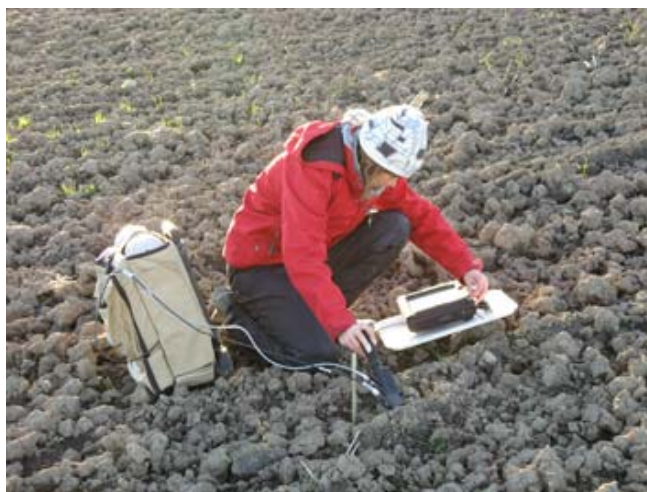


# Precisionsodling 2007

- verksamhet vid Avdelningen för precisionsodling



Christina Lundström (red)

**Avdelningen för precisionsodling**

*Division of precision agriculture  
Swedish University of Agricultural Sciences*

**Rapport 17  
Skara 2008**

*Report 17*

ISSN 1652-2788  
ISBN 978-91-85911-49-3

Bild framsida: Bo Stenberg

## Förord

Avdelningen för precisionsodling, Institutionen för Markvetenskap vid SLU i Skara vill med denna rapport redovisa den verksamhet och de forskningsprojekt som var aktuella under 2007. Fokus för vår verksamhet handlar om hur man ska anpassa olika odlingsåtgärder, främst växnäringstillförsel, efter grödans behov för att få ett bra resultat, både när det gäller ekonomi, miljö och kvalitet på slutprodukten. Delar av vår forskning koncentrerar sig kring frågor om efterverkan, mineralisering och gödsling av grödan. Men det handlar också om tekniker för att beskriva hur exempelvis näringstillgång och markfaktorer varierar samt hur man hanterar dessa data och utnyttjar kunskapen i det praktiska jordbruket. Ett nytt forskningsområde under 2007 handlar om markbundna patogener. Hur deras förekomst varierar och hur man med nya metoder kan analysera förekomsten av dem i jordbruksmark.

Projekten omfattar försök både inom konventionell och ekologisk odling. Stor vikt läggs också vid att samverka med andra intressenter, såsom andra forskare vid högskolor och universitet, men också exempelvis myndigheter, organisationer, industri och lantbrukare.

Skara 2008

Christina Lundström  
Redaktör



## Innehållsförteckning

<b>Förord</b> .....	<b>2</b>
<b>Innehållsförteckning</b> .....	<b>4</b>
Avdelningen för precisionsodling .....	6
<b>Projekt under 2007</b> .....	<b>9</b>
<b>Förbättrat utnyttjandet av växtnäring</b> .....	<b>9</b>
Kväveminaliseringsförlopp och inverkan på skörd efter gödsling med fjäderfågödsel	10
Kväveminaliseringsförlopp efter gödsling med organiska gödselmedel vid olika tidpunkter .....	11
Fluorescensmätningar av ammoniumkoncentration och spridningshastighet vid olika nedbrukningsgrad av organisk gödsel .....	12
Kväveförsörjning av ekologiska höstoljeväxter – studie av olika kvävekällor, tillförseltidpunkter och myllningstekniker .....	13
Klassificering av växtmaterial för bedömning av kväveeffekt till efterkommande gröda	17
<b>Minskad miljöpåverkan genom anpassade odlingssystem</b> .....	<b>18</b>
Höstraps och ärter i växtföljden – metoder att ta tillvara det bättre förfruktsvärdet och minimera den större kväveutlakningsrisken.....	19
Utlakning vid olika gödslingsintensitet vid odling av stråsäd.....	21
Jordbearbetning - kväveutlakning på lerjord.....	23
Utveckling av ett integrerat miljö- och produktionsindex för fosfor (EPI).....	26
Jordbearbetningssystem på lätt och styv lera - produktion, ekonomi och risk för kväveförluster i två försök med sexåriga växtföljder .....	29
Nyckeltal för bedömning av ekonomiska och miljömässiga effekter vid tillämpning av precisionsodling .....	30
<b>Digital kartering och pedometri</b> .....	<b>32</b>
Ny markkarteringsstrategi anpassad för modellering och precisionsodling .....	33
Platsspecifik snabbbestämning av skördebegränsande markfysikaliska egenskaper.....	35
Optimering av metod för att analysera mullhalt med NIR.....	37
Gammastrålningsmätning för detaljerad kartering av jordarter för optimerad odling och miljöanalys .....	39
Beslutsunderlag för kvävestyrning i real-tid baserat på sensordata, databaser och modellsimuleringar – informationsfusion inom precisionsodling .....	41
Strategi för att minimera kadmium i jordbruksmark och gröda.....	43
Bestämning av beståndsegenskaper hos höstraps med fjärranalys – utveckling av teknik för försöksverksamhet och gödslingsrådgivning.....	45
Bildanalys som ett redskap för platsspecifik ogräsbekämpning .....	46
Obemannad farkost (UAV) överblickar grödorna .....	48
Informationssystem för malkorn baserat på fjärranalys från traktor och satellit .....	49
Variation i marken inom fältförsök – hur kan vi kvantifiera och hur ska vi hantera variationen? .....	51
Avstånd mellan körspår – en jämförelse mellan traditionell spårmarkör och autostyrning med GPS.....	52
Digitala tidsresor .....	54

<b>Biologisk markkartering .....</b>	<b>56</b>
Detektion av svårbekämpade jordbundna sjukdomar för optimering av platsspecifik produktion av vete, ärter och oljeväxter .....	57
Helautomatiskt övervakningssystem för insektsangrepp för platsspecifik bekämpning .	62
<b>Utbildning och information.....</b>	<b>65</b>
Grupparbetsmodellen storyline som väg att öka intresset för lantbruk hos elever på grundskolan .....	66
Precisionsodlingskurs .....	68
Exjobb .....	68
<b>Övrig verksamhet .....</b>	<b>69</b>
Lanna försöksstation .....	69
Precisionsodling Sverige (POS) .....	72
<b>Publikationer 2007 .....</b>	<b>74</b>

## ***Avdelningen för precisionsodling***

Verksamheten på avdelningen, såsom forskning, utbildning och information präglas av en helhetssyn och sker i nära samarbete och dialog med näringsliv, myndigheter, organisationer och rådgivning. Avdelningen spelar också en aktiv roll inom Precisionsodling Sverige, POS, som är ett nationellt nätverk med ett stort antal aktörer.

