

## Precisionsodling i vall – tillämpning av kvävesensorer och bildanalys för att öka skördepotentialen i blandvall



### Hushållningssällskapet Västra 2022

Viktoria Bawelin, Erling Christensson, Emma Hellstedt, Hanna Johansson, Martin Niklasson

### Finansiärer

Stiftelsen C R Prytz donation i f d Göteborg och Bohus län  
Skaraborgs läns nötkreatursförsäkringsbolags stiftelse



# Innehåll

.....	1
1 Bakgrund.....	3
2. Syfte.....	3
3. Beskrivning av befintlig teknik.....	4
Cloversense .....	4
N-sensor.....	5
Mätning av grödor med satellittjänster .....	6
4. Metod.....	6
5. Tillvägagångssätt .....	6
6. Resultat och diskussion.....	7
Mätningar med Cloversense .....	7
Aktiv Sensor .....	9
Passiv Sensor .....	9
Resultat satellittjänster.....	9
Analys av näringsinnehåll.....	9
Diskussion och slutsats N-sensor .....	11
Diskussion och slutsats satellittjänster .....	11
7. Ytterligare studier – vad skulle behövas?.....	12
Satelliter och moln.....	12
Klöverandel, utmaning med hög andel i Cloversense?.....	12
Erfarenheter för framtida utveckling .....	12
Referenser .....	13

Finansiärer

Stiftelsen C R Prytz donation i f d Göteborg och Bohus län

Skaraborgs läns nötkreatursförsäkringsbolags stiftelse

## 1 Bakgrund

Vallen är Sveriges största gröda, men trots det saknas tekniska hjälpmedel på gårdsnivå för att uppskatta förväntad mängd biomassa, kvalitetsparametrar och optimal skördetidpunkt. I höstvetet har det sedan länge funnits tekniska hjälpmedel för att mäta kvävebehovet. Vallens höga artsammansättning och innehåll av kvävefixerande arter, komplicerar mätningen.

För att nå önskade foderegenskaper och planera kvävetillförseln till blandvallar behöver lantbrukaren uppskatta förväntad skörd, klöverandel och markens mineralisering. Tekniken för att mäta dessa tre områden finns redan, men de är utvecklade att arbeta oberoende av varandra. Optiska sensorer samt skördekartering är idag utvecklade främst för spannmålsgrödor.

För att prediktera skördetidpunkt används idag en kombination av en eller flera av följande åtgärder: lantbrukarens egna erfarenheter av tidigare år, websidan Vallprognos.se samt egna klippta vallprognoser analyserade via laboratorium.

Mål med projektet är att:

Öka kunskapen om hur befintlig teknik (kvävesensorer och bildanalys) kan tillämpas i vallodlingen.

Hitta samband mellan kvävesensorer och bildanalys som i sin tur kan användas vid gödsling för att nå grödans faktiska behov (precisionsgödsling) och därmed öka skördepotentialen.

Ge vallodlaren möjlighet att använda befintliga redskap, som exempelvis Cropsat.se, för att nå önskad råproteinhalt och skördevolym.

Minska miljöpåverkan och öka lönsamheten på gården genom att effektivisera användandet av mineralkväve i vallodlingen.

## 2. Syfte

Syftet med projektet är att öka förståelsen för hur olika tekniska redskap - kvävesensorer (*N-sensorer*), bildanalys och skördeprognos - i kombination med varandra kan användas för att optimera skördetidpunkt, skördemängd samt näringsparametrar. På sikt är målet att lantbrukare ska kunna använda dessa tekniska redskap för att nå sitt individuella produktionsmål och därmed öka lönsamheten. Precisionsodling innebär effektivisering av insatsmedel till grödan genom att läsa av det platspecifika behovet. Miljöpåverkan från lantbruket kan därmed minska. Genom att styra behovet efter klöverandelen samt grödans upptag under våren blir odlingen mer kväveeffektiv. Genom att uppnå önskade fodervärden via precisionsodling minskar också behovet av inköpt proteinfoder, till exempel sojabaserade produkter från utlandet vilka har en negativ klimatpåverkan. Kväve som tillförs i större utsträckning än grödans behov riskerar också att lakas ut och hamna i vattendragen där de orsakar övergödning. Tillverkningen av kvävegödsel släpper ut växthusgaser vilket påverkar miljön negativt, varför gödseln ska användas på rätt plats och i rätt mängd.

N-sensortekniken provas i detta projekt för att undersöka om mätningar i vallen skulle kunna utgöra ett alternativt beslutsunderlag för optimal skördetidpunkt. Det vore önskvärt att utan klippning, postgång och process på laboratorium kunna förutsäga proteinhalt.

