

## Platsspecifika riktgivor för kväve -lägesrapport 1 november 2013

### 1. Problemformulering

I nuläget görs fältförsök med flera kvävegödslingsnivåer, s.k. kvävestegar, för att ta fram funktioner för grödans avkastning i förhållande till mängden tillförd kväve. Dessa kväveresponskurvor möjliggör beräkning av den ekonomiskt optimala kvävegivan (Nopt) med hänsyn till aktuella priser på gödsel och spannmål. Man kan noggrant bestämma Nopt på den plats och för det år som försöket utförts. När man sedan ska gödsla utgår man från medelkurvor för regionen och den förväntade skördenivån samt justerar för förfrukt, mullhalt och stallgödelsespridning (Albertsson, 2012), samt lantbrukarens och rådgivarens erfarenhet. Medelkurvorna baseras på flera års fältförsök. Eftersom grödans kväverespons inte är generell utan skiljer sig mellan olika platser och mellan olika år kan felet i det enskilda fallet bli stort. Syftet med projektet är därför att koppla ett stort antal kvävegödslingsförsök till platsspecifika väder- och jordartsdata för att med hjälp av datautvinning (eng: *data mining*) ta fram modeller som kan förbättra uppskattningen av Nopt lokalt.

### 2. Lägesbeskrivning

Projektets första år fokuserade på höstvetete (*Triticum aestivum* L.). En slutsats från arbetet med höstvetete var ändå att man faktiskt kan ta fram platsspecifika riktgivor som är bättre än dagens riktlinjer, med avseende på både ekonomiskt utbyte och kväveeffektivitet (det sistnämnda var dock inte statistiskt signifikant). Den bästa modellen för Nopt baserades på platsspecifika värden för lerhalt, mullhalt, skörd och kväveleverans från marken. Att använda väderdata i den här typen av *data mining*-modeller var dock inte framgångsrikt.

Under projektets andra år (2013) fokuseras arbetet på vårkorn (*Hordeum vulgare* L.). Hittills har data sammanställts och prediktionsmodeller för Nopt har kalibrerats och validerats. Resultaten visar dock att det framför allt är två faktorer som är viktiga för att man ska kunna göra en korrekt uppskattning av Nopt. Det är skördepotentialen (mätt som skörden vid 300 kg N / ha för höstvetete och 180 kg N / ha för korn) samt bördighet utan gödsling (mätt som skörd i nollrutor, dvs försöksrutor som inte tillförts något kvävegödsel). Nationella modeller för Nopt, som baseras på dessa två faktorer, har kalibrerats och validerats med goda resultat, både för höstvetete och för vårkorn. För att man i praktiken ska få en hög precision i sin kvävegödsling räcker det dock inte att modellen för att bestämma Nopt är bra. Det krävs också att man vid tidpunkten för gödsling kan göra en bra uppskattning av både skördepotentialen och markens inneboende bördighet, det vill säga den information som beräkningsmodellen för Nopt kräver. Under projektets första år visade en känslighetsanalys att man kan använda en optisk sensor (Yara N-sensor) i nollrutor för att uppskatta markens kväveleverans med rimliga felmarginaler. Det resterande arbetet i projektet beskrivs i avsnitt 7.

### 3. Sammanställning av data

Försöksdata har hämtats ur SLU fältforsks försöksdatabas. På samma sätt som för höstvetete gjordes ett urval av data. Kriterierna för att ta med ett försök i datasetet var:

- Att försöket kunde positionsbestämmas, antingen genom att det fanns GPS-koordinater i databasen eller att det gick att positionera med tillräcklig noggrannhet utifrån kartan på fältkortet.
- Att det fanns information om ler- och mullhalt. Där inte dessa uppgifter fanns med i databasen kompletterades med uppgifter från resultatblanketten.
- Att försöket hade minst fyra kvävenivåer.
- Att försökets ekonomiskt optimala kvävegiva, beräknad utifrån ett andragradspolynom för skördens kväverespons och en priskvot på 10 mellan tillfört kväve och producerad spannmål, var större än noll och mindre än försökets maximala kvävegiva.

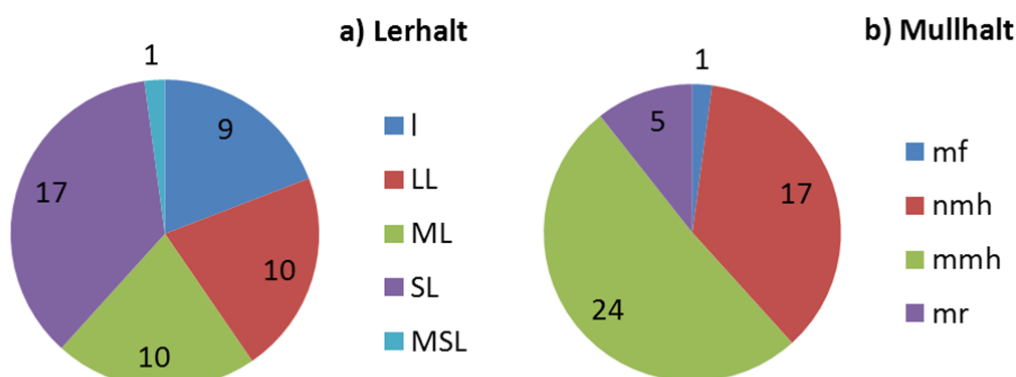
Det blev allt som allt 47 kvävegödslingsförsök i korn som uppfyllde kriterierna. Dessa kopplades via sina koordinater till väderdata från SMHIs Luftwebb (<http://luftwebb.smhi.se/>). Det är en webbtjänst som tillhandahåller historiska väderdata (från 1961 och framåt), som är interpolerade till ett rutnät med 4 km upplösning. Dygnsvis värden för temperatur och nederbörd plockades ut. Från dessa beräknades temperatursumma ( $>5^{\circ}\text{C}$ ) från sådd till 31 maj och nederbörd från sådd till 31 maj. Den sista maj är tänkt att motsvara datum för kvävegödsling. Mängden absorberad strålning under säsongen har under givna förutsättningar ett starkt samband med den totala biomassaproduktionen. Därför plockades fotosyntetiskt aktiv strålning (PAR) ut från Strång, en modell för spatial prediktion av instrålning som tillhandahålls av SMHI och Naturvårdsverket (<http://strang.smhi.se/>).

#### 4. Beskrivande statistik

När det gäller jordart fördelar sig de utvalda försöken relativt jämnt mellan lerhaltsklasserna förutom mycket styv lera, som är underrepresenterat (Figur 1 och Tabell 1.). När det gäller mullhalten är majoriteten av försöken utlagda på något mullhaltiga eller måttligt mullhaltiga jordar medan endast ett försök gjorts på mullfattig mark och fem försök gjorts på mullrik mark. Något försök från mycket mullrik mark finns inte med.

**Tabell 1.** Ler- och mullhaltsklasser enligt Eriksson et al. (2005).

Lerhaltsklass	Lerhalt (%)	Mullhaltsklass	Mullhalt (%)
Lerig (l)	5-15	Mullfattig (mf)	<2
Lättlera (LL)	15-25	Något mullhaltig (nmh)	2-3
Mellanlera (ML)	25-40	Måttligt mullhaltig (mmh)	3-6
Styv lera (SL)	40-60	Mullrik (mr)	6-12
Mycket styv lera (MSL)	>60	Mycket mullrik (mkt mr)	12-20



