikk vi svar på den 05.07.2021. (Se vedlegg nr. 5-6) som viser bilder fra prøvetakingsprosessen. Eurofins måler verdier i henhold til NorFor sitt system (se vedlegg nr. 22-25).

Når vi tok ut prøvene tenkte vi at vi skulle teste både på en timoteibasert eng, og en eng som inneholdt mer raigras. Vi tok ut fem prøver fra en timoteibasert eng, og fem prøver fra en eng med høyere innhold av raigras. Tallene til Claas vises i prosent tørrstoff av høstet total mengde, og Eurofins sine i gram/kg TS. Claas sine målinger er i en per hundre, mens Eurofins er i en per tusen, slik at differanse er en faktor på ti. Det vi da gjorde med Claas sine målinger var å flytte kommaet en plass, for å få sammenlignbare tall.

Etter vi hadde fått resultatene, så vi at det var veldig store forskjeller mellom innholdet på sukker og fiber. Dette er på grunn av at det er forskjellige målemetoder mellom Eurofins og Claas. Eurofins systemet måler sukker uten fruktan, og fiber i NDF og iNDF, mens Claas måler sukker med fruktan og fiber i form av ADF. Vi har ikke funnet noen sikker metode for å omregne disse verdiene til å bli sammenlignbare. Derfor har vi valgt å ikke inkludere disse målingene i resultatene våre, men disse målingene fra Claas sin NIR sensor ligger med i (vedlegg nr. 1-4), og Eurofins sine resultater ligger med i (vedlegg nr. 8-17).

Eurofins Agro benytter Quant FT-NIR til analyse av grovfôrprøver (C. Eriksen, personlig kommunikasjon, 31.03.22). Han er Analytical Service Manager Forage hos Eurofins Agro Testing Norway AS. Hvorav målingene utføres i område  $16\text{cm}^{-1}$  (1250 – 2700 nm). Eurofins Agro har i en årrekke utviklet egne lokale kalibreringer for flere ulike grovfôrtyper, deriblant gress, høy, gressensilage, helsædensilage, maisensilage og grunnblanding/fullfôr (T.Brustad, personlig kommunikasjon 26.04.22). Hun er kundeveileder grovfôr/ASM Forage hos Eurofins Agro Testing Norway AS. Eurofins måler tørrstoff ved hjelp av gravimetri, og ikke ved hjelp av NIR spektroskopi. Gravimetri vil si at prøven blir veid før tørking, så blir prøven tørket etter standarder fra NorFor, (se vedlegg nr. 18-21) for detaljert beskrivelse.

Claas sin NIR sensor måler mellom 1000 - 1700nm, og bruker diffus refleksjon. Denne sensoren er kalibrert på The European corn, grass and whole silage calibration og er utviklet av «IP of M-U-T», og er kalibrert i Frankrike, Italia, Storbritannia og Tyskland. «IP» står for at den er «internal property» av MTU. Alle parameterne fra Claas blir målt ved hjelp av NIR sensoren.

NIR sensoren bruk er «Diode Array» og er fra Hamamatsu. For å utføre analysene våre har vi valgt å bruke t-test: to utvalg med antatt lik varians i Microsoft Excel 2016 Windows.

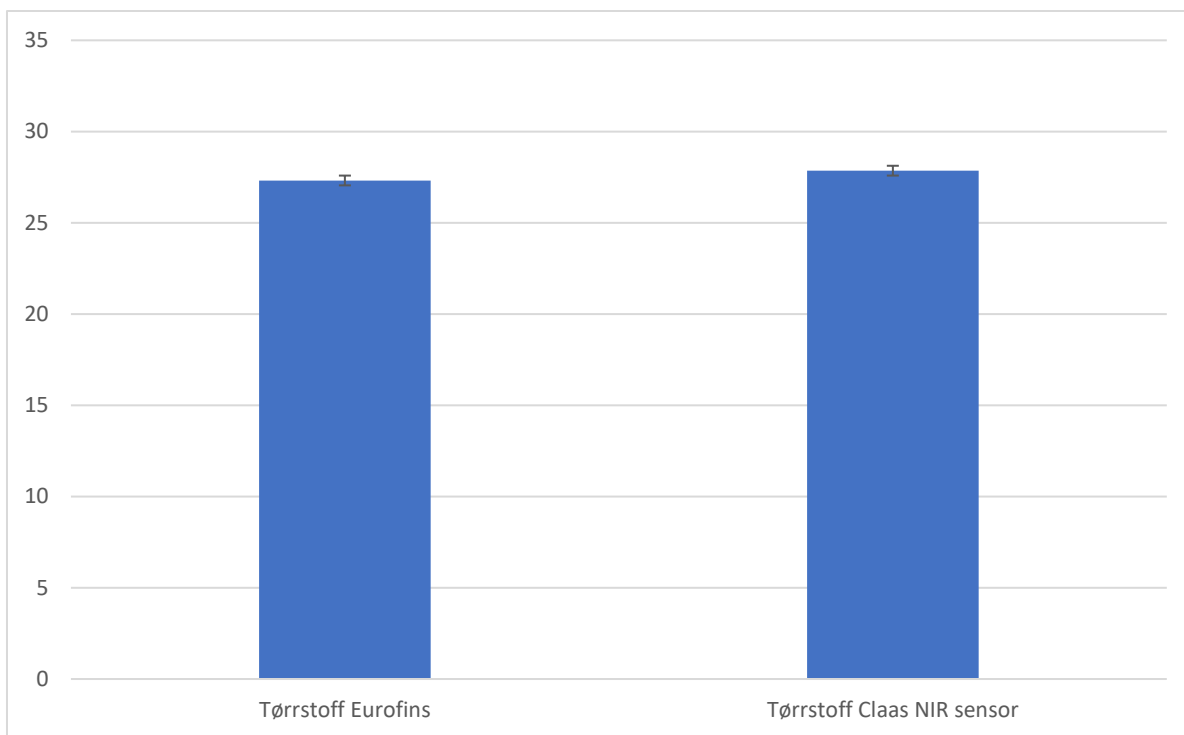
## 4.0 Resultater

Det er kjørt t-test: to utvalg med antatt lik varians.

Tabell 1 viser GJ. Snitt med ( $\pm 2SE$ ) for Eurofins målingene, og Claas sin NIR sensor, til slutt p-verdi.

	Claas NIR sensor	Eurofins	p-verdi
Tørrstoff %	27,86 (0,920)	27,32 (0,635)	0,374
Protein	167,18 (7,535)	175,20 (3,474)	0,045
Aske	91,13 (5,006)	85,00 (2,633)	0,036
Fett	25,75 (1,418)	35,10 (1,775)	>0,001

Her ser vi at det ikke er noe signifikant forskjell mellom gravimetri tørrstoff målinger fra Eurofins sammenlignet med Claas sin NIR sensor for tørrstoff, men at det er signifikant forskjell mellom målingene på protein, aske og fett. Vi har valgt å ikke presentere tall for fiber og sukker som forklart i materiell og metode delen.



Figur 16: Viser tørrstoff målinger fra Eurofins og Claas sin NIR sensor, med standardavvik.

## 5.0 Diskusjon

Som vi ser på resultatene fra t-testen vi har kjørt, så finner vi ingen signifikant forskjell mellom målingene fra Claas sin NIR sensor og Eurofins sine gravimetri målinger for tørrstoff, men at det er en signifikant forskjell på verdiene for protein, aske og fett. Det at det ikke er noe signifikant forskjell for tørrstoff mellom NIR sensoren til Claas, og resultatene fra Eurofins stemmer godt overens med det av teori vi har funnet også. Som beskrevet i teorien så er vanninnhold den enkleste verdien å se på NIR spektrumet, siden vann absorberer NIR lys mer enn noen annen binding (Vista, u.å.). Mulige nytteområder til bønder med bruk av denne NIR sensoren kan for eksempel være til hjelp med bestemmelse av mengde ensileringsmiddel. Her kan man også tenke seg et integrert system, der systemet bestemmer mengden ensileringsmiddel under kjøring og varierer dette ut ifra tørrstoff prosenten. For entreprenører som kjører rundballpresser kan man tenke seg et system der man har flere ulike ensileringsmiddel i ulike beholdere. Dette systemet bestemmer da hvilket middel som egner seg best til hver rundball, da tørrstoff prosent kan variere stort innad på skifter, i løpet av dagen og rundt om på forskjellige gårder. Dette kan være med på å legge til rette for en best mulig ensileringsprosess og god kvalitet. Ut ifra dette forsøket og teorien som beskrevet tidligere i denne oppgaven, vil vi si at Claas NIR sensoren egner seg til måling av tørrstoff prosent i ferskt gras.

Videre kan nøyaktige NIR sensorer, enten håndholdte eller integrerte, erstatte måten man tar ut fôrprøver på i dag, slik at man kan få tatt flere prøver på hver enkelt gård, fra forskjellige skifter og slåtter.

