

## SLUTRAPPORT, SLF-PROJEKT H0833520

### BESTÄMNING AV VÄXTPLATSANPASSAD KVÄVEGIVA BASERAD PÅ N-SENSOR OCH SIMULERINGSMODELL

Anders Larsolle, SLU, institutionen för energi och teknik

#### Material and metoder

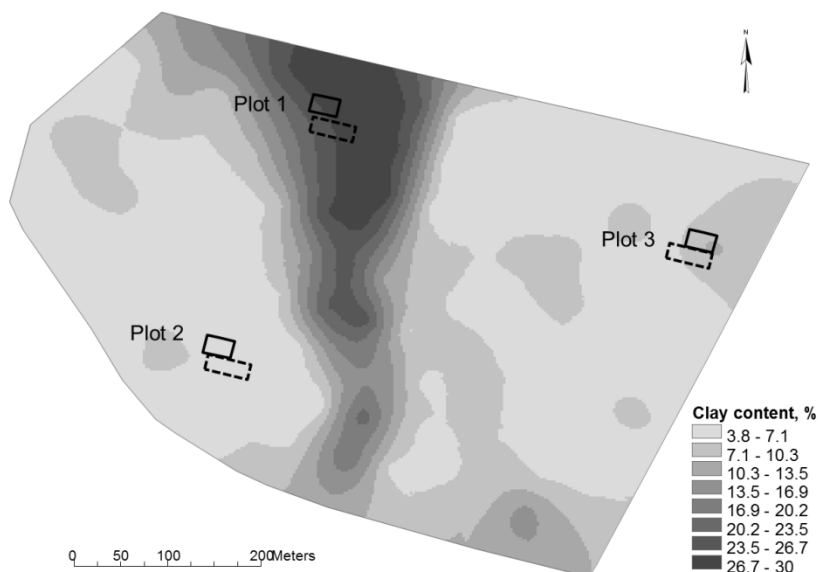
##### Fältförsök

Fältförsök utfördes år 2010 och 2011 i ett fält på Bjertorps egendom, Västergötland (N 58° 15,7 E 13° 6,7). Försöket bestod av kvävestegar i 3 storrutor utplacerade ut på tre platser över fältet med olika jordart (se figur 1, Plot 1 - 3).

För simuleringar användes dagliga väderdata:

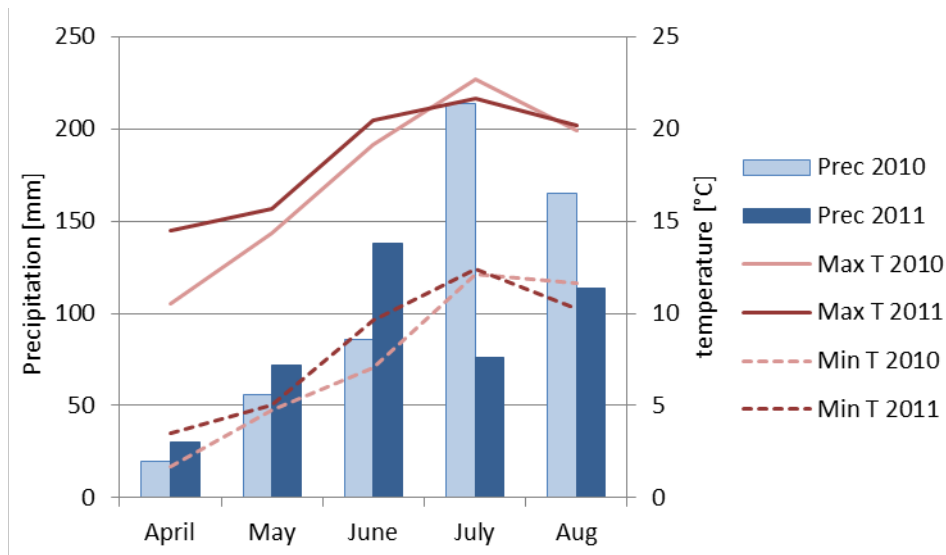
- max. och min.-temperatur över dygnet °C
- nederbörd mm
- global solinstrålning MJ m<sup>2</sup>