### ***Verksamhetens övergripande målsättning är :***

- ◆ att öka kunskapen om hur man ska förbättra effektiviteten i utnyttjandet av insatsmedel och naturliga resurser för att förbättra grödornas avkastning, jordbruksprodukternas kvalitet och samtidigt minska lantbrukets påverkan på miljön.
- ◆ att ta fram bättre beslutsunderlag för lantbrukare och rådgivare.
- ◆ att utveckla metoder för att förbättra styrning och precision i utförda insatser.

Avdelningen hade under 2007 totalt 15 anställda plus en inskriven doktorand i samarbete med Högskolan i Skövde. Av de anställda är fem disputerade, varav en med docentkompetens.

---

### ***Skara***

Sofia Delin, forskare  
Lena Engström, forskningsassistent, doktorand  
Anders Jonsson, forskningsledare, adj. professor  
Christina Lundström, forskningsassistent  
Anna Nyberg, forskningsassistent  
Bo Stenberg, forskningsledare  
Maria Stenberg, forskare  
Mats Söderström, forskare  
Johanna Wetterlind, doktorand  
Lina Nolin, doktorand, Högskolan i Skövde/SLU

### ***Lanna***

Johan Fredriksson, försöksförman  
Berit Larsson, kontorist  
Johan Roland, distriktsförsöksledare  
Lisbet Norberg, försökstekniker  
Mattias Gustavsson, säsongsanställd

---

Lanna försöksstation utgör en viktig del av avdelningens verksamhet. Här bedrivs sedan många år ett stort antal långliggande försök inom mark/växtområdet. Under 2007 utfördes totalt 66 mark/växtförsök plus ett 10-tal demonstrationsodlingar. På Lanna finns fem fältanläggningar för mätning av växtnäringsläckage (se sid. 69).

Avdelningen (inklusive Lanna) hade under 2007 totala intäkter på 14,2 miljoner kronor. Av detta var 3,0 miljoner statsanslag, 11,0 miljoner bidrags- och uppdragsintäkter samt 0,2 miljoner kronor övriga intäkter. Graden av externfinansiering var således nästan 80 procent.

Avdelningen arbetar aktivt inom det nationella samarbetsprojektet POS, Precisionsodling Sverige (se sid. 72).

### ***Forskning vid avdelningen***

Målsättningen med forskningen är att öka kunskapen om markens och grödans lokala variation i tid och rum samt att möjliggöra att hänsyn kan tas till denna variation. Växelverkan mellan teori, teknik och praktik möjliggör i förlängningen ett korrekt beslutsfattande inom växtproduktionen ur både ett produktions- och miljöperspektiv, d.v.s. att precisionen i produktionen skall bli hög. Därmed skall tillgängliga resurser, såväl tillförda som från mark och gröda i sig, kunna tillvaratas på bästa sätt för önskad skörd och kvalitet med minimerade bieffekter såsom läckage eller annan miljöstörning. Odlingsförutsättningarna ändras ofta över mycket korta avstånd. Vad som är rätt odlingsåtgärd varierar därför inom fält. Kännedom om markens och grödans beskaffenhet och

egenskaper på varje enskild plats är därför en förutsättning. Dessutom krävs tillgång till metoder att utifrån denna information identifiera begränsande faktorer och riskområden för läckage, emissioner och kvalitets-nedsättningar. Vid åtgärder där hänsyn tas till variationen förutsätts en god kännedom om insatsmedlens egenskaper. Särskilt egenskaperna hos förfrukter och organiska gödselmedel varierar, inte bara mellan olika typer, utan även beroende på ursprung och över tiden. Den nära koppling till praktiken och förväntningarna på att aktivt kunna medverka till att det görs "rätt" åtgärder i praktiska odlings-system ställer stora krav på att fördjupade kunskaper om interaktioner i marken och mellan mark och gröda kan kombineras med insikter om de praktiska förhållandena.

Forskningen vid avdelningen kan indelas i fyra områden:

- *Förbättrat utnyttjande av växtnäring*, Målsättningen med detta område är att skapa kunskap som underlag för förbättrat växtnäringsutnyttjandet i växtodlingen. Gödsling skall kunna anpassas till grödans behov och markens egenskaper efter variation inom och mellan fält. Det handlar om att utveckla kunskapen om såväl biologiska mekanismer kring omsättning av organiskt kväve i mark som att hitta metoder och strategier att mäta och prognostisera denna omsättning och dess variationer.
  - *Minska växtnäringsförluster och emission av växthusgaser*  
 Detta område fokuserar på att minska växtnäringsförluster och emission av växthusgaser genom anpassade odlingsystem. Fokus vad gäller växtnäringsförluster ligger både på gasformiga kväveförluster och läckage av kväve och fosfor och vad gäller växthusgaser på lustgasemission och energibalanser. Forskningen är inriktad på att kvantifiera förluster under olika
- omständigheter samt på att spatialt modellera reglerande faktorer och mekanismer som kan användas för åtgärder och för att identifiera riskområden.
- *Digital kartering och pedometri*. Digital kartering handlar om att mäta och samla in data till georefererade databaser med en viss spatial upplösning. Data härstammar från metoder för fält- och laboratorieanalyser kopplade till miljödata via kvantitativa samband. Digitala data från fjärranalys, proximala mark- och grödsensorer liksom klassisk markkartering kombinerade med positioneringssystem är utgångspunkten. Tekniker för insamlande av sådana fältdata är bl.a. mark, flyg eller satellitburna sensorer för spektral bildanalys och diffus reflektansanalys (t.ex. NIR; nära infraröd spektroskopi), mark- eller flygburna sensorer för mätning av gammastrålning samt markburen dito för elektrisk konduktivitet. Pedometri innefattar tillämpningen av matematiska och statistiska metoder på ovanstående data för att studera distributionen av marktyper. Målet för pedometrin är att uppnå en bättre förståelse för marken som ett fenomen som varierar över olika skalor i tid och rum.
  - *Biologisk markkartering*  
 Detta område fokuserar på att identifiera och kvantifiera markbiologiska faktorer som hämmar grödans tillväxt. Huvudsakligen utvecklas molekylärbiologiska strategier med inriktning mot markbundna patogener. Målet är att utveckla detektionsmetoder, använda dem för att bestämma förekomst vid olika skadenivåer i grödor samt utveckla prognosmodeller för bedömning av risk för angrepp i olika växtföljder. Fysikaliska och kemiska egenskaper i marken påverkar utbredning av



