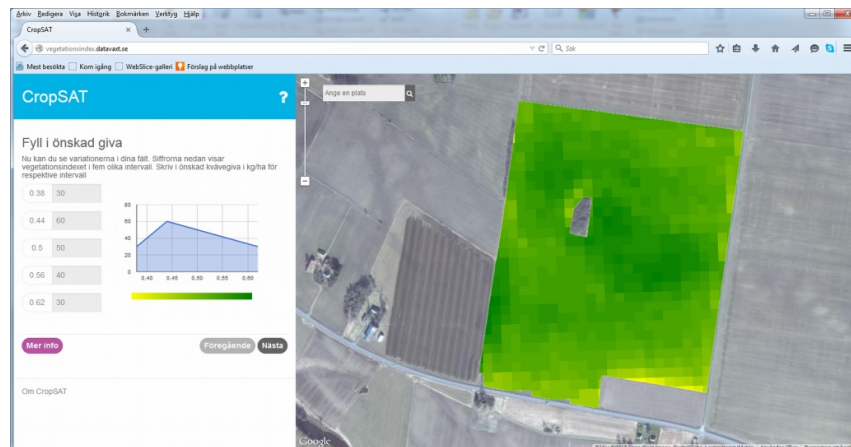




CropSAT: kväve- rekommendationer och gröd- statuskartering inom fält genom en kombination av satellitdata och N-sensorer



Mats Söderström, Henrik Stadig, Knud Nissen
och Kristin Piikki

Förord

Denna rapport bygger på slutrapporten till Stiftelsen Lantbruksforskning (SLF) för projektet *På väg mot det nya jordbruket – kväverekommendationer och grödstatuskartering inom fält genom en kombination av satellitdata och N-sensorer* (SLF-projekt nr H1233115). SLF finansierade projektet under 2013-2014, och en fortsättning på projektet 2015 finansierades av Greppa Näringen och Agroväst Livsmedel AB.

Flera aktörer har medverkat i arbetet: Sveriges lantbruksuniversitet, Hushållningssällskapet i Skaraborg, Lantmännen, DataVäxt AB, Greppa Näringen och Agroväst Livsmedel AB samt ett tjugotal lantbrukare i Sverige.

Under projektet utvecklades det satellitbaserade rådgivningsverktyget CropSAT. DataVäxt AB skötte programmeringen av webapplikationen som man hittar på cropsat.se. Där finns manual och en hel del frågor och svar som rör den praktiska användningen av systemet. Här är fokus mer på de data som finns i applikationen, och vad de visar.

Trevlig läsning
Författarna

Innehållsförteckning

<i>Förord</i>	2
<i>Innehållsförteckning</i>	3
<i>Sammanfattning</i>	5
<i>Summary</i>	5
<i>Introduktion</i>	6
<i>Material and metoder</i>	6
<i>Resultat and diskussion</i>	8
CropSAT	8
Satellitindexkartor i jämförelse med kartor från Yara N-Sensor	10
Handsensormätning i jämförelse med satellitindexkartor - beräkning av kväveupptag.....	10
Måste satellitbilderna vara nya för att vara användbara?.....	12
Vidareutveckling – uppskattning av behov av svampbekämpning och skördeprognos	13
<i>Slutsatser</i>	15
<i>Referenser</i>	15
Mer information om CropSAT	16

Sammanfattning

Vi utvecklade CropSAT, ett webbaserat system för tillhandahållande av satellitdata över åkermarken där tilldelningsfiler kan laddas ned och användas för styrning av gödselspridare. Systemet testades under 2014 och vidareutvecklades under 2015 inom ramen för Greppa Näringen. Vår slutsats är att satellitdata som omräknats till vegetationsindexkartor kan användas i praktiken för anpassning av kvävegivan inom fält. Det är ett mycket kostnadseffektivt sätt att skapa underlag för bättre kvävehushållning. Även under ett molnigt år som 2015 täcktes 2/3 av åkermarken in av minst 3 bilder under kompletteringsgödslings-säsongen. Den relativa variationen inom fält är ofta stabil över tid så även 1-2 veckor gamla bilder kan vara möjliga att utnyttja om man använder den relativa variationen som grund för beslut. Satellitdata kan kalibreras med handsensormätningar så att kartor över N-upptag skapas. Flera tusen användare har utnyttjat CropSAT som har potential att utvecklas med nya funktioner.

Summary

We developed CropSAT, a web application for satellite-based production of variable-rate application (VRA) files for nitrogen. The system was developed and tested in 2014 and enhanced in 2015 within the framework of Focus-on-nutrients (Greppa Näringen). We conclude that vegetation index maps from satellite data can be used in practice as a cost-efficient tool for optimized nitrogen use. Even during the very cloudy year 2015, 3 or more useable images were generated for 2/3 of all arable land in Sweden in the period end of April to the first part of June. If the relative variation within fields are used for the VRA maps, also images 1-2 weeks old can be used. The relationship between satellite data and data from ground-based sensors as well as data from crop trials were assessed. Satellite maps can be calibrated by sensors on the ground and maps of e.g. N uptake can be made. Thousands of users have tested CropSAT which has the potential to be developed further.

Introduktion

Satellitbaserad övervakning av grödor har varit en av de kommersiella satelliternas huvudsakliga användningsområden allt sedan uppskjutningen av Landsat i början av 70-talet. Till exempel biomassa, klorofyllkoncentration och kväveupptag har kunnat beskrivas med spektrala index (t ex: Fernández et al. 1994; Jensen et al. 2006; Plummer 1988; Reusch 2003; Reyniers and Vrindts 2006; Söderström et al. 2010; Wiegand et al. 1991). På många håll i världen är förekomst av moln och dis så frekvent att mer tidskritiska tillämpningar baserade på satellitdata inte fungerat särskilt bra. Under senare år har nya aktörer och satelliter tillkommit på marknaden som kan leverera data nära nog varje dag från varje plats i hela världen (Wang et al. 2010). Det finns flera satellitbaserade system runt om i världen där målgruppen är jordbrukare (t ex [Farmstar](#), [SOYLSense](#), [TalkingFields](#) och [Cropio](#)), där avsikten är att tillhandahålla satellitdata från lämplig tidpunkt utifrån vilka man tar fram gödslingsråd. Det är system som används i praktiken. Griffin (2007) diskuterar kring lönsamheten på ett nittiotal gårdar som utvärderades i samband med utvecklingen av det brittiska systemet SOYLSense. Den franska leverantören Farmstar har angivit att växtodlare med sammanlagt mer än 700 000 ha åkermark i Frankrike använde de satellitbaserade råden 2015. I Sverige har i stället den traktorburna Yara N-Sensor utnyttjats i relativt stor utsträckning. Principen är egentligen den samma som sensorer burna av satelliter, men med traktorburna system undviker man problem med moln och sensorer kan bättre anpassas till en specifik uppgift.

Det huvudsakliga målet med projektet var att undersöka möjligheten att utveckla satellitdatabaserade underlag för kompletteringsgödsling av höstveten över större delen av Sveriges åkermark. Centrala frågor som behandlades var: kan man få tillgång till tillräckligt många satellitbilder; hur viktigt det är att bilderna är nya; vad visar satellitbilderna i förhållande till N-sensorer; hur tar man fram gödslingsråd från satellitdata? Ett fungerande system skulle kunna leda till minskade växtnäringsförluster, ökad skörd och förbättrad kvalitet på den skördade spannmålen. Projektet genomfördes under 2013-2014, samt med en fortsättning via finansiering från Greppa Näringen och Agroväst Livsmedel AB under 2015.