Som vi ser i materiell og metode delen måler Claas sin NIR sensor og Eurofins sin NIR sensor i ganske forskjellige deler av NIR spekteret. Claas sin ligger på 1000-1700 nm, og måler bare i overtone regionen, mens Eurofins sin ligger 1250-2700 nm, og måler i både overtone og kombinasjonsbånd regionen. Dette vil gjøre at Claas sin NIR sensor sannsynligvis er mer unøyaktig enn Eurofins sin, på grunn av at NIR sensorer med større rekkevidde på målingene sine har større troverdighet enn sensorer som bare måler i overtone regionen (Vista, u.å.). Eurofins sin NIR sensor er en FT-NIR, noe som er naturlig når det er et instrument som står på et laboratorium, mens Claas sin NIR sensor bruker diode array, noe som gir mening, når en av fordelene til diode array er at den måler hurtig. Dette vil være nødvendig ute i felt, under innhøsting av graset. Så her måler de to NIR sensorene i rimelig forskjellige bølgelengder, og

de bruker ulike instrumenter, med ulik oppbygging for NIR målinger. Noe som er med på å gi en forklaring på resultatene.

Videre til protein blir det vist i to spesifikke bånd, det er 2050 nm og 2180 nm, ifølge det vi har funnet av teori (Vista, u.å.). Det vi har funnet av fagstoff om protein, er at det er en verdi som er vanskelig å måle ved hjelp av NIR spektroskopi på uttørket gras. En grunn til dette er at det kan forekomme overskygging av fuktighet rundt 2055-2180 nm der vi nettopp finner de to spesifikke båndene til protein (Vista, u.å.) (Alomar, Fuchslocher & de Pablo, 2003) (Deaville & Flinn, 2000) (Feuerstein & Paul, 2007). Når det kommer til Claas sin NIR sensoren ser vi at den ikke måler i den regionen vi finner de to spesifikke båndene for protein. Dette vil være en naturlig forklaring på hvorfor Claas sin NIR sensoren ikke måler protein nøyaktig, når den ikke måler i de to spesifikke båndene som protein blir vist i.

Den samme forklaringen finner vi på fett, og hvorfor målingene ikke stemmer der heller. Som beskrevet i teorien vises fett hovedsakelig i NIR spektrumet på 1700 nm og 2300 nm. Claas sin sensor måler på 1700 nm, men ikke på 2300 nm.

I teori delen viser vi til at kalibrering har en stor rolle innenfor NIR sensorer, og hvordan dette blir gjort. I materiell og metode delen viser vi til at Eurofins har sin egen lokal kalibreringsmodell som inneholder norske grasarter, mens Claas sin NIR sensor er kalibrert på grasarter i Frankrike, Italia, Storbritannia og Tyskland. Dette vil være en grunn til at Claas sin NIR sensor ikke er like nøyaktig. Her igjen viser vi til teorien hvor vi har presisert viktigheten av en riktig og god kalibrering, og at den er avgjørende og essensiell for troverdigheten av målingene til NIR sensorer (Agelet & Hurburgh Jr, 2010) (Deaville & Flinn, 2000).

I teorien beskriver vi at NIR sensoren er sensitiv for både vann, og partikkelstørrelse (Vista, u.å.), med de høsteforholdene vi har i Norge der det ikke er uvanlig at graset er litt bløtt, og dette kan være en større utfordring i Norge enn lengre sør i Europa. Siden NIR sensoren er sensitiv for partikkelstørrelse, vil også kuttelengde være en utfordring for å få troverdige resultater, da kniver på en selvgående finsnitter eller rundballpresse vil slites, og dette vil ha en påvirkning på kuttelengden på graset, noe som vil igjen påvirke partikkelstørrelsen som sendes igjennom maskinen og måles av sensoren.

Videre utvikling av en NIR sensor som fungerer løpende når man høster vil kunne senke kostnadene og arbeidstid knyttet til standard prosedyrer for fôrprøver, og få bedre oversikt over fôret sitt. Når man høster med en slik NIR sensor vil man også kunne få ut kart som viser forskjellene på kvalitet og forskjeller innad på skiftet og man kan knytte dette opp mot

presisjonsgjødning og forbedre gjødningen knyttet til de forskjellige plassene på skiftet (Shalloo et al., 2018). Dette kan også ha gunstige miljøeffekter med mindre avrenning av nitrogen, forbedre eng, gi bedre kvalitet, avling og kan også brukes på beiter for å ha topp kvalitet og avling på disse (McClure et al., 2002). (Hennessy et al., 2020).

Når det kommer til valg av NIR sensor og leverandør er det et stort spekter av instrument og mye å velge i, alt fra håndholdte sensorer til store instrument som blir brukt i laboratorier, men utvalget er mindre hvis man skal velge en NIR sensor som skal sitte på en selvgående finsnitter som i denne oppgaven. Prisene på disse NIR sensorene varierer stort og øker ofte i sammenheng med hvor komplisert sensoren er, men det betyr ikke at det er de dyreste NIR sensorene som kommer til å gi de beste målingene, det motsatte kan stemme hvis det ikke blir gjort noen betraktninger før man går til et innkjøp av et slikt instrument (Agelet & Hurburgh Jr, 2010). Det er viktig å stille seg selv spørsmålet hva man skal bruke denne sensoren til og hva den kan bli brukt til i fremtiden. Det er viktig å ta hensyn til kostnadene tilknyttet kalibrering og at disse kostnadene ofte øker i samsvar med kostnaden til instrumentet (Agelet & Hurburgh Jr, 2010). Som vist tidligere i denne oppgaven, er en NIR analyse og resultatene man får ut av denne veldig avhengig av en data analyse, og en bra kalibrering for at den skal gi svar som er riktige (Agelet & Hurburgh Jr, 2010).

En feilkilde vi har er at det er tatt for lite prøver på Claas sin NIR sensoren, og resulterer i et lite sammenligningsgrunnlag på grunn av dette. Helst skulle vi ha hatt flere prøver både fra Eurofins og NIR sensoren til Claas, slik at man har hatt ett større datasett. Videre kan en feilkilde være at vi høstet litt for mye i hengeren slik at vi ikke fikk tatt prøver fra alle sjikt, selv om vi gravde oss nedover i hengeren, var det for mye gras til at vi kunne komme oss til bunnen av hengeren. Vi ser i ettertid at da blir det litt lite sammenligningsgrunnlag med fem prøver fra Eurofins og to ifra Claas sin NIR sensor. Derfor har vi valgt å sammenligne ti prøver fra Eurofins mot fire prøver fra Claas NIR sensoren. Dette gjør at det blir gjort analyse på et litt større datasett.

Ut ifra denne oppgaven tyder det på at Claas sin NIR sensor sannsynligvis ikke egner seg til måling av næringsinnhold i ferskt gras, men den egner seg til måling av tørrstoff i ferskt gras.

## 6.0 Konklusjon

I denne oppgaven har vi prøvd å evaluere målinger fra en Claas NIR sensor for tørrstoff og næringsinnhold i ferskt gras, og skrevet en litteraturstudie om NIR teknologi. Det vi fant ut av fra vårt forsøk er at det kan tyde på at Claas sin NIR sensor ikke er egnet til måling av næringsinnhold i ferskt gras, men at den egner seg til måling av tørrstoff i ferskt gras, noe som også støttes av teorien. Det vi har funnet ut ifra litteraturstudiet er at kalibreringer og databehandling er essensielle tema når det er snakk om NIR sensorer, uavhengig av hvilken type sensor det er, og at viktigheten av dette ikke kan bli understreket nok. Videre hadde det vært interessant å kunne gjøre et slikt forsøk i større skala, hvor man har et større datasett, og flere ulike NIR sensorer å teste.