patogener. Förutom klassiska kemiska analyser används olika marksensorer som t.ex. instrument som mäter markens elektriska ledningsförmåga (ECa) för att förklara variation i förekomst och för prognos av angrepp.

Forskningen bedrivs till stor del genom fältstudier och fältförsök och ofta i nära samverkan med näringsliv, myndigheter, olika organisationer och med rådgivningssverksamheten. Det finns också ett omfattande forskningssamarbete såväl nationellt inom och utom SLU som internationellt med de nordiska länderna samt bl.a. Skottland och Frankrike.

### **Utbildning**

Avdelningen var under 2007 ansvarig för motsvarande 2 poäng precisionsodling i en 10-poängskurs i växtnäringslära, och motsvarande 0,7 poäng precisionsodling i en 20-poängskurs i växtodling. Därutöver medverkade olika forskare vid avdelningen också i annan undervisning vid SLU-institutioner samt vid andra högskolor och universitet. Under 2007 har 3 studenter slutfört sina examensarbeten med handledning från avdelningen (se sid 68). Inom ramen för ett av avdelningens forskningsprojekt "Nyckeltal inom precisionsodlingen" arrangerades ett antal kurser för lantbrukare. Lärare från avdelning medverkade vid externa kurser vid Karlstad Universitet, Chalmers och Högskolan i Skövde i en del moment som behandlade spatial analys med hjälp av GIS.

### **Information, samverkan**

Varje år arrangeras av avdelningen en tvådagars regional växtodlings- och växtskyddskonferens med målgruppen rådgivare inom organisationer och företag, lärare vid naturbruksgymnasierna, försöksansvariga, lantbrukarrepresentanter med flera intresserade. 2007 deltog drygt 130 personer i konferensen.

Under 2007 var avdelningen huvudansvarig, delansvarig eller medverkande i ett antal seminarier, konferenser eller dylikt:

Växtodlings- och växtskyddskonferens i Uddevalla  
 Medverkan i forskartorget vid Borgebydagarna i Skåne  
 Medverkan i Hushållningssällskapets jordbrukardag på Logården  
 Forskare vid avdelningen medverkar i ämnesgrupperna Vattenfrågor, Växtnäring, Odlingsystem, Vall/grovfoder och Jordbearbetning inom FältForsk  
 Medverkan i olika nätverk såsom Agroväst, Försök i Väst, Svensk Raps  
 Medverkan i försöksutförarträff på L:a Böslid, HS Halland  
 Fältvandringar på Lanna försöksstation för rådgivare och lantbrukare  
 Medverkan i Nonnendag angående "Klimatförändringen – berör den oss?"  
 Medverkan i Nonnenseminarium angående "Klimatförändring och spannmålspriser – konkurrensen om marken".  
 Seminarium och fältvandring på Östad säteri för två naturbruksgymnasier.  
 Seminarium för Jordbruksverkets växtskyddscentraler.  
 Kurser hölls tillsammans med Länsstyrelsen inom ramen för Greppa näringen.  
 Medverkade med poster och i flera presentationer vid den 6:e Europeiska precisionsodlingskonferensen (6ECPA) som hölls i Grekland.  
 Tekniskt stöd för Swedac i samband med tillsyn inom ramen för kvalitetssäkrings-systemet GEP (Good Experimental Practice) inom fältförsöksverksamheten.

### **Publicering**

Resultaten från avdelningens forskning publiceras i vetenskapliga tidskrifter, institutionsrapporter samt populärvetenskapliga artiklar av olika slag. På avdelningens hemsida, <http://po-mv.slu.se> finns våra publikationer tillgängliga. På sidan 74 finns en förteckning över avdelningens publikationer 2007.

## Projekt under 2007

### *Förbättrat utnyttjandet av växtnäring*

Målsättningen med detta område är att skapa kunskap som underlag för förbättrat växtnäringsutnyttjandet i växtodlingen. Gödsling skall kunna anpassas till grödans behov och markens egenskaper som de varierar inom och mellan fält. Det handlar om att utveckla kunskapen om såväl biologiska mekanismer kring omsättning av organiskt kväve i mark som att hitta metoder och strategier att mäta och prognostisera denna omsättning och dess variationer.

## ***Kvävemineraliseringsförlopp och inverkan på skörd efter gödsling med fjäderfägödsel***

Man vet mycket lite om hur gödsel från fjäderfä effektivast kan utnyttjas i svensk växtodling. Gödsel från fjäderfä har betydligt högre koncentration av växtnäring och delvis andra kemiska och fysikaliska egenskaper än andra organiska gödselmedel.

### ***Målsättning***

- ◆ Att jämföra växtnäringseffekten av höns gödsel och kyckling gödsel med handels gödsel.
- ◆ Att jämföra växtnäringseffekten av höns gödsel och kyckling gödsel vid olika spridningstidpunkter.
- ◆ Att undersöka efterverkan av höns gödsel och kyckling gödsel året efter spridningen.
- ◆ Att kartlägga kvävemineraliseringsförloppet under växtodlingssäsongen efter tillförsel av höns gödsel och kyckling gödsel.
- ◆ Att koppla kväveupptag i gröda och skördeutbyte till mineraliseringshastighet.

### ***Utförande***

Undersökningen utgjordes av både gödslingsförsök och inkuberingsförsök. I gödslingsförsöken undersöktes effekten av höns- respektive kyckling gödsel på skörd i vårkorn vid spridning på vårvintern och vid vårbruket 2005 och av praktiska skäl vid vårbruket samt i växande gröda 2006. Året därefter undersöktes efterverkan av de olika gödseltyperna. Till inkuberingarna blandades jord med gödsel i plastflaskor som placerades i matjorden vid de olika spridningstidpunkterna.