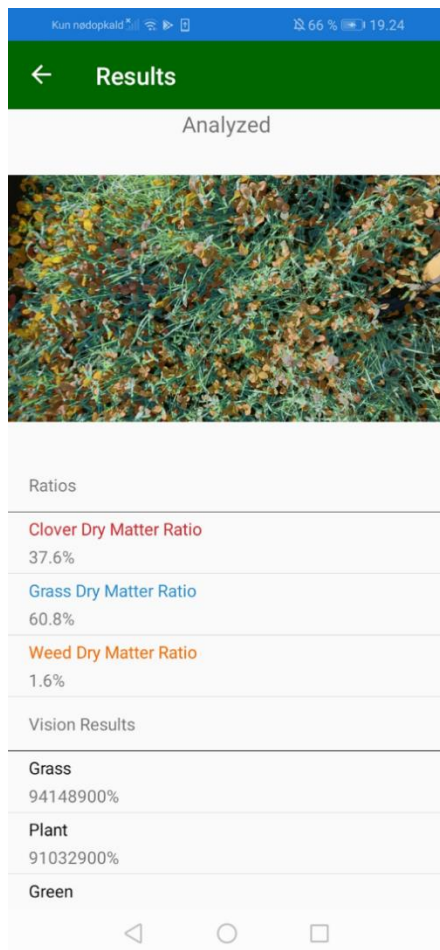
Även satellitmätning testas i detta projekt som ett alternativ till klippta, vägda och analyserade vallprover för att förutsäga optimal skördetidpunkt. Till skillnad från mätningar med N-sensor så nyttjas befintliga mätningar på webben.

Ett annat syfte med ovanstående tekniker skulle vara att förutsäga skördens storlek, dels för ytterligare optimering av skördetidpunkten, dels för praktisk nytta i själva skörden, tex att välja rätt plansilofack.

### 3. Beskrivning av befintlig teknik

#### Cloversense

Cloversense är en kostnadsfri app med bildanalys av andelen klöver, gräs och ogräs. Den har utvecklats i Danmark av företaget i-gis i samarbete med Århus Universitet. Med appen tar man en bild, eller en bild som redan finns sparad, och skickar den för analys och den presenteras sedan med de olika ingående delarna i olika färger i bild samt en uppgift om procentuell fördelning av växtkategorier. Appen är utvecklad för danska förhållanden och i vallar där vitklöver och engelskt rajgräs dominerar, men har visat sig fungera tillräckligt bra för att användas i fält i pedagogiskt syfte även där det finns andra klöverarter och gräs. För alla vallar gäller att de inte får vara i början av tillväxten eller för gamla för att bildanalysen ska ge ett bra resultat.



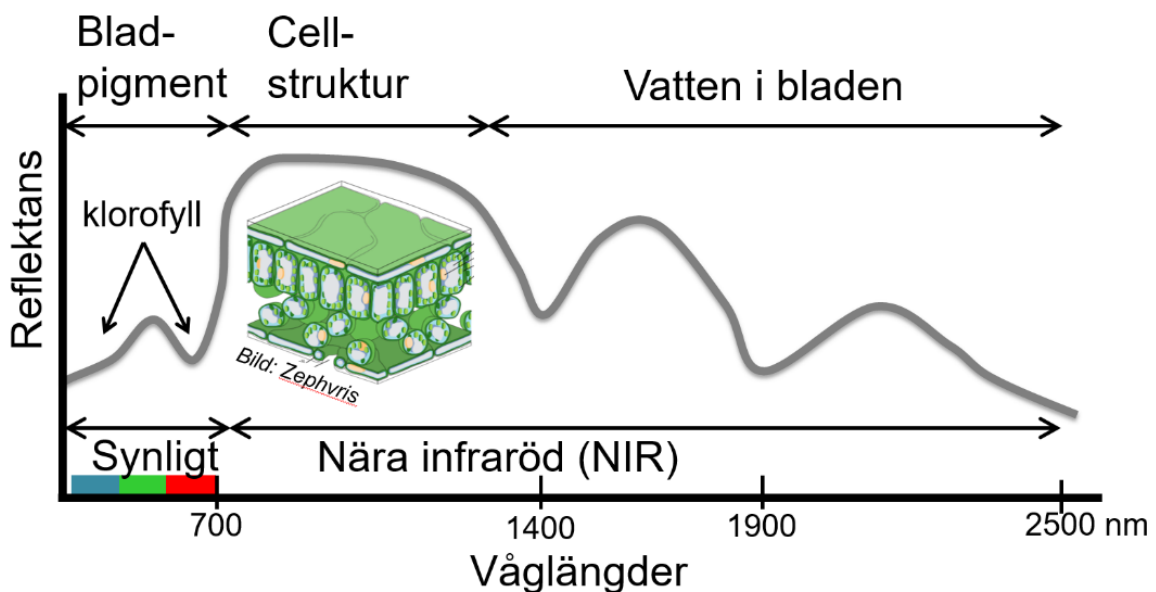
Appen har utvärderats av Hushållningssällskapet Sjuhärad och Thomas Börjesson mfl på Agroväst. Resultaten från appen är inte helt överensstämmande med det uppmätta andelen klöver, men fungerar praktiskt och bättre än okulär besiktning. Framför allt är det när klöverandelen blir hög, över 30 %, som Cloversense's analysresultat skiljer mera från vägda, kontrollerade värden.

