

Slutrapport ”Spatiala nyckeltal”, SLF projekt 0233063

Bakgrund

Precisionsodlingsbegreppet började användas i mitten av 1990-talet. Det var bl. a en följd av att positionering med GPS med tillräckligt hög noggrannhet blev tillgänglig till ett för många överkomligt pris. Internationellt startade utveckling i USA några år tidigare, men även i Sverige arbetade man med markkarteringsdata och gödslingsråd enligt principerna för precisionsodling i början av decenniet (Söderström, 1993). Sedan dess har en rad informationsmöten, utbildningar och kurser om precisionsodling hållits, vilka riktats mot lantbrukare, rådgivare och studenter på universitet och naturbruksgymnasier. Som exempel kan nämnas att man 2002 höll endags kurser inom ramen för KULM och REKO för mellan 600 och 700 lantbrukare (Söderström, 2003). Trots dessa insatser är användningen i praktiken av precisionsodlingskonceptet relativt begränsad. Lantbrukare – både i Sverige och i andra länder - har angett ottydlighet vad gäller ekonomiskt utbyte, svår teknik och datahantering samt bristande stöd från rådgivare som faktorer som påverkat deras beslut i denna fråga (Ahlström & Ohlsson, 2000; Pedersen et. al, 2004; Reichardt & Jürgens, 2007). Många av de lantbrukare som har viss utrustning, exempelvis skördekartering, har svårt att hantera insamlade data och därmed begränsad möjlighet att dra nytta av den information som de har om sina fält. Trots nämnda svårigheter är vår uppfattning att precisionsodlingskonceptets konceptuella principer numera generellt är accepterade av en stor majoritet av både myndigheter, lantbrukare, rådgivare och forskare.

Projektets målsättning är att ta fram en modell för hantering av precisionsodlingsdata som möjliggör hantering av sådana data för den enskilde lantbrukaren. Dessutom ska den rumsliga inomfältvariationen sammanfattas i några spatiala nyckeltal, åtminstone för P, K och N. Kurser för lantbrukare ska anordnas som ska lägga grunden för lokala nätverk för kunskapsutbyte. I arbetet försöker vi täcka in den huvudsakliga delen av Sveriges intensiva jordbruksområden.

Material och metoder

Projektgårdar

Nio gårdar där man praktiserat precisionsodling i någon form valdes ut för att tjäna som exempelgårdar i projektet (figur 1). Kriterier för urvalet var att man skulle ha tillämpat GPS-baserad skördekartering under ett antal år och att man dessutom skulle ha en modern markkartering. Gårdarna ligger fördelade över södra Sveriges mer intensiva jordbruksbygder. Det är generellt stora gårdar, 180-850 ha. Av dessa föll en bort (Västraby) under den första delen av projektet då det visade sig att man vid ett ägarbyte förlorat flera års skördekartering. En annan av de valda gårdarna utgjordes egentligen av två näraliggande gårdar (Kilagården och Tagelberg) som brukades gemensamt. Här visade det sig att skördekarteringsdata var bäst på Kilagården, medan det dock inte fanns en modern markkartering på denna gård. Det utlovades dock att detta skulle göras inom kort, vilket man, av ekonomiska skäl, sedermera dock inte genomförde under projekttiden.



Figur 1 Projektgårdarnas läge. Se även tabell 1. Västraby var endast med inledningsvis i projektet men är markerat på kartan. Tagelberg (ej markerat) brukas gemensamt med Kilagården som ligger alldeles intill

Typer av data

De analyser som gjorts vid den befintliga markkarteringen varierade mellan gårdarna (tabell 1). I några fall hade man enbart gjort en enkel markkartering med pH och de olika AL-analyserna (P, K, Mg och Ca). I andra fall även HCl-analyser (K, Cu). Ler- och mullhalt fanns endast på Torphälla och på vartannat prov på Hacksta. Under projektiden genomfördes ler- och mullhaltsanalyser på Heagård, delvis med stöd från projektet. Orsaken till att projektet gick in med stöd till vissa kompletterande analyser och mätningar var att vi skulle skapa några dataset som var så fullständiga som möjligt för att möjliggöra demonstrationer av hur data skulle kunna användas. Det bör även för framtida projekt kunna vara av intresse att arbeta vidare med dessa dataset. Andra parametrar som mättes upp på några fält på många av fälten var detaljerad topografi (med RTK-GPS) samt elektrisk ledningsförmåga (med instrumentet EM38 (Söderström, 2001)). Det har visat sig att relativa skillnader inom fält av dessa variabler ofta sammanfaller väl med lokala skörde- och jordartsvariationer. Bland projektgårdarna var Bryggum, Torphälla och delar av Hacksta karterade med EM38. Inom projektet kompletterades med EM38-mätning på Heagård och delar av Kilagården. På några gårdar används dessutom Yara N-Sensor, som är ett instrument som bygger på att med fjärranalys från traktorn avgöra grödans kvävebehov (Söderström et al., 2004) (tabell 1).

Tabell 1. Information om gårdarna i projektet. Se även figur 1.