## 7.0 Litteraturliste

- A. Soldado, T. Fearn, A. Martínez-Fernández & B. de la Roza-Delgado. (2013). The transfer of NIR calibrations for undried grass silage from the laboratory to on-site instruments: Comparison of two approaches, *Talanta*, . 105, 8-14. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0039914012009605>)
- A.L. Thomson, D.J. Humphries, C. Rymer, J.E. Archer, N.W. Grant & Reynolds, C. K. (2018). Assessing the accuracy of current near infra-red reflectance spectroscopy analysis for fresh grass-clover mixture silages and development of new equations for this purpose, *Animal Feed Science and Technology*, . 239, 94-106. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840117310477>)
- A/S, C. H. H. (u.å.). *SILOSOLVE® FC*. <https://www.chr-hansen.com/en/animal-health/cards/product-cards/silosolve-fc-eu>
- Agelet, L. E. & Hurburgh Jr, C. R. (2010). A tutorial on near infrared spectroscopy and its calibration. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 40(4), 246-260.
- Agro, E. (u.å.-a). From NIR-spectrum to reliable analysis data. I.
- Agro, E. (u.å.-b). What is NIRS? I. Eurofins.
- Alomar, D., Fuchslocher, R. & de Pablo, M. (2003). Effect of preparation method on composition and NIR spectra of forage samples. *Animal Feed Science and Technology*, 107(1-4), 191-200.
- Alomar, D., Fuchslocher, R. & Pablo, M. d. (2003). Effect of preparation method on composition and NIR spectra of forage samples. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037784010300124X?via%3Dihub>
- Animalia. (2021). *Fakta om bærekraftig husdyrproduksjon og kjøttforbruk*. <https://www.animalia.no/no/samfunn/barekraftig-matproduksjon-i-norge/fakta-om-norsk-kjott-produksjon-og-forbruk/>
- Bergen, U. i. (2020). *IR-transmittans* [Bilde]. Universitet i Bergen. <https://www.uib.no/kj/54367/ir-transmittans>
- Bergen, U. i. (2020). *Vibrasjonsspektroskopi*. <https://www.uib.no/fg/kmetrianalyt/130177/vibrasjonsspektroskopi?step=10#definisjoner>
- Blanco, M. & Villarroya, I. (2002). NIR spectroscopy: a rapid-response analytical tool. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 21(4), 240-250.
- Boever, J. L. d., Cottyn, B. G., Vanacker, J. M. & Boucque, C. V. (2000). The use of NIRS to predict the chemical composition and the energy value of compound feeds for cattle. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840194006956?via%3Dihub>
- Börjesson, T., Stenberg, B. & Schnürer, J. (2007). Near-infrared spectroscopy for estimation of ergosterol content in barley: A comparison between reflectance and transmittance techniques. *Cereal chemistry*, 84(3), 231-236.
- Clapham, W. M., Foster, J. G., Neel, J. P. & Fedders, J. M. (2005). Fatty acid composition of traditional and novel forages. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(26), 10068-10073.
- Coates, D. (2002). Is near infrared spectroscopy only as good as the laboratory reference values? An empirical approach. *Spectroscopy Europe*, 14(4), 24-26.
- Cogdill, R. P., Anderson, C. A., Delgado-Lopez, M., Molseed, D., Chisholm, R., Bolton, R., Herkert, T., Afrán, A. M. & Drennen, J. K. (2005). Process analytical technology case study part I: feasibility studies for quantitative near-infrared method development. *AAPS PharmSciTech*, 6(2), E262-E272.
- Corti, P., Dreassi, E., Ceramelli, G. & Mattii, S. (1999). Near infrared transmittance analysis for the assay of solid pharmaceutical dosage forms. *Analyst*, 124(5), 755-758.



- Dahlum, S. (2022). *avhengig variabel*. [https://snl.no/avhengig\\_variabel](https://snl.no/avhengig_variabel)
- Deaville, E. & Flinn, P. C. (2000). Near infrared (NIR) spectroscopy: an alternative approach for the estimation of forage quality and voluntary intake. *Forage evaluation in ruminant nutrition*, 301-320.
- Delwiche, S. R. (1995). Single wheat kernel analysis by near-infrared transmittance: Protein content.
- Dryden, G. (2003). Near Infrared Reflectance Spectroscopy: Applications in Deer Nutrition.
- Eurofins. (u.å.). *Veiledning til analysebeviset grovfôr*. <https://cdnmedia.eurofins.com/european-east/media/356785/veiledning-grovf%C3%B4r.pdf>
- Fearn, T. (2005). Chemometrics: an enabling tool for NIR. *NIR news*, 16(7), 17-19.
- Feuerstein, U. & Paul, C. (2007). NIR-Spectroscopy of non-dried forages as a tool in breeding for higher quality—laboratory tests and online investigations on plot harvesters. XXVII th EUCARPIA SYMPOSIUM ON IMPROVEMENT OF FODDER CROPS AND AMENITY GRASSES,
- Fischer, D. & Pigorsch, E. (2000). New developments in process control by spectroscopic methods in the polymer and plastics industry—near infrared miniature spectrometer and high temperature and pressure near infrared and raman probes. third annual UNESCO school IUPAC conference on Macromolecules and materials science, Matieland, South Africa,
- Fjellvåg, H. (2020). *kjemometri*. Store Norske Leksikon. <https://snl.no/kjemometri>
- Gemperline, P. (2006). *Practical guide to chemometrics*. CRC press.
- Gislum, R., Micklander, E. & Nielsen, J. (2004). Quantification of nitrogen concentration in perennial ryegrass and red fescue using near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) and chemometrics. *Field Crops Research*, 88(2-3), 269-277.
- Harshel, W. (1800). Investigation of the powers of the prismatic colors to heat and illuminate objects. *Phil. Trans. Roy. Soc*, 90, 255.
- Heegstra, S. (2019). *NIR spectrometry for monitoring of nutritional value of algae*.
- Hennessy, D., Delaby, L., Dasselaar, A. v. d. P.-v. & Shalloo, L. (2020). Increasing Grazing in Dairy Cow Milk Production Systems in Europe. <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/6/2443>
- Hubert, M., Rousseeuw, P. J. & Van Aelst, S. (2008). High-breakdown robust multivariate methods. *Statistical science*, 23(1), 92-119.
- Kays, S. E., Shimizu, N., Barton, F. E. & Ohtsubo, K. i. (2005). Near-infrared transmission and reflectance spectroscopy for the determination of dietary fiber in barley cultivars. *Crop science*, 45(6), 2307-2311.
- Kovalenko, I. V., Rippke, G. R. & Hurburgh, C. R. (2006). Determination of amino acid composition of soybeans (Glycine max) by near-infrared spectroscopy. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(10), 3485-3491.
- Kyprianidis, K. & Skvaril, J. (2017). *Developments in near-infrared spectroscopy*. BoD—Books on Demand.
- Livenengen, M. B. (2022). *Mer protein fra graset med uendra gjødsling*. <https://innlandet.nlr.no/nyhetsarkiv/innlandet/2022/mer-protein-fra-graset-med-uendra-gjodsling>
- M, H. L. & J, M. C. (1989). *Experimental organic chemistry : principles and practice*. Oxford : Blackwell Scientific. <https://archive.org/details/experimentalorga00harw>
- Marten, G. C., Shenk, J. & Barton, F. (1985). *Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS): Analysis of forage quality*. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service.
- McClure, W. F., Crowell, B., Stanfield, D. L., Mohapatra, S., Morimoto, S. & Batten, G. (2002). Near Infrared Technology for Precision Environmental Measurements: Part 1. Determination of Nitrogen in Green- and Dry-Grass Tissue. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1255/jnirs.333>
- Mo, M. (2005). *surfôrboka*. Tun Forlag AS.
- Murphy, D. J., Brien, B. O., Donovan, M. O., Condon, T. & Murphy, M. D. (2021). A near infrared spectroscopy calibration for the prediction of fresh grass quality on Irish pastures. *Sciencedirect*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214317321000366>


- NIBIO. (2020). *Fôrkonservering for prima proteinkvalitet – EngProt*.  
<https://www.nibio.no/prosjekter/forkonservering-for-prima-proteinkvalitet--engprot>
- Nicolai, B. M., Beullens, K., Bobelyn, E., Peirs, A., Saeys, W., Theron, K. I. & Lammertyn, J. (2007). Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: A review. *Postharvest biology and technology*, 46(2), 99-118.
- Norris, K. H., Barnes, R. F., Moore, J. E. & Shenk, J. S. (1976). Predicting Forage Quality by Infrared Reflectance Spectroscopy <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/43/4/889/4697632?redirectedFrom=fulltext>
- Næs, T. (1987). The design of calibration in near infra-red reflectance analysis by clustering. *Journal of chemometrics*, 1(2), 121-134.
- Næs, T., Isaksson, T., Fearn, T. & Davies, T. (2002). *A user-friendly guide to multivariate calibration and classification* (Bd. 6). NIR Chichester.
- Orman, B. A. & Schumann Jr, R. A. (1991). Comparison of near-infrared spectroscopy calibration methods for the prediction of protein, oil, and starch in maize grain. *Journal of agricultural and food chemistry*, 39(5), 883-886.
- Pérez-Marin, D. C., Garrido-Varo, A., Guerra-Ginel, J. E. & Gómez-Cabrera, A. (2004). Near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) for the mandatory labelling of compound feedingstuffs: chemical composition and open-declaration.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840104001245?via%3Dihub>
- Photonics, I. (u.å.). *Near IR Vibrational Bands*. IPG Photonics.  
<https://www.ipgphotonics.com/en/products/lasers/mid-ir-hybrid-lasers>
- R.S Park, R.E Agnew, F.J Gordon & R.W.J Steen. (1998). The use of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) on undried samples of grass silage to predict chemical composition and digestibility parameters,  
*Animal Feed Science and Technology*, . 72(1-2), 155-167.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840197001752>
- Randby, Å. T. & Krizsan, S. J. (2006). *Virkning av gjæringsprodukter i surfôr på fôrøptak og produksjon*. Bioforsk. Bioforsk. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmloi/bitstream/handle/11250/2506632/Bioforsk-FOKUS-2006-01-10.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Røflo, K. (2021). *Muligheter for økt proteinproduksjon (Kornkonferansen 2021)*.  
<https://www.fk.no/tidl.-norske-felleskjoeip/kalender/kornkonferansen-2021-den-foerste-digitale>
- Sasivardhan, O. (2016). *UV VISIBLE REFLECTANCESPECTROSCOPY AND APPLICATION*. sildeshare.  
<https://www.slideshare.net/oskp/uv-visible-reflectancespectroscopy-and-application>
- Schärer, J. (2015). *Klar sommerson gir søtere vinterfôr*. <https://www.nibio.no/nyheter/klar-sommerson-gir-stere-vinterfr>
- Shalloo, L., Donovan, M. O., Leso, L., Werner, J., Ruelle, E., Geoghegan, A., Delaby, L. & Leary, N. O. (2018). Review: Grass-based dairy systems, data and precision technologies.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S175173111800246X?via%3Dihub>
- Short, S. M., Cogdill, R. P. & Anderson, C. A. (2008). Figures of merit comparison of reflectance and transmittance near-infrared methods for the prediction of constituent concentrations in pharmaceutical compacts. *Journal of Pharmaceutical Innovation*, 3(1), 41-50.
- Skjold, A. V., Farstad, B., Schei, I., Øksendal, H., Volden, H., Klette, P. & Brodshaug, E. (2022). *Rom for mer grasprotein til drøvtyggerne våre*  
[https://www.buskap.no/journal/2022/2/m-1801/Rom for mer grasprotein til dr%C3%B8vtyggerne v%C3%A5re](https://www.buskap.no/journal/2022/2/m-1801/Rom%20for%20mer%20grasprotein%20til%20dr%C3%B8vtyggerne%20v%C3%A5re)
- Steinshamn, H., Ystad, E., Henriksen, J. K., Næss, G. & Walland, F. (2020). *Grovfôrkostnader i norsk husdyrproduksjon – effekter av ulike valg i dyrking, høsting, konservering*