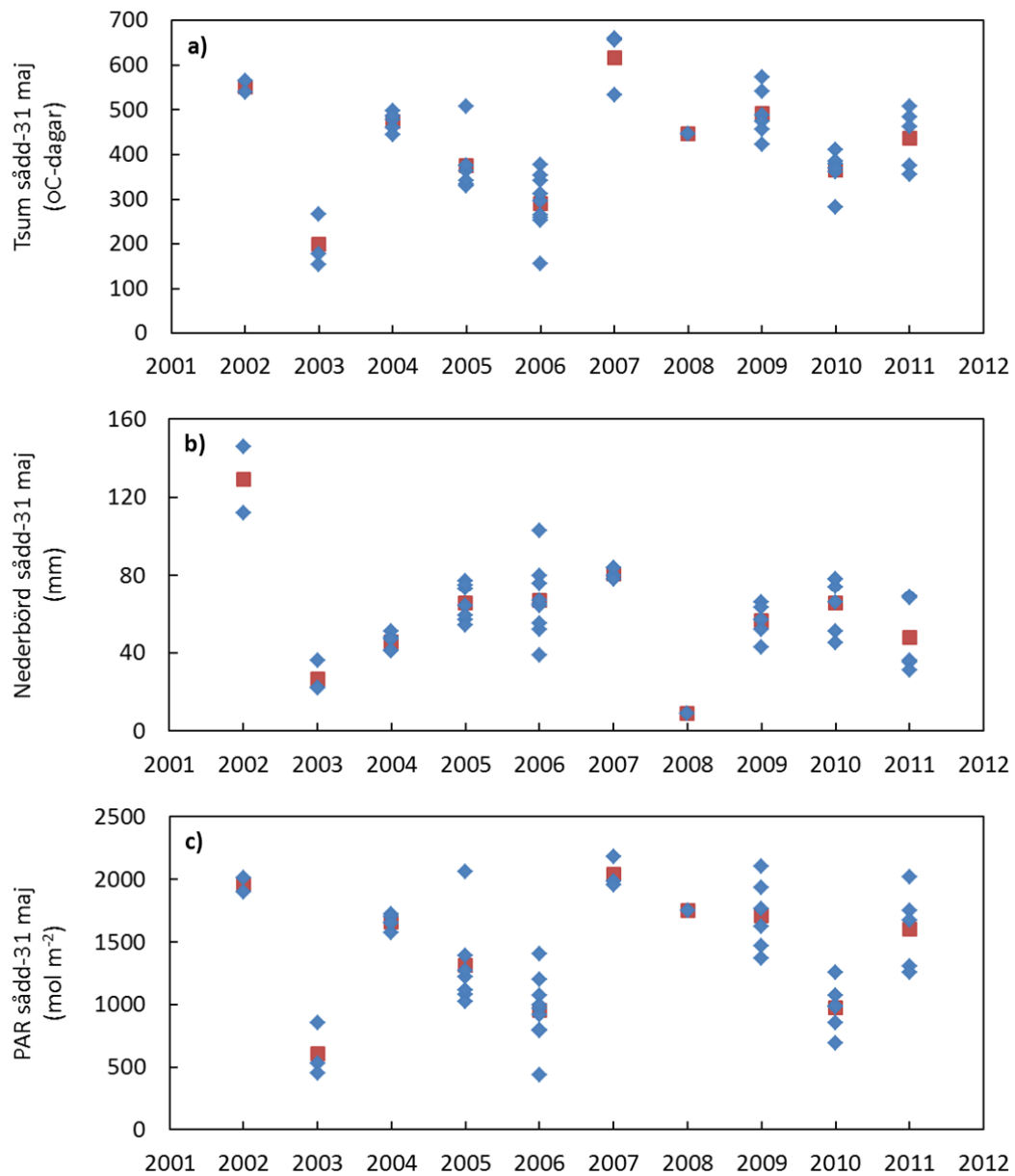
Figur 1. Fördelning av antalet försök mellan de olika a) lerhalts- och b) mullhaltsklasserna (Tabell 1). Siffrorna anger antal försök i varje klass.

De 47 försöken genomfördes under åren 2002-2011. Temperatursumma, nederbörd och PAR för perioden sådd - 31 maj visas dels per försök och dels som medelvärden per år i Figur 2. Man kan se att det är stor skillnad i samtliga variabler mellan olika år. Man kan också se att vissa år var det stor variation mellan försöken som utförts på olika platser i landet medan det andra år var mer jämnt. I Figur 3 visas motsvarande figurer för perioden från sådd till skörd. När det gäller Nederbörd (Figur 3b) ser man även här en stor variation mellan åren och mellan försöken. När det gäller temperatursumma, men även i viss grad PAR, ser man att det inte är lika uttalad variation, varken mellan försök eller mellan år. Det beror på att kornets utveckling är starkt kontrollerad av temperaturen och att det krävs en viss temperatursumma från sådd till mognad. Det är den temperatursumman man ser i diagrammet. Medeltemperaturen och tidsperioden kan dock skilja mellan försöken och åren (visas ej).

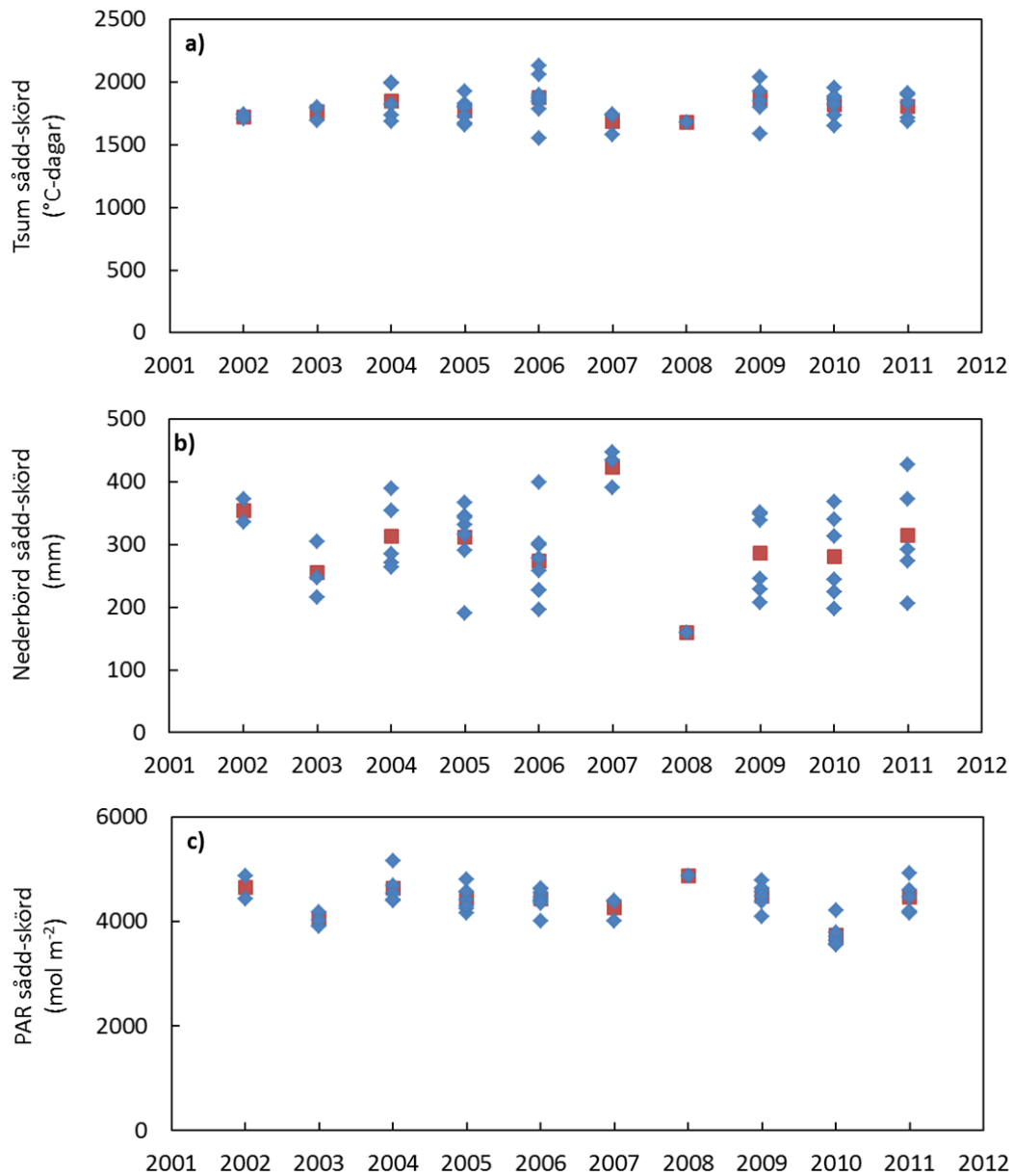
Första årets resultat visade vissa tendenser till att kväverepsonskurvans parametrar  $i$ ,  $j$  och  $k$  (Ekvation 1; skörden benämns  $y$  och tillförd mängd kväve benämns  $x$ ) skilde sig mellan de stora jordbruksområdena i Sverige. Figur 4 visar kartor med parametervärdena för korn. Nopt beräknades enligt ekvation 2 med en priskvot på 10.