Gård	Areal (ha)	Skördekartering		Markkartering – GPS inmätt					N-sensor	Brukarens kommentarer
		Från år	Tröska	pH	AL	HCl	mull/ler	EM38		
Bryggums säteri	235	1998	Claas Lexion 410	JA	JA	JA	-	JA	JA	Mycket varierande jordarter, dock ej sand, ganska stora multhaltsvariationer.
Heagårds egendom	250	1996	MF 36	JA	JA	JA	JA	JA		Jordarter (LL-ML) med måttl. variation, men sandfläckar finns här och där.
Tagelberg	180	2000	MF med Fieldstar 1							Jämna jordar med små jordartsskillnader
Kilagården	300	2001		*	*	-	-	JA		Stora jordartsskillnader
Torphälla	300	1996	New Holland TX 65	JA	JA	JA	JA	JA		Ganska varierande jordarter på gården Precisionskalkning har utförts
NOLO Lantbruk	500	1995	MF	JA	JA	-	-			
Hacksta gård	323	1997	Claas ACT	JA	JA	JA	1/2	JA, delvis	(JA)	Är med i odling i balans
Sjösa gård	850	1998	Claas ACT, Lexion.	JA	JA	-	-		JA	
Krageholm	730	1997	Claas Lexion	JA	JA	1/5	-		JA	Fält finns med stora höjdskillnader

* Gammal kartering finns. Ej GPS-inmätta provpunkter.

Sammanställning av mätdata

Tillämpningen av precisionsodling kan innebära att stora mängder data samlas in varje år. För att dra nytta av dessa bör man även kunna bearbeta, lagra och analysera insamlade data för att skapa underlag för olika anpassade åtgärder. Detta är ett svårt problem för den enskilde brukaren, dessutom för de flesta rådgivare. I Sverige är det endast en handfull rådgivare som har kunskap och intresse för att klara av att ge stöd till lantbrukare rörande denna problemställning. Under senare år har man utvecklat ett internetbaserat program där lantbrukaren kan er hålla en del sådana tjänster, t ex utifrån markkartering beräkna gödsel- och kalkbehov (Nissen, 2006). Dock finns ännu begränsningar i vilka data som kan hanteras och många lantbrukare föredrar att kunna bearbeta sina data själva, bl a på grund av långsam internetuppkoppling. Inom projektet utarbetades en modell för datahantering som bygger på att lantbrukaren själv kan göra beräkningar i sina data. Dock är en förutsättning att alla olika data som samlats in omräknas till ett regelbundet nät av punkter som täcker gården. Detta har gjorts för de gårdar som ingår i projektet, och om andra lantbrukare vill följa denna modell så måste deras data omräknas på motsvarande sätt. Denna procedur är inte helt trivial, men vi har inom projektet utvecklat en mjukvara som möjliggör detta (se vidare under Utbildningsmaterial i detta dokument). Enligt vår bedömning är det av stort värde att gå igenom insamlade data och sammanföra dessa på ett sätt som möjliggör jämförelser och vidare beräkningar där olika ty-

per av mätningar i fältets olika delar, t ex skörd, markkartering och gödsling kombineras. För att kombinera data finns olika angreppssätt som alla har sina för- respektive nackdelar. Här har valts att ett nät av punkter, med 20 m mellan varje punkt, som täcker gårdarna i projektet. Det betyder att alla data, som samlats in på olika sätt och med olika antal observationer eller mätningar inom fälten, har omräknats till detta punktnät. Data lagras i s.k shapeformat. Detta är en *de facto*-standard för lagring av geografiska data i dagsläget, och detta format kan läsas av en rad mjukvaror, även sådana som är gratis att hämta via Internet. Data lagrades i en filstruktur för att underlätta förståelsen hos lantbrukaren. Någon form av samlad databaslösning hade varit att föredra från datasynpunkt, men det hade varit en alltför komplicerad lösning för användaren. Principen är den att data av olika typ lagras i separata mappar i datorn. Om det är tillämpligt finns undermappar för interpolerade data respektive rådata, och under dessa finns mappar för varje år (t ex för skörd och N-Sensor). Vi har i projektet använt denna standardiserade struktur även om inte data av alla typer funnits på alla gårdar. Skiftesindelningen kan variera mellan åren vilket nödvändiggör att en ny skifteskarta skapas varje år. Alla data har sedan interpolerats till punkterna i 20 m-nätet. Varje datamängd har filtrerats och analyserats omsorgsfullt med avsikt att utesluta felaktiga värden (se vidare under po-mv.slu.se/nyckeltal).