*Bild på hur analysresultatet presenteras i mobilappen för Cloversense.*

## N-sensor

Alla växter tar upp solljus i bladen och omvandlar detta till energi i fotosyntesen. Bland de molekyler i bladen som står för det största upptaget finns klorofyllmolekylen som utgör ca 65% av upptaget. Klorofyll har ett större upptag av blått och rött ljus vilket leder till en större reflektion av grönt ljus. Detta är anledningen till att vi människor upplever växter som gröna, den våglängd som blir kvar efter att växten absorberat de andra våglängderna (rött och blått). Växten tar även upp ljus i det nära infraröda ljusspektrumet, men här påverkar cellstrukturen även hur reflektionen blir.

Inom N-sensortekniken använder man kunskapen om att kväveinnehållet i bladen är starkt ihopkopplat med reflektionen av vissa våglängder. Klorofyll är kväverik molekyl och det finns ett starkt samband mellan andelen kväve i bladen och reflektionen av bladet, varför kväveinnehållet kan uppskattas vid N-sensormätningarna.



Ett lågt klorofyllinnehåll gör att kvoten mellan NIR och grönt ljus minskar. Pigmenten i bladen, särskilt klorofyll, består till stor del av kväve och det finns ett generellt samband mellan bladets kvävekoncentration och den fotosyntetiserande förmågan (Evans, 1989).

Sedan drygt tjugo år har det funnits möjlighet att mäta skillnader i biomassa och färg i praktisk odling med hjälp av Yara N-sensor. Tekniken har dels varit traktormonterat för att variera tilldelning av kväve direkt i fält, dels handburen för forskning och gödslingsrådgivning. Tekniken har kalibrerats och validerats i gödslingsförsök i höstvet och vårkorn i Yaras försök (utförda av Hushållningssällskapen). Utifrån dessa försök har man valt ut våglängder som bäst beskriver mängden upptaget kväve i en spannmålsgröda. Två typer av N-sensorer finns idag på marknaden. Dels den äldre passiva sensorn som mäter ett stort antal våglängder och mäter reflektionen av dagsljus, dels den aktiva sensorn som belyser grödan och mäter reflektansen av detta ljus, men endast de våglängder som utprovats att räcka till för kvävemängd i spannmål utan att vara onödigt dyr och avancerad. Den aktiva sensorn har därav ett betydligt smalare spektrum och begränsade möjligheter i andra grödor.

Den äldre passiva sensorn mäter och lagrar ett stort antal frekvenser. Även denna är optimerad för spannmål och presenterar ett bättre underbyggt resultat. Denna optimering förväntas även kunna säga något om upptagen mängd kväve i en vall. Flertalet frekvenser är dock låsta och kan bara nyttjas om Yara tillåter detta.

## Mätning av grödor med satellittjänster

Idag finns ett antal satelliter som mäter våglängder som är relevanta för att mäta kväveskörd i spannmål. En tjänst som finansieras med offentliga medel och sponsring är Cropsat.se som vi valt att utvärdera i detta projekt. Cropsat har data från satelliten Sentinel. Då endast en satellit nyttjas är antalet överflygningar och bilder begränsat.

## 4. Metod

Projektet utförde återkommande mätningar med aktiv respektive passiv sensor under blandvallars tillväxande veckorna före förstaskörden 2021. Projektet har läst av satellitmätningar för de undersökta platserna. Värdena valideras med klippta prover som vägs och analyseras på laboratorium. Dessutom samlade projektet in data för jämförelse med andra mätningar såsom "Cloversense" och "Cropsat".

## 5. Tillvägagångssätt

I samband med klippningar till Vallprognos.se mättes vallens kväveupptag, klöverandel och skörd på fyra gårdar i Skaraborg och fyra gårdar i Bohuslän innan eller i samband med förstaskörden. Kväveupptaget i vallen har mätts med handburen N-sensor och satellit. Klöverandelen togs fram genom att först fotografera grödan med en mobilkamera samt en drönarburen kamera vid tre olika höjder (1 m, 2,5 m och 5 m). Bilder skickades sen till företaget Cloversense för analys av klöverandelen.

På platserna markerades en ruta på 10x10 meter upp för att få stå oskördade tills mätningarna var klara i början av juni. Vid fyra tillfällen gjordes mätningar på platserna, en till två gånger per vecka. Varje besök innefattade att med mobilkamera ta bilder på 1,5 meters höjd. Det togs även bilder med drönarkamera på 1, 2,5 och 5 meters höjd. Nästa steg var att med två olika N-sensortechniker mäta kväveupptaget i rutan. Den äldre N-sensorn använder solljusets reflektion vid mätningen (passiv mätning) och den nyare N-sensorn har egen ljuskälla (aktiv mätning). Sist klipptes en representativ ruta på 1 m<sup>2</sup> för att få fram kg skörd och vattenhalt. Proven i Bohuslän skickades även på analys, enligt samma analysteknik som vallprognoserna gjort. Från Skaraborg togs enbart prov för analys av torrsubstans. En bedömning av vallens längd och visuell klöverandel gjordes också.