Under växtodlingssäsongen (sådd till skörd) 2010 och 2011 användes en väderstation för att insamla dagliga väderdata. Övrig tid under året användes skattade solinstrålningsdata från Strång-modellen (SMHI) och temperatur and nederbörd från LantMet (SLU). Se sammanfattning av väderdata i figur 2



Figur 1. Utläggning av försöket

År 2010 såddes vårkorn (sort Mercada) och inför 2011 såddes Rågvete (sort Empero). Fältförsöket bestod av olika kvävegivor (N). Kvävegödsling utfördes under två tillfällen. En tidigt på våren och en senare under våren/försommaren. De totala N-givorna var 0, 67, 95, 123 och 151 kg N/ha år 2010 och 0, 80, 120, 160 och 200 kg N/ha år 2011. I var och en av de tre storrutorna över fältet användes 3 upprepningar vilket gav sammanlagt 15 försöksrutor i varje storruta. Datum för sådd, gödsling, provtagning och skörd visas i tabell 1. N-givor med ledbeteckningar sammanfattas i tabell 2.



Figur 2. Sammanfattning av väderdata över försöksfältet under 2010 och 2011

Tabell 1. Data över försöken år 2010 och 2011

	2010	2011
Gröda	Vårkorn (Mercada)	Rågvete (Empero)
Sådd	16/4 2010	6/9 2010
Gödslingsdatum 1	16/4	12/4
Gödslingsdatum 2	2/6	6/5
Reflektansmätningar (N-sensor)	1. 27/5, DC14 2. 2/6, DC22. 3. 15/6, DC37. 4. 22/6, DC43.	1. 5/5, DC30-32.
Mineralkväveanalyser, jord	1. 14/4 2. 2-3/9	1. 11/4 2. 26/8
Skörd	2/9	16/8

Table 2. N-givor 2010 and 2011

	2010 (Vårkorn, Mercada)			2011 (Rågvete, Empero)		
	16/4	2/6	Totalt	12/4	6/5	Totalt
A	0	0	0	0	0	0
B	67	0	67	80	0	80
C	67	28	95	80	40	120
D	67	56	123	80	80	160
E	67	84	151	80	120	200

### **Reflektansmätningar och spektrala index**

Mätningar av hyperspektral reflektans utfördes 2010 och 2011 med en handburen spektrometer från Yara (Yara N-sensor). Instrumentet mätte reflektans från 400 till 1000 nm, totalt 61 våglängdsband.

Samband mellan N-status i en gröda och reflektans har rapporterats av bl.a. Eitel m.fl. (2007, 2008) och Herrmann (2010). Korrelation med uppmätt klorofyllkoncentration har påvisats för flera index och för kombinationer av index. Ett flertal av dessa index (beräknade från reflektansmätningarna) utvärderades mot N-status enligt simuleringsmodellen (se nedan). I denna rapport redovisas resultat med indexet MCARI, Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index (se t.ex. Eitel m.fl., 2007):

$$MCARI = (R_{700} - R_{670} - 0.2)(R_{700} - R_{550}) R_{700} / R_{670} \quad [1]$$

där  $R_z$  är reflektansen i våglängdsbandet kring  $z$  nm.

### **Simulering med tillväxtmodell**

Modellen som användes för att simulera tillväxt av en stråsådesgröda i denna studie var Sirius (Jamieson m.fl., 1998ab; Jamieson och Semenov, 2000; Semenov m.fl., 2007, 2009; Brooks, 2000; Lawless, 2005). Modellen implementerades i MS Visual © C++ och Matlab © med hjälp av källkod som en av upphovsmännen (Michael Semenov) vänligen har delat med sig av.

Sirius är en simuleringsmodell för vete som simulerar daglig tillväxt genom absorption av solinstrålning. Bladyteindex (LAI) beräknas från ackumulerade graddagar. LAI påverkas av vatten och N-tillgång. En av fördelarna med Sirius är att den simulerar daglig tillväxt i en gröda utan att vara någon av de mest komplexa.