$$y = i + jx + kx^2 \quad \text{Ekvation 1}$$

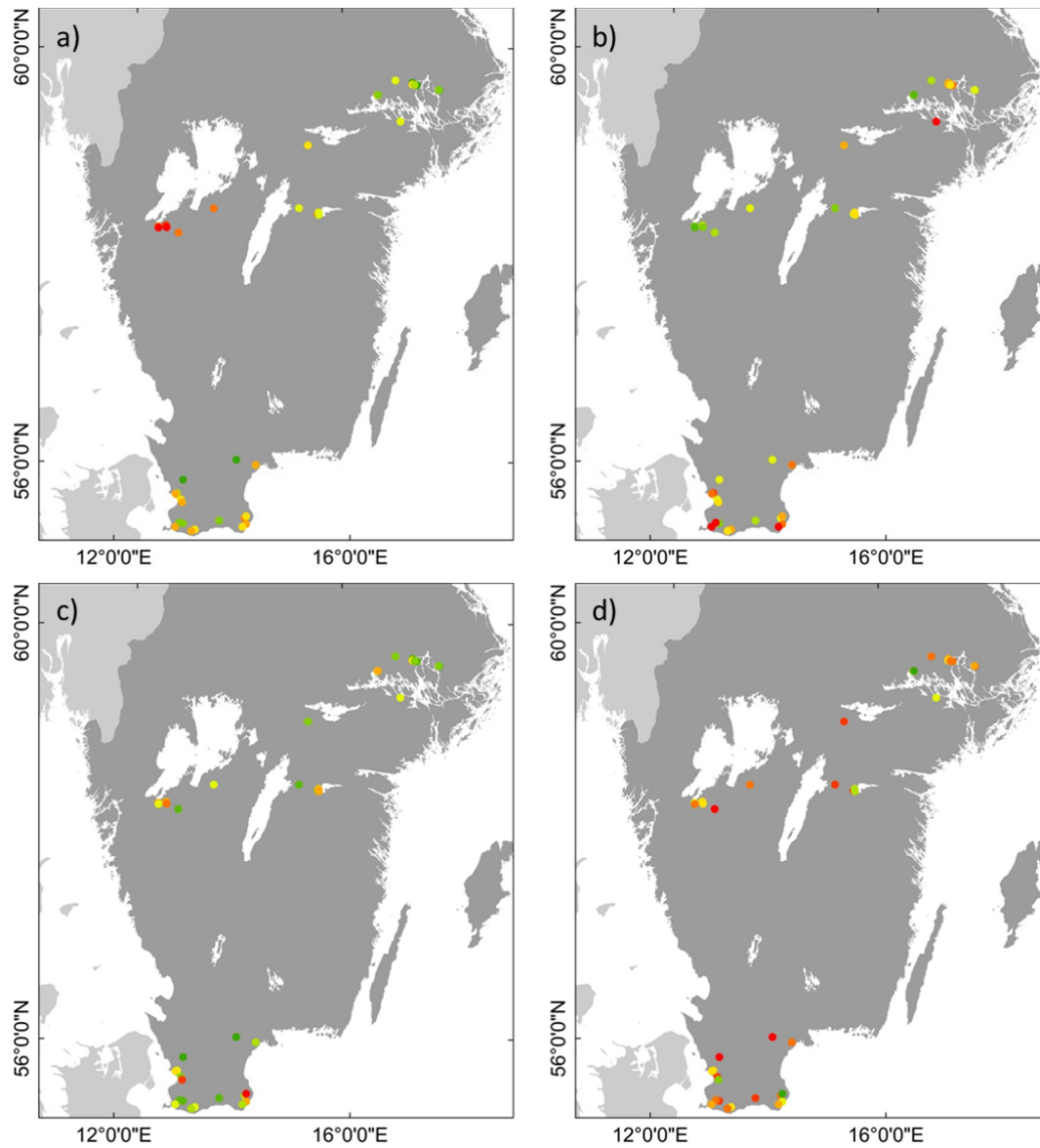
$$Nopt = \frac{\text{Priskvot} - j}{2k} \quad \text{Ekvation 2}$$



Figur 2. Väder från sådd till 31 maj. a) Temperatursumma  $> 5^{\circ}\text{C}$  (Tsum), b) nederbörd och c) fotosyntetiskt aktiv strålning (PAR). Blå diamanter visar värden för varje försök och röda kvadrater visar medelvärden per år.



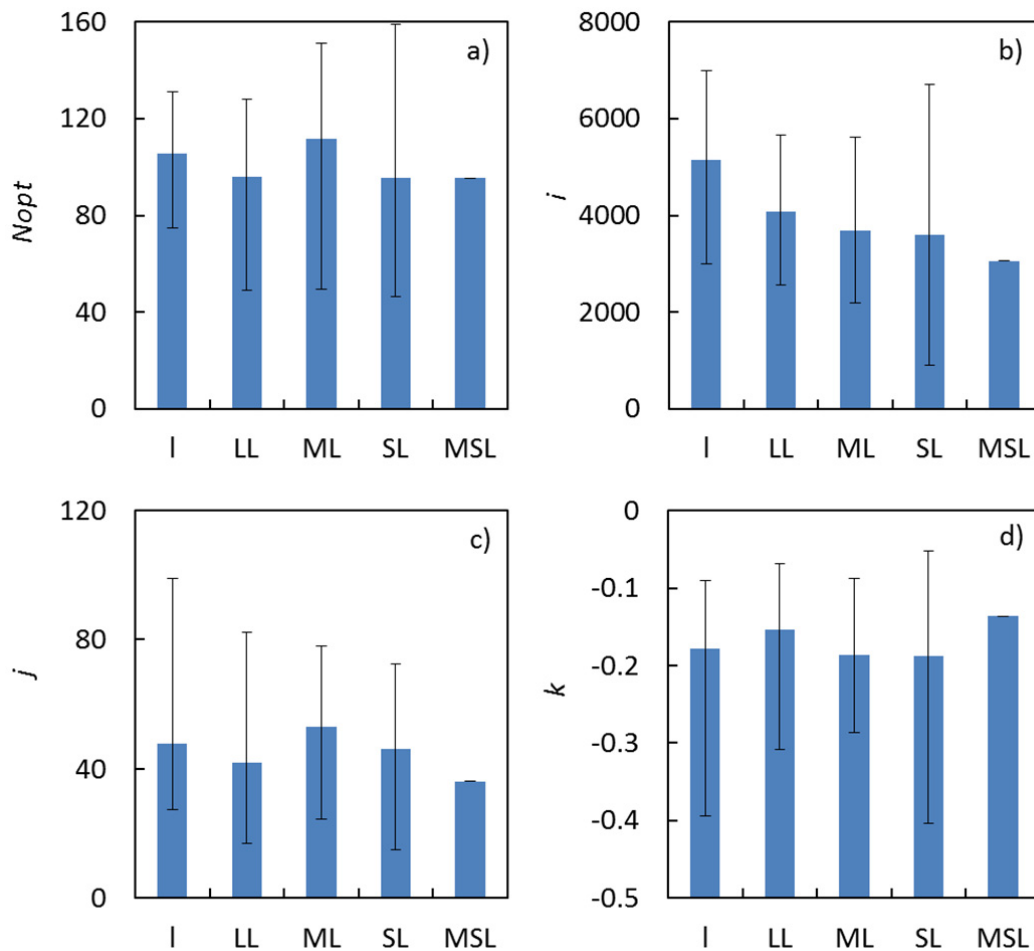
Figur 3. Väder från sådd till skörd. a) Temperatursumma  $> 5^{\circ}\text{C}$  (Tsum), b) nederbörd och c) fotosyntetiskt aktiv strålning (PAR). Blå diamanter visar värden för varje försök och röda kvadrater visar medelvärden per år.