Material and metoder

Fyra delområden i södra Sverige avgränsades (markerade i Figur 3) vilka utgjorde fokusområdena. I användarapplikationen som utvecklades inför säsongen 2015 var dock målet att täcka in all åkermark upp till i höjd med Gävle. Under 2013 genomfördes de första satellitbildsinköpen och ett tjugotal lantbrukare i olika delar av Sverige bidrog med loggfiler från skanning och gödsling med traktorburen Yara N-Sensor för jämförelser. Under 2014 utvecklades på försök en webapplikation i samarbete med DataVäxt AB i Grästorp, som fritt kunde användas av alla. Användarna fick möjlighet att skapa kvävebehovskartor baserade på satellitdata och ladda ned tilldelningsfiler som gick att använda för att styra gödselspridaren. Applikationen var fullt funktionsduglig under kompletteringsgödslingssäsongen 2014, och rönste stort intresse och mycket uppskattning. Detta ledde till att externa medel satsades inför 2015 från Greppa Näringen och Agroväst Livsmedel AB, och systemet förfinades något under namnet CropSAT (Figur 1).

Satellitdata kom i huvudsak från den brittiska satellitdataleverantören DMCii Ltd (Storbritannien). Man prenumererar på data som kan tillhandahållas med en eller två dagars mellanrum om vädret tillåter. DMC-data registreras i tre band med 22 m spatial upplösning: grönt (G; 520-600 nm), rött (R; 630-690 nm) och nära infrarött (NIR; 770-900 nm). Vi valde att räkna fram olika vegetationsindex för skapa ett kartunderlag (Ekv. 1-3; Qi et al. 1994). I dessa index utnyttjas endast NIR och R. Även gratis Landsat-8-data användes som

komplement när så var möjligt. Våglängdsbanden i Landsat 8 skiljer sig delvis från DMC: R (640-670 nm) och NIR (850-880 nm). Det vegetationsindex som vi slutligen valde att använda i CropSAT var MSAVI (modified soil adjusted vegetation index; Ekv. 3). Annars är det vanligast använda indexet NDVI (normalized difference vegetation index; Ekv. 1). Med indexen reduceras till viss del olika typer av brus och störningar i satellitdata, och jämförelser mellan olika mätningar underlättas. Indexen utnyttjar det faktum att klorofyll absorberar rött ljus (R) medan en tät, frodig gröda reflekterar nära infrarött ljus (NIR). Före beräkning av index räknades råa satellitdata om till reflektansvärden.

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{NIR} - \text{R})}{(\text{NIR} + \text{R})} \quad (\text{Ekv. 1})$$

$$\text{SAVI} = \frac{(\text{NIR} - \text{R})}{(\text{NIR} + \text{R} + k)} * (1 + k) \quad (\text{Ekv. 2})$$

$$\text{MSAVI} = \frac{(2\text{NIR} + 1 - \sqrt{[(2\text{NIR} + 1)^2 - 8 * (\text{NIR} - \text{R})]})}{2} \quad (\text{Ekv. 3})$$

Ekvation 2 och 3 är varianter av Ekv. 1 där man försökt kompensera för effekter av reflektans från marken om det är tunn gröda. I Ekv. 2 är k en korrektionsfaktor som varierar mellan 0 (hög vegetationstäckningsgrad) till 1 (låg täckningsgrad), ofta användes värdet $k = 0,5$. I Ekv. 3 sker inget antagande (eller beräkning) av k. Jordbruksverkets blockkarta från 2013 används för att avgränsa åkermark. Pixlar med moln och molnskuggor samt pixlar inom 15 m från blockgränser togs bort.

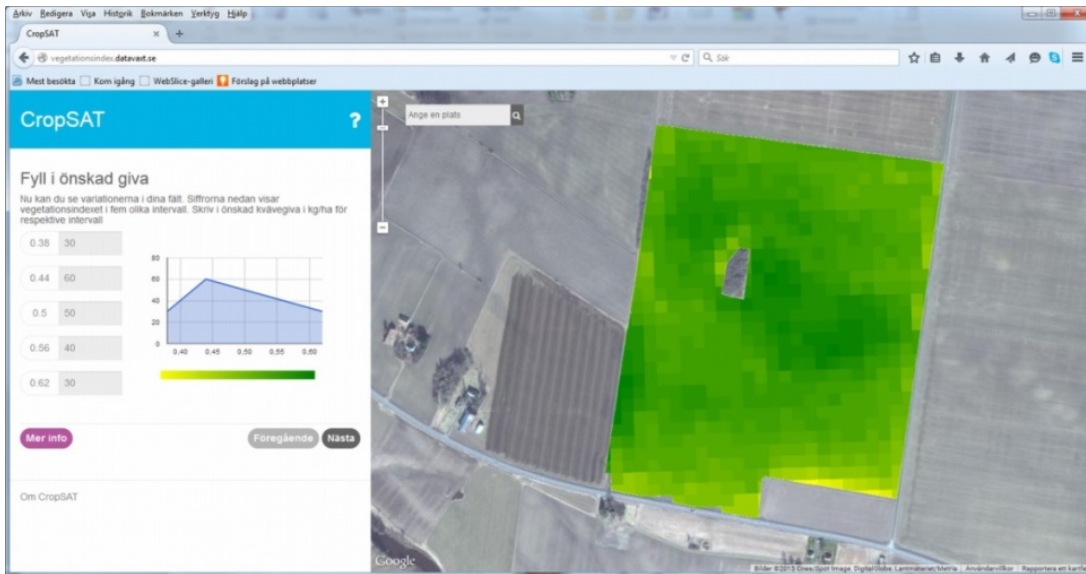
Under 2015 gjordes jämförelser mellan satellitindex och N-upptag i fält beräknat från handburen N-sensor (Yara AB, Landskrona; handsensormätning beskrivs av Wetterlind 2010). Fältmätningarna utfördes av Greppa Näringen inom ramen för mätningar i nollrutor i fält i Västergötland och Skåne (ca 25 fält). Greppa Näringens mätningar gjordes dels i nollrutorna och dels i det omgivande fältet i närheten av nollrutan. I våra jämförelser användes de senare. Korresponderande satellitindexvärde beräknades som medeltalet för de pixlar som låg inom ett avstånd på 15-30 m från koordinaten för nollrutan, om fältdatum skiljde max två dygn från satellitdatum. Själva nollrutan är för liten för att synas i satellitbilden.