### ***Resultat***

Nettoimmobilisering av kvävet i ammoniumrik, blöt höns gödsel och nettomineralisering av kvävet i torr, ammoniumfattig kyckling gödsel resulterade i ungefär samma mängd

mineralkväve per kg totalkväve till grödan för båda gödselslagen under växtodlingssäsongen, trots stora skillnader i andel mineralkväve i gödseln från början. Gödslingseffekten av fjäderfägödsel beräknades därför lämpligtvis utifrån totalkväveinnehållet, och gav då en 30-40 % effekt jämfört med gödsling med ammoniumnitrat under 2005, och ca 20 % effekt under 2006, med sen vårsådd och torr försommar. Efterverkan av gödseln låg på 5-10 % av totalkvävegivan till grödan året efter gödslingen. 2005 blev vårspridning bättre än vårvinterspridning, troligtvis p.g.a. av att nedbrukning inte utfördes vid vårvinterspridningen. Nedbrukning av gödseln förbättrar inte alltid växtnäringseffekten, vilket syntes i försöket 2006. Resultaten i sin helhet publiceras i en institutionsrapport under 2008.

***Tid och plats:*** Försöket genomfördes på Lanna försöksstation, 2005 - 2006.

***Finansiering:*** SLF

***Kontaktperson:*** Sofia Delin 0511-67235  
[sofia.delin@mv.slu.se](mailto:sofia.delin@mv.slu.se)

## **Kvävemineraliseringsförlopp efter gödsling med organiska gödselmedel vid olika tidpunkter**

För att kvävet i organiska gödselmedel ska kunna utnyttjas så effektivt som möjligt genom maximalt skördeutbyte och minimerade förluster till omgivande miljö, måste dess tillgänglighet för växterna synkroniseras med växtens kväveupptag. Genom att kartlägga mineraliseringsförloppet under fältbetingelser kan man bedöma när det ännu inte mineraliserade kvävet borde bli växttillgängligt i förhållande till spridningstidpunkten. Detta behövs för att avgöra när man bör sprida gödseln för att få maximal växtnäringseffekt.

### **Målsättning**

Detta projekt syftar till att studera mineraliseringsförloppet av kväve efter gödsling med nötgödsel (både fast- och flyt-), kycklinggödsel, köttbenmjöl och Vinass under naturliga temperaturförhållanden vid olika spridningstidpunkter.

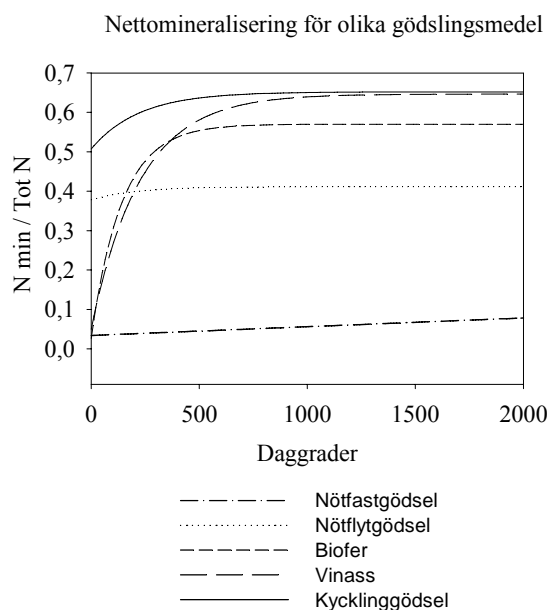
### **Utförande**

Försöket utfördes genom inkubering av gödsel inblandad i jord i plastflaskor placerade i matjorden vid olika tänkta tidpunkter för spridning av gödsel. Temperaturen i marken mättes kontinuerligt under hela försöksperioden. De gödselmedel som studerades var nötgödsel (både fast- och flyt-), kycklinggödsel, Biofer (köttbenmjöl) och Vinass. Flaskor togs ut för analys vid flera tillfällen och innehållet analyserades med avseende på  $\text{NH}_4\text{-N}$  och  $\text{NO}_3\text{-N}$ . På detta sätt följdes mineraliseringsförloppet från spridningstillfället och fram till senhösten efter växtsäsongens slut.

### **Resultat**

Resultaten från de olika spridningstidpunkterna respektive år har presenterats i tidigare årsrapporter. Här görs en summering. Resultaten visar att 55-60 % av totalkvävet i Biofer mineraliserades inom 40-50 dagar och ca 65 % av kvävet i Vinassen mineraliserades inom 60-100 dagar. Kycklinggödseln hade 50 % av totalkvävet som mineralkväve från start och ökade till ca 65 % inom 30-40 dagar. Nötgödseln hade en försumbar nettomineralisering. Då olika gödselmedel spreds vid lite olika tidpunkter och temperaturen har en viss inverkan på mineraliseringshastigheten har

mineraliseringen här presenterats som funktioner av daggrader (figur 1).



**Figur 1. Andel av totalkväve i som mineralkväve vid olika antal daggrader efter spridning.**

**Tid och plats:** Försöket genomfördes på Lanna försöksstation, 2005 - 2006.

**Finansiering:** SLU's Ekoforsk

**Kontaktperson:** Sofia Delin 0511-67235  
[sofia.delin@mv.slu.se](mailto:sofia.delin@mv.slu.se)

## **Fluorescensmätningar av ammoniumkoncentration och spridningshastighet vid olika nedbruksgrad av organisk gödsel**

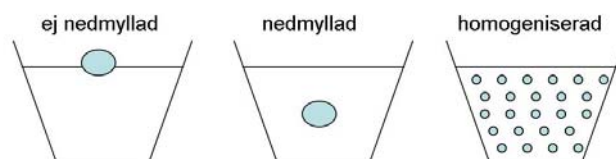
Kväveutnyttjandet från stallgödsel kan bl.a. påverkas av spridningsteknik, som kan inverka på flera sätt. Hittills har forskningsfokus mest varit på spridningens påverkan på ammoniakförluster. Kvävemineralisering och mineralkvävet vidare spridning i marken är dock mycket litet studerat. Finfördelning av organisk gödsel i mark har visat sig kunna öka den biologiska fastläggningen av kväve, vilket innebär att växttillgängligheten på detta vis kan påverkas av gödselns placering i jorden. För att kunna optimera spridningstekniken för olika gödselmedel till olika jordar vore det önskvärt att öka kännedomen om hur olika spridningstekniker påverkar kvävet växttillgänglighet under olika förhållanden.