- og utføring av grovfôr. . NIBIO. NIBIO. [https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmloi/bitstream/handle/11250/2686521/NIBIO\\_RAPPORT\\_2020\\_6\\_132.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmloi/bitstream/handle/11250/2686521/NIBIO_RAPPORT_2020_6_132.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Thuen, A. E. & Tuft, T. (2017). *Engdyrking og grovfôr kvalitet. En spørreundersøkelse blant melkeprodusenter - 2017* (11). Agri-Analyse. <https://www.agrianalyse.no/getfile.php/13589-1513245045/Dokumenter/Dokumenter%202017/Rapport%2011%20-%202017Engdyrking%20og%20grovf%C3%B4rkvalitet%20%28web%29.pdf>
- Vangen, O. (2018). *grovfôr*. <https://snl.no/grovf%C3%B4r>
- Viken, H. N., Volden, H., Fystro, G. & Lunnan, T. (2005). *Bruk av NIRS-metoden til bestemmelse av ufordøyelig NDF i gras og kløver*. <http://www.umb.no/statisk/husdyrforsoksmoter/2005/060.pdf>
- Viken, H. N., Volden, H., Lunnan, T. & Jørgensen, M. (2003). *Vomfordøyelighet av fiber (NDF) i timotei*. <https://docplayer.me/11352436-Vomfordoyelighet-av-fiber-ndf-i-timotei.html>
- Vista, A. (u.å.). *A GUIDE TO NEAR INFRARED TECHNOLOGY*. I.
- Walczak, B. & Massart, D. (1998). Multiple outlier detection revisited. *Chemometrics and intelligent laboratory systems*, 41(1), 1-15.
- Wibetoe, G. (2020). *analytt*. <https://snl.no/analytt>
- Williams, P. & Norris, K. (2001). *Near-infrared technology in the agricultural and food industries*. St. Paul, Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists. I. Inc.
- Williams, P. C. & Sobering, D. (1993). Comparison of commercial near infrared transmittance and reflectance instruments for analysis of whole grains and seeds. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 1(1), 25-32.
- Windham, W., Mertens, D. & Barton, F. (1989). Protocol for NIRS calibration: sample selection and equation development and validation. *Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS): Analysis of forage quality*, 96-103.
- Xing, J. & Guyer, D. (2008). Comparison of transmittance and reflectance to detect insect infestation in Montmorency tart cherry. *Computers and Electronics in Agriculture*, 64(2), 194-201.

## 8.0 Vedlegg

Job details - LTK\_14111f

General specifications	
Machine	49800536
Job fuel consumption counter	2 l
Farm	
Job distance counter	0.27 km
Crop	Unknown
Job counter water metering	0 l
Job counter ULV metering	0 l



Times	
Start of work	28/06/2021, 20:54:21
End of work	28/06/2021, 20:56:57
Job working hours counter	0.02 h
Job counter effective working hours	0.02 h

Areas/yields	
Job harvest quantity counter	2.48 t
Job area counter	0.26 ha
Job counter dry matter yield	0.67 t

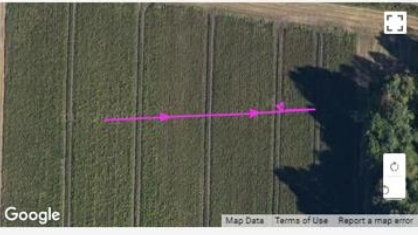
Sensor data	
Dry matter content - average	26.89 %
Crude fibre content - average	26.43 %
Crude protein content - average	17.27 %
Crude ash content - average	8.86 %
Crude fat content - average	2.7 %
Sugar content - average	13.06 %

Back Print Analysis Export

### Vedlegg nummer 1

Job details - LTK\_141119

General specifications	
Machine	49800536
Job fuel consumption counter	1 l
Farm	
Job distance counter	0.09 km
Crop	Unknown
Job counter water metering	0 l
Job counter ULV metering	0 l



Times	
Start of work	28/06/2021, 20:39:46
End of work	28/06/2021, 20:40:59
Job working hours counter	0.01 h
Job counter effective working hours	0.01 h

Areas/yields	
Job harvest quantity counter	1.35 t
Job area counter	0.11 ha
Job counter dry matter yield	0.38 t

Sensor data	
Dry matter content - average	27.82 %
Crude fibre content - average	26.13 %
Crude protein content - average	17.33 %
Crude ash content - average	8.53 %
Crude fat content - average	2.4 %
Sugar content - average	13.07 %


Back Print Analysis Export

### Vedlegg nummer 2

**Job details - LTK\_1410e5**

**General specifications**

Machine	49800536
Job fuel consumption counter	2.5 l
Farm	
Job distance counter	0.22 km
Crop	Unknown
Job counter water metering	0 l
Job counter ULV metering	0 l



**Times**

Start of work	28/06/2021, 17:45:03
End of work	28/06/2021, 17:47:46
Job working hours counter	0.03 h
Job counter effective working hours	0.02 h

**Areas/yields**

Job harvest quantity counter	2.06 t
Job area counter	0.21 ha
Job counter dry matter yield	0.6 t

**Sensor data**

Dry matter content - average	29.1 %
Crude fibre content - average	26.42 %
Crude protein content - average	15.72 %
Crude ash content - average	9.53 %
Crude fat content - average	2.68 %
Sugar content - average	12.21 %

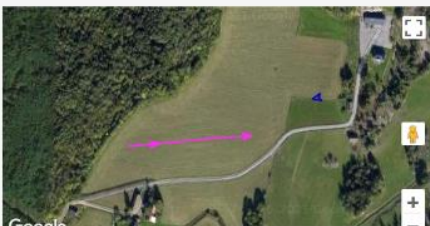
Back Print Analysis Export

### Vedlegg nummer 3

**Job details - LTK\_1410d3**

**General specifications**

Machine	49800536
Job fuel consumption counter	2 l
Farm	
Job distance counter	0.18 km
Crop	Unknown
Job counter water metering	0 l
Job counter ULV metering	0 l



**Times**

Start of work	28/06/2021, 17:17:59
End of work	28/06/2021, 17:44:19
Job working hours counter	0.02 h
Job counter effective working hours	0.02 h

**Areas/yields**

Job harvest quantity counter	2.01 t
Job area counter	0.24 ha
Job counter dry matter yield	0.56 t

**Sensor data**

Dry matter content - average	27.62 %
Crude fibre content - average	26.44 %
Crude protein content - average	16.55 %
Crude ash content - average	9.53 %
Crude fat content - average	2.52 %
Sugar content - average	11.69 %

Back Print Analysis Export

### Vedlegg nummer 4



Vedlegg 5



Vedlegg 6



Vedlegg 7

Vegard Ekker  
7863 OVERHALLA  
Attn: Vegard Ekker

AR-21-NF-005574-01



EUNOMO4-00048324

Prøvemottak: 01.07.2021

Analyseperiode: 01.07.2021-05.07.2021  
Referanse:

## ANALYSERAPPORT

Lab.nr:	EUNOMO4	Botanisk sammensetning:	
Prøvenr.:	542-2021-07010013	12 : Timotei	50%
Produsent:		24 : Andre grasarter	20%
Prøvetype:	Drøvdygger	27 : Hvittkveier	10%
Forslag:	006-0503 : Gras, bl.eng. Middels ford.	2 : Italiensk rai gras	20%
Dyreslag:	Storfe		
Kundnr:	NF001956101	Høstet dato:	28.06.2021
Stått nr:	2	Uttaksdato:	28.06.2021
Slotttype:		Prøve mottatt:	01.07.2021
Tilsetningsmiddel:		Analysereport klar:	05.07.2021
Prøvemerkning:			

### Næringsinnhold

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
Tørstoff	27.9	%	Gravimetri
Aske	87	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
OMD	73.3	% Organisk materiale	Spektrofotometri (NIR)
Protein	172	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
NDF	546	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
Sukker	26	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
Fett	33	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)

### Mineraler

Analyse	Resultat	Enhet	Optimale verdier**	Metode
Klor (Cl)	13.70	g/kg TS	5,0 - 20,0	Spektrofotometri (NIR)

### NorFor

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
NEL 20kg	6.02	MJ/kg TS	Kalkulering
AAT 20kg	100	g/kg TS	Kalkulering
PBV 20kg	25	g/kg TS	Kalkulering
Fyllverdi	0.51	Fyllverdi/kg TS	Kalkulering
Tyggelid	76	min/kg TS	Kalkulering
INDF, ufordøyelig fiber	149	g/kg NDF	Kalkulering

### Nasjonale verdier

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
FEm	4.1	kg/Forenhet	Kalkulering
FEm	0.87	Forenhet/kg TS	Kalkulering
AAT	76	g/kg TS	Kalkulering
PBV	38	g/kg TS	Kalkulering

### Tærforladder:

\* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

\*\*Optimale verdier er basert på melketu andre halvdel av laktasjon

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,-<50 e.i. betyr 'ikke påvist'.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.  
Rapporten må ikke gjenis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøv(e).