Förutom satellitdata från DMC införskaffades 2013-05-28 även en annan typ av satellitdata (WorldView-2 (WV-2) från Digital Globe, USA) för ett litet geografiskt område i Västergötland som innefattade försöksgården Lanna där det fanns ett gödslingsförsök i höstvetete där mätningar gjordes med olika handburna sensorer: N-Sensor (Yara); Greenseeker (Trimble, USA) och Multiplex 330 (Force-A, Frankrike) (data tillhandahölls från projektet *Organiska gödselmedel till vår och höstsäd*, Sofia Delin och Lena Engström, SLU, finansierat av Jordbruksverket). Greenseeker räknar ut ett NDVI-värde medan Multiplex arbetar med fluorescens och bl a räknar ut ett klorofyllindex (SFR_R). WV-2 har hög spatial upplösning (2 m multispektralt och 0,5 m pankromatiskt) och många våglängdsband med fokus på vegetationsstudier: kort blå (400-450 nm), blått (450-510 nm), grönt (510-580 nm), gult (585-625 nm), rött (630-690 nm), red edge (705-745 nm), NIR-1 (770-895 nm), NIR-2 (860-1040 nm). Rött och NIR-1 är spektralt relativt lika motsvarande band i DMC varför resultaten kan vara vägledande även för samband mellan DMC och grödegenskaper. Med WV-2 testades möjligheten att använda högupplösta satellitdata jämfört med handburna punktmätningar i vanliga försöksparceller.

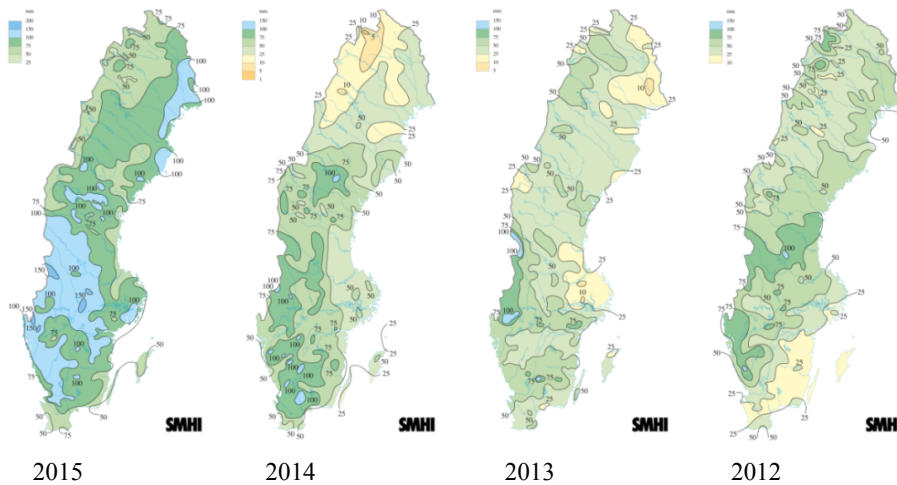
Resultat and diskussion

CropSAT

Användargränssnittet i CropSAT visas i Figur 1. Under perioden 22 april till 18 juni 2015 skapades drygt 4000 CropSAT-kartor av användare runt om i landet. Något mer än 1500 tilldelningskartor laddades ned (enl. DataVäxt AB). Vädermässigt var perioden 2015 utmanande vad gäller insamlande av satellitdata med hjälp av optiska satelliter över södra Sverige (Figur 2).

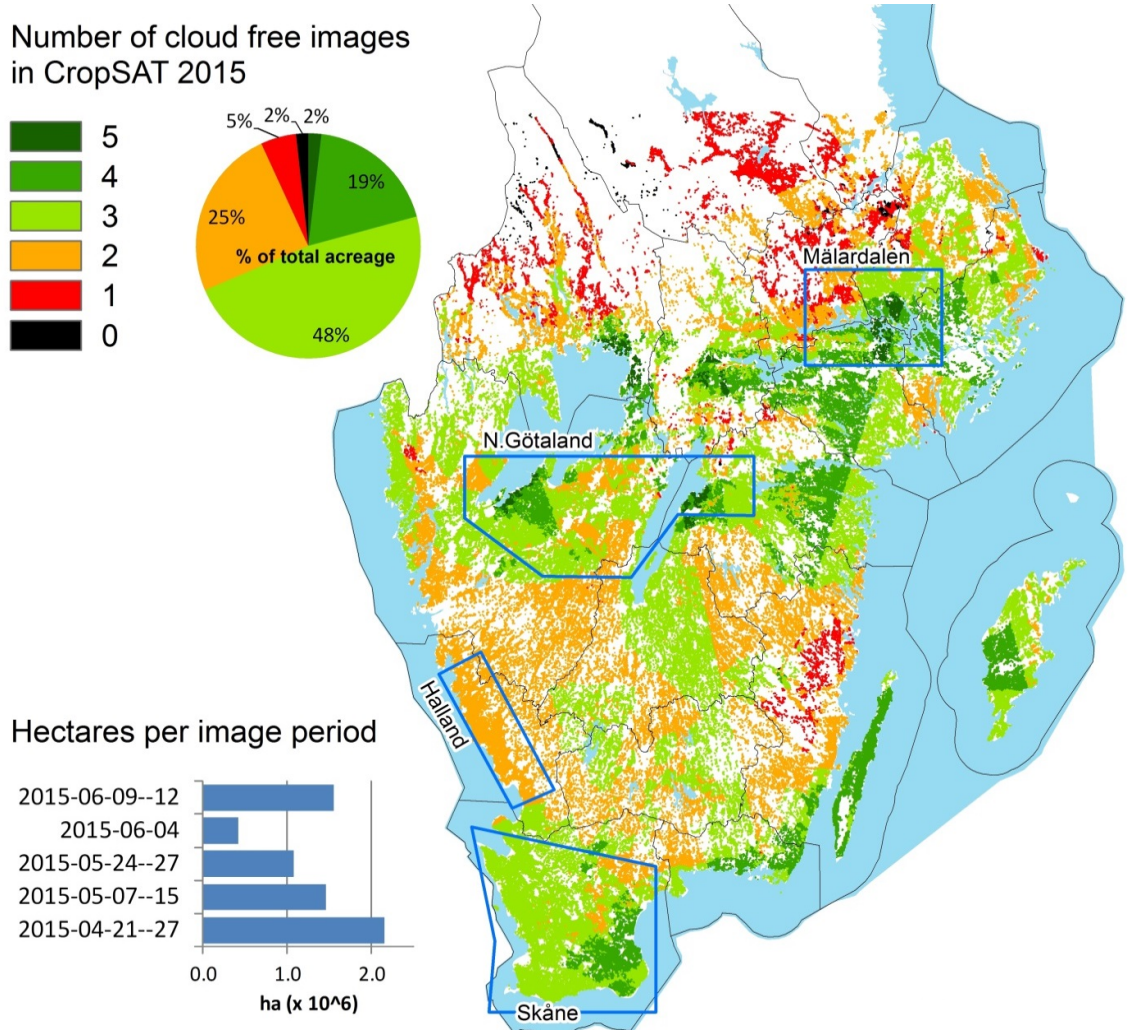


Figur 1. I CropSAT kan användaren själv ange vilken kvävegiva man vill ge till vegetationsindexkartans olika delar. En behovskarta i form av en datafil som kan användas i många traktorer kan sparas ned. En testversion från 2014 förfinades och tillgängliggjordes under 2015 med medel från Greppa Näringen och Agroväst. Programmeringen utfördes av DataVäxt AB som också härbärgerar alla data. Applikationen nås via cropsat.se.



Figur 2. Nederbörd under maj 2012-2015 (kartor från SMHI). Under 2015 var maj ovanligt molnig och regnig i södra Sverige, vilket begränsade antalet molnfria satellitscener.