### **Målsättning**

Syftet med denna undersökning är att kartlägga biologisk fastläggning och mineralisering av kväve samt fördelning av mineralkväve i marken från olika sorters organisk gödsel efter spridning beroende på gödselmedel, spridningsteknik, jordart och nederbördsförhållanden. Mineralkvävet förekomst och rörelse studeras med en ammoniumspecifik fluorescerande film.

### **Utförande**

En ammoniumspecifik fluorescerande film, en så kallad avbildande optod, placeras i jordfyllda behållare i vilka gödsel placerats antingen på ytan, under ytan eller ombländat med jorden. Med en kamera registreras eller ”filmas” mängden ammoniumjoner och deras spridning i två dimensioner under några veckors tid. Eftersom optoden enbart detekterar ammonium hålls behållarna anaeroba med ett övertryck av kväve för att förhindra nitrifikation. Valet av gödselmedel är gjort för att representera både flytande (nötflytgödsel) och fast (kycklinggödsel) stallgödsel. Dessutom vill vi studera skillnaden i nettomineralisering hos Vinass och Biofer, då de visat sig ha olika effekt i växtodlingsförsök, trots liknande mineraliseringstakt i inkubationsstudier. Då Vinassens kväveeffekt verkar vara mer beroende av vattentillgång än t.ex. Biofer, är det intressant att se hur kvävemineraliseringen påverkas vid olika vattenhalt i omkringliggande jord.



**Figur 2. Gödselns placering i jorden i olika led.**

**Tid och plats:** Försöket genomförs i samarbete med Göteborgs universitet, 2007 - 2009.

**Finansiering:** SLF

**Kontaktperson:** Sofia Delin 0511-67235  
[sofia.delin@mv.slu.se](mailto:sofia.delin@mv.slu.se)

## **Kväveförsörjning av ekologiska höstoljeväxter – studie av olika kvävekällor, tillförseltidpunkter och myllningstekniker**

Övergången till 100 % ekologiskt foder till idisslare innebär att efterfrågan av ekologiska rapsprodukter kommer att öka ytterligare. Höstraps har stort kvävebehov. Höstrapsplantorna börjar växa tidigt på våren och under stjälksträckningsfasen som sker under april och början av maj är nettomineraliseringen i marken normalt låg. Låga skördar i ekologisk höstrapsodling kan oftast kopplas till liten tillgång av växtnäring. Det är av stor betydelse att organiska gödselmedel tillförs vid rätt tidpunkt så att kväveutnyttjande och kväveförsörjning blir optimal. Det finns en risk för långsam kväveverkan och svag effekt om inte myllning och därmed god jordkontakt kan säkerställas, vilket är fallet vid vårspridning i höstsådda grödor.

### **Mål**

Den övergripande målsättningen med projektet är att för ekologiska gårdar både med och utan djur kunna presentera en ekologiskt hållbar strategi för kväveförsörjning av höstraps med organiska gödselmedel och därmed öka odlingssäkerheten och det ekonomiska utbytet i odlingen. I projektet studeras två frågeställningar:

- Kvävetillgängligheten i organiska gödselmedel förbättras om den spridda gödseln radhackas direkt efter spridning jämfört med bredspridning.
- Bredspridning tidigt på våren före tillväxtstart (1- 15 mars) ökar kvävetillgängligheten jämfört med bredspridning efter tillväxtstart (1-15 april).

### **Utförande**

Olika typer av organiska gödselmedel appliceras med olika spridningsteknik i bestånd med olika etableringssystem. Utvärderingen görs genom återkommande analys av jord och gröda (tabell 1). Sambanden mellan organiska gödselmedel och spridningsförhållanden undersöks. Projektet genomförs 2005-2008 med totalt sex fältförsök på olika platser i Västra

Götaland. Jordart och klimatförhållande skiljer sig mellan platserna.

### **Resultat 2006-2007**

Tre av fem utlagda försök genomfördes under 2006-2007, Hög och Lanna, Lidköping, och Brogården, Skara. Två försök slopades på grund av stora mängder ogräs och snigelskador. Höstraps (Banjo) såddes 050815 på Brogården efter stubbträda, 050816 på Hög efter helsäd och 060826 efter höstvetete på Lanna.

**Tabell 1. Försöksled i projektet**

<b>Gödselmedel</b>	<b>Radavstånd</b>	<b>Spridningstidpunkter</b>
A. Ogödslat vår	a. Bredsådd 12 cm,	1. Före tillväxtstart, ca 15 mars led B-E
B. Vinasse släpslang	b. Radsådd 48 cm, alla led	2. Vid vårbruk ca 15 april, efter tillväxtstart, upptorkad mark led B-G
C. Biofer Köttbenmjöl, bredspridd	radhackas direkt efter	
D. Kycklinggödsel bredspridd	gödselspridning tidpunkt 2 utom	
E. Nötflytgödsel släpslang	led F där hackningen görs före	
F. Vinasse släpslang efter radhackning endast radhackat led 48 cm	samt led G där injicering görs i samband med hackning.	
G. Vinasse injicerat vid hackning endast radhackat led 48 cm		

Alla led i försöken gödslades med 30 kg N ha<sup>-1</sup> (Biofer 7-9-0) i samband med sådd.