Resultat

Nyckeltal för fosfor och kalium

Tanken med precisionsodling är att anpassa åtgärder till behovet på fältets olika delar. De olika nyckeltalen ska underlätta bedömningen av inomfältsvariationen inom fälten. Den enskilde jordbrukaren kan då utvärdera konsekvenserna av att inte ta hänsyn till variationerna – både miljömässigt och ekonomiskt. En modell utvecklades för att ekonomiskt beräkna eventuell vinst vid precisionsstyrning av fosfor, avseende effekt på skörd och förändrad gödselutbrukning (Söderström et al., 1995). Förutsättningen är att man har tillgång till markkarteringsdata – t ex en vanlig kartering med ett prov per hektar där man analyserat P-AL och K-AL. Dessutom kan man använda data från skördekartering med GPS om detta finns tillgängligt, i annat fall kan man ange fältets förväntade medelskörd. För närvarande finns endast beräkningen för stråsåd, men uppgifter för andra grödor kan relativt lätt läggas till. Data från en markkartering eller ett interpolerat punktnät enligt den datamodell som använts i projektet kopieras in i ett kalkylark som finns tillgängligt på Internet (po-mv.slu.se/nyckeltal). Det är inte nödvändigt med ett visst antal datavärden per hektar, men de måste vara jämnt fördelade över fältet och självklart vara representativa för de variationer som finns inom fältet. Skördedata uttrycks som relativ skörd i procent, dvs. om den förväntade skörden i en viss punkt är 10% över medelskörd för fältet så anges talet 110 som relativ skörd. För K har endast nyckeltalen a-c beräknats.

a) Behovsberäkning

För behovsberäkningen har en modell som härrör från tabellvärden vilka redovisas i Lantmännens Växtodlaren använts. Tabellvärdena följer den gängse klassindelningen i olika P- och K-AL-klasser samt en grov indelning efter förväntad skörd. I projektet har dessa värden modifierats och gjorts om till linjära funktioner mellan P-AL, skörd och P-behov. Då behövs inte en klassificering av mätvärden på P-AL och eventuell skördekartering – som får konsekvensen att information går förlorad - utan de uppmätta värdena kan användas direkt.

b) Medelavvikelsen

Skillnaden mellan behovsberäkningen enligt ett skiftes medeltal och behovsberäkning i varje fältdel har använts som beskrivning på den inomfältsvariation som föreligger. Beteckningen MAE (kommer från engelskans mean absolute error – absolutbeloppet på medelfelet) har använts och beräkningen kan skrivas:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} |m_r - b_i|$$

där b anger behovet på varje fält del i (antalet fält delar är n) medan m är medelbehovet för fältet. Man får dels ett mått på medelfelet – eller medelavvikelsen, den term vi använder - då man använder fältmedeltalet för gödslingen jämfört med det ”verkliga” behovet, och dessutom får man möjlighet att i kartform se denna skillnad i varje del av fältet. Då fås en uppfattning om delar av fältet där medelgödslingen ger störst fel.

c) Areal som avviker från medelbehovet

En beräkning görs av arealen av fältet i procent där behovet av P eller K avviker med mer än 5 kg/ha från medelbehovet. Normalt bör ett högt värde på medelavvikelsen ge ett högt värde på arealen som avviker från medel. Om den avvikande arealen är liten samtidigt som medelavvikelsen är hög tyder det på att det är ett fåtal höga värden som ger det höga sistnämnda värdet.

d) Ekonomi

En uppskattning av den ekonomiska konsekvensen av precisionsgödslingen erhålls genom att man summerar skillnaden i gödsel förbrukning vid precisionsstyrning jämfört med medelgödslingen och dess eventuella effekter på skörden. Skördeeffekten av P och K är inte tydlig och kan diskuteras. I Söderström et al., 2005 beskrivs den modell som använts för att beräkna effekten på erhållen skörd vid en anpassning av fosforgivan vid olika P-AL-tal. Endast vid mycket låga P-AL-tal kan man förvänta sig en tydlig effekt på skörden, i det fall inga andra faktorer begränsar skörden. Mer om P-gödsling och ekonomi redovisas t ex i Bertilsson et al., 2005.

e) P-överskott

Detta är summan av den mängd fosfor som sprids i onödan vid gödsling enligt medelbehovet. Eftersom det aktuella behovet på varje plats varierar så medför en medelgödsling att vissa platser får för mycket P, andra får för litet medan resterande ytor får en lagom mängd. En del av fosforgödseln som tillförs på platser där det aktuella behovet är mindre än medelbehovet har ingen positiv effekt på grödans tillväxt. Det är denna mängd som är summerad i den här faktorn.

f) Högriskareal

Risken för läckage av fosfor påverkas av flera faktorer, t ex jordart, topografi, nederbörd och markens fosforinnehåll (e.g. Ulén, 2005). Risken för P-förluster ökar med ökad koncentration av P i marken (e.g. Heckrath et al., 1995; Ulén, 2005). Det finns komplexa modeller som beskriver läckagerisken. Här har dock en mycket förenklad riskuppskattning gjorts som beror på hur stor del av arealen där P-AL-talet överstiger 10 mg P/100 g jord. Olika undersökningar har visat att det finns en brytpunkt ungefär vid detta tal - överstigs värdet ökar risken för läckage avsevärt (e.g. Bertilsson, muntligt, 2004; Ulén, 1998).

N-nyckeltal

Kväveeffektivitet har valts som nyckeltal för kväve. Kväveeffektivitet är ett välkänt och ofta använt begrepp, som man konventionellt brukar basera på fältmedeltal. En annan fördel är att det sammanfattar flera olika typer av tänkbara data i ett värde. I det här fallet är avsikten att ge en bild av förhållandena i fältets olika delar. Det är dessutom en möjlig användning av skördekartor som annars kan vara svåra att bedöma på ett kvalitativt sätt.