### **N-status**

Sirius användes för att simulera grödans N-status. De mest uppenbara parametrar för att skatta grödans N-status i Sirius är "CropN" som beskriver grödans kväveinnehåll, och "Biomass" som anger mängden ovanjordisk plantmassa. Ingen av dessa parametrar kunde dock användas för att beskriva N-status i grödan. Varken "CropN" eller "Biomass" uppvisade några som helst skillnader för datum för gödslingstillfälle 2, varken för 2010 eller 2011 års försök. Istället användes en parameter i Sirius som kallas "AvN". Denna parameter anger mängden växttillgängligt mineralkväve i jordprofilen. Som en skattning av grödans tillväxtförhållanden användes den ackumulerade summan av AvN från sådd fram till avläsningsdatumet vid datum för gödsling nr2 den 2/6 2010 och 5/5 2011.

### **Korrigerig av N-status**

Genom att använda skattningar av aktuell N-status i grödan vid gödslingstillfälle nr 2 skulle simulerad N-status kunna korrigeras. Fördelen är att eventuella ackumulerade fel i simuleringsmodellen rättas till. Man får en bättre förutsägelse av den slutliga skörden, även om man får göra en kvalificerad prognos av väderförhållandena fram till skörd.

Med tillväxtmodellen Sirius kan N-status (som här beräknas med hjälp av ackumulerad AvN) korrigeras genom att justera mängden mineralkväve  $N_i$  och mängden organsikt kväve i mark  $N_o$  vid sådd (simulerings startdatum). Genom att undersöka variationer i N-status (ackumulerad AvN i Sirius) kan man beräkna hur N-givan för att upprätthålla en viss skörd varierar.