Mätningarna i Skaraborg gjordes samma dag och på samma plats som vallprognoserna gjordes. I Bohuslän mättes någon dag senare för att hinna flytta den passiva N-sensorn mellan områdena.

Bilderna från mobil och drönaren analyserades senare med cloversense (bildanalys) för att få fram klöverandelen. Jämförelse mellan bilder från olika höjder har bedömts.

N-sensorernas värden jämfördes mot Cropsat.se, analysvärden på grönmassans råproteinhalt (kvävehalt) och skördenivå i kg.

Vallens foderegenskaper (energi MJ, råprotein g, NDF g, OMD och smältbart råprotein) analyserades på laboratorium av Eurofins. De bohuslänska proverna skickades in för analys. För proverna i Skaraborg användes analysresultaten från vallprognos.se. Fodervolymer i kg uppskattades genom att väga grönmassa och torka i varmluftstork.

Resultaten undersöktes och illustrerades genom excel-diagram med analys av sambanden. Det var främst råprotein och skördevolym som jämfördes med resultaten från de handburna N-sensorerna och bildanalysen eftersom det är dessa som i första hand påverkas av kvävegödsling.



*Bilder tas med drönare i Bohuslän på en av provplatserna*

## 6. Resultat och diskussion

### Mätningar med Cloversense

Vid mätningarna togs bilder från tre olika höjder med drönarens kamera. Bilderna analyserades med Cloversense och resultatet jämfördes med de bilder som tagits med mobilkamera från midjehöjd vid samma tillfälle och på samma plats. Överensstämmelsen mellan bilder på samma plats men från olika höjd är tillräckligt bra för att göra en uppskattning av klöverandelen utifrån endera bilden inför bedömning av kvävegödslingsbehovet. Bilden tagen av drönaren på 2,5 meters höjd har det mest samstämmiga resultatet med bilden från den handhållna kameran vad gäller klöverandel. Eftersom bilderna inte visar precis samma yta blir det en variation i den klöverandel som

faktiskt ska analyseras. Troligen är det förklaring till varför bilden från drönaren på fem meters höjd visar sämre samstämmighet med den handhållna bildens klöverandel. Bilden tagen med drönare från en meters höjd blir störd av att drönaren blåser och lägger ner vallväxterna något.

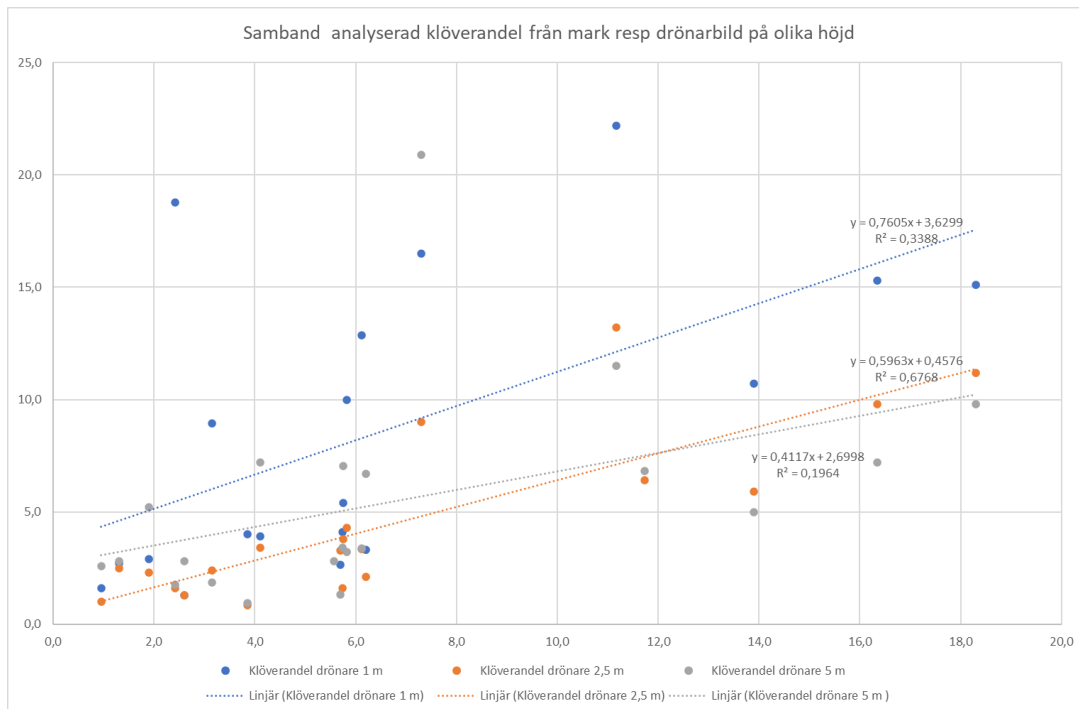


Bild över överensstämmelse mellan mobilfotograferad bild för klöverandel och bilder från drönare på olika höjd.