Kväveeffektiviteten är ett procenttal som definieras som upptaget kväve i förhållande till tillfört kväve. Utgångspunkten för det plats specifika kvävenyckeltalet är en relativ skördekartor. Upptaget kväve är den uträknade relativskörden för varje punkt satt i relation till det aktuella årets uppmätta medelskörd samt kväveinnehåll. Beroende på om det har varit bröd- eller fo-

dersäd har 5,7 respektive 6,25 använts som omräkningsfaktor för kväveinnehållet. Det tillförda kvävet är gödslingskväve samt eventuell kvarvarande effekt från föregående gröda, förfruktsvärdet (Jordbruksverket, 2004).

Tabell 2. Sammanställning från beräkningar av fosfornyckeltal per gård.

	Antal skördekartor	Antal analyserade fält	Behov i medeltal ¹ (kg/ha)	P-MAE ² (kg/ha)	Avvikande areal ² (ha)	Vinst ^{2,3} (kr/ha)	Högriskareal ² (%)
Bryggum	15	8	20 (12-24)	1,7 – 4,2	0 – 29	-33 – 13	0 - 17
Hacksta	18	10	19 (9-31)	1,2 – 12,3	0 – 89	⁴	⁴
Heagård	24	6	26 (18-31)	1,9 – 5,2	2 – 50	-14 – 54	0 – 59
Krageholm	16	6	22 (12-30)	1,7 – 6,4	1 – 57	⁴	⁴
Nolo	19	6	28 (15-39)	1,4 – 8,4	0 – 72	9 – 255	0 – 52
Sjösa	11	4	23 (19-28)	1,9 – 3,6	5 – 28	-3 – 33	0 – 46
Torphälla	21	7	21 (10-34)	1,6 – 7,4	1 – 63	-26 – 80	0 – 75

¹ Värden inom parentes anger det lägsta respektive högsta medeltalsbehovet för analyserade fält

² Det lägsta respektive högsta medelvärdet för analyserade fält anges

³ Baserat på en jämförelse mellan precisionsgödsling och en jämn giva på 12 kg P/ha och 11 kr/kg P (i skrivande stund är kostnaden 17 kr/kg P)

⁴ Ej beräknat

Om kvävegödsling utförts varierat med t ex Yara N-sensor används siffrorna för den varierade givan i varje punkt annars används samma värde över hela fältet. Vi har beräknat kväveeffektiviteten (N_{eff}) enligt:

$$N_{eff} \equiv (Y_{rel} \times (Y_{med} \times 0,86) \times (Pn \div k)) \div ((N_{gödsel} + N_{förfrukt}) \times 100)$$

där: N_{eff} =Kväveeffektivitet (%), Y_{rel} =Relativskördevärde, Y_{med} =Medelavkastning (vid 14% H₂O) (kg/ha), Pn=Proteinhalt (%), K=Omräkningsfaktor för kväve, $N_{gödsel}$ =Gödselkväve (kg N), $N_{förfrukt}$ =Förfruktsvärde (kg N)

Den beräknade kväveeffektiviteten är i snitt på de fem analyserade gårdarna knappt 70%. Variationen inom fälten och mellan åren är dock ganska stor. En sammanställning visas i tabell 3. Totalt har N-effektiviteten karterats på 75 fält, varav tre utelämnats i sammanställningen i tabell 3 pga. att uppgifter om gödsling bedömts som alltför osäkra.

Tabell 3. Sammanställning av medelvärden för kväveeffektivitet i spannmål för analyserade fält. Med Medel avses medeltal för hela fältet.

Gård	År	Antal fält	Medel (%)	Min* (%)	Max* (%)	N-giva (kg/ha)
Bryggum	1999-02	11	69	25 (11)	102 (180)	141
Kilagården	2002-03	7	75	43 (17)	94 (112)	157
Krageholm	1998-03	13	66	32 (0)	94 (143)	-
NOLO	1997-03	19	62	42 (31)	74 (127)	
Torphälla	1997-02	21	69	37 (2)	100 (198)	146

* Inom parentes anges det lägsta (Min) respektive högsta (Max) värdet inom en fältedel

Utbildning

Kursernas utformning

Utbildningen har delats upp i tre huvuddelar: en inledande teoretisk del, en andra del som syftat till övning i datahantering samt en avslutande del med praktiska övningar rörande utrustning och test i fält. Tanken var att träffas vid tre tillfällen, för att undvika långa dagar och att ha möjlighet att komplettera kursinnehåll och dataövningar med ledning av de önskemål som framkom under kurstiden. Dessutom skulle intresserade deltagare ha möjlighet att ta fram egna data.