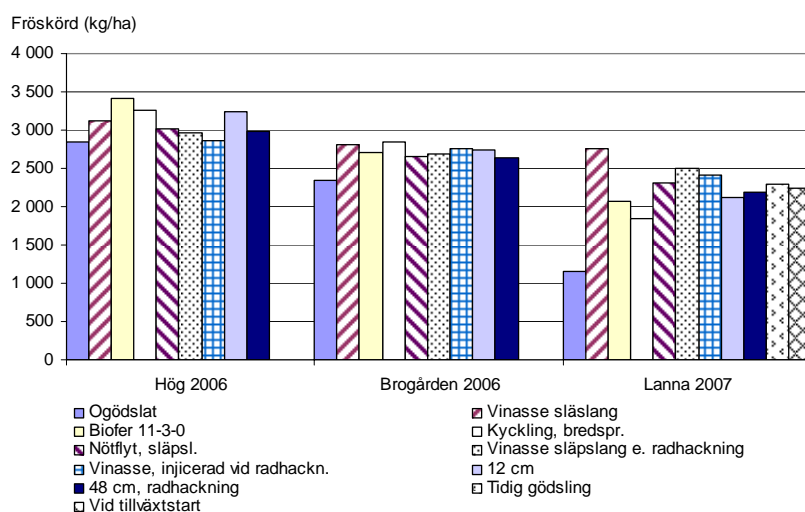
Alla kvävegivor på våren var  $100 \text{ kg N ha}^{-1}$  beräknat på totalkväve i de olika organiska gödselmedlen. Eftersom våren 2006 var sen efter en kall och snöig vinter slopades den tidiga spridningstidpunkten – gödsel spreds därmed bara vid tidpunkt 2. Båda spridningstidpunkterna genomfördes i försöket på Lanna 2007 (tabell 1). Hösten 2007 etablerades de sista tre försöken i projektet för skörd 2008 då projektet avslutas.

### Skörd

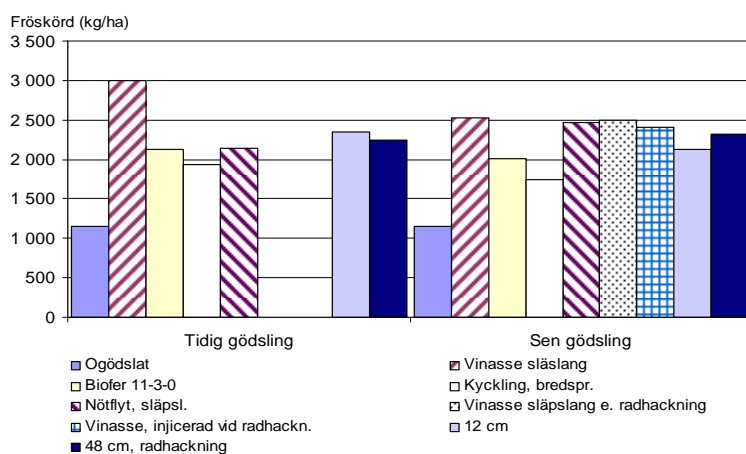
Höstrapsen avkastade i medeltal  $3\ 050 \text{ kg ha}^{-1}$  på Hög,  $2\ 670 \text{ kg ha}^{-1}$  på Brogården och  $2\ 013 \text{ kg ha}^{-1}$  på Lanna (figur 3). Ett lägre plantantal i 48 cm radavstånd orsakade troligen en signifikant mindre skörd jämfört med 12 cm radavstånd 2006. Vinasse, Biofer och kycklinggödsel avkastade lika mycket 2006, men höstraps

gödslad med kycklinggödsel avkastade signifikant mer än ledet med nötflytgödsel.

På Lanna 2007 (figur 3 och 4) var avkastningen i medeltal dubbelt så stor i de gödslade jämfört med ogödslat led. De resultat som visas här får dock ses som preliminära då alla analyser ej är färdiga. 2007 resulterade alltså i betydligt större relativ merskörd av gödslade led än 2006 men grundskörden var i medeltal mindre. Den tidiga gödslingen med Vinasse gav en synlig kväveeffekt redan tidigt på våren. Torrt väder under våren medförde att kvävet i Vinasse blev tillgängligt betydligt tidigare än från övrig tillförd gödsel vilket också avspeglades i fröskörden. Rapsens stora behov av tillgängligt kväve vid tillväxtstarten tillgodosågs alltså i högre



**Figur 3. Fröskörd av höstraps som medel av olika gödslingsled, radavstånd och gödslingstidpunkt (endast Lanna) för tre försök genomförda 2006-2007.**



**Figur 4. Fröskörd vid tidig och sen gödsling i försöket på Lanna 2007.**



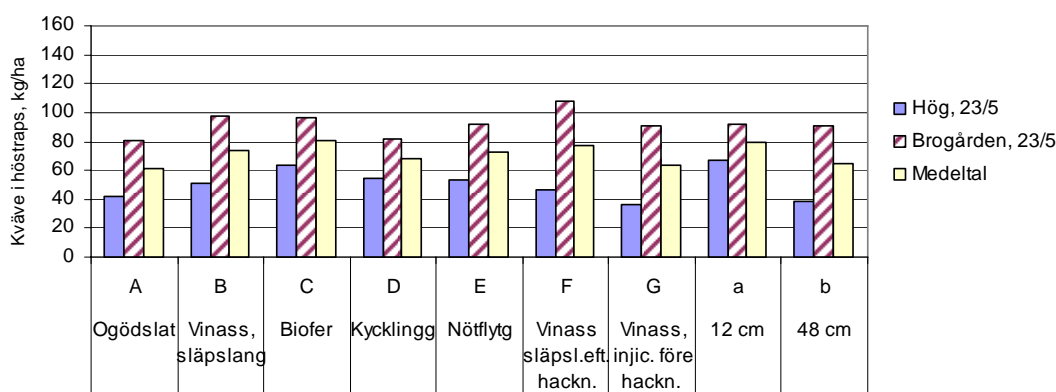
grad med Vinasse än med övriga gödselmedel.