De klöverandelar som uppmättes i projektet ökade under mätperioden men vara låga och vid alla mättillfällen på en nivå under 20 %.

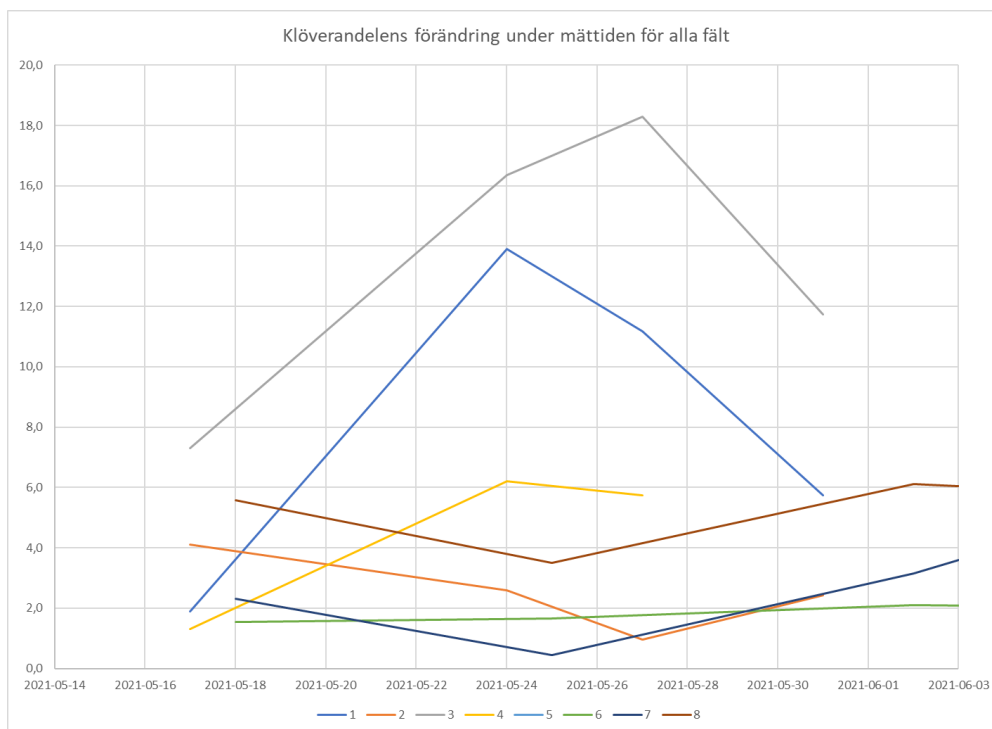


Bild på vallarnas ökande klöverandelar från data



## Aktiv Sensor

Den nuvarande kalibreringen till den aktiva sensorn visade sig inte kunna ge användbara mätserier för att beskriva tillväxten hos blandvallar. Resultatet är alltså enligt förväntan med kännedom om dess begränsningar.

## Passiv Sensor

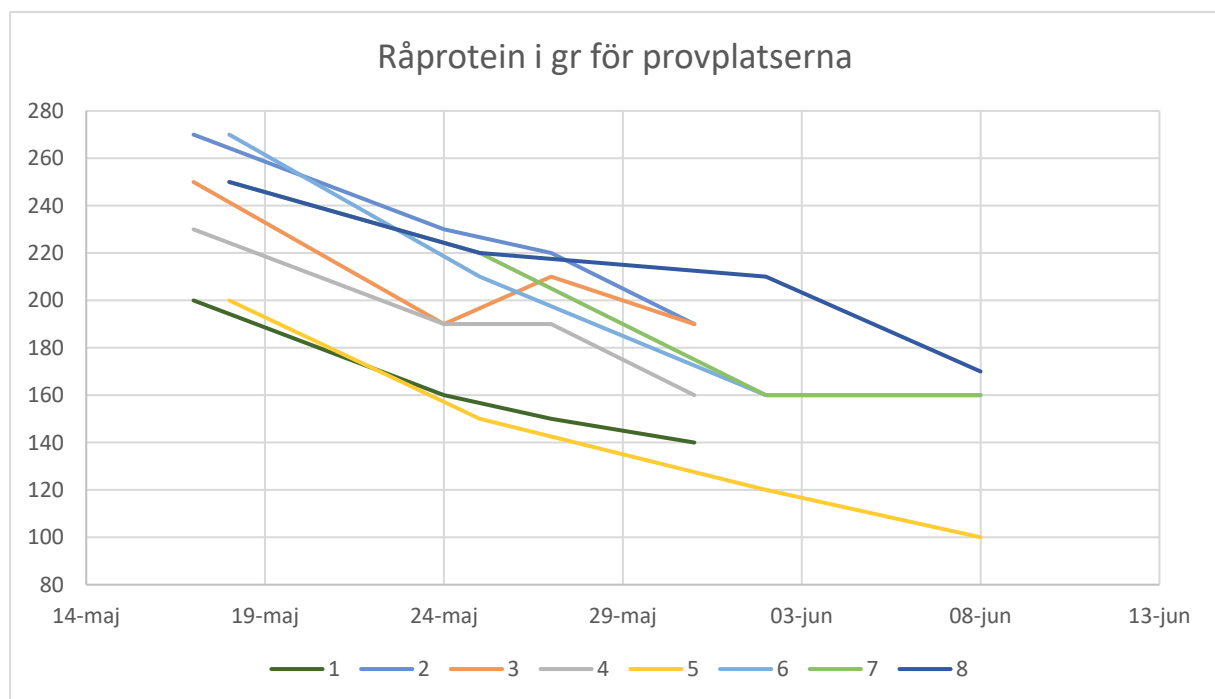
Den passiva sensorn gav ett värdefullt samband. Mätvärden Sn dividerat med vägd torrsvikt korrelerar väl mot analyserade proteinhalter (bild nedan). Korrelationen är  $r= 0,74$ .