Utbildningsmaterial

Till kursen har ett huvudkompendium tagits fram för den teoretiska delen. Datahantering och datorutnyttjande är ett problem grund av att ganska dyra mjukvaror krävs för de relativt avancerade analysfunktionerna som behövs. Dessutom är mjukvarorna förhållandevis svåra att använda. För att råda bot på detta utvecklades ett anpassat datorprogram i projektet som kan användas för utbildning, inom rådgivning och i praktiskt bruk när det gäller flera moment som ofta återkommer inom precisionsodlingen. Programmet som heter PrecisionWizard (PWiz) är gratis och kan hämtas via projekthemsidan. En detaljerad beskrivning av PWiz finns i programmanualen (Söderström, 2006a). För fältövningen sammanställdes dessutom ett kompendium med en övning i hur man hanterar en handdator med GPS.

Genomförda utbildningar

Kurser har genomförts i Halland, Östergötland, Skåne och Västergötland (tabell 4). Lokal arrangör har varit Hushållningssällskapen i Halland och i Skåne, Länsstyrelsen i Östergötland samt SLU och Lantmännen i Västergötland. Utformningen har varierat något beroende på den lokala arrangörens synpunkter och viss diskussion med tilltänkta deltagare.



Figur 2. Bilder från kurs i Halland

Tabell 4. Sammanställning över antal deltagare vid genomförda kurser.

Plats	Kursträff			Kommentarer
	1	2	3	
Halland	11	8	8	Gav inspiration och kunskap för att fortsätta. Bra se tekniken i praktiken. Vill ha mer kurstid
Västergötland	10	6	6	Praktiska övningar uppskattade
Skåne	9	-	-	
Östergötland	16	8	-	Bra kursmaterial och framförande

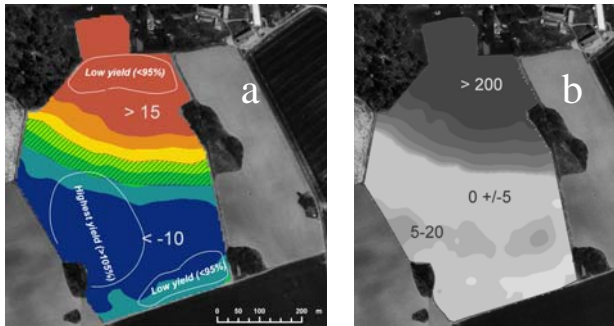
I Västergötland och Halland var kurserna uppdelade på tre halvdagar. I Östergötland två trekvartsdagar och i Skåne en trekvartsdag. I princip har samma material använts, men de olika

momentens längd har anpassats till den tillgängliga tiden. Något kvantitativt mått på hur effektiva de olika kurserna har varit har vi inte försökt arbeta fram. Vid kurstillfällena har genomförts en utvärdering – där man sammanfattningsvis kan säga att deltagarna varit positiva till kursupplägg och innehåll.

Diskussion

Användning av rumsliga P-nyckeltal

Från miljö- och resurshushållningssynpunkt är det av stort intresse att minska onödig fosforanvändning. P-nyckeltalen ger lantbrukaren en bild av hur fosforvariationen inom fälten ser ut samt dess konsekvenser vid olika gödslingsstrategier. Genom projektet finns verktyg för att ta fram nyckeltal och genom att göra styrfiler för gödning kan odlingsåtgärderna anpassas så att tillförseln motsvarar det aktuella behovet. På många fält med liten fosforvariation når man långt genom att välja rätt NPK-produkt och sprida en jämn giva. I andra fall kanske delar av fältet inte behöver någon P alls och variationen kan vara så stor att en medelgiva blir så felaktig att man riskerar ökade P-förluster och/eller går miste om en ökad skörd. I projektet har vi



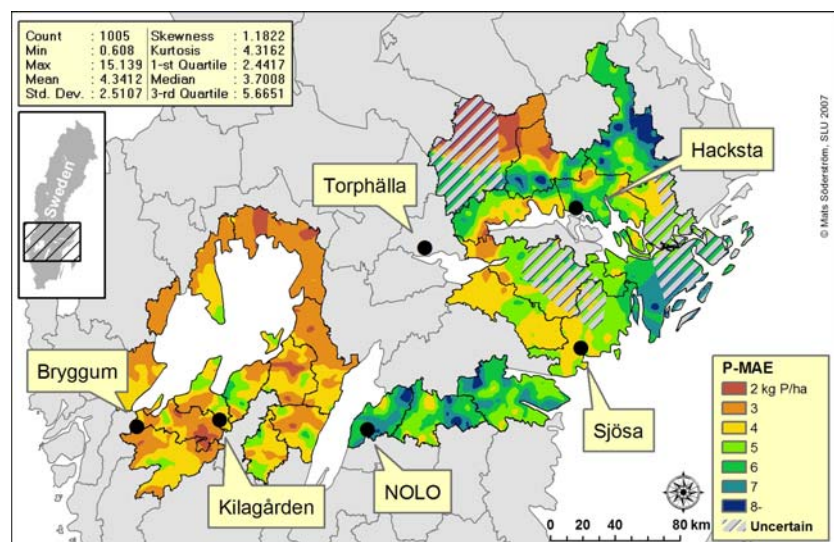
Figur 3. Fosfornyckeltal Hacksta.

a) Differensen mellan medelbehov och aktuell behov i kg/ha (absolutbeloppet av vilket är P-MAE). b) Vinst i kr/ha vid precisionsstyrning av P jämfört med spridning av medelgiva.

fältet (ca 10 % - den gröna delen i figur 3a). P-MAE är i snitt 12,3 kg/ha, vilket är ett högt värde om man jämför med andra fält (tabell 2). I norra delen av fältet är vinsten i kr/ha större än 200 kr/ha vid anpassning efter behovet (låg skörd och högt P-AL). I den södra delen är P-AL talet ganska lågt och man kan förvänta viss skördeökning vid en anpassad P-giva.