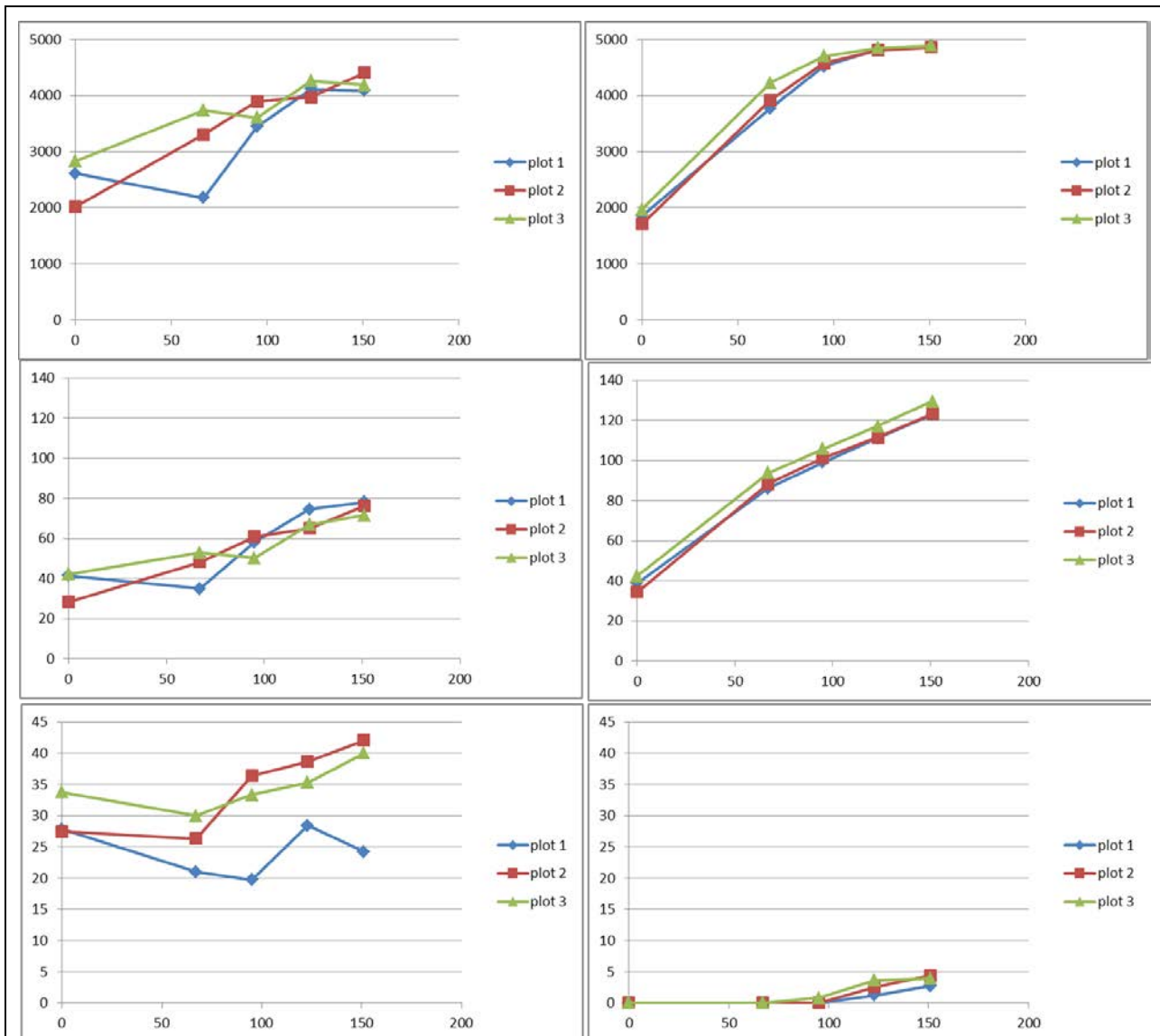
## **Resultat**

### **Skörd**

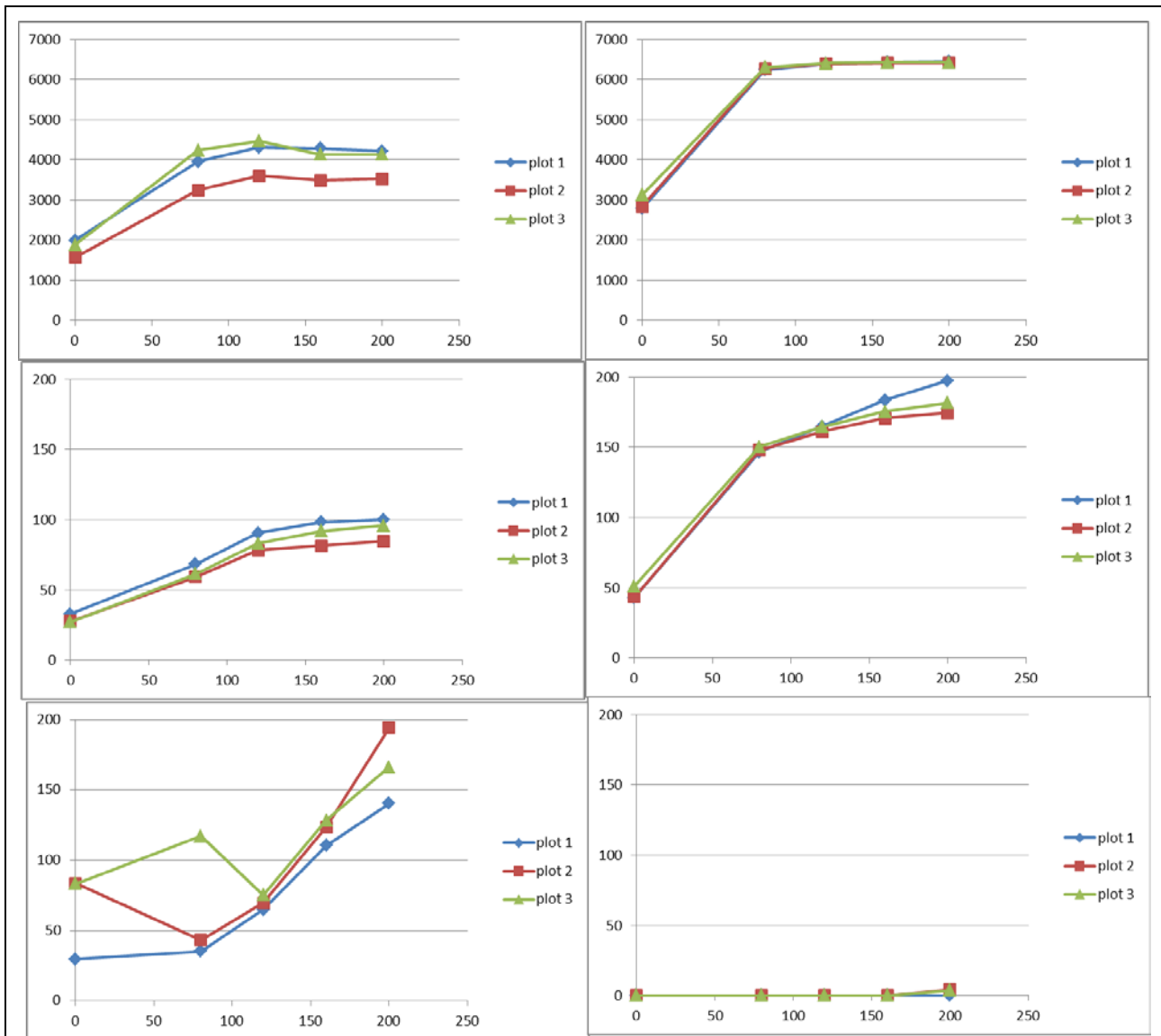
Skördedata från fältförsök och simuleringar visas i figur 3 och 4 för 2010 och 2011.