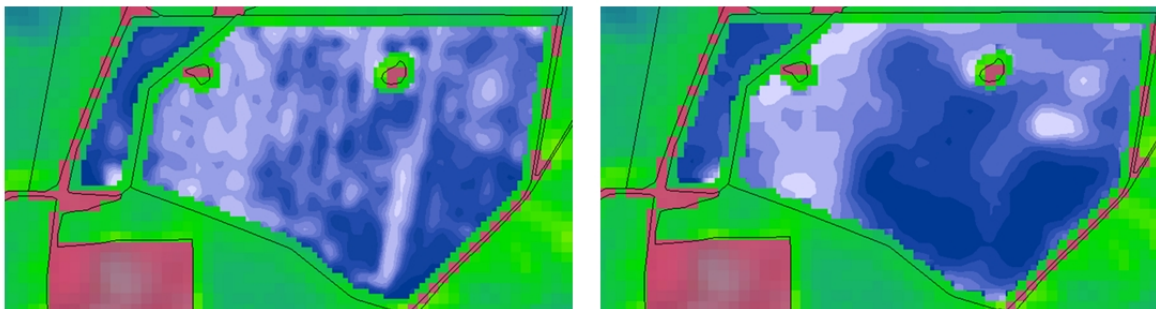
Under testperioderna 2013 och 2014 var det betydligt fler molnfria tillfällen. Trots mycket regn under maj 2015 (till exempel noterade SMHI Stockholms regnigaste majmånad på 200 år) gick det att få fram flera molnfria satellitbilder för större delen av södra Sveriges åkermark även det året (Figur 3). Flest användbara bilder var det i delar av Mälardalen (upp till 8 bilder). Störst problem 2015 var det i Halland där endast två användbara bilder kunde erhållas för en stor del av åkermarken. För 2/3 av åkerarealen söder om Gävle fanns minst tre bilder (Figur 3).



Figur 3. Antal molnfria satellitbilder per jordbruksblock i CropSAT under 2015. De fyra fokusområdena i SLF-projektet är markerade. Bilderna har här grupperats i olika tidsperioder (anges nere till vänster) så att endast bilder med flera dagars mellanrum räknas. Den procentuella andelen av den totala åkerarealen (2,4 miljoner ha enligt jordbruksblocken 2013 från Gävle och söderut) för olika antal bilder anges i cirkeldiagrammet, och den totala arealen för de olika tidsperioderna anges i det liggande stapeldiagrammet.

Satellitindexkartor i jämförelse med kartor från Yara N-Sensor

Om man gör visuella jämförelser mellan variationen i N-sensorkartor och satellitindexkartor överensstämmer dessa i stora drag med varandra (ett exempel visas i Figur 4).

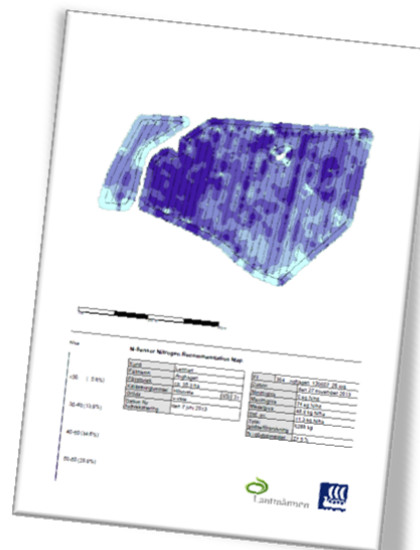


A) SN-index från Yara N-Sensor, bestämmer N-givan; B) Satellitindex 13-06-06;

C) Nedan: N-spridning med Yara N- Sensor

Figur 4. Vetefält i Halland, 35 ha. Exempel på jämförelse mellan A) Yara N-Sensor och B) satellitindexkarta. Mörkblått är högst värde. I C visas utförd kvävespridning av Yara N-Sensor. N-sensordata från 13-06-07.

Det är större detaljrikedom i N-sensorkartorna eftersom traktorskanningen ger betydligt fler mätvärden längs kördragen. Dessutom finns normalt N-sensordata längs fältgränserna vilket gör att det är lättare att få kartbilder som helt täcker hela fältet. Satellitdata påverkas mycket om olika markslag finns med i pixlarna. I satellitindexkartorna valde vi att ta bort alla pixlar med centrumpunkten <15 m från blockgränser för att minska influens från omgivningen (framgår i Figur 4). I CropSAT extrapoleras sedan kvarvarande indexvärden så att fältet täcks.

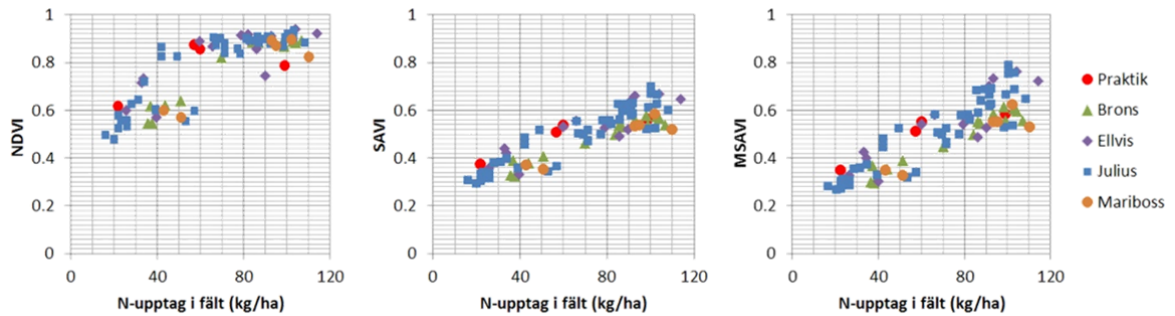


Handsensormätning i jämförelse med satellitindexkartor - beräkning av kväveupptag

Kalibrering av satellitdata med handsensormätningar i fält

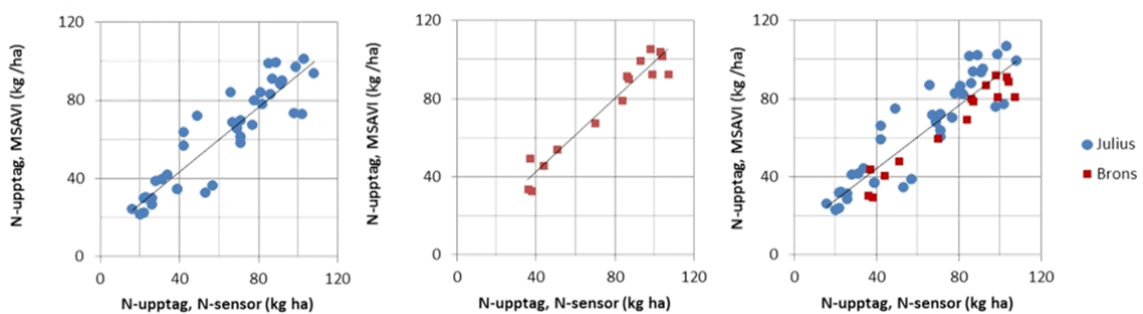
I Figur 5 visas sambandet mellan olika vegetationsindex beräknade i satellitbilder som användes i CropSAT 2015 och N-upptag i fält beräknat från handburen N-sensor (utförda i samband med Greppa Näringens mätningar i nollrutor i fält i Västergötland och Skåne). I fallet med NDVI kan man se att värdena ganska snabbt närmar sig mättnad medan sambanden är mer linjära för SAVI och MSAVI ($r = 0,88$ i båda dessa). Det senare är det index som

användes i CropSAT 2015. Olika sorter av höstvetete har något skilda reflektansegenskaper, vilket man också kan se en antydning av i Figur 5.