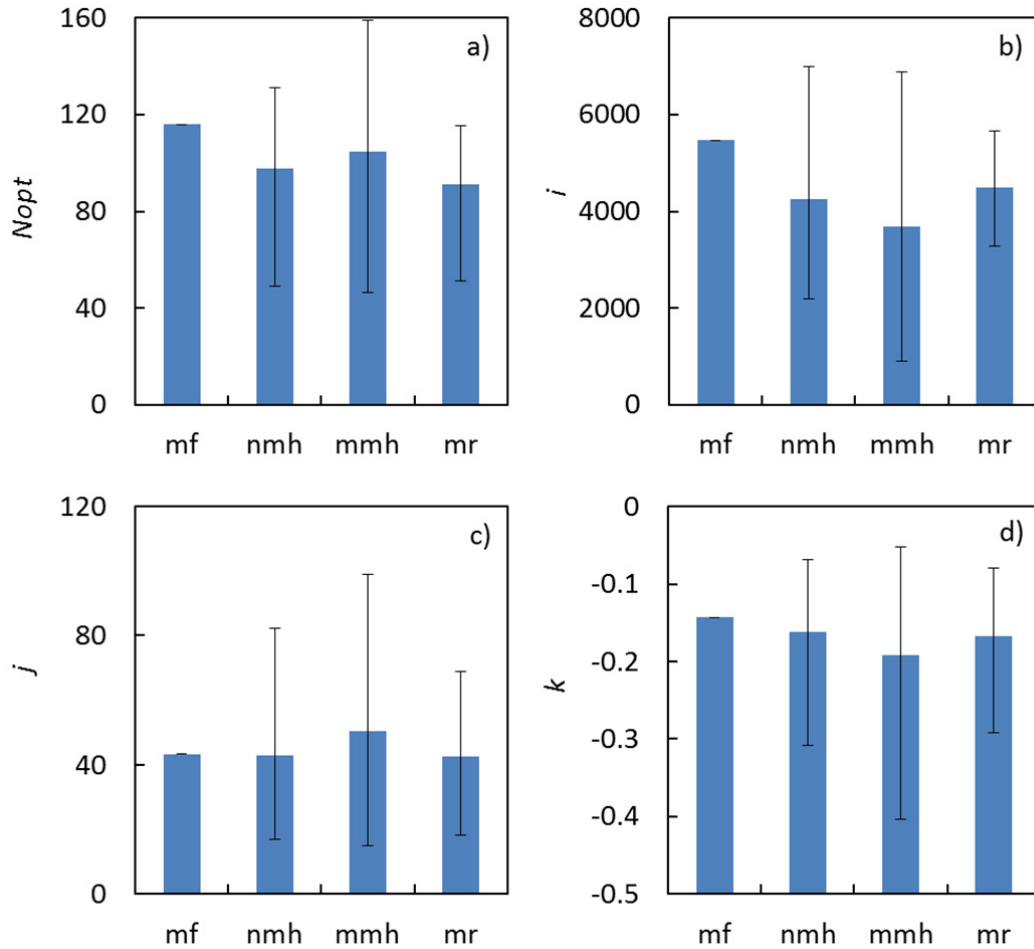
Figur 4. Kartor över a) ekonomiskt optimal kvävegiva samt produktionsfunktionernas parametrar, b) parameter i, c) parameter j och d) parameter k. Produktionsfunktionen, d.v.s. kväveresponskurvan är ett andragradspolynom, se ekvation 1. Rött visar höga värden och grönt visar låga värden.

I Figur 4a ser man en svag tendens till att  $N_{opt}$  skiljer sig mellan olika regioner. Man kan dock inte, som för höstvetete, skönja någon trend i parametervärdena mellan olika områden (Figur 4b-d). Dock är antalet försök litet och dessutom ligger försöken klustrade i jordbruksområdena.

När det gällde höstvetete kunde man även urskilja trender i hur produktionsfunktionerna parametrar i relation till lerhalt och mullhalt. Dessa trender avspeglade sig dock inte i någon enhetlig trend i  $N_{opt}$  i förhållande till ler- eller mullhalt. I Figur 5 visas  $N_{opt}$  samt parametrarna  $i$ ,  $j$  och  $k$  (Ekvation 1) för de olika lerhaltsklasserna. Parameter  $i$ , som är kurvans skärning med  $y$ -axeln, och därmed en skattning av skörden i nollrutor, visar en nedåtgående trend med stigande lerhalt men i övrigt ser man inga tydliga samband. Det gör man inte heller för mullhalten (Figur 6).



Figur 5. a) Ekonomiskt optimal kvävegiva ( $N_{opt}$ ) samt b-d) produktionsfunktionernas parametrar för de olika lerhaltsklasserna (Tabell1). Felstaplarna anger min och max.



Figur 6. a) Ekonomiskt optimal kvävegiva ( $N_{opt}$ ) samt b-d) produktionsfunktionernas parametrar för de olika mullhaltsklasserna (Tabell1). Felstaplarna anger min och max.

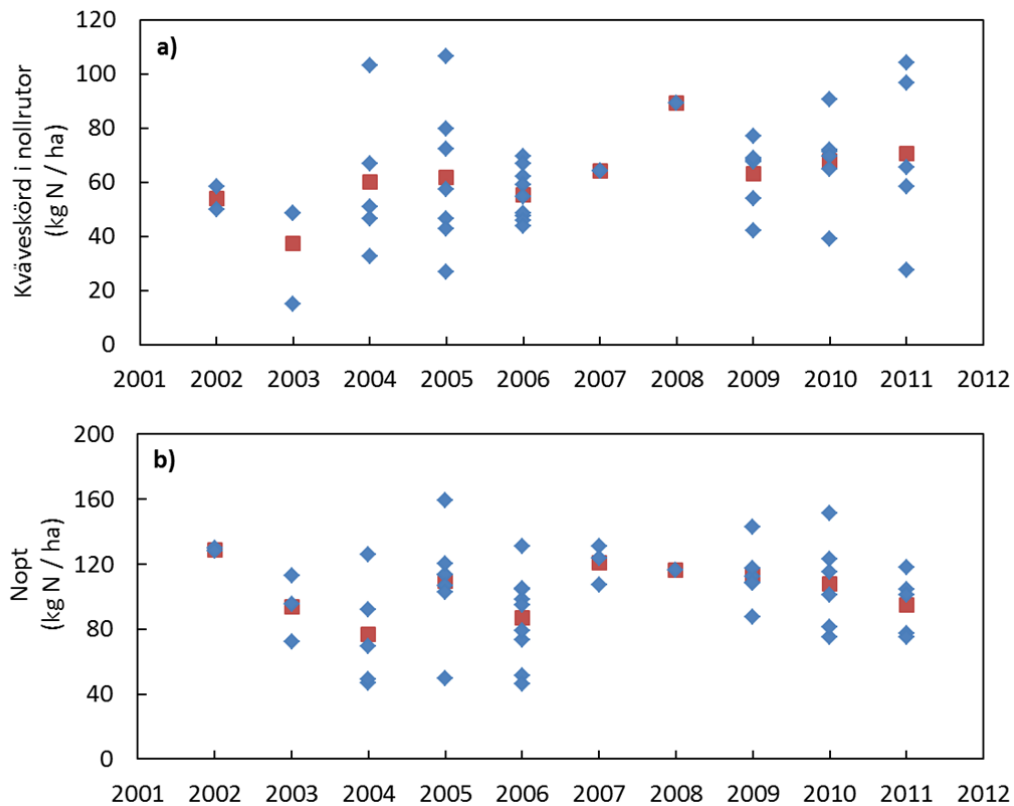
I Figur 7 kan man se variationen i kväveskörd i nollrutor. Kväveskörd i nollrutor kan anses motsvara markens kväveleverans och varierade mellan 15 kg N / ha och 107 kg N / ha, vilket bör ha en betydande effekt på  $N_{opt}$ .  $N_{opt}$  varierade mellan 46 kg N / ha och 159 kg N / ha (Figur 7b).

## 5. Data mining

Under projektets första år jämfördes flera olika *data mining*-metoder och slutsatsen blev att det var betydligt viktigare vilka indata man försåg modellen med än vilken typ av modell man använde. Därför valdes enbart den bästa prediktionsmodellen (*Multivariate adaptive regression splines*, MARSplines) ut för arbetet med korn och vi testade istället fler olika prediktorset. MARSplines är en metod som lämpar sig när man har många prediktorer. I princip delar man upp datarymden i flera mindre regioner. Inom varje region parameteriseras ett linjärt samband mellan responsvariabeln och en prediktor (en viktad s.k. basfunktion). Sedan summeras alla viktade basfunktioner samt utvalda parvisa interaktioner mellan dessa.