Regional beräkning av P-användningen

Figur 4 är en sammanfattande bild över hur inomfältvariationen i P-MAE ser ut i Mellansverige. Man bör notera att det finns höga och låga värden i hela området, ofta inom samma gård varför värdena i kartan ska läsas som medelvärden i området. Underlaget till figur 4 är 32300



Figur 4 Regional variation i P-MAE i åkermark i Mellansverige.

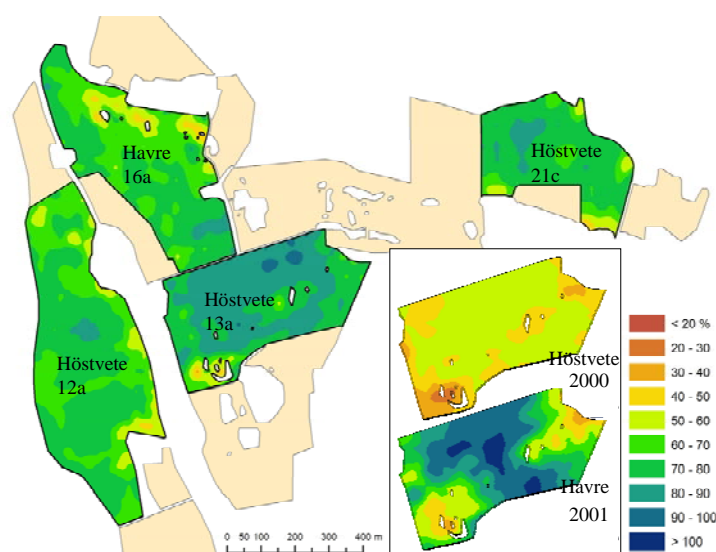
markkarteringspunkter inom drygt 1000 jordbruksblock (endast block med minst 20 markkarteringspunkter har använts). Det är grunddata från ett tidigare SLF-projekt (proj.nr. 9933055) som utnyttjats för de nya beräkningarna. Åkerarealen i det karterade området i figur 4 är ca 700.000 ha (enligt data från SCB för 2002). Pondera att det odlas spannmål, oljeväxter eller vall och att det gödslas enligt medelbehovet i varje fält (enligt markkarteringen), då skulle vissa delar av fältet (vilket vi här approximerar till det samma som blocket) få för liten mängd P medan andra skulle få för mycket, och vissa delar skulle få en lagom mängd. Vid summering av den del P som skulle läggas på delar av fält där det aktuella behovet är lägre än medelbehovet finner vi att den uppgår till 1 600 ton. Denna del tillför inget från produktionssynpunkt (för optimerad produktion borde den delen läggas på de delar som får för lite P). Vid en kostnad av 17 kr (2007) för 1 kg P tillförs P för 27,2 miljoner kronor i onödan till detta område. Även om det i många fall kan tyckas vara en liten vinst per ha på det enskilda fältet att anpassa P-givan, är det i ett större sammanhang betydande mängder P som skulle kunna sparas eller omfördelas.

Hur man kan arbeta med N-nyckeltal

I figur 5 visas ett exempel på hur N-effektiviteten varierar inom några fält på Torphälla 2002. Dessutom visas variationen 2000 och 2001 för ett av fälten. Man kan se den här typen av kartor som ett kompletterande sätt att redovisa uppgifter från skördekarteringen på. Även om proteinhaltsvariationer inom fälten kommer att påverka hur korrekt kartan är i alla detaljer, så ger en sammanställning över flera års kartor, med olika typer av väderförhållanden, möjlighet att bättre förstå hur de olika fältdelarna reagerar för olika gödsling under olika förhållanden. I projektet har flera olika typer av data sammanställts för att underlätta tolkning och analys. I exemplet kan man notera att N_{eff} är låg (även i tiden) i områden med sannolikt tunt jordtäckte, kanske beroende på vattenbrist. För skifte 13a sammanfaller skillnader i mullhalt med variationen i N_{eff} 2001. Mönstren i kartorna 2000 och 2002 är snarlika, men nivån är lägre det tidigare året. Området med låg kväveeffektivitet sammanfaller dessutom med höga P-AL-tal, måhända beroende på liten bortförsel. Tillgång till den här typen av data kombinerat med kännedom om fälten kan tjäna som underlag för en anpassning av odlingsstrategin för vissa delar av fälten så att kväveeffektiviteten kan höjas. Med generella åtgärder kan man inte kvantifiera och åtgärda de lokala bristerna.