Side 1 av 2



Vegard Ekker  
7883 OVERHALLA  
Attn: Vegard Ekker

AR-21-NF-005575-01

EUNOMO4-00048324

Prøvemottak: 01.07.2021

Analyseperiode: 01.07.2021-05.07.2021  
Referanse:

## ANALYSERAPPORT

Lab.nr:	EUNOMO4	Botanisk sammensetning:	
Prøvenr.:	542-2021-07010014	12 : Timotei	50%
Produsent:		27 : Hvitkløver	10%
Prøvetype:	Drevtøyger	2 : Italiensk rølgas	20%
Forslag:	006-0503 : Gras, bl.eng. Middels ford.	24 : Andre grasarter	20%
Dyreslag:	Storfe		
Kundenr:	NF001956101	Høstet dato:	28.06.2021
Slåt nr:	2	Uttaksdato:	28.06.2021
Slotype:		Prøve mottatt:	01.07.2021
Tilsetningsmiddel:	Other additives	Analysereport klar:	05.07.2021
Prøvemerking:			

### Næringsinnhold

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
Tørrestoff	25.9	%	Gravimetri
Aske	82	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
OMD	74.8	% Organisk materiale	Spektrofotometri (NIR)
Protein	177	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
NDF	548	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
Sukker	32	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
Fett	32	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)

### Mineraler

Analyse	Resultat	Enhet	Optimale verdier**	Metode
Klor (Cl)	13.50	g/kg TS	5,0 - 20,0	Spektrofotometri (NIR)

### NorFor

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
NEL 20kg	6.25	MJ/kg TS	Kalkulering
AAT 20kg	103	g/kg TS	Kalkulering
PBV 20kg	25	g/kg TS	Kalkulering
Fylverdi	0.50	Fylverdi/kg TS	Kalkulering
Tyggetid	76	min/kg TS	Kalkulering
INDF, utfordøydlig fiber	135	g/kg NDF	Kalkulering

### Nasjonale verdier

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
FEM	4.1	kg/Forenhet	Kalkulering
FEM	0.90	Forenhet/kg TS	Kalkulering
AAT	77	g/kg TS	Kalkulering
PBV	44	g/kg TS	Kalkulering

### Tilførselsnotiser:

\* Ikke omfattet av akkrediteringen. LOD: Kvantifiseringsgrense. MU: Målesikkerhet

\*\*Optimale verdier er basert på melkeku andre halvdel av laktasjon

< Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.i. betyr 'ikke påvist'.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervall. Ytterligere opplysninger om målesikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.  
Rapporten må ikke gjenvis, umått i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 1 av 2

Vedlegg 9

Vegard Ekker  
7863 OVERHALLA  
Attn: Vegard Ekker

AR-21-NF-005576-01

EUNOMO4-00048324

Prøvemottak: 01.07.2021

Analyseperiode: 01.07.2021-05.07.2021  
Referanse:

## ANALYSERAPPORT

Lab.nr:	EUNOMO4	Botanisk sammensetning:	
Prøvenr.:	542-2021-07010015	12 : Timotei	50%
Produsent:		24 : Andre grasarter	10%
Prøvetype:	Drøvtygger	2 : Italiensk raigras	20%
Forslag:	006-0503 : Gras, bl.eng. Middels ford.	24 : Andre grasarter	20%
Dyreslag:	Storfe		
Kundenr:	NF001956101	Høstdato:	28.06.2021
Slått nr:	2	Uttaksdato:	28.06.2021
Silotype:		Prøve mottatt:	01.07.2021
Tilsetningsmiddel:	Other additives	Analysereport klar:	05.07.2021
Prøvermerking:			

### Næringsinnhold

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
Tærstoff	28.4	%	Gravimetri
Aske	90	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
OMD	74.0	% Organisk materiale	Spektrofotometri (NIR)
Protein	178	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
NDF	543	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
Sukker	22	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
Fett	33	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)

### Mineraler

Analyse	Resultat	Enhet	Optimale verdier**	Metode
Klor (Cl)	13.70	g/kg TS	5,0 - 20,0	Spektrofotometri (NIR)

### NorFor

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
NEL 20kg	6.07	MJ/kg TS	Kalkulering
AAT 20kg	101	g/kg TS	Kalkulering
PBV 20kg	30	g/kg TS	Kalkulering
Fyllverdi	0.51	Fyllverdi/kg TS	Kalkulering
Tyggetid	76	min/kg TS	Kalkulering
INDF, ufordøyelig fiber	142	g/kg NDF	Kalkulering

### Nasjonale verdier

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
FEm	4.0	kg/Forenhet	Kalkulering
FEm	0.88	Forenhet/kg TS	Kalkulering
AAT	76	g/kg TS	Kalkulering
PBV	45	g/kg TS	Kalkulering

### Teoriforklaring:

\* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

\*\*Optimale verdier er basert på melkeku andre halvdel av laktasjon

< Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.i. betyr ikke påvist.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervall. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet. Rapporten må ikke gjengis, umatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøve(n).

Side 1 av 2

Vedlegg 10

Vegard Ekker  
7863 OVERHALLA  
Attn: Vegard Ekker

AR-21-NF-005577-01

  
EUNOMO4-00048324

Prøvemottak: 01.07.2021

Analyseperiode: 01.07.2021-05.07.2021  
Referanse:

## ANALYSERAPPORT

Lab.nr:	EUNOMO4	Botanisk sammensetning:	
Prøvenr.:	542-2021-07010016	12 : Timotei	50%
Produsent:		27 : Hvittkveier	10%
Prøvetype:	Drevdygger	2 : Italiensk raigras	20%
Forslag:	006-0503 : Gras, bl.eng. Middels ford.	24 : Andre grasarter	20%
Dyreslag:	Storfe		
Kundenr:	NFD01956101	Høstedata:	28.06.2021
Slått nr:	2	Uttaksdato:	28.06.2021
Silotype:		Prøve mottatt:	01.07.2021
Tilsetningsmiddel:	Other additives	Analyserapport klar:	05.07.2021
Prøvemerkning:			

### Næringsinnhold

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
Tørrestoff	28,4	%	Gravimetri
Aske	89	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
OMD	74,9	% Organisk materiale	Spektrofotometri (NIR)
Protein	178	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
NDF	547	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
Sukker	30	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
Fett	32	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)

### Mineraler

Analyse	Resultat	Enhet	Optimale verdier**	Metode
Klor (Cl)	13,80	g/kg TS	5,0 - 20,0	Spektrofotometri (NIR)

### NorFor

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
NEL 20kg	6,23	MJ/kg TS	Kalkulering
AAT 20kg	102	g/kg TS	Kalkulering
PBV 20kg	27	g/kg TS	Kalkulering
Fylverdi	0,50	Fylverdi/kg TS	Kalkulering
Tyggelid	76	min/kg TS	Kalkulering
INDF, ufordøyelig fiber	133	g/kg NDF	Kalkulering

### Nasjonale verdier

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
FEM	4,0	kg/Forenhet	Kalkulering
FEM	0,89	Forenhet/kg TS	Kalkulering
AAT	77	g/kg TS	Kalkulering
PBV	45	g/kg TS	Kalkulering

### Teoriforklaring:

\* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

\*\*Optimale verdier er basert på melkeku andre halvdel av laktasjon

< Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,-50 e.i. betyr 'ikke påvist'.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervall. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet. Rapporten må ikke gjengis, umatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøve(n)e.