Under parametreringen väljs enbart de viktigaste prediktorerna ut och antalet basfunktioner begränsas för att undvika överanpassning. MARSplines-modellerna kalibrerades och tillämpades på valideringsdata med hjälp av paketet Earth i den fria statistikmjukvaran R (R Development Core Team, 2012).



Figur 7. a) Kväveskörd i nollrutor och b) ekonomiskt optimal kvävegiva ( $Nopt$ ). Blå diamanter visar värden för varje försök och röda kvadrater visar medelvärden per år.

När man kalibrerar en prediktionsmodell som t.ex. MARSplines, innebär det att modellens parametrar anpassas så att modellen på ett bra sätt förklarar väsentlig variation i kalibreringsdata. Innan man kan tillämpa en modell på oberoende data, d v s på andra platser och under andra år, måste modellen utvärderas. Därför undanhölls en del av det totala datasetet från kalibreringen för att kunna användas till validering av modellen. Detta görs i flera omgångar tills varje försök varit med i valideringen. För att valideringsdatasetet ska vara oberoende får inte försök från samma år eller samma plats vara med i både kalibrerings- och valideringsdataseten samtidigt. Vi gjorde en form av korsvalidering, där ett år undanhölls i taget. Eftersom försök ibland görs på samma gårdar såg vi även till att det aldrig samtidigt fanns försök i kalibrerings- och valideringsdatasetet som låg < 1 km från varandra (i 6 fall låg försöken så nära varandra).

Tabell 2. De elva olika uppsättningarna med prediktorer för ekonomiskt optimal kvävegiva. Markdata innebär ler- och mullhalt och väderdata innebär temperatursumma ( $> 5\text{ }^\circ\text{C}$ ), nederbörd och fotosyntetiskt aktiv strålning för perioden sådd-31 maj.  $Y_{opt}$  = skörd vid optimum,  $NY_0$  = kväveskörd i nollrutor,  $Y_0$  = skörd i nollrutor,  $Y_{160}$  = skörd vid 160 kg N / ha.

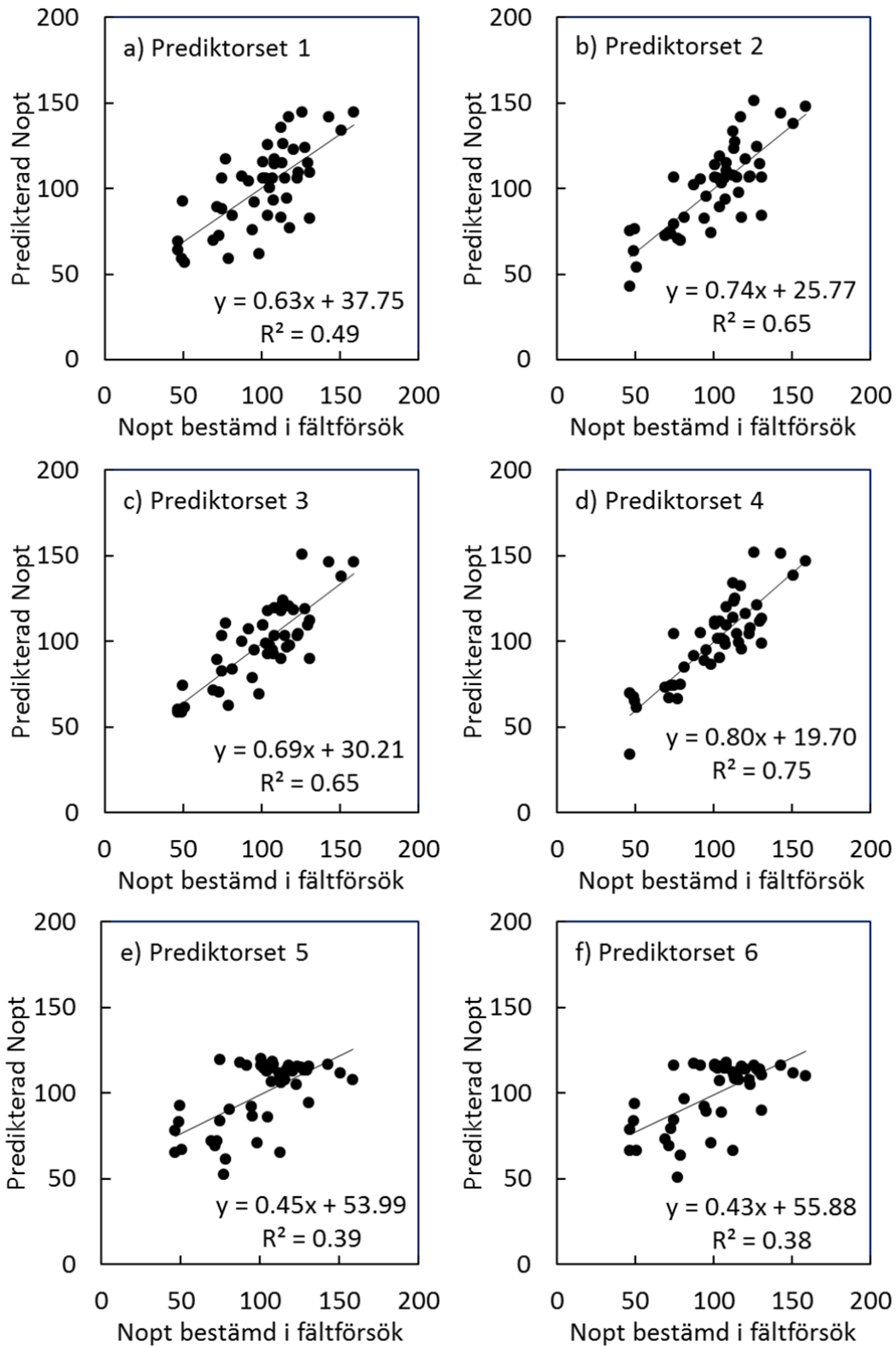
Dataset	Prediktorer
1	$Y_{opt}$ , $NY_0$
2	$Y_{160}$ , $NY_0$
3	$Y_{opt}$ , $Y_0$
4	$Y_{160}$ , $Y_0$
5	$Y_{160}$
6	$Y_{160}$ , mark
7	$Y_{160}$ , väder
8	$Y_{160}$ , koordinater
9	$Y_{160}$ , mark, väder, koordinater
10	$Y_{160}$ , $NY_0$ , mark, väder, koordinater