Figur 5. Kväveupptag i olika höstvetesorter i Västergötland och Skåne beräknat från handburen N-sensor (mätdata från Greppa) bredvid nollrutor jämfört med olika vegetationsindex beräknade i satellitdata från DMC (april – juni 2015).

I den nuvarande versionen av CropSAT redovisas vegetationsindexkartor och det är upp till användaren att tolka kartorna och t ex ange kvävebehovet i olika vegetationsindexklasser. En central fråga för en framtida utveckling av konceptet är huruvida det är möjligt att göra någon typ av kalibrering av satellitindexvärdena, så att man direkt skulle kunna räkna om indexvärden till grödegenskaper som kan användas för att bestämma kvävebehov. En första ansats till detta visas i Figur 6, där korsvalideringsresultat av en regressionsmodell som bygger på sambandet mellan MSAVI beräknat från DMC-data och N-upptag i höstvetesorterna Julius (SW) och Brons (SW) beräknade från N-sensor redovisas. Kalibreringssambanden bygger enbart på data fram till datumet för satellitbilden, och en plats i taget är borttagen, så resultatet simulerar en tänkbar praktisk tillämpning där man successivt kalibrerar satellitindexkartor med N-sensormätningar på några gårdar. Valideringsstatistiken (r^2 ; MAE (mean absolute error)) var som följer: **Julius:** 0,82; 8,9 kg/ha. **Brons:** 0,94; 5,3 kg/ha. **Kombinerad modell:** 0,83; 9,5 kg/ha.



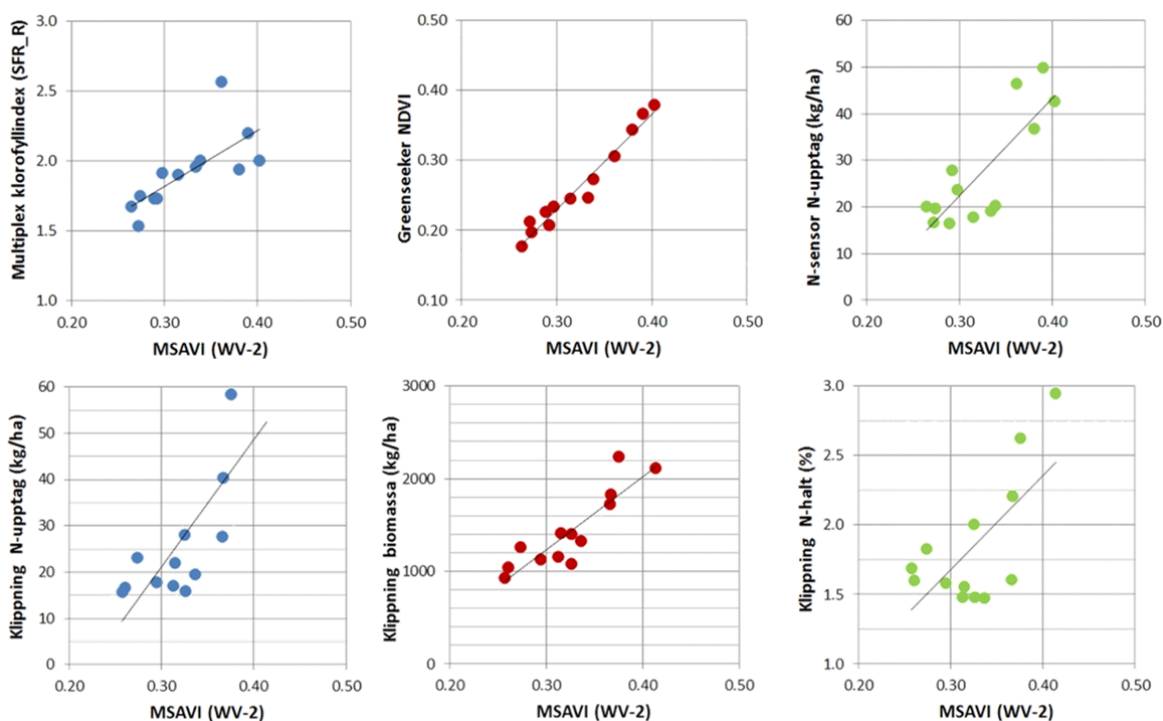
Figur 6. Kväveupptag predikerat från satellitdata (från MSAVI) i successivt kalibrerade modeller allteftersom nya satellitbilder och fältmätningar med N-sensorer blev tillgängliga.

Figur 6 kan sägas vara ett exempel på hur väl det skulle gå att göra en distribuerad modell av kväveupptag genom att man kombinerar lokala fältmätningar med N-sensorer med satellitdata. I det här begränsade dataunderlaget verkar det som om sorts specifika modeller är att föredra även om den kombinerade modellen också fungerade relativt väl. För en kommande

tillämpning borde det gå att utnyttja det arbete som redan görs av Greppa Näringen och Jordbruksverkets rådgivningsenhet inom ramen för de kontinuerliga mätningarna av mineralisering av kväve och upptaget av tillfört gödselkväve.

Högupplösta satellitdata jämfört med data från försök

För att testa sambandet mellan satellitindexvärden och grödegenskaper gjordes en jämförelse mellan data uppmätta i ett gödslingsförsök på Lanna i Västergötland och MSAVI beräknat från WorldView-2 (banden NIR-1 och R). Försöksrutornas storlek var 2 x 12 m² vilket medförde att positioneringen av satellitbilden var mycket viktig för att rätt indexvärden skulle kunna knytas till respektive led. Med hjälp av det pankromatiska (svartvita) bandet i satellitbilden var detta möjligt, vilket öppnar för att man skulle kunna använda satellitdata i försökssammanhang. Fler undersökningar där detta utvärderas rekommenderas. Sambanden i Figur 7 stärker de tidigare redovisade resultaten som visade att MSAVI som användes i CropSAT ger en bild av variationen i flera grödegenskaper, och dessutom ger värden som liknar de som olika handsensorer ger.



Figur 7. Data från ett gödslingsförsök i höstvete (DC37; 2 juni 2013) på Lanna i Västergötland. I vissa av leden var grödan mycket tunn vid tillfället. Övre raden: samband mellan MSAVI beräknat från WorldView-2 (28 maj) och data från tre olika handsensorer. Nedre raden: samband mellan MSAVI och data från klippningar.

Måste satellitbilderna vara nya för att vara användbara?