Side 1 av 2

Vegard Ekker  
7863 OVERHALLA  
Attn: Vegard Ekker

AR-21-NF-005578-01

  
EUNOMO4-00048324

Prøvemottak: 01.07.2021

Analyseperiode: 01.07.2021-05.07.2021  
Referanse:

## ANALYSERAPPORT

Lab.nr:	EUNOMO4	Botanisk sammensetning:	
Prøvenr.:	542-2021-07010017	12 : Timofei	50%
Produsent:		27 : Hvittkveier	10%
Prøvetype:	Drøvtygger	2 : Italiensk raigras	20%
Forslag:	006-0503 : Gras, bl.eng. Middels ford.	24 : Andre grasarter	20%
Dyreslag:	Storfe		
Kundenr:	NF001956101	Høstdato:	28.06.2021
Slått nr:	2	Uttaksdato:	28.06.2021
Silotype:		Prøve mottatt:	01.07.2021
Tilsetningsmiddel:	Other additives	Analysereport klar:	05.07.2021
Prøvemerkning:			

### Næringsinnhold

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
Tørrestoff	26.4	%	Gravimetri
Aske	86	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
OMD	74.6	% Organisk materiale	Spektrofotometri (NIR)
Protein	180	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
NDF	540	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
Sukker	17	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
Fett	34	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)

### Mineraler

Analyse	Resultat	Enhet	Optimale verdier**	Metode
Klor (Cl)	13.70	g/kg TS	5,0 - 20,0	Spektrofotometri (NIR)

### NorFor

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
NEL 20kg	6.08	MJ/kg TS	Kalkulering
AAT 20kg	101	g/kg TS	Kalkulering
PBV 20kg	31	g/kg TS	Kalkulering
Fylverdi	0.50	Fylverdi/kg TS	Kalkulering
Tyggelid	75	min/kg TS	Kalkulering
INDF, ufordeyelig fiber	138	g/kg NDF	Kalkulering

### Nasjonale verdier

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
FEM	4.3	kg/Forenhet	Kalkulering
FEM	0.89	Forenhet/kg TS	Kalkulering
AAT	77	g/kg TS	Kalkulering
PBV	47	g/kg TS	Kalkulering

### Tilførselsnivå:

\* Ikke omfattet av akkrediteringen LOG: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet

\*\*Optimale verdier er basert på melkeku andre halvdel av lactasjon

< Mindre enn >: Større enn >: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr ikke påvist.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervall. Ytterligere opplysninger om målesikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.  
Rapporten må ikke gjengis, umiddelbart i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 1 av 2

Vedlegg 12

Vegard Ekker  
7863 OVERHALLA  
Attn: Vegard Ekker

AR-21-NF-005579-01



EUNOMO4-00048325

Prøvemottak: 01.07.2021

Analyseperiode: 01.07.2021-05.07.2021  
Referanse:

## ANALYSERAPPORT

Lab.nr:	EUNOMO4	Botanisk sammensetning:	
Prøvenr.:	542-2021-07010018	12 : Timotei	100%
Produsent:			
Prøvetype:	Drøvtygger		
Forslag:	006-0503 : Gras, bl.eng. Middels ford.		
Dyreslag:	Storfe		
Kundenr:	NF001956101	Høstdato:	28.06.2021
Slått nr:	2	Uttaksdato:	28.06.2021
Slotttype:		Prøve mottatt:	01.07.2021
Tilsetningsmiddel:	Other additives	Analysereport klar:	05.07.2021
Prøvemerkning:			

### Næringsinnhold

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
Tørstoff	25.1	%	Gravimetri
Aske	89	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
OMD	71.6	% Organisk materiale	Spektrofotometri (NIR)
Protein	164	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
NDF	585	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
Sukker	11	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
Fett	36	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)

### Mineraler

Analyse	Resultat	Enhet	Optimale verdier**	Metode
Klor (Cl)	14.10	g/kg TS	5,0 - 20,0	Spektrofotometri (NIR)

### NorFor

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
NEL 20kg	5.82	MJ/kg TS	Kalkulering
AAT 20kg	98	g/kg TS	Kalkulering
PBV 20kg	20	g/kg TS	Kalkulering
Fyltverdi	0.53	Fyltverdi/kg TS	Kalkulering
Tyggelid	82	min/kg TS	Kalkulering
NDF, ufordøyelig fiber	155	g/kg NDF	Kalkulering

### Nasjonale verdier

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
FEM	4.7	kg/Forenhet	Kalkulering
FEM	0.84	Forenhet/kg TS	Kalkulering
AAT	75	g/kg TS	Kalkulering
PBV	29	g/kg TS	Kalkulering

### Footnoter:

\* Ikke omfattet av akkrediteringen LOG: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet

\*\*Optimale verdier er basert på melkeku andre halvdel av laktasjon

< Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervall. Ytterligere opplysninger om målesikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet. Rapporten må ikke gjengis, umåttet i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøv(e).

Side 1 av 2

Vegard Ekker  
7863 OVERHALLA  
Attn: Vegard Ekker

AR-21-NF-005580-01  
  
EUNOMO4-00048325

Prøvemottak: 01.07.2021  
Analyseperiode: 01.07.2021-05.07.2021  
Referanse:

## ANALYSERAPPORT

Lab.nr:	EUNOMO4	Botanisk sammensetning:	
Prøvenr.:	542-2021-07010019	12 : Timotel	100%
Produsent:			
Prøvetype:	Drøvtygger		
Forslag:	006-0503 : Gras, bl.eng. Middels ford.		
Dyreslag:	Storfe		
Kundenr:	NF001956101	Høstdato:	28.06.2021
Slått nr:	2	Uttaksdato:	28.06.2021
Slotttype:		Prøve mottatt:	01.07.2021
Tilsetningsmiddel:	Other additives	Analysereport klar:	05.07.2021
Prøvemerkning:			

### Næringsinnhold

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
Tørrestoff	27,8	%	Gravimetri
Aske	87	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
OMD	70,0	% Organisk materiale	Spektrofotometri (NIR)
Protein	169	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
NDF	568	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
Sukker	11	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
Fett	38	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)

### Mineraler

Analyse	Resultat	Enhet	Optimale verdier**	Metode
Klor (Cl)	13,50	g/kg TS	5,0 - 20,0	Spektrofotometri (NIR)

### NorFor

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
NEL 20kg	5,63	MJ/kg TS	Kalkulering
AAT 20kg	96	g/kg TS	Kalkulering
PBV 20kg	28	g/kg TS	Kalkulering
Fyllverdi	0,53	Fyllverdi/kg TS	Kalkulering
Tyggelid	81	min/kg TS	Kalkulering
INDF, ufordøyelig fiber	177	g/kg NDF	Kalkulering

### Nasjonale verdier

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
FEM	4,4	kg/Forenhet	Kalkulering
FEM	0,82	Forenhet/kg TS	Kalkulering
AAT	75	g/kg TS	Kalkulering
PBV	35	g/kg TS	Kalkulering

### Footnoter:

\* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Målesikkerhet

\*\*Optimale verdier er basert på melteku andre halvdel av laktasjon

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.i. betyr 'ikke påvist'.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om målesikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet. Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 1 av 2

Vedlegg 14

Vegard Ekker  
 7883 OVERHALLA  
 Attn: Vegard Ekker

AR-21-NF-005581-01

EUNOMO4-00048325

Prevemottak: 01.07.2021

Analyseperiode: 01.07.2021-05.07.2021  
 Referanse:

### ANALYSERAPPORT

Lab.nr:	EUNOMO4	Botanisk sammensetning:	100%
Prøvenr.:	542-2021-07010020	12 : Timotei	
Produsent:			
Prøvetype:	Dreivdygger		
Forslag:	006-0503 : Gras, bl.eng. Middels ford.		
Dyreslag:	Storfe		
Kundnr:	NF001956101	Hestedato:	28.06.2021
Slått nr:	2	Uttaksdato:	28.06.2021
Sløyte:		Prøve mottatt:	01.07.2021
Tilsetningsmiddel:	Other additives	Analysereport klar:	05.07.2021
Prevementing:			

#### Næringsinnhold

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
Tærstoff	27.5	%	Gravimetri
Aske	81	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
OMD	73.1	% Organisk materiale	Spektrofotometri (NIR)
Protein	178	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
NDF	559	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
Sukker	11	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
Fett	39	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)

#### Mineraler

Analyse	Resultat	Enhet	Optimale verdier**	Metode
Klor (Cl)	12.60	g/kg TS	5,0 - 20,0	Spektrofotometri (NIR)

#### NorFor

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
NEL 20kg	5.94	MJ/kg TS	Kalkulering
AAT 20kg	99	g/kg TS	Kalkulering
PBV 20kg	32	g/kg TS	Kalkulering
Fylverdi	0.52	Fylverdi/kg TS	Kalkulering
Tyggetid	78	min/kg TS	Kalkulering
INDF, utordoyelig fiber	150	g/kg NDF	Kalkulering

#### Nasjonale verdier

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
FEM	4.2	kg/Forenhet	Kalkulering
FEM	0.87	Forenhet/kg TS	Kalkulering
AAT	76	g/kg TS	Kalkulering
PBV	45	g/kg TS	Kalkulering

#### Standarder:

\* Ikke omfattet av akkrediteringen      LOQ: Kvantifiseringsgrense    MU: Måleusikkerhet

\*\* Optimale verdier er basert på melkeku andre halvdel av laktasjon

<: Mindre enn    >: Større enn    nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 c.f.u. betyr 'ikke påvist'.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervall. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet. Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøv(e).