År 2010, med Vårkorn, underskattas den simulerade skörden för led A (N-giva 0 kg/ha) men överskattas för gödslade led (B,C,D,E) med ca 500-1000 kg/ha. Simulerad kväveskörd i nollrutorna (led A) simuleras ligga

på samma nivå som för skörderesultat, men överskattas i simuleringarna för övriga led. Mineralkväve i mark underskattas starkt. För 2011, med Rågvetete, överskattas skörden för alla led (med 1000-3000 kg/ha) och kväveskörden överskattas med ungefär dubbelt så mycket som observerade värden medan mineralkväve i mark är nästan noll.



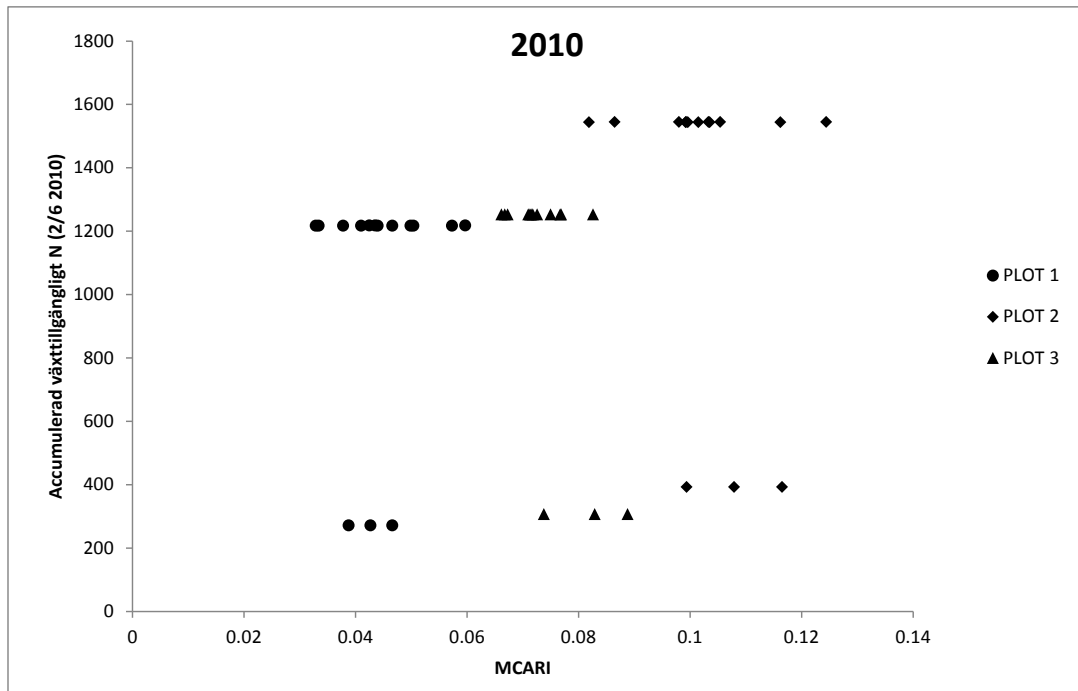
Figur 3. Data från fältförsök (höger kolumn) respektive simulerade värden (vänster kolumn) för 2010 (Vårkorn). Översta raden kärnskörd (kg TS/ha). Andra raden: skörd i kg N/ha. Nedersta raden: mineralkväve i mark efter skörd. Plot 1-3 är de tre storrutorna över fältet.