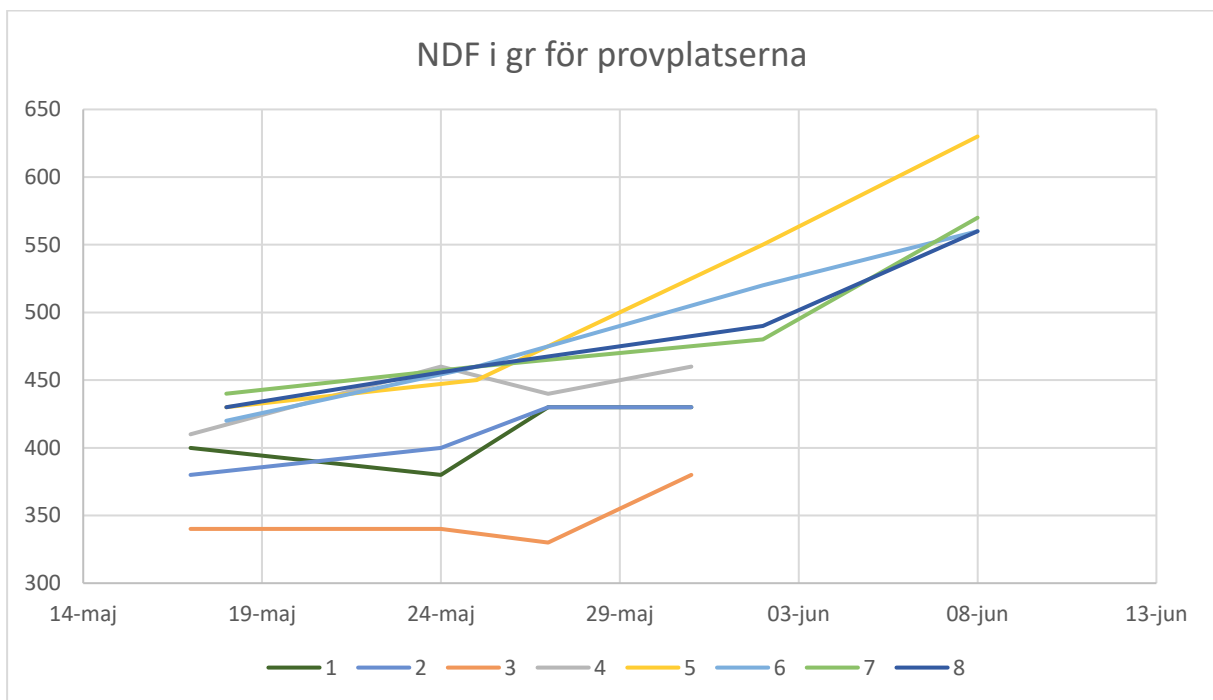
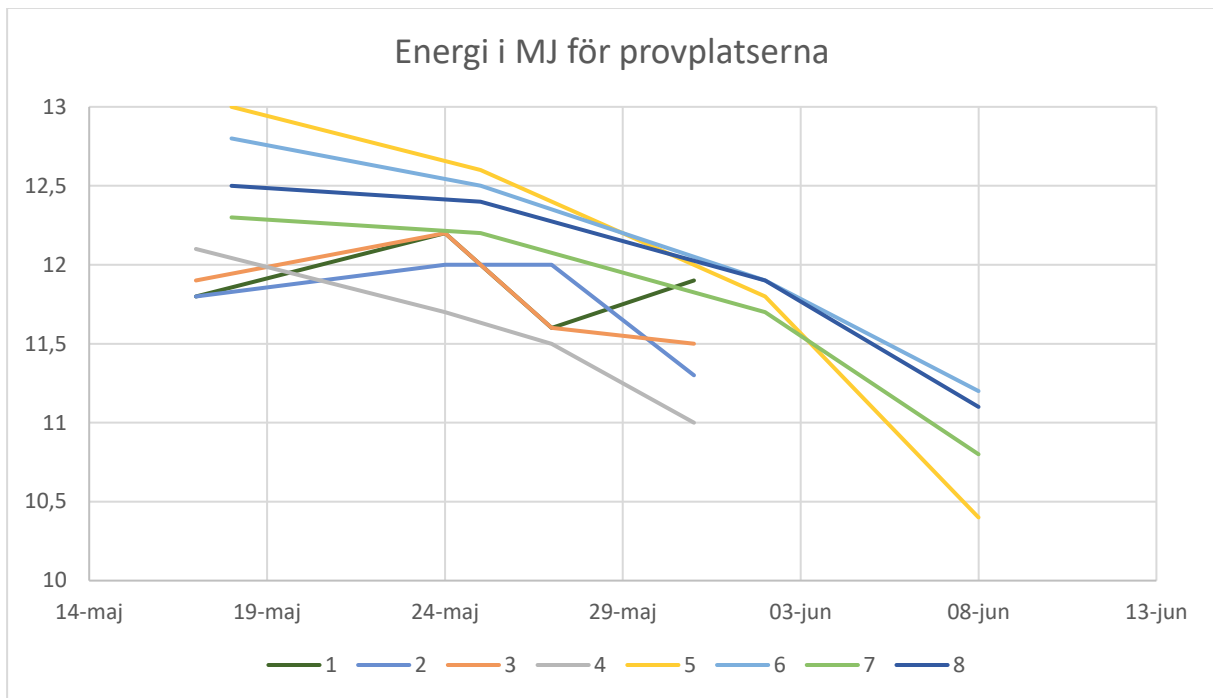
## Resultat satellittjänster