Side 1 av 2

Vedlegg 15

Vegard Ekker  
 7883 OVERHALLA  
 Attn: Vegard Ekker

AR-21-NF-005582-01

EUNOMO4-00048325

Prevmottak: 01.07.2021

Analyseperiode: 01.07.2021-05.07.2021  
 Referanse:

## ANALYSERAPPORT

Lab.nr:	EUNOMO4	Botanisk sammensetning:	100%
Prøvenr.:	542-2021-07010021	12 : Timotei	
Produsent:			
Prøvetype:	Drevdygger		
Forslag:	006-0503 : Gras, bl.eng. Middels ford.		
Dyrestag:	Storfe		
Kundnr:	NF001956101	Hestedato:	28.06.2021
Slått nr:	2	Uttaksdato:	28.06.2021
Silotype:		Prøve mottatt:	01.07.2021
Tilsetningsmiddel:	Other additives	Analysereport klar:	05.07.2021
Prevmærking:			

### Næringsinnhold

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
Tærstoff	27,1	%	Gravimetri
Aske	81	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
OMD	72,3	% Organisk materiale	Spektrofotometri (NIR)
Protein	174	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
NDF	566	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
Sukker	11	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
Fett	38	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)

### Mineraler

Analyse	Resultat	Enhet	Optimale verdier**	Metode
Kor (C)	13,20	g/kg TS	5,0 - 20,0	Spektrofotometri (NIR)

### NorFor

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
NEL 20kg	5,87	MJ/kg TS	Kalkulering
AAT 20kg	99	g/kg TS	Kalkulering
PBV 20kg	28	g/kg TS	Kalkulering
Fylveid	0,52	Fylveid/kg TS	Kalkulering
Tyggelid	80	min/kg TS	Kalkulering
INDF, utordelig fiber	156	g/kg NDF	Kalkulering

### Nasjonale verdier

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
FEM	4,3	kg/Forenhet	Kalkulering
FEM	0,86	Forenhet/kg TS	Kalkulering
AAT	76	g/kg TS	Kalkulering
PBV	41	g/kg TS	Kalkulering

### Footnoter:

\* Ikke omfattet av akkrediteringen. LOD: Kvantifiseringsgrense. MU: Måleusikkerhet

\*\*Optimale verdier er basert på melkeku andre halvdel av lactasjon

< Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 c.f.u betyr 'ikke påvist'.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervall. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet. Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøve(n).

Side 1 av 2

Vedlegg 16



Vegard Ekker  
7863 OVERHALLA  
Attn: Vegard Ekker

AR-21-NF-005583-01

EUNOMO4-00048325

Prøvemottak: 01.07.2021

Analyseperiode: 01.07.2021-05.07.2021  
Referanse:

## ANALYSERAPPORT

Lab.nr:	EUNOMO4	Botanisk sammensetning:	
Prøvenr.:	542-2021-07010022	12 : Timotel	100%
Produsent:			
Prøvetype:	Drevdygger		
Forslag:	00F-0503 : Gras, bl.eng. Middels ford.		
Dyreslag:	Storfe		
Kundenr:	NF001956101	Høstet dato:	28.06.2021
Slått nr:	2	Uttaksdato:	28.06.2021
Slotype:		Prøve mottatt:	01.07.2021
Tilsetningsmiddel:	Other additives	Analysereport klar:	05.07.2021
Prevermerking:			

### Næringsinnhold

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
Tørrestoff	27.7	%	Gravimetri
Aske	78	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
OMD	73.3	% Organisk materiale	Spektrofotometri (NIR)
Protein	182	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
NDF	566	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
Sukker	12	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)
Fett	37	g/kg TS	Spektrofotometri (NIR)

### Mineraler

Analyse	Resultat	Enhet	Optimale verdier**	Metode
Klor (Cl)	13.60	g/kg TS	5,0 - 20,0	Spektrofotometri (NIR)

### NorFor

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
NEL 20kg	6.04	MJ/kg TS	Kalkulering
AAT 20kg	102	g/kg TS	Kalkulering
PBV 20kg	31	g/kg TS	Kalkulering
Fyllverdi	0.52	Fyllverdi/kg TS	Kalkulering
Tyggelid	79	min/kg TS	Kalkulering
INDF, utordøyelig fiber	146	g/kg NDF	Kalkulering

### Nasjonale verdier

Analyse	Resultat	Enhet	Metode
FEm	4.1	kg/Forenhet	Kalkulering
FEm	0.88	Forenhet/kg TS	Kalkulering
AAT	76	g/kg TS	Kalkulering
PBV	50	g/kg TS	Kalkulering

### Teoriforklaring:

\* Ikke omfattet av akkrediteringen LOG: Kvantifiseringsgrense. MU: Måleusikkerhet

\*\* Optimale verdier er basert på melkeku andre halvdel av laktasjon

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr "ikke påvist".

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervall. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Side 1 av 2

Rapporten må ikke gjengis, umatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøv(e).

Vedlegg 17



## NorFor method for determination of dry matter

---

### Background

Dry matter (DM) is defined as the remaining proportion of the sample after drying to constant weight at a defined temperature and after compensation for loss of volatile compounds in certain feeds (e.g. silage). Historically, two different approaches have been common in laboratories, depending on if DM is the only analysis to be performed on the sample and also on which laboratory facilities that are available. For routine DM determination of roughages, some labs have dried the sample to constant weight in a single step. The sample has then been weighed warm (or stored in desiccator until weighing) and total DM has been calculated as:

Dry weight/fresh weight [see example in Table1;  $(145.6 \times 1000/414.4) = 351.4 \text{ g/kg}$ ]

For concentrate samples, and by some labs also for roughage samples, another procedure has been followed. For this procedure, the sample is in a first step pre-dried to a DM appropriate for milling and not necessarily to constant weight. The sample is then weighed after equilibration with air for at least 4 hours (i. e. the sample is allowed to take up moisture from air to reach a stable level). The value here referred to as DM1 is calculated as:

Equilibrated weight/fresh weight [see example in Table1;  $(153.3 \times 1000/414.4) = 369.9 \text{ g/kg}$ ]

DM2 is usually determined when some chemical analyses are performed on the sample and is the actual dry matter content of the predried and milled sample that is used for analysis. In this second determination, the sample has been weighed warm or stored in desiccator until weighing. DM2 has been calculated as:

Dry weight of sample/weight before drying [see example in Table1;  $(2.087 \times 1000/2.191) = 952.5 \text{ g/kg}$ ]

The total DM of the feed sample as fed can then be calculated as:

$DM1 \times DM2$  [see example in Table1;  $((369.9 \text{ g/kg} \times 952.5 \text{ g/kg})/1000) = 352.3 \text{ g/kg}$ ]

In Table 1 is an authentic worked example on a silage sample from one of the labs participating in the ring test of October 2004. Drying to constant weight in one step gives a result very close to what is obtained by separate determination of DM2 in the prepared sample and multiplication by DM1. *Please note that DM1 is calculated from the weight when the sample has taken up moisture from the air and NOT from the warm weight, otherwise total DM would be erroneously low ( $351.4 \text{ g/kg} \times 952.5 \text{ g/kg} = 334.7 \text{ g/kg}$ ).*

Table 1. Authentic example of DM determination on a silage sample from the ring test of October 2004. Results are not corrected for loss of volatiles

Gram fresh sample to be dried	414.4
Gram sample after drying to constant weight at <60°C, weighed warm	145.6
Total DM, one-step method (145.6 x 1000/414.4)	351.4 g/kg
Gram dried sample after 24 h of equilibration with air	153.3
DM1 (153.3 x 1000/414.4)	369.9 g/kg
-----Milling of sample-----	
Gram milled sample for DM2 determination	2.101
Gram sample after drying for 16 h at <60°C, weighed warm or after desiccator storage	2.087
DM2 (2.087 x 1000/2.101)	992.5 g/kg
Total DM, two-step method (369.9 g/kg x 0.925 g/kg)	342.3 g/kg

#### NorFor dry matter method

Schedule for DM determination in roughage and concentrates is in Table 2 and 3, respectively. The preparative temperature of <60°C is chosen to be in agreement with the aNDF method and is also used for determination on prepared roughage samples in connection with chemical analyses. For concentrates, a temperature of 103°C is used.

Table 2. Proposed schedule for determination and calculation of DM in roughage

---

- Drying to constant weight at <60°C
- Sample weighed warm or kept in desiccator until weighing
- Uncorrected DM calculated as (dry weight/fresh weight)
- Volatiles lost in drying added to uncorrected DM
- DM reported with and without correction for volatiles
- After this procedure, the fresh silage sample should be equilibrated with air for a minimum of 4 hours and weighed again so DM1 can be calculated
- Grinding
- DM on prepared sample determined at <60°C for 16 h in connection with chemical analyses
- Sample weighed warm or kept in desiccator until weighing (DM 2)
- Chemical composition reported based upon DM corrected for volatiles

-If more convenient, sample may after preparative drying be equilibrated with air before weighing (DM1) and uncorrected DM calculated as DM1 x DM2

---

Table 3. Proposed schedule for determination and calculation of DM in concentrates

---

- If preparation is required: drying to appropriate preparative DM at <60°C and weighing after equilibration with air (DM1)
- DM on prepared sample determined at <103°C for 16 h
- Sample weighed warm or kept in desiccator until weighing (DM2)
- Total DM calculated as DM1 x DM2

---

#### Correction for loss of volatiles

Since DM is intended to be the non-water proportion of the feed, volatile compounds lost in drying should be added to the DM. These compounds are lactic acid, VFA (acetic acid, propionic acid, butyric acid), lower alcohols and ammonia. At 60°C, lower alcohols are assumed to be completely lost in drying, ammonia and VFA are lost to a great extent and a minor part of lactic acid is lost (Porter & Murray, 2001). The loss of VFA and lactic acid increases with lower pH. Table 4 shows the correction factors and a calculated example. In Table 5, an example of recalculation of chemical composition on sample basis to corrected DM basis is shown.