Optimera N-nyckeltalet med bättre data

Om man använt Yara N-Sensor, eller varierat kvävegivan på annat sätt, kan uppgifter från gödslingen kombineras med skördekarteringen enligt vår datastruktur för att man på så sätt ska kunna följa upp resultaten. En brist i beräkningsmodellen är att uppgifter om proteinhaltsvariationer inom fälten saknas, varför en jämn proteinhalt har antagits. Numera finns dock möjlighet att kontinuerligt mäta proteinhalten vid skörd (Algerbo & Thylén, 2000; www.zeltex.com). Tekniken har provats i Sverige men används inte i praktiken. En annan möjlighet som



Figur 5 Kväveeffektivitet enligt beräkningsmodellen i projektet för fyra fält i Torphälla 2002. Den infällda bilden visar motsvarande värden för 2000 och 2001 för fält 13a.

visat sig relativt säker för detektion av inomfältsvariationen är att via Yara N-Sensor räkna fram en proteinprognos för varje fältdel vid mätning i växande gröda (Börjesson & Söderström, 2003; Pettersson, 2007). Dessa uppgifter kan sedan användas i kväveeffektivitetsberäkningen, lämpligen justerade med uppmätt fältmedelvärde vid skörd. För malkorn är det numera en standardfunktion i Yara N-Sensor.

Utbildning

Kursernas utformning har varit att tydliggöra sambandet mellan teori och den praktiska användningen i traktorn eller i fält. Helst ska man klara av att gå hela vägen från att kunna ta fram och tolka kartunderlaget från olika typer av mätningar och sedan veta vilka verktyg som man ska använda för att förändra sin odlingsstrategi och åtgärda eventuella brister. För detta krävs enkla och tillgängliga verktyg. I projektet har vi uppmärksammat några sådana problemområden och tagit fram anpassade lösningar, t ex programmet PrecisionWizard. Viktigt med kurserna är också att initiera en diskussion bland deltagarna om precisionsodlingstänkande. Rådgivare och forskare kan också lära sig mycket om de praktiska svårigheter som odlarna upplever vid precisionsodling. I kurser av det här slaget är det uppskattat att ge praktisk träning i skötsel av utrustning som t ex GPS, handdatorer, guidesystem och styrutrustning. Även problemlösning som kan uppfattas som enkel bör inkluderas, t ex hur kablar kopplas vid installation av utrustning. Det vore lämpligt att inkludera precisionsodlingstekniken som en del i Greppa näringens utbud av utbildningar.

Referenser (även under publikationer nedan)

- Ahlström F & Ohlsson A, 2000. Marknadsanalys av precisionsodlingen i Sverige idag och inför framtiden. Examensarbete, Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi, SLU, Alnarp. Rapport 1998/00:2,61.
- Algerbo P-A & Thylén L, 2000. Utveckling av on-line proteinsensor för skördetröskor. JTIrapport. Lantbruk & Industri, 273.
- Bertilsson G, Rosenqvist H & Mattsson L, 2005. Fosforgödning och odlingsekonomi med perspektiv på miljömål. Naturvårdsverket, rapport 5518.
- Börjesson T & Söderström M, 2003. Prediction of protein content in cereals using canopy reflectance. In: Stafford, J. & Werner, A (red.): Precision Agriculture. Proceedings of the 4th ECPA, Berlin, Germany. Wageningen Academic Publishers. s. 89-94.
- Heckrath, G., Brookes, P. C., Poulton, P. R. & Goulding, K. W. T. 1995. Phosphorus leaching from soils containing different phosphorus concentrations in the Broadbalk experiment. J. Environ. Qual., 24, 904-910.
- Jordbruksverket, 2004. Riktlinjer för gödning och kalkning 2005. Jordbruksverket, rapport 2004:22.
- Nissen K, 2006. KartdataDirekt – markkartor åt lantbrukare via Internet. Jord- och SkogsGISseminarium, Jönköping 8.-9. november 2006, arrangerat av Jordbruksverket, Skogsstyrelsen och GI Norden (<http://www.ginorden.org/events/gi-norden-seminars/jord-och-skogsgis-seminarium>)
- Pedersen S.M, Fountas S, Blackmore B.S, Gylling M & Pedersen J.L., Adoption and perspectives of precision farming in Denmark. Acta Agric Scand, Sect B - Plant Soil Sci, 54, 1, 2 – 8.
- Pettersson, C.G, 2007. Predicting Malting Barley Protein Concentration - based on Canopy Reflectance and Site Characteristics. Doktorsavhandling, SLU, Inst för Växtproduktionsekologi. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae 2007: 56. Uppsala.
- Reichardt M & Jürgens C, 2007. Adoption and perspective of precision farming (PF) in Germany: results of several surveys among the different agricultural target groups. In Stafford J.V (red.), 2007. Precision Agriculture '07. Proceedings of the 6th ECPA, Skiathos, Greece. Wageningen Academic Publishers. s. 843-850
- Söderström M, 1993. Point Data Interpolation and PC Arc/Info - Useful Tools in Agricultural Advisory Work. Proc 8th European Arc/Info User's Conf., Aten 11-13 Okt 1993, 11 p.
- Söderström M, 2001. Användning av EM38 för förbättrad markkartering. Ur: Rapport från växtodlings- och växtskydds dagar i Växjö 11-12 dec 2001. Medd. från Södra jordbruksdistriktet, nr 54, SLU-SJFD, 28:1-28:5.
- Söderström M (red.), 2003. Precisionodling Sverige 2002. Verksamhetsberättelse från arbetsgrupperna. SLU, Precisionsodling Sverige, Teknisk rapport nr 3, Skara.
- Söderström M, Nissen K, Gustafsson K, Börjesson T, Jonsson A. & Wijkmark L, 2004. Swedish Farmers' Experiences of the Yara N-Sensor 1998-2003. Proc. 7th Int. Conf. on Precision Agriculture, Minneapolis, USA.
- Ulén B, 1998. Phosphorus losses to waters from arable fields and reference water catchments in relation to phosphorus status of soils. In: Phosphorus balance and utilization in agriculture – towards sustainability. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift 135, no. 7, 167-175.