## 6. Preliminära resultat och diskussion

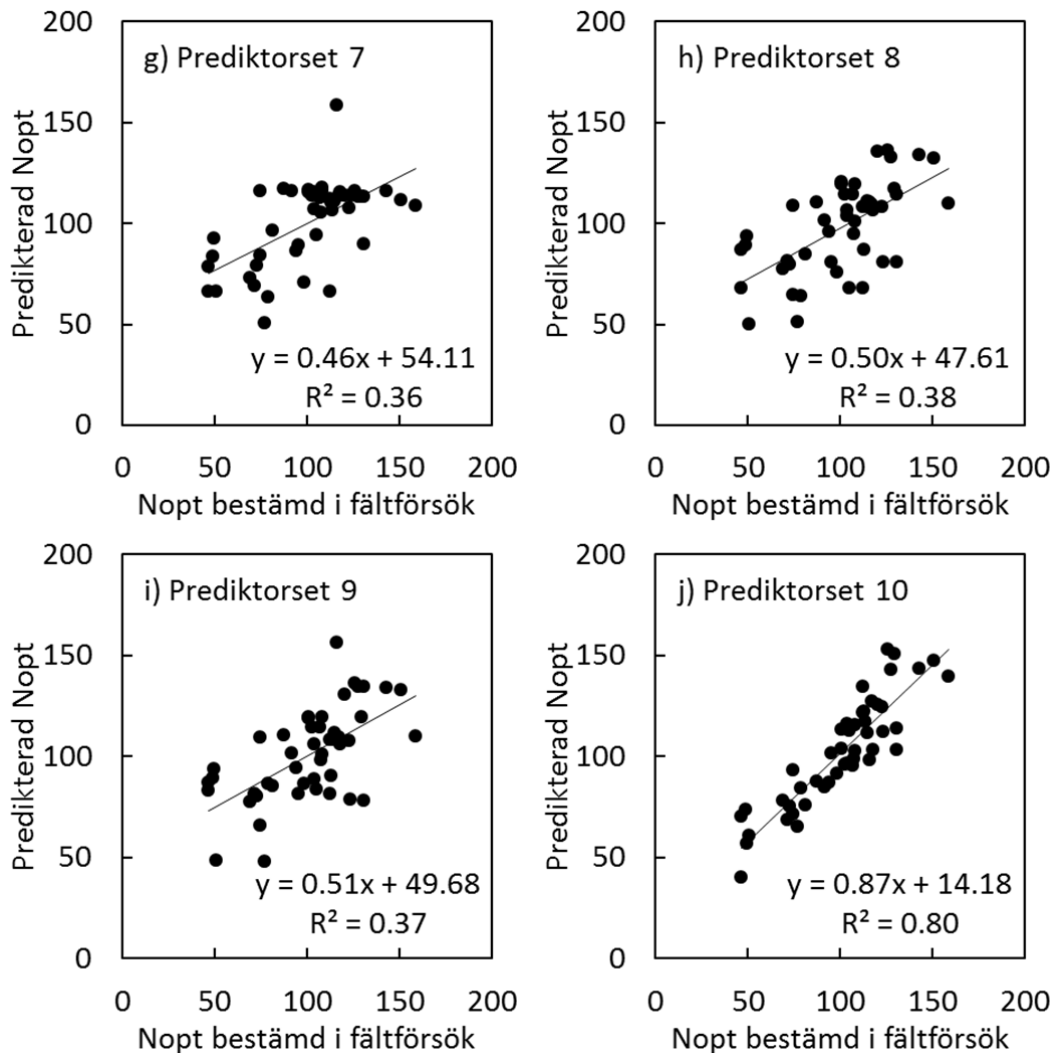
### *Empiriska modeller baserade på jordart väder och koordinater*

Figur 8 visar resultat för prediktionsmodeller för  $N_{opt}$  baserade på de tio olika prediktorseten (Tabell 2). Predikterade värden för  $N_{opt}$  är plottade mot verklig  $N_{opt}$ , d v s  $N_{opt}$  bestämd i fältförsök. Om man jämför Figur 8a med 8b och Figur 8c med 8d ser man prediktionerna blir mer tillförlitliga om man baserar dem på kväveskörd eller skörd i nollrutor tillsammans med skörd vid en bestämd hög giva (Figur 8b och 8d) jämfört med om man baserar den på kväveskörd eller skörd i nollrutor tillsammans med skörd vid  $N_{opt}$  (Figur 8a och 8c). Det är fördelaktigt eftersom det troligen är lättare att utveckla metoder att vid tidpunkten för gödsling uppskatta skörden vid gödsling med 160 kg N / ha än vid  $N_{opt}$ , som ju är olika för varje plats och år.

Om man sedan jämför Figur 8c med 8a och Figur 8d med 8b ser man att prediktionerna förbättras om man baserar prediktionen på skörd i nollrutor i kombination med skörd vid  $N_{opt}$  eller skörd vid 160 kg N / ha istället för kväveskörd i nollrutor i kombination med skörd vid  $N_{opt}$  eller skörd vid 160 kg N / ha.



Figur 8. Ekonomiskt optimal kvävegiva (Nopt) predikterad med MARSplines-modeller parametriserade för olika prediktorset (a-k), se Tabell 2. Fortsättning på nästa sida.



Figur 8. Forts från föregående sida.

Figur 8e visar att Nopt-prediktion enbart baserad på skördepotential, mätt som skörd vid 160 kg N / ha, inte fungerar särskilt väl och precisionen är i princip oförändrad om man lägger till information om marken (Figur 8e), vädret mellan sådd och 31 maj (Figur 8f), koordinater (Figur 8h) eller mark, väder och koordinater tillsammans (Figur 8i). Lägger man dessutom till kväveskörd i nollrutor till prediktorsetet (Prediktorset 10, Tabell 2) förbättras däremot resultatet avsevärt (Figur 8j). Prediktionerna i Figur 8j är också betydligt bättre än de i Figur 8b (Prediktorset 2, Tabell 2), vilket tyder på att mark, väder och koordinater kan förbättra prediktioner av Nopt men bara under förutsättning att man samtidigt har med nödvändig information om markens kväveleverans.

De modeller som tagits fram här kan anses vara både nationella och stabila över tid, då de är kalibrerade och validerade med data som representerar de största jordbruksområdena och som är korsvaliderade med data från oberoende platser och år. Modellen som baseras på skörd i nollrutor och skörd vid 160 kg N per hektar bör anses som bra (om den ger signifikant bättre ekonomiskt utbyte och kväveeffektivitet ska utvärderas i den kommande hypotestestningen).

Man kan fundera på om det skulle vara bättre för rådgivningen med enkla kvävestegar med enbart nollruta och 160 kg N / ha som läggs ut på ett stort antal platser (från vilka man predikterar  $N_{opt}$  med den här framtagna modellen) än med ett mindre antal kvävetegar med fler olika kvävegödslingsnivåer. Det förstnämnda bör ge något sämre uppskattning av  $N_{opt}$  på försöksplatserna med troligen en bättre uppskattning av  $N_{opt}$  i stort medan det sistnämnda ger mycket bra uppskattningar av  $N_{opt}$  på försöksplatserna men utan att representera hela jordbruksarealen lika bra.

### ***Enkla kvävestegar i kombination med modellberäkningar***

Eftersom information om markens bördighet (skörd i nollrutor) eller kväveleverans (kväveskörd i nollrutor) tillsammans med skördepotential (skörd vid gödsling med 260 kg N / ha för vete och 160 kg N / ha för korn) var det som visat sig fungera bäst för plats-specifik prediktion av  $N_{opt}$ , gick vi vidare och tittade på ett antal varianter. MARSplines-modeller kalibrerades och validerades på samma sätt som ovan för ett antal olika prediktorset (Tabell 3)

*Tabell 3. Prediktorset för modeller baserade på skörd vid två kävegödslingsnivåer.  $Y$  = skörd,  $NY$  = kväveskörd,  $N_{opt}$  = ekonomiskt optimal kvävegiva. Nedsänkta suffix indikerar gödslingsnivå i kg N / ha. Värden för skörd vid olika kävegödslingsnivåer har beräknats från försökens kväveresponskurvor.*

<b>Dataset</b>	<b>Prediktorer, höstvete</b>	<b>Prediktorer, korn</b>
1	$Y_0 + Y_{N_{opt}}$	$Y_0 + Y_{N_{opt}}$
2	$Y_0 + Y_{140}$	$Y_0 + Y_{240}$
3	$Y_0 + Y_{160}$	$Y_0 + Y_{260}$
4	$Y_0 + Y_{180}$	$Y_0 + Y_{280}$
5	$Y_0 + Y_{200}$	$Y_0 + Y_{300}$
6	$NY_0 + Y_{N_{opt}}$	$NY_0 + Y_{N_{opt}}$
7	$NY_0 + Y_{140}$	$NY_0 + Y_{240}$
8	$NY_0 + Y_{160}$	$NY_0 + Y_{260}$
9	$NY_0 + Y_{180}$	$NY_0 + Y_{280}$
10	$NY_0 + Y_{200}$	$NY_0 + Y_{300}$

Prediktionernas medelfel (Ekvation 3) och modellernas förklaringsgrad (Ekvation 4) presenteras i Tabell 4. I höstvete kunde  $N_{opt}$  bäst predikteras från skörd i nollrutor och skörd vid gödsling med 300 kg N / ha medan de bästa prediktionerna för  $N_{opt}$  i korn baserades på