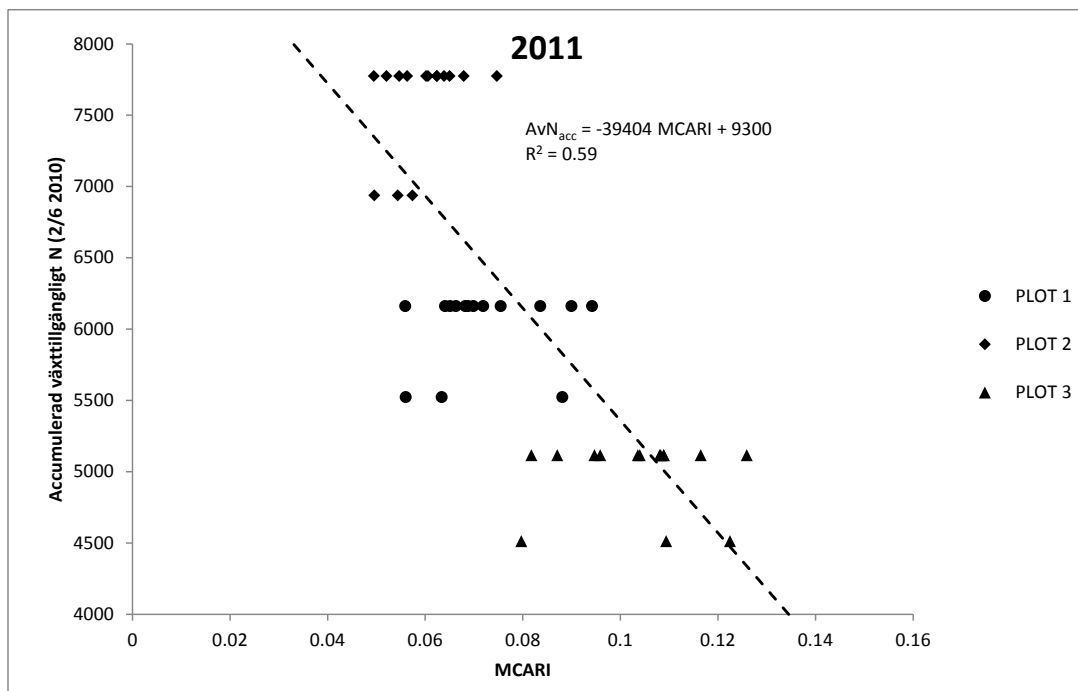
Figur 4. Data från fältförsök (höger kolumn) respektive simulerade värden (vänster kolumn) för 2011 (Rågvete). Översta raden kärnskörd (kg TS/ha). Andra raden: skörd i kg N/ha. Nedersta raden: mineralkväve i mark efter skörd. Plot 1-3 är de tre storrutorna över fältet.

### ***N-status***

Grödans N-status skattades med hjälp av den ackumulerade summan av växttillgängligt mineralkväve i jorden från sådd till gödslingsdatum nr 2, med hjälp av den simulerade parametern AvN i tillväxtmodellen Sirius. Ackumulerat AvN för alla storrutor (Plot 1-3) och alla rutor (15 st per storruta) tillsammans med MCARI för 2010 och 2011 visas i figur 5 och 6. År 2010 uppvisar inget samband mellan ackumulerat AvN och MCARI. År 2011 ses däremot ett samband mellan Ackumulerat AvN och MCARI. Detta negativa samband överensstämmer med tidigare studier (se ovan). En regressionslinje i figur 6 visar ett  $R^2$  kring 0.59.



Figur 5. Ackumulerat AvN (växttillgängligt kväve i jordprofilen) och reflektansindexet MCARI. Vårveete 2010.