### Kväve i gröda

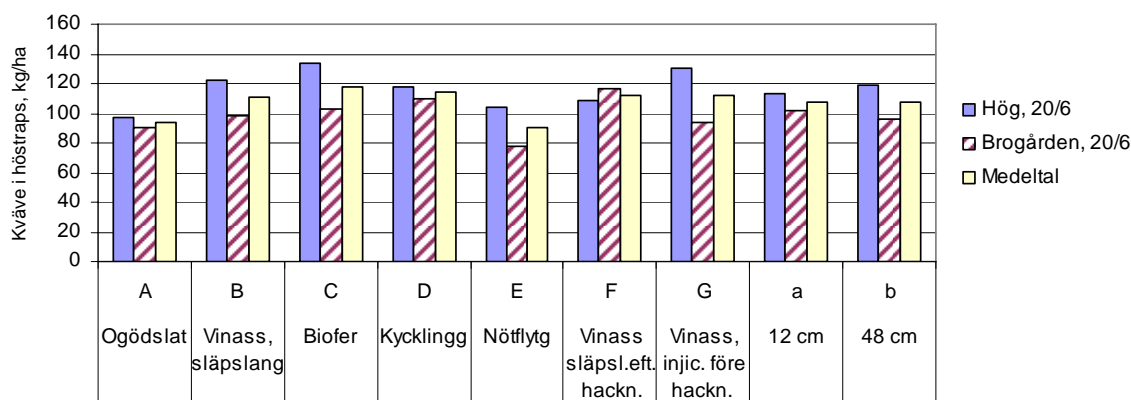
Kväveinnehållet i höstrapsen per ha var mindre vid 48 cm radavstånd och hackning än vid 12 cm vid provtagningen på Hög 060523 (figur 5 och 6). Det kan förklaras med lägre planttäthet samt större radavstånd. På Brogården noterades däremot inga skillnader i kväveupptag mellan de olika radavstånden vid denna tidpunkt. Där var plantorna mycket större och kraftigare än på Hög. Vid grödprovtagning den 20 juni fanns inga skillnader i kväveupptag mellan de två radavstånden på någon av försöksplatserna. Analyser av kväve i gröda från försöket på

Lanna är inte klara men data från scanning med handburen N-sensor i slutet av april tyder på högre kväveinnehåll speciellt i ledet med Vinasse vid den första gödningen.

Det var mer kväve i leden med Vinasse och Biofer än i ogödslad led på Brogården 060523 (figur 5). Den 20 juni var kväveinnehållet större i höstraps som gödslats med Biofer och kycklinggödsel än med nötflytgödsel (figur 6). På Hög den 23 maj, var kväveinnehållet större i alla gödslade led än i ogödslad led och rapsen som gödslats med Biofer hade tagit upp mest kväve. Den 20 juni innehöll endast leden med Vinasse och Biofer mer kväve än ogödslad led men bara i ledet med



Figur 5. Kväveinnehåll den 23 maj 2006 i höstraps med olika gödslingsled och radavstånd på Hög och Brogården samt medeltal för de två försöken. I led F och G var radavståndet 48 cm.



Figur 6. Kväveinnehåll den 20 juni 2006 i höstraps med olika gödslingsled och radavstånd på Hög och Brogården samt medeltal för de två försöken. I led F och G var radavståndet 48 cm.



Biofer var kväveupptag större än i ledet som fått nötflytgödsel. I medeltal för de båda försöken var kväveupptaget större i 12 cm radavstånd än 48 cm i maj men ej i juni. I maj var det höstrapsen med Vinasse, Biofer och nötflytgödsel som hade tagit upp mest kväve medan det i juni var leden med Biofer och kycklinggödsel. I juni hade grödan i leden med Vinasse, Biofer och kycklinggödsel tagit upp mer kväve än ledet med nötflytgödsel. Kvävemängden i höstrapsens fröskörd var lika stor i de två radavstånden på båda försöksplatserna (figur 7). På Brogården var kväveskörden större i alla gödslade led jämfört med ogödslat led och leden med Vinasse och kycklinggödsel innehöll mer kväve i fröskörden än ledet med nötflyt. På Hög var kväveskörden, precis som fröskörden, större i led med Vinasse, Biofer och kycklinggödsel än ogödslat led. Höstraps gödslad med Biofer innehöll mest kväve i fröskörden, därefter var det

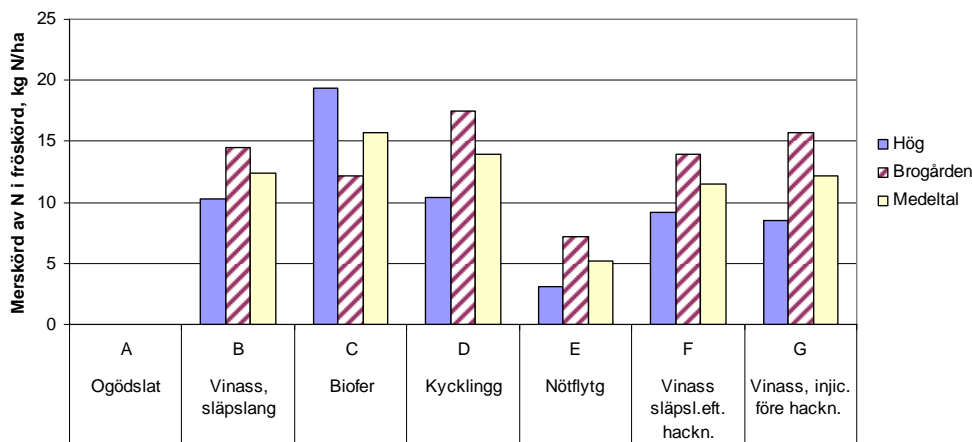
Vinasse och kycklinggödsel. I medeltal för de två försöken noterades inga skillnader i kväveskörd mellan höstraps som gödslats med Vinasse, Biofer och kycklinggödsel men de var större än ogödslat led och ledet med nötflytgödsel, vilket också var fallet för fröskördarna.

**Tid och plats:** under 2006 - 2007.

**Finansiering:** SLU Ekoforsk

**Kontaktperson:** Maria Stenberg 0511-67235 [maria.stenberg@mv.slu.se](mailto:maria.stenberg@mv.slu.se).

Försöket genomförs i samarbete med Lena Engström, SLU, Ingemar Gruvaeus, HS Skaraborg, Ann-Charlotte Wallenhammar HS Konsult AB samt Per-Johan Löf, Lantmännen AB



**Figur 7. Merskörd av kväve i fröskörd av höstraps med olika gödselmedel i jämförelse med ogödslat led A. Medeltal för 12 och 48 cm radavstånd på Hög och Brogården 2006 samt medeltal för de två försöken. I led F och G var radavståndet 48 cm.**

### Sammanfattning

- Lika skörd med 12 och 48 cm radavstånd.
- I medeltal merskördar i alla gödslade led B-E jämfört med ogödslat A.
- Signifikant högre skörd 2006 med Biofer och kycklinggödsel än med nötflytgödsel men ingen skillnad i skörd mellan Vinasse, Biofer och kycklinggödsel.
- Vinasse gav störst fröskörd 2007.