Ulén B, 2005. Fosforförluster från mark till vatten. Identifikation av kritiska källor och möjliga motåtgärder. Naturvårdsverket, rapport 5507.

Publikationer inom projektet

- Fogelberg, F., Söderström, M. & Nyberg, A. 2006. The spatial key indicator project. In: Precision Technology in Crop production Implementation and benefits. NJF Seminar 390. NJF Report, Vol. 2, No. 8, p. 84.
- Nyberg, A. (red.). 2007. Utveckla din odlingsteknik. Kurskompendium om Nyckeltal i precisionsodling. Precisionsodling Sverige. Teknisk rapport. Manuskript.
- Söderström, M. 2006a. PrecisionWizard - Gör styrfiler till FarmSiteMate och Yara N-sensor. Precisionsodling Sverige. Teknisk rapport 7. 19 s.
- Söderström, M. 2006b. Nyckeltal för bedömning av ekonomiska och miljömässiga effekter vid tillämpning av precisionsodling. I: Lundström, C. (red.). 2006. Precisionsodling 2005 - verksamhet vid Avdelningen för precisionsodling. Rapport 7. s. 76-78.
- Söderström, M. 2007. Nyckeltal för bedömning av ekonomiska och miljömässiga effekter vid tillämpning av precisionsodling. I: Lundström, C. (red.). 2007. Precisionsodling 2006 - verksamhet vid Avdelningen för precisionsodling. Rapport 13. s. 63-64.
- Söderström, M., Fogelberg, F., Nissen, K. & Nyberg, A. 2006. Making sense of Precision Agriculture - tools and material for training. In: Precision Technology in Crop production Implementation and benefits. NJF Seminar 390. NJF Report, Vol. 2, No. 8, pp. 94-97.
- Söderström, M., Fogelberg, F., Nissen, K. & Nyberg, A. 2007. Making sense of Precision Agriculture. In: Fountas, S., Aggelopoulou, A., Gemots, S. & Blackmore, S. Poster paper proceedings. 6th European Conference on Precision Agriculture (6ECPA). 3-6 June 2007, Skiathos, Greece. CD.publication. 7p.
- Söderström, M., Gilbertsson, M. & Nyberg, A. 2006. PrecisionWizard - a free tool for producing variable rate application files. In: Precision Technology in Crop production Implementation and benefits. NJF Seminar 390. NJF Report, Vol. 2, No. 8, pp 24-28.
- Söderström M. & Lindén B. 2004. Fosforgödsling vid precisionsodling. Jordbrukskonferensen 2004. SLF Rapport nr 68, SLU 23-24 november 2004, Uppsala, Sweden, s. 33-35.
- Söderström, M. & Nissen, K. 2006. Insamling av GIS-data och navigering med GPS. Precisionsodling Sverige. Teknisk rapport 7. 13 s.
- Söderström M, Nyberg A., Anderson C. & Lindén B. 2005. A key indicator for the assessment of spatially variable phosphorus fertilisation. In: Stafford J V (ed.). Precision Agriculture '05. Wageningen Academic Publishers. ISBN 9076998698. pp. 977-983.

Övrig resultatförmedling till näringen

- Borgeby Fältdagar, 28-29 juni 2006 med utdelning av informationsblad om PrecisionWizard
- Skogs- och jordbrukskonferensen, 8-9 nov. 2006 på Elmia arrangerad av Jordbruksverket, Skogsstyrelsen och GI Norden. Presentation.
- HS Jordbrukardag, 5 juli 2006 på Logården. Informationsblad delades ut.
- Växtodlings- och växtskydds dagar i Växjö, 6-7 dec. 2006. Presentation: Fosfortillståndet i sydsvenska jordar av Kjell Gustafsson & Mats Söderström).
- Projektet har bidragit med material till artikel om inomfältvariation av fosfor i Lantmannen nr x 2007 av Anders Fällman (artikelns namn...).
- I årsrapporterna från Avdelningen för precisionsodling, Lundström, C Nyckeltal för bedömning av ekonomiska och miljömässiga effekter vid tillämpning av precisionsodling
- Material och dokument finns tillgängliga via projektets hemsida: po-mv.slu.se/nyckeltal