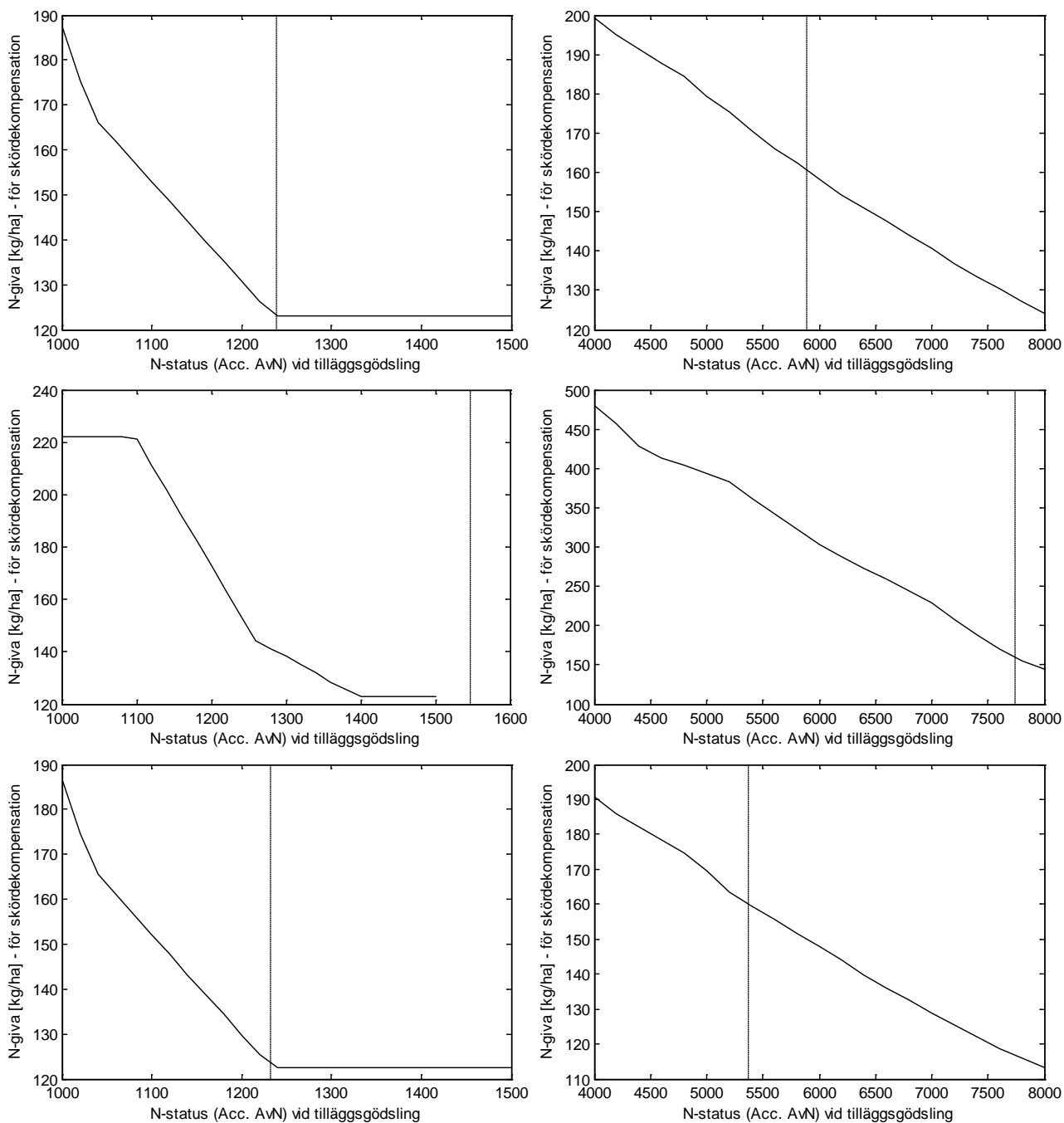


Figur 6. Ackumulerat AvN (växttillgängligt kväve i jordprofilen) och reflektansindexet MCARI. Rågvete 2011.