Även om satelliter passerar nära nog varje dag så medför moln och dis att det inte alltid är så lätt att få fram användbara bilder. Även den tid det tar från det att bilden är registrerad i satelliten tills det att den är bearbetad och upplagd i användarsystemet kan vara viktig i

tidskritiska applikationer. Här tog det typiskt en till tre dagar från det att bilden togs tills den fanns tillgänglig i CropSAT. I den nuvarande versionen av CropSAT är det den relativa variationen i indexvärden inom fältet som används, och det är upp till användaren att ange olika givor i olika indexklasser. Avgörande för om även äldre bilder kan användas för att ta fram kvävebehovskartor är hur stabil i tiden som den relativa variationen inom fält är. Faktorer som är viktiga för denna variation är t ex textur och mullhalt, strukturskillnader, topografi och odlingshistoria.

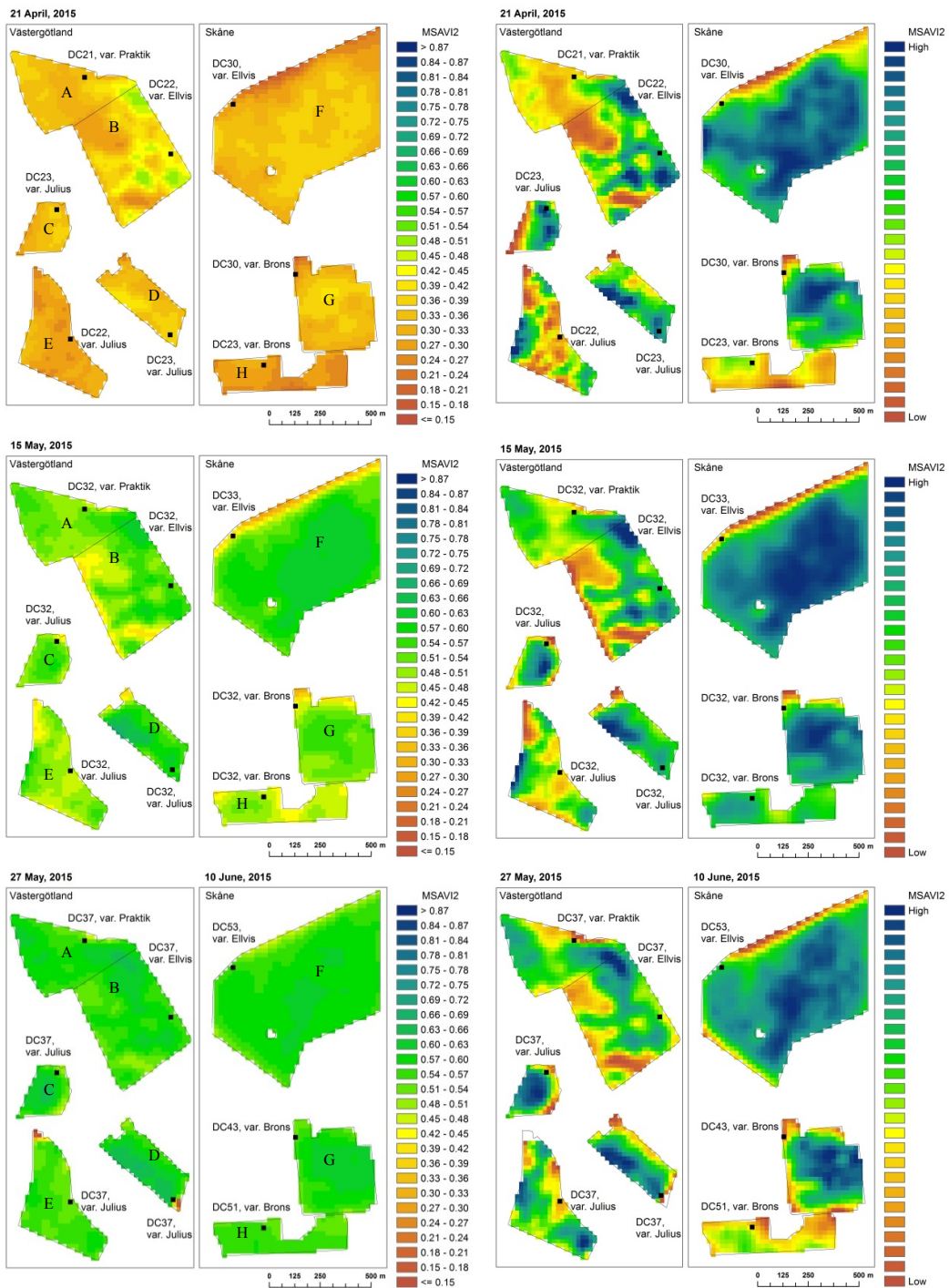
I Figur 8 visas både satellitindexkartor för åtta höstvetefält (fem i Västergötland och tre i Skåne) vid tre olika tidpunkter under 21 april-10 juni 2015 (DC21 till DC53). Både med fast klassindelning (spalten till vänster i Figur 8) och den relativa variationen inom fält (spalten till höger i Figur 8). Den fältvisa relativa variationen var förhållandevis stabil i många fall under den här långa perioden. Detta tyder på att man ofta skulle kunna använda en satellitbild som är ett par veckor gammal när man enbart ska använda det relativa mönstret med höga och låga värden som grund för en gödslingskarta. Det viktiga är att verifiera mönstret genom fältkontroll, och i fält bedöma vilken giva som ska tilldelas i de olika områdena. När det gäller stabilitet i den relativa variationen är det viktigt att georefereringen, dvs positioneringen av satellitbilden är korrekt. Eftersom pixelstorleken är 22 m kan små avvikelser ge betydande skillnader i värde om grödan varierar inom korta avstånd. Bilder kan lätt hamna någon pixel fel, och det har tydligt kunnat ses vid jämförelser i en tidsserie. Om bilderna hade haft högre upplösning hade den effekten blivit mindre.

Under 2015 användes endast data från Landsat 8 i begränsad omfattning. Det kan vara ett problem att blanda data från Landsat 8 och DMC om man tittar på en tidsserie av bilder på grund av att de spektrala skillnaderna resulterar i skillnader i indexvärden. Spektralt följer DMCs NIR- och R-band tidigare Landsat versioner (5 och 7).

Vidareutveckling – uppskattning av behov av svampbekämpning och skördeprognos

Redan nu har CropSAT använts för styrning av svampbekämpning. Om man tillämpar samma modell som ofta används av Yara N-Sensor-användare där dosen varierar med biomassan, så kan man helt enkelt byta ut kvävemängden mot dosen av ett annat preparat när man gör sin styrfil. Det finns dock ingen entydig modell för detta att rekommendera i dagsläget, utan det är mer upp till användarens bedömning. När det gäller skördeuppskattning är det en funktion som efterfrågas av lantbrukare och rådgivare. Vi har här jobbat med att utreda förutsättningarna för detta och formulerat en beskrivning av hur detta skulle kunna göras och tagit fram en projektplan för att integrera skördeprognoser i en utvecklad variant på det webbaserade beslutstödsystemet CropSAT. Ansökningar har 2015 lämnats in till olika bidragsgivare där vi avser att webbplattformen ska utvidgas med skördeprognoskartor som uppdateras kontinuerligt under säsongen, för att utveckla ett beslutstöd som jordbruket saknar och som tidigare inte varit möjligt att ta fram. Förutsättningarna för detta är goda och planen är att ett sådant här system kan utvecklas inom de kommande åren om projektmedel finns tillgängliga.