Det finns ett visst samband mellan Cropsat och vallens tillväxt.

## Analys av näringsinnehåll

Resultaten från analyserna av näringsinnehåll vid provtillfällena åskådliggörs i diagrammen nedan. Generellt följer samtliga parametrar ett normalt skeende i vallens utveckling där omsättbar energi och råprotein faller i takt med att andelen NDF i växten ökar. Den låga klöverandelen i samtliga vallar utom för gården 3 gör att utvecklingen blir snabbare eller mer likriktad än om vallarna innehåller mycket klöver. Den gård (nr 3) med lite högre klöverandel än övriga har genomgående lägre NDF-värden, men energivärden och råproteinvärden i nivå med övriga trots en något lägre kvävegödsling. Variationerna mellan gårdarna beror till största del av lokalklimat men också av gödsling och valltyp.

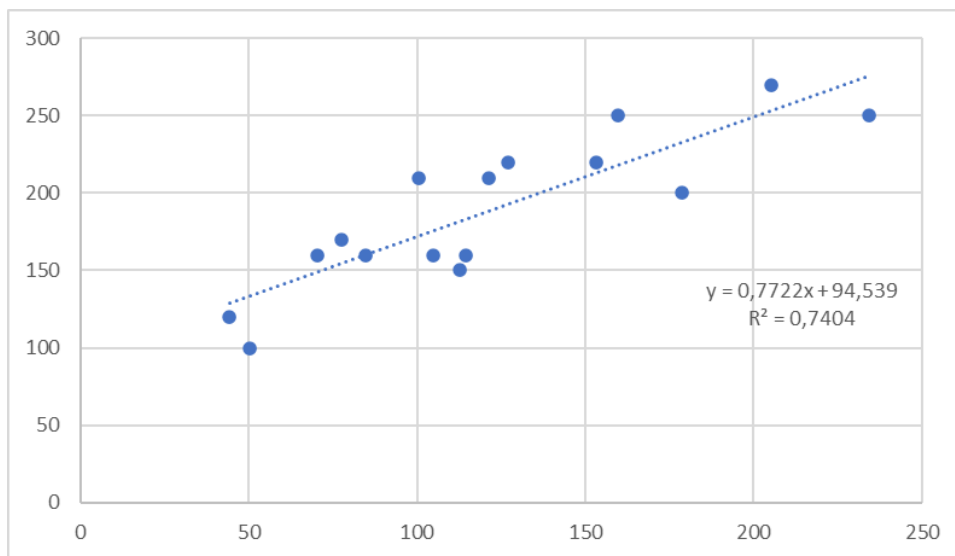




*Diagram som visar utvecklingen av näringsparametrarna råprotein, energi resp NDF på provplatserna.*

## Diskussion och slutsats N-sensor

Det samband som gått att påvisa mellan Sn-värdet för passiva sensorn och analyserad vägd mängd är tydligt. I det här fallet är klöverhalten begränsad och varierar mellan 0,4 och 18%. Bilden nedan visar sambandet mellan den framräknade proteinhalten utifrån N-sensormätning och ts-mängd i förhållande till den analyserade proteinhalten.



*Bild A. Regression över råprotein utifrån passiv sensor. Y är den framräknade proteinhalten utifrån kväveupptaget i passiv N-sensormätning samt vägd ts-mängd och X är framräknad råproteinhalt utifrån labbanalys*

Vårt  $r^2$ -värde är 0,74. En regression gör gällande att  $y=0,7722x+94,539$  där y är den framräknade proteinhalten utifrån kväveupptaget i passiv N-sensormätning samt vägd ts-mängd och X är framräknad råproteinhalt utifrån labbanalys. Avvikelsen för de enskilda mätvärdena varierar mellan 0 och ca 80 g råprotein.