### Korrigerig av N-status

Figur 7 visar hur N-givan måste ändras för att upprätthålla skörden enligt de ursprungliga värdena på markens mineralkväve och organsikt kväve enligt jordprover. Den strecka vertikala linjen i respektive diagram anger markens uppmätta ursprungsstatus. Enligt simuleringarna för år 2010 måste man kompensera för låg N-status med i storleksordningen 50 % högre N-giva inom det undersökta intervallet. Intervallerna för ackumulerad AvN är tagna från simuleringar av aktuellt dataset (se figur 5 och 6). Ingen kompensering behövs för hög N-status 2010. Simuleringsmodellen gav helt enkelt inte högre skörd. Andra faktorer var

begränsande. År 2011 kan man å andra sidan se att N-givan kompenseras både uppåt och nedåt när N-statusen varierar.



Figur 7. Kompenserad N-giva för att behålla ursprunglig kärnskörd beroende på korrigerad N-status vid 2:a gödslingstillfället. Vänster kolumn är år 2010 och höger kolumn är 2011. Rad 1, 2, och 3 är motsvarande storrutor. Strecka vertikal linje är ursprungsläget enligt jordprov.

## Diskussion

Både reflektansmätningarna och simuleringarna uppvisade varierande resultat. Processer i gröda och mark är ganska invecklade. Det är möjligt att man får studera både Sirius och andra tillväxtmodeller för att komma vidare. Reflektansmätningar uppvisar inte sällan stora variationer när man försöker hitta samband med

egenskaper i mark och gröda. Utvecklingen går mot allt högre upplösningsgrad, men analysmetoderna utvecklas inte alltid i samma takt. Mer fokus behövs på analysidan.

Enligt simuleringarna i denna studie finns det en risk för både för höga och för låga N-givor. Nyckeln för att lösa detta är att mäta och simulera N-status i grödan. Det pågår forskning kring mätning av N-status. Det finns även produkter på marknaden för att mäta N-status online (t.ex. Yara N-sensor). Forskningsbehovet ligger på att simulera N-status i gröda och mark, och därigenom gå mot en hållbar intensifiering i jordbruksproduktionen. En generell lösning på dessa problem är till sist att samarbeta över disciplingränserna mellan mark-, växtproduktion- och teknikdiscipliner.

## Referenser

- Brooks RJ, Semenov MA & Jamieson PD (2000) Simplifying Sirius: sensitivity analysis and development of a meta-model for yield prediction *Europ J Agronomy*, 14:43-60
- Eitel JUH, Long DS, Gessler PE, Hunt ER (2008). Combined Spectral Index to Improve Ground-Based Estimates of Nitrogen Status in Dryland Wheat. *Agronomy Journal*, 100 1694-1702
- Eitel JUH, Long DS, Gessler PE, Smith AMS (2007) Using in-situ measurements to evaluate the new RapidEye™ satellite series for prediction of wheat nitrogen status. *International Journal of Remote Sensing*, 28 4183–4190
- Herrmann I, Karnieli A, Bonfil DJ, Cohen Y, Alchanatis V (2010). SWIR-based spectral indices for assessing nitrogen content in potato fields. *International Journal of Remote Sensing*, 31 5127–5143
- Jamieson PD, Brooking IR, Semenov MA & Porter JR (1998) Making sense of wheat development: mechanisms of response to daylength and temperature *Field Crops Research*,55:117-127
- Jamieson PD, Semenov MA (2000) Modelling nitrogen uptake and redistribution in wheat. *Field Crops Research*, 68:21-29
- Jamieson PD, Semenov MA, Brooking IR, Francis GS (1998) Sirius: a mechanistic model of wheat response to environmental variation. *Europ J Agronomy*, 8:161-179
- Lawless C, Semenov MA & Jamieson PD (2005) A wheat canopy model linking leaf area and phenology *Europ J Agronomy*, 22:19-32
- Semenov MA ,Jamieson PD & Martre P (2007) Deconvoluting nitrogen use efficiency in wheat: a simulation study, *Europ. J Agronomy*, 26:283-294
- Semenov MA, Martre P & Jamieson PD (2009) Quantifying effects of simple wheat traits on yield in water-limited environments using modelling approach. *Agric.Forest Meteorology*, 149:1095–1104