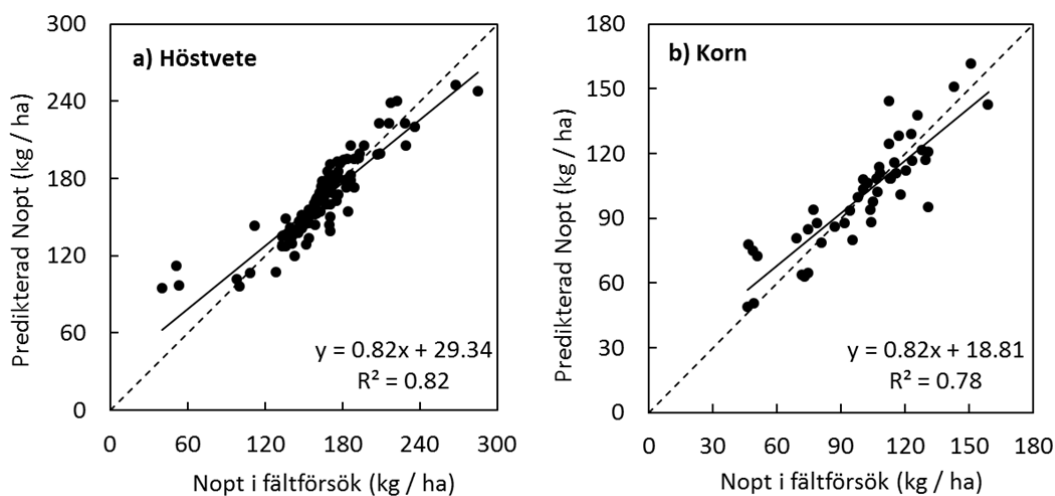
skörd i nollrutor och skörd vid gödsling med 180 kg N / ha. Nittiofem-percentilen för absolutfelet i dessa Nopt-prediktioner var är 31 kg N / ha för vete och 29 kg N / ha för korn (visas ej i tabellen), d v s man träffar i 95% av fallen inom detta intervall och i genomsnitt har man ett fel (MAE ; Tabell 4) på 11 respektive 10 kg N / ha för vete respektive korn. Predikterade värden för Nopt har för dessa prediktorset plottats mot Nopt bestämd i fältförsök (Figur 9). För dessa set togs även modeller baserade på alla data fram, alltså utan att undanhålla några försök för korsvalidering, som kan bör kunna användas för nya platser och år med den tillförlitlighet som anges ovan. Ekvationer för beräkning av Nopt presenteras i Ekvation 5-6 och modellerna visualiseras i Figur 10.

*Tabell 4. Validering av prediktionsmodeller för ekonomiskt optimal kvävegiva. Prediktorseten redovisas i Tabell 3. MAE = absolut medelfel (eng: mean absolute error), ME = modellernas förklaringsgrad (eng: modelling efficiency). Värden inom parentes har beräknats utan ett försök som var starkt avvikande.*

<b>Prediktor set</b>	<b>MAE</b>	<b>ME</b>	<b>Predictor set</b>	<b>MAE</b>	<b>ME</b>
<i>Höstvete</i>			<i>Höstvete</i>		
Set 1	15.5 (15.5)	0.84 (0.84)	Set 6	16.1 (16.1)	0.82 (0.82)
Set 2	15.4 (15.4)	0.82 (0.82)	Set 7	16.0 (16.0)	0.81 (0.81)
Set 3	13.0 (13.0)	0.85 (0.86)	Set 8	13.8 (13.8)	0.84 (0.84)
Set 4	11.5 (11.5)	0.85 (0.87)	Set 9	14.8 (14.8)	0.83 (0.84)
Set 5	<b>11.0 (11.0)</b>	<b>0.86 (0.90)</b>	Set 10	12.5 (12.5)	0.87 (0.89)
<i>Korn</i>			<i>Korn</i>		
Set 1	13.5	0.79	Set 6	16.0	0.70
Set 2	13.0	0.82	Set 7	13.6	0.76
Set 3	11.3	0.86	Set 8	12.6	0.80
Set 4	<b>9.9</b>	<b>0.88</b>	Set 9	11.0	0.85
Set 5	13.6	0.77	Set 10	13.1	0.76

$$MAE = \frac{\sum \text{abs}(\text{observerat värde} - \text{predikterat värde})}{n} \quad \text{Ekvation 3}$$

$$ME = 1 - \frac{\sum (\text{observerat värde} - \text{predikterat värde})^2}{\sum (\text{observerat värde} - \text{observerat medelvärde})^2} \quad \text{Ekvation 4}$$



Figur 9. Predikterad ekonomiskt optimal kvävegiva (Nopt) plottad mot Nopt bestämd i fältförsök från korsvalidering av MARSplines-modeller baserade på a) prediktorset 5 i höstvetete och b) prediktorset 4 i korn (se Tabell 4).

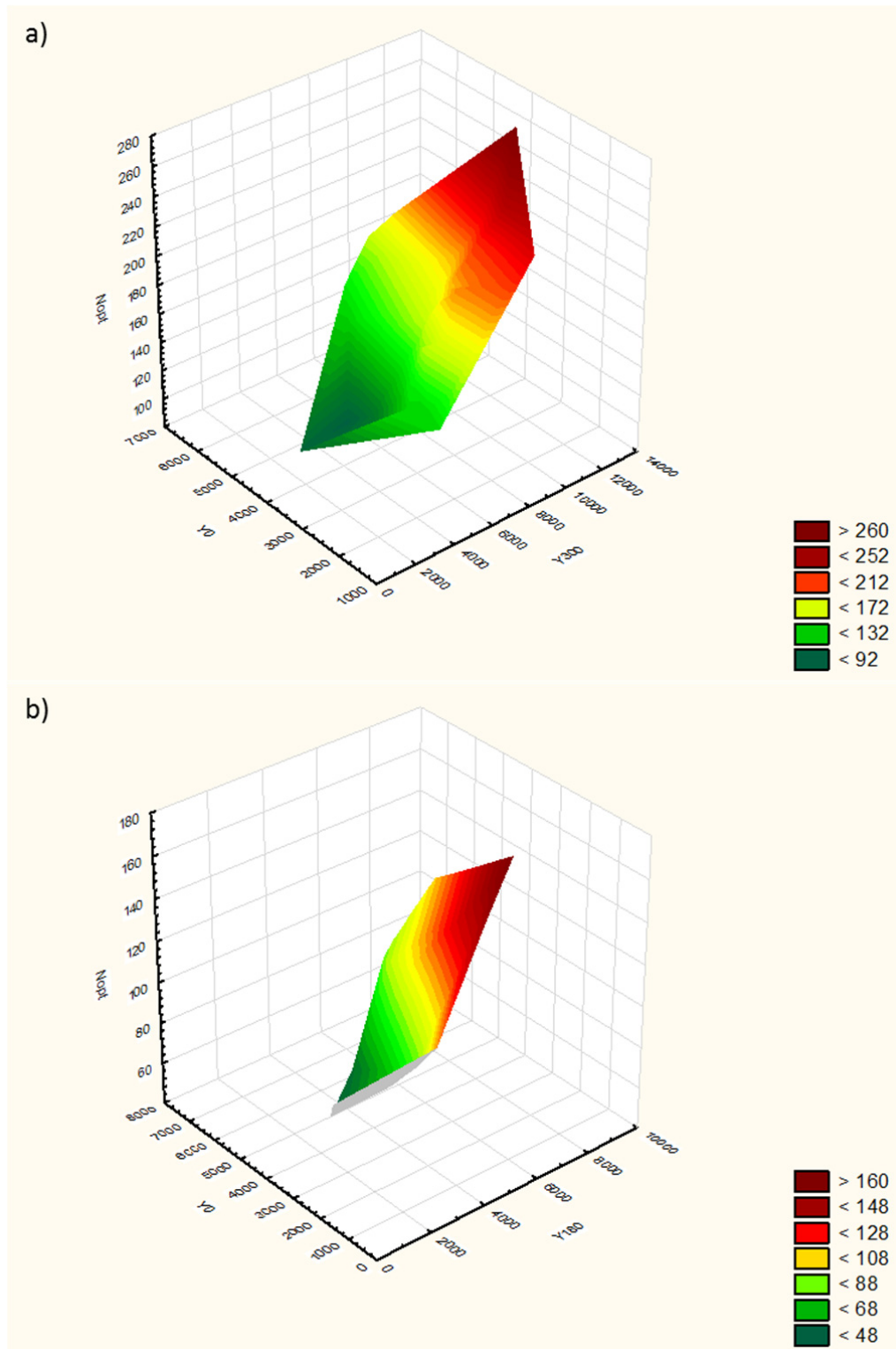
Ekvation 5. MARSplines-modell för Nopt-prediktion i höstvetete:

$$\begin{aligned} \text{Nopt} = & 135.160907 - 0.055857 \times \max(0, Y_0 - 3102.38) \\ & + 0.041956 \times \max(0, Y_0 - 3659.85) + 0.029571 \times \max(0, Y_{300} - 5612.13) \\ & - 0.015401 \times \max(0, Y_{300} - 7597.71) + 0.015352 \times \max(0, Y_{300} - 9761.98) \end{aligned}$$