M-värdet (94,539 g) visar på ett behov att kalibrera om N-sensor från höstvetet till våra blandvallar. Kunskapen om klöverhalten ger ingen säker möjlighet till korrigering.

Ett ungefärligt värde på proteinhalten går alltså att få fram genom N-sensorskanning kombinerat med klippning, torkning och vägning hemma på gården. Det vore förstås önskvärt att även kunna skanna ts-skörden och momentant påvisa aktuell proteinhalt.

Det pågår forskning både i Sverige och utomlands på att nyttja fler frekvenser än de som presenteras som ett Sn-värde i N-sensorn. Enligt Yara så finns det möjligheter att en kombination av utvalda frekvenser kan ge mer adekvata mätningar i vall. Vi har inte getts möjlighet att ta del av fler frekvenser. Samtidigt är uppgiften att ta fram dessa samband för tidskrävande för att rymmas inom projektets budget utan får hänskjutas till framtida projekt.

## Diskussion och slutsats satellittjänster

Det vore helt optimalt om man skulle kunna nyttja data från satellit. Metoden kan nyttjas på vilken plats som helst utan förberedelser, resor eller arbete på plats. Men det finns också en rad svårigheter. I vår undersökning är antalet observationer få och inte tidsmässigt korrelerade till klippningarna. Orsaken är att dessa veckor i maj 2021 var molniga vilket utgör ett stort hinder för frekventa och tillförlitliga satellitmätningar. Molnen går inte påverka vilket säger oss att man behöver fler observationer och därmed tillgång till fler satelliter.

En annan svårighet är att avläsa och koppla rätt värden och pixlar till klippningarna. Så här i efterhand kan man konstatera att det vore det bra att först titta på en satellitbild och utifrån den välja att klippa provet från en större jämn representativ del av fältet. När klippningen är gjord i en gradient så uppstår problemet med rätt avläsning.

## 7.Ytterligare studier – vad skulle behövas?

### Satelliter och moln

Det finns ett stort antal satelliter som ger närmast dagliga bilder av varierande kvalitet. Ju fler bilder, desto mindre risk att helt bli utan avläsning av ett fält vid en önskad tidpunkt pga moln. Vissa satelliter är offentliga och kostnadsfria men kräver tolkning och specialprogram, andra är färdigtolkade men kräver licenser. Det finns också prisreducerade tjänster för universitet och annan forskning. Cropsat är den enda tjänsten för lantbruk med kostnadsfria tolkade bilder.

Ytterligare en metod är att utföra mätningen med sensor monterad på drönare som är oberoende av molnförekomst. Detta projekt har bara flugit med vanlig kamera i syfte att kvantifiera klöverandel.

### Klöverandel, utmaning med hög andel i Cloversense?

Klöverandel går att mäta och dokumentera genom fotografering och Cloversense-analys med hjälp av drönaren på en så låg höjd som möjligt men utan att drönaren orsakar virvlar i grödan. Analysen av klöverandelen tar lite tid och behöver bearbetas bild för bild om man ska ha med klöverandelen som en faktor som eventuellt kan påverka N-sensormätningarna. Påverkan på N-sensorresultat av klöverandelen har inte kunnat visas eller analyserats i denna undersökning. Tekniken att med hjälp av drönare och Cloversense bedöma klöverandelen i fältet skulle kunna användas genom att man med vetskap om klöverandel i olika delar av fältet kan planera in varierande givor kväve baserat på behovet vid olika klöverandel.

Det är också tänkbart att kunskap om klöverandelen kan behövas för att göra rätt tolkning av N-sensormätningarna. Vad gäller samband mellan kvävesensorer och bildanalys så fann vi att vi hade för lite variation i klöverandel för att kunna påvisa en inverkan på N-sensörvärden och därmed få en bra korrelation. Det skulle här vara intressant att testa om det finns korrelation utifrån kända och mer varierande klöverandelar.

### Erfarenheter för framtida utveckling

Vi har i projektet ökat kunskapen om hur befintlig teknik kan användas. Samtidigt är det uppenbart att den teknik vi använt generellt skulle behöva utvecklas mer för att kunna användas specifikt på varje enskild gård. En del av tekniken är känd men ej anpassad fullt ut för vallodling och därmed för att kunna prediktera mängd, skördetidpunkt och kvalitet.

Det är också i ovanstående slutsatser beskrivet de utmaningar och möjligheter med den teknik som använts i projektet. På sikt kommer de verktyg vi använt kunna användas för att effektivisera användandet av mineralgödsel i vallodlingen och därmed både öka lönsamheten och minska klimatpåverkan.

## Referenser

*Thomas Börjesson mfl. Jämförelse av olika metoder för bedömning av klöverandel i blandvallar. Redovisning på Uddevallakonferensen 20220120.*