If a recalculation to concentration in fresh sample is necessary for volatiles, it should be based upon uncorrected DM. This is generally the case when analysis is performed on silage effluents rather than on a quantitatively obtained extract.

**Table 4. Correction of DM for loss of volatiles. Equations and calculated example.**

Uncorrected DM (g/kg)	244.0			
pH	3.98			
Volatilization factor	DM loss			
Lactic acid	23.0	Only if pH < 5; $0.45 - 0.09 \times \text{pH}$	0.092	2.2
Acetic acid	4.1	For all pH; $1.5 - 0.223 \times \text{pH}$	0.012	2.5
Propionic acid	0.4	For all pH; $1.4 - 0.182 \times \text{pH}$	0.070	0.3
Butyric acid	0.2	For all pH; $1.0 - 0.272 \times \text{pH}$	0.817	0.2
Lower alcohols	5.5	1	1	5.5
NH <sub>3</sub> -N	0.0	0.0	0.0	0.5
Sum of losses to add to uncorrected DM				11.2
Corrected DM (g/kg)				255.2

**Table 5. Calculation of aNDF, g/kg of corrected DM using values from Table 4.**

	Calculation	Value
aNDF, g/kg of prepared sample		442.7
DM2 (on prepared sample)		950.2
Uncorrected DM		244.0
Corrected DM		255.2
aNDF, g/kg of corrected DM	$1000 \times \text{aNDF, g/kg of prepared sample} \times \text{uncorr DM} / (\text{DM2} \times \text{corr DM})$	445.5

#### Simple model for correction for loss of volatiles

As demanded by the laboratories we have developed a simple model for correction for loss of volatiles to be used, when fermentation products are not analysed in silage samples. The equation is developed from Norwegian grass silage samples analysed for fermentation products and the estimated loss of volatiles has been calculated by the model shown in Table 4.

Uncorrected DM of silage should be corrected for loss of volatiles by the equation:

$$\text{Corrected DM} = 0.99 \times \text{uncorrected DM} + 10$$

$$\text{for uncorrected DM} \leq 700 \text{ g/kg}$$

The unit of corrected DM and uncorrected DM is g/kg.

Hence, the simple correction applied to the sample in Table 4 would result in Corrected DM =  $0.99 \times 244.0 + 10 = 252 \text{ g/kg}$ .

#### Glossary

**DM1** The remaining fraction of the fresh sample after drying to appropriate preparative DM and equilibration with air (the sample is allowed to take up moisture so the weight is stabilized)

## Vedlegg 20

September 21, 2007

<b>DM2</b>	Dry matter content (remaining weight fraction) of the prepared sample that is used for chemical analysis, usually within the range 900 – 950 g/kg. Sample should be weighed warm or stored in desiccator until weighing.
<b>Total DM (uncorrected)</b>	Dry matter in the fresh sample, the non-water fraction of the fresh sample, but not corrected for loss of volatiles. Determined either by direct drying to constant weight or by preparative drying (DM1) and a final drying (DM2) and calculation as $\text{DM1} \times \text{DM2}$
<b>Corrected DM (silage)</b>	Total DM + volatiles lost in drying

## Vedlegg 21

## NorFor recommended laboratory methods for feed analyses

### Recommended NorFor feed analysis methods

Parameter	Abbrev.	Unit	Reference method	NorFor method
Dry matter in concentrate	DM	g/kg	EC No. 152/2009	
Dry matter in roughage	DM	g/kg		NorFor book, section 5.1.1
Ash	Ash	g/kg DM	EC No. 152/2009	
Crude protein	CP	g/kg DM	EC No. 152/2009 or Dumas	NorFor book, section 5.1.2
Soluble CP	sCP	g/kg CP		NorFor Soluble Crude Protein method, see separate file on website (2013-05-23)
Ammonia nitrogen	NH <sub>3</sub> N	g N/kg N	Free choice of MgO-method or Autoanalyzer (Broderick and Kang, 1980)	
Individual AA <sup>1</sup>	AA <sub>i</sub>	g/100g CP	EC No. 152/2009	
Crude fat	CFat	g/kg DM	EC No. 152/2009	
Individual FA <sup>2</sup>	FA <sub>i</sub>	g/100 g FA	CEN ISO/TS 17764-1:2007 CEN ISO/TS 17764-2:2007	
Neutral detergent fibre	NDF	g/kg DM	ISO 16472:2006 IDT	
Starch	ST	g/kg DM	Spectrophotometric method or the plate count method described by Bach Knudsen (1997) and Bach Knudsen <i>et al.</i> (1987)	
Lactic, propionic, butyric, formic acids and alcohol (ethanol)	LAF, PRF, BUF, FOF, ALF	g/kg DM	HPLC or GC	

Vedlegg 22

Parameter	Abbrev.	Unit	Reference method	NorFor method
Sugar	SU	g/kg DM	EC No. 152/2009	
Calcium	Ca	g/kg DM	ICP or free choice of method	
Phosphorus	P	g/kg DM	EC No. 152/2009 or ICP	
Magnesium	Mg	g/kg DM	ICP or free choice of method	
Potassium	K	g/kg DM	ICP or free choice of method	
Sodium	Na	g/kg DM	ICP or free choice of method	
Chloride	Cl	g/kg DM	EC No. 152/2009 or ICP	
Sulphur	S	g/kg DM	ICP or free choice of method	
Iron, Copper, Manganese and Zinc	Fe, Cu, Mn, Zn	g/kg DM	EC No. 152/2009 or ICP	
Other micro minerals		g/kg DM	Free choice of method	
Vitamin A	VitA	IU/kg DM	EC No. 152/2009 or Jensen <i>et al.</i> (1998)	
$\beta$ -carotene	b-car	IU/kg DM	EC No. 152/2009 or Jensen <i>et al.</i> (1998)	
Vitamin D	VitD	IU/kg DM	Any appropriate method is acceptable	
Vitamin E	VitE	IU/kg DM	EC No. 152/2009 or Jensen <i>et al.</i> (1999)	

<sup>1</sup> The amino acids that can be reported in the NorFor feed tables are Alanine, Arginine, Asparagine, Cysteine, Glutamine, Glycine, Histidine, Isoleucine, Leucine, Lysine, Methionine, Phenylalanine, Proline, Serine, Threonine, Tryptophan, Tyrosine and Valine.

<sup>2</sup> The fatty acids that can be reported in the NorFor feed tables are FA<C12 (the sum of fatty acids with less than 12 carbons): C12:0, C14:0, C16:0, C18:0, C18:1, C18:3, C20:5, C22:6 and RFA (sum of residual fatty acids).

## Vedlegg 23

### Recommended NorFor digestion methods

Parameter	Abbrev.	Unit	Type of method	Method description
Organic matter digestibility	OMD	%	<i>In vivo</i> and <i>in vitro</i> methods	NorFor book, section 5.2.1
Potential degradable CP	pdCP	g/kg CP	<i>In sacco</i> method	NorFor book, section 5.2.2
Indigestible CP	ICP	g/kg CP	Mobile bag technique	NorFor book, section 5.2.4
Degradation rate of CP	kdCP	%/h	<i>In sacco</i> method	NorFor book, section 5.2.2
Potential degradable NDF	pdNDF	g/kg NDF	<i>In sacco</i> method	NorFor book, section 5.2.3
Indigestible NDF	INDF	g/kg NDF	<i>In sacco</i> method	NorFor book, section 5.2.3
Degradation rate of NDF in concentrates	kdNDF	%/h	<i>In sacco</i> method	NorFor book, section 5.2.2
Soluble ST	sST	g/kg ST	<i>In sacco</i> method	NorFor book, section 5.2.3
Potential degradable ST	pdST	g/kg ST	<i>In sacco</i> method	NorFor book, section 5.2.3
Indigestible ST	IST	g/kg ST	Mobile bag technique	NorFor book, section 5.2.4
Degradation rate of ST	kdST	%/h	<i>In sacco</i> method	NorFor book, section 5.2.3

## Vedlegg 24

## References for EEC methods

(Last updated: 2009-11-24 )

The previous web resources for EEC methods that was described in the document "NorFor Recommended Methods 070925" has been moved. Most of the analyses can be found in this document:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:054:0001:0130:EN:PDF>

Since the document is very long you can find page referrals below.

### Table of content

Method	Page no
Milling	9
DM	12
Ash	50
CP	15
NH <sub>3</sub> N	20
Amino acids	23, 32
CFat	37
Starch	47
Crude fiber	40
Sugar	42
P	55
Cl	56
Zn, Cu, Mn, Fe	72
Vit A	59
Vit E	66

For detailed information about feed analyses and other information about the NorFor system, see Eaap 130, NorFor - The Nordic feed evaluation system, EAAP Scientific series, 2011.

## Vedlegg 25