Nya satelliter är på gång som kan komma att skapa än större möjligheter att ta fram produkter som svarar mot specifika behov inom lantbruksnäringen. DMC har fördelen att ha en snabb återkomsttid och ett pris per scen som är relativt lågt, men den rumsliga upplösningen på 22 m, och med bara tre våglängdsband, gör att informationen ändå är begränsad. Den europeiska rymdorganisationen ESAs Sentinel-2-konstellation, varav den första satelliten sköts upp under 2015, och den andra planeras till 2016, har med sina 13 våglängdsband och en upplösning på 10-20 m, beroende på band, potential att med fördel kunna användas i system som CropSAT.



Figur 8. Satellitindexvärden för åtta höstvetefält vid olika tidpunkter 2015 i Västergötland och Skåne. Vänstra spalten: fast klassindelning. Högra spalten: klassindelning som visar relativa variationen på respektive fält. Stadie, sort och observationspunkt är angiven. I verkligheten är fälten geografiskt spridda. Ett hörn i E respektive D den 27 maj har klippts bort i kartan som visar relativa variationen.

Slutsatser

Det går utmärkt att utnyttja satellitdata för tillämpad grödstatuskartering. Satellitdata som omräknats till vegetationsindexkartor kan användas för mer exakt anpassning av kvävegivan inom fält. Indexet MSAVI var i sammanhanget mer användbart än NDVI.

Man kan aldrig garantera att data blir tillgängliga för alla fält överallt, men även under ett molnigt år som 2015 täcktes 2/3 av åkermarken söder om i höjd med Gävle in av minst 3 bilder under kompletteringsgödslings säsongen. Det är ett mycket kostnadseffektivt sätt att tillhandahålla kartunderlag till Sveriges lantbrukare som möjliggör bättre kvävehushållning. Att ha helt aktuella bilder verkade inte vara nödvändigt om man använder den relativa variationen som grund.

Många användare utnyttjade den framtagna applikationen CropSAT under det första året i drift. Det har potential att utvecklas vidare med nya funktioner. En intressant möjlighet verkar vara att kalibrera satellitbilder med handsensormätningar så att satellitindexkartor kan räknas om till kartor över t ex N-upptag.

Referenser

- Fernández, S., Vidal, D., Simón, E., & Solé-Sugrañes, L. (1994). Radiometric characteristics of *Triticum aestivum* cv, Astral under water and nitrogen stress. *International Journal of Remote Sensing*, 15, 1867–1884.
- Griffin, S. J. 2007. Profitability and uptake of nitrogen application system based on remote sensing on 90 commercial farms in the United Kingdom. In: J.V. Stafford (Ed.) *Precision Agriculture '07* (pp. 827–834). Wageningen: Wageningen Academic Publishers.
- Jensen, J. R. (2006). *Remote sensing of the environment: An earth resource perspective* (2nd ed.). Upper Saddle River, USA: Prentice-Hall.
- Plummer, S. E. (1988). Exploring the relationships between leaf nitrogen content, biomass and the nearinfrared/red reflectance ratio. *International Journal of Remote Sensing*, 9, 177–183.
- Qi, J., Chehbouni, A., Huete, A.R., Kerr, Y. H., & Sorooshian, S. 1994. A modified soil adjusted vegetation index. *Remote sens. Environ.* 48, 119–126.
- Reusch, S. (2003). Optimisation of oblique-view remote measurement of crop N-uptake under changing irradiance conditions. In J.V. Stafford & A. Werner (Eds.), *Precision agriculture* (pp. 573–578). Wageningen: Wageningen Academic Publishers.
- Reusch, S. (2005). Optimum waveband selection for determining the nitrogen uptake in winter wheat by active remote sensing. In J.V. Stafford (Ed.), *Precision agriculture '05* (pp. 261–266). Uppsala, Sweden: Wageningen Academic Publishers.
- Reyniers, M., & Vrindts, E. (2006). Measuring wheat nitrogen status from space and ground-based platform. *International Journal of Remote Sensing*, 27, 549–567.
- Söderström, M., Börjesson, T., Pettersson, C.G., Nissen, K. & Hagner, O. 2010. Prediction of protein content in malting barley using proximal and remote sensing. *Precision Agriculture*, 11:587-599.
- Wang, K., Franklin, S.E., & Guo, X. 2010. The applicability of a small satellite constellation in classification for large-area habitat mapping: a case study of DMC multispectral imagery in west-central Alberta. *Can. J. Remote Sensing*, 36(6), 671–681.
- Wetterlind, J. 2010. Mätningar med Yara N-sensor för att skatta markens kvävelevererande förmåga. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för mark och miljö, Rapport 4. 22 s.
- Wiegand, C. L., Richardson, A. J., Escobar, D. E., & Gerbermann, A. H. (1991). Vegetation indices in crop assessments. *Remote Sensing of Environment.*, 35, 105–119.

Mer information om CropSAT

Projektet har omnämnts mycket i olika medier – här är några exempel där man kan hitta mer information:

Tidskrifter etc:

Arvensis nr 7, 2014, s 26-27: Trender i precisionsodlingen

[Gränssnittet: nr 1, 2015, s 17-19: Satelliter hjälper lantbrukaren gödsla rätt](#)

[Ingenjören: nr 3, 2015, s 36-37: Jordbruk 2.0 - high tech på vägen från ax till limpa](#)

[Jordbruksaktuellt: 2015-04-27: Mät grödan via satellit](#)

Land: nr 9, 2014, s 9: Satelliter gör din gödsling mer exakt

[Nytt från Stiftelsen Lantbruksforskning: nr 2, 2015, s 3: Vägledning från ovan](#)

[Skaraborgs Läns Tidning, 15-08-07: Datorer och satellitbilder som styr lantbruket](#)

Hemsidor:

[CropSAT.se](#); [Precisionsskolan.se](#); [Greppa.nu](#)

TV:

[Gödsla med satellit - Inslag på TV4-nyheterna Skaraborg, 14-04-09](#)

Radio:

[Vetandets värld, SR P1, 15-03-17, ca 15 min in i programmet](#)



Förteckning över rapporter utgivna i serien *Precisionsodling Sverige, Tekniska rapporter*:

- 36 Söderström, M., Stadig, H., Nissen, K. & Piikki, K. 2015. CropSAT: kväve-rekommendationer och grödstatuskartering inom fält genom en kombination av satellitdata och N-sensorer
- 35 Piikki, K., Söderström, M., Wetterlind, J. Stenberg, B. & Jarvis, N. 2015. Digital soil mapping for modelling of transport pathways for pesticides to surface water.
- 34 Gustavsson, K., Berge, T. W. & Hauge Madsen, K. 2015. Hållbart jordbruk genom precisionsodling - En förstudie från Öresund-Kattegat-Skagerrak-området.
- 33 Söderström, M & Stadig, H. 2015. Test av portable röntgenfluorescens (PXRF) för bestämning av jordart, näringsämnen och tungmetaller direkt i fält – en pilotstudie
- 32 Lundström, C (red). 2015. Verksamhet i AGROVÄST-projektet Precisionsodling Sverige, POS, 2014.
- 31 Lundström, C (red). 2015. Verksamhet i AGROVÄST-projektet Precisionsodling Sverige, POS, 2014.
- 30 Piikki, K., Wetterlind, J., Söderström, M. & Stenberg, B. 2013. Jordartskartering av matjord och alv direkt i fält.
- 29 Krijger, A-K. 2013. Kontrollerad trafik (CTF) – en förstudie
- 28 Ståhl, P., Söderström, M & Adolfsson, N. 2013. Gradering av roto gräs i ekologisk odling med hjälp av fotografering från obemannat flygplan (UAV).
- 27 Lundström, C (red). 2013. Verksamhet i AGROVÄST-projektet Precisionsodling Sverige, POS, 2012.
- 26 Söderström, M. & Nyberg, A. 2013. Nyckeltal för bedömning av ekonomiska och miljömässiga effekter vid tillämpning av precisionsodling
- 25 Piikki, K., Söderström, M., Stenberg, M. & Roland, J. 2012. Variation i marken inom fältförsök.
- 24 Lundström, C (red). 2012. Verksamhet i AGROVÄST-projektet Precisionsodling Sverige, POS, 2011.
- 23 Lundström, C (red). 2011. Verksamhet i AGROVÄST-projektet Precisionsodling Sverige, POS, 2010.
- 22 Lundström, C (red). 2010. Verksamhet i AGROVÄST-projektet Precisionsodling Sverige, POS, 2009.
- 21 Söderström, M. 2009. Interpolerade markkartor – några riktlinjer.
- 20 Söderström, M., Börjesson, T., Pettersson, C.G., Nissen, K. & Hagner, O. 2009. Prognoser för malkornskvalitet med fjärranalys.
- 19 Börjesson, T. & Söderström, M. 2009. Bedömning av kvalitetsskillnader över tid i vallar avsedda för hösilage med Yara N-sensor.
- 18 Lundström, C (red). 2009. Verksamhet i AGROVÄST-projektet Precisionsodling Sverige, POS, 2008.
- 17 Jacobsen, A. & Söderström, M. 2008. Regional analyse af samspillet mellem satellitdata og jordbundsvariation. Delrapport 2 i SLF-projektet (dnr SLF 297/02): "Kostnadseffektiv markkartering genom stratifierad datainsamling baserad på fjärranalys"
- 16 Jacobsen, A. & Söderström, M. 2008. Anvendelse af geostatistik og remote sensing data til kortlægning af jordens lerindhold.

- 15 Söderström, M. 2008. Den traditionella markkarteringens användbarhet för precisionsodling.
- 14 Lundström, C. (red); 2008. Verksamhet i AGROVÄST-projektet Precisionsodling Sverige, POS, 2007.
- 13 Börjesson, T., Lorén, N., Larsolle, A., Söderström, M., Nilsson, J. och Nissen, K. 2008. Bildanalys som redskap för platsspecifik ogräsbekämpning.
- 12 Söderström, M, 2008. PrecisionWizard 3 – hantera precisionsodlingsdata och gör egna styrfiler till Farm Site Mate och Yara N-Sensor.
- 11 Söderström, M., Gruvaeus, I. och Wijkmark, L., 2008. Gammastrålningsmätning för detaljerad kartering av jordarter inom fält.
- 10 Söderström, M., Wijkmark, L., Martinsson, J. och Nissen, K., 2008. Avstånd mellan körspår – en jämförelse mellan traditionell spårmarkör och autostyrning med GPS.
- 9 Delin, S.(red.), 2007. Verksamhet i AGROVÄST-projektet Precisionsodling Sverige, POS, 2006
- 8 Engström, L., Börjesson, T och Lindén, B. 2007. Beståndstäthet tidigt på våren i höstvetete – samband med skörd, topografi, förrådskalium och biomassa (Yara N-sensor- och NIR-mätningar)
- 7 Söderström, M., och Nissen, K., 2006. Insamling av GIS-data och navigering med GPS.
- 6 Söderström, M., 2006. PrecisionWizard - Gör styrfiler till FarmSiteMate och Yara N-sensor.
- 5 Delin, S.(red.), 2006. Dokumentation från seminariet ”Precisionsodling - avstämning av verksamhet och vision hos olika aktörer”, Skara den 19 april 2006.
- 4 Delin, S.(red.), 2006. Verksamhetsberättelse för Precisionsodling Sverige, POS, 2005.
- 3 Delin, S. 2005. Verksamhetsberättelse för Precisionsodling Sverige (POS) 2003-2004.
- 2 Börjesson, T., Åstrand, B., Engström, L. och Lindén, B., 2005. Bildanalys för att beskriva beståndsstatus i höstraps och höstvetete och ogräsförekomst i vårsäd.
- 1 Nyberg, A., Börjesson, T. och Gustavsson, A-M., 2004. Bildanalys för bedömning av klöverandel i vallar – Utvärdering av TrefoilAnalysis.

Förteckning över rapporter utgivna av Institutionen för jordbruksvetenskap Skara i serien *Precisionsodling Sverige, Tekniska rapporter (ISSN:1651-2804)*:

1. Börjesson, T, Ivarsson, K., Engquist, A., Wikström, L. 2002. Kvalitetsprognoser för brödvete och malkorn med reflektansmätning i växande gröda.
2. Börjesson, T., Nyberg, A., Stenberg, M. och Wetterlind, J. 2002. Handburen Hydro sensor i vall -prediktering av torrsubstansavkastning och kvalitetsegenskaper.
3. Söderström, M. (red.). 2003. Precisionsodling Sverige 2002, Verksamhetsberättelse från arbetsgrupperna.
4. Jonsson, A. och Söderström, M. 2003. Precisionsodling - vad är det?
5. Nyberg, A., Lindén, B., Wetterlind, J. och Börjesson, T. 2003. Precisionsodling av vall: Mätningar med en handburensensor i vallförsök med nötflytgödsel på Tubbetorp i Västergötland, 2002.
6. Nyberg, A., Stenberg, M., Börjesson, T. och Stenberg, B. 2003. Precisionsodling av vall: Mätningar i växande vall med ett bärbart NIR-instrument – en pilotstudie.

Förteckning över rapporter utgivna av Institutionen för jordbruksvetenskap Skara i serien *Precisionsodling i Väst, Tekniska rapporter:*

1. Rapport från en studieresa till norra Tyskland.
2. Thylén, L & Algerbo, P-A. Teknik för växtplatsanpassad odling.
3. Seminarium och utställning i Skara den 10 mars 1998.
4. Delin, S. 2000. Hantering av geografiska data inom ett jordbruksfält.
5. Lundström, C. Delin, S. och Nissen, K. 2000. Precisionsodling - teknik och möjligheter.

AGROVÄST-projektet *Precisionsodling Sverige* syftar till att utveckla och tillämpa användbara metoder inom precisionsodlingen till nytta för det praktiska jordbruket.

I projektet arbetas med precisionsodling i form av utvärdering och tolkning av samt teknik för markkartering, kalkning, gödning, bestämning av mark- och grödegenskaper, växtskydd samt miljöeffekter av precisionsodling.

Projektet genomförs i ett samarbete mellan bl.a. Lantmännen AB, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Yara AB, hushållningssällskap, Greppa Näringen och Institutet för jordbruks- och miljöteknik (JTI).

Distribution:

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för mark och miljö
Box 234
532 23 Skara
Tel. 0511-670 00

Internet: <http://www.slu.se/mark>
<http://www.agrovast.se/precision>
<http://www.precisionskolan.se>