Ekvation 5. MARSplines-modell för Nopt-prediktion i korn:

$$\begin{aligned} \text{Nopt} = & 66.547604 - 0.016588 \times \max(0, Y_0 - 3364.44) \\ & + 0.018973 \times \max(0, 3364.44 - Y_0) + 0.026882 \times \max(0, Y_{180} - 3988) \\ & - 0.015294 \times \max(0, Y_{180} - 6361) \end{aligned}$$

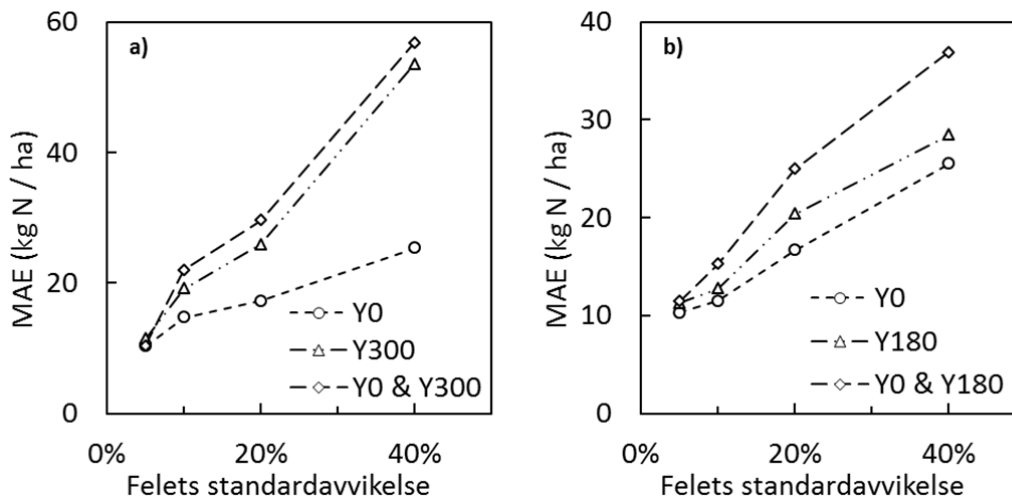
Nopt = ekonomiskt optimal kvävegiva;  $Y_0$  = skörd vid gödsling med 0 kg N / ha;  $Y_{180}$  = skörd vid gödsling med 180 kg N / ha;  $Y_{300}$  = skörd vid gödsling med 300 kg N / ha.



Figur 10. MARSplines-modeller för prediktion av ekonomiskt optimal kvävegiva ( $N_{opt}$ ) baserad på skörd i nollrutor ( $Y_0$ ) och skörd vid gödsling med 180 kg N / ha ( $Y_{180}$ ) respektive skörd vid 300 kg N / ha ( $Y_{300}$ ) för a) höstvetete och b) korn. Ytorna representerar Ekvation 5-6.



Den validering av prediktionsmodellerna som presenteras i Tabell 4 baseras på att man har korrekta värden för skörd att använda vid beräkning av Nopt. Om man vill tillämpa modellen i en gödslingssituation har man inte det. Därför gjordes en känslighetssanalys där slumpmässiga normalfördelade fel med medelvärdena 0 standardavvikelse 5%, 10%, 20% och 40% lades på indata till modellerna ( $Y_0$ ,  $Y_{180}$  och  $Y_{300}$ ). Resultaten visas i Figur 11. Man ser hur medelfelet i prediktionerna ökar med ökad osäkerhet i indata. I simuleringarna har felet lagts på ena, andra eller båda prediktorerna. För att lantbrukaren ska ha nytta av att använda enkla kvävestegar i kombination med modellberäkningar som beslutsunderlag för gödsling är det alltså viktigt att man kan göra bra skördeuppskattningar.



Figur 11. Absolut medelfel (MAE) för prediktioner av ekonomiskt optimal kvävegiva i relation till simulerat fel i indata, dvs skörd i nollrutor ( $Y_0$ ) och skörd vid 300 kg N/ha ( $Y_{300}$ ) respektive skörd vid 180 kg N/ha ( $Y_{180}$ ). Felet har lagts till ena, andra eller båda variablerna. Simuleringen har gjorts för a) höstvet och b) korn.

## 7. Fortsatt arbete

I det fortsatta arbetet ska hypoteserna som angavs i ansökan testas statistiskt. De är:

1. Med ett platsspecifikt beslutsstöd blir riktgivan mer rätt för varje gård.
2. Kväveeffektiviteten kan förbättras med platsspecifika riktgivor för kväve.
3. Det ekonomiska resultatet kan förbättras med platsspecifika riktgivor för kväve.

Alla jämförelser ska göras med dagens riktgivor baserade på förväntad skörd och region (Albertsson 2012). Det ska också formuleras ett förslag till beslutsunderlag för kvävegödsling (samma som idag eller anpassade till lokala förhållanden). Därtill kommer resultatförmedling, som enligt ansökan även inbegriper publicering i en vetenskapligt granskad tidskrift.

## 8. Kort sammanfattning

Det verkar inte särskilt framgångsrikt att använda platsspecifika jordarts- och väderdata i empiriska modeller för att prediktera Nopt på varje plats. Hypotestestningen för vårkorn

återstår dock. Däremot har andra intressanta och användbara resultat kommit fram under arbetets gång. Vi har funnit att man med god precision (medelfel 11 kg N / ha för höstvetete och 10 kg N / ha för vårkorn) kan prediktera Nopt från värden för skörd i en kvävestege med två led (0 och 300 kg / ha för höstvetete och 0 och 180 kg / ha för korn). Det görs med hjälp av prediktionsmodeller (MARSplines) som kalibrerats med  $\geq 10$  års samlade försöksdata. Man skulle kunna säga att de två kväveleden karaktäriserar växtplatsens kväverespons med avseende på bördighet utan gödsling och skördepotential utan kvävebegränsning. Sedan använder man den samlade kunskapsmängden i försöksdatabasen (som beskrivs matematiskt av modellen) för att prediktera den ekonomiskt optimala kvävegivan. Man skulle kunna tänka sig att använda sådana här enkla kvävestegar i kombination med modellberäkningar som ett komplement till, eller delvis som ersättning av, dagens försöksverksamhet med kvävestegar. Man skulle då kunna få värden för Nopt från ett större antal platser och på så sätt täcka in den geografiska variationen bättre. Man kan också tänka sig att lantbrukarna själva lägger ut försöksrutor och uppskattar skörden med sensormätningar vid tiden för gödsling. Detta måste dock utvecklas vidare. Man får då inte heller helt korrekta skördevärden att basera modellberäkningarna på vilket gör att felet blir större än vad som angavs ovan. En känslighetsanalys visade i vilken grad prediktionen av Nopt försämrades när felet i skördeuppskattningarna ökade. Ett förslag på hur en lantbrukare med fallspridare praktiskt skulle kunna lägga ut ett försök för att beräkna Nopt är att förskjuta ett gödslingsdrag så att hen får en remsa på fältet utan N-gödsling och ett en dubbel N-giva, d v s med exempelvis med 300 respektive 180 kg N / ha. Med kastspridare får spridaren stängas under en sträcka och delar dubbelköras för att skapa de nödvändiga försöksrutorna. Med rådgivares hjälp kan sedan bra skördebestämningar göras.

## 9. Referenser

- Albertsson, B. (2012). Riktlinjer för gödsling och kalkning 2013. Jordbruksinformation (Vol. JO12:12, pp. 90).*
- Eriksson, J., Nilsson, I., & Simonsson, M. (2005). Wiklanders marklära: Studentlitteratur.*
- R Development Core Team. (2012). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.*