## Klassificering av växtmaterial för bedömning av kväveeffekt till efterkommande gröda

Till jordbruksmark återförs årligen stora mängder växtmaterial i form av skörderester, fånggrödor och grüngödsling. Detta har en avgörande betydelse på omsättningen av bl. a. kol och kväve i marken. Det är därför viktigt att känna till hur olika växtmaterial omsätts i marken för att kunna förutsäga hur olika åtgärder kommer att påverka mängden växttillgängligt kväve och risken för kväveförluster.

### Målsättning

Målsättningen med detta projekt är att utveckla empiriska klassificeringsmodeller som utifrån snabb och enkel nära infraröd (NIR) spektroskopi kan klassificera växtmaterial i tre olika huvudtyper av kväveminereringsdynamik.

### Utförande

Till projektet används 84 olika växtmaterial som i ett nordiskt samarbete inkuberats i klimatskåp för att studera kvävedynamiken i en standardjord. Utifrån dessa data klassas växtmaterialen till en av tre klasser:

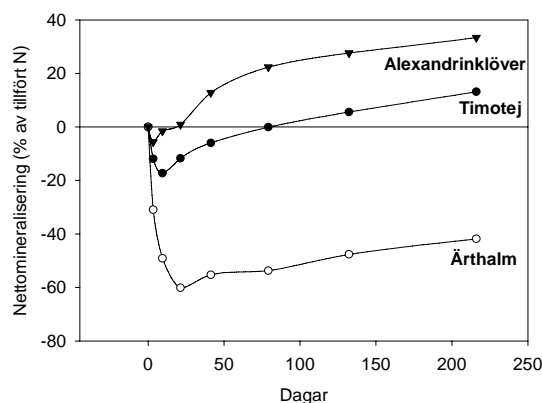
- Sådana som kan förväntas leverera kväve omgående, varvid risken för förluster blir stor.
- Sådana som kommer att leverera kväve först efter en tids immobilisering.
- Sådana som inte kommer att leverera något kväve alls utan snarare har en

negativ nettoeffekt för efterkommande gröda.

Dessa klasser relateras till NIR-spektra med hjälp av flera statistiska och matematiska metoder. Kan man i förväg dela in växtmaterial i sådana klasser skulle det vara tillräckligt för att ge en uppfattning om och när nettomineralisering kan förväntas, samt i viken omfattning man kan tillgodoräkna sig den i kvävebudgeten.

### Resultat

Olika metoder för prediktiv klassificering jämförs för närvarande.



**Figur 8. Exempel på kvävemineringsdynamik från inkubering i klimatskåp. Klövern uppvisar en nästan omedelbar nettomineralisering, Timotejen en initial nettoimmobilisering följt av en nettomineralisering, samt ärthalmen en utsträckt nettoimmobilisering.**

**Tid:** Projektet slutredovisas 2008

**Finansiering:** SLF

**Kontaktperson:** Bo Stenberg

0511-67276

[Bo.Stenberg@mv.slu.se](mailto:Bo.Stenberg@mv.slu.se)

### ***Minskad miljöpåverkan genom anpassade odlingssystem***

Detta område fokuserar på att minska växtnäringsförluster och emission av växthusgaser genom anpassade odlingssystem. Fokus vad gäller växtnäringsförluster ligger både på gasformiga kväveförluster och läckage av kväve och fosfor och vad gäller växthusgaser på lustgasemission och energibalanser. Forskningen är inriktad på att kvantifiera förluster under olika omständigheter samt på att spatialt modellera reglerande faktorer och mekanismer som kan användas för åtgärder och för att identifiera riskområden.

## Höstraps och ärter i växtföljden – metoder att ta tillvara det bättre förfruktsvärdet och minimera den större kväveutlakningsrisken

### Målsättning

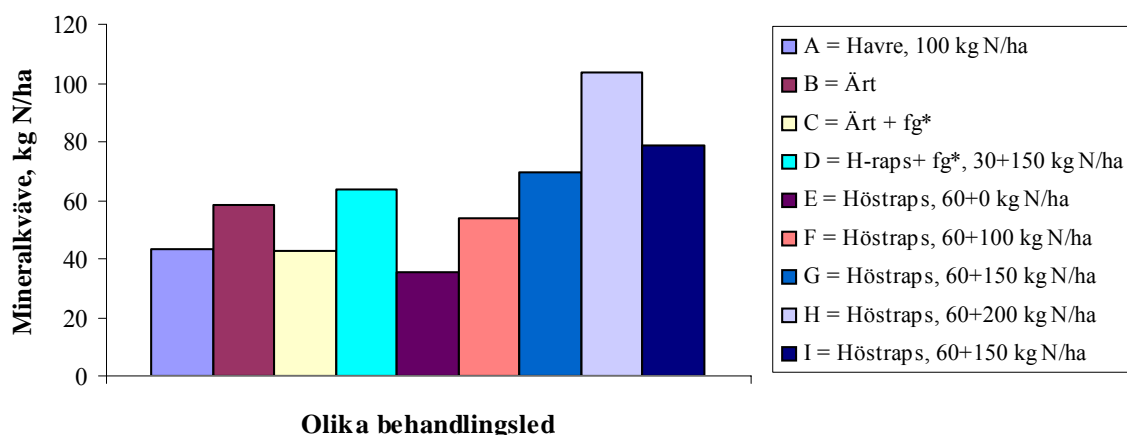
I detta projekt skall kväveprocesser vid odling av höstraps och ärter i jämförelse med havre studeras samt åtgärder för förbättrad kvävehushållning och minskad kväveutlakning.

### Utförande

Två treåriga utlakningsförsök genomförs på Götala försöksgård i Västergötland. Försöken är randomiserade blockförsök med tre upprepningar. Rutstorleken är 6 x 30 m och i varje ruta finns 3 sugceller på 80 cm djup för mätning av markkvätskans nitratkoncentration. Försök 1, startades 2004 (år 1) med sådd av höstraps efter höstvete i sex av totalt nio led (se figur 9). På våren 2005 (år 2) såddes havre i ett led och ärter i två andra led. Leden gödslades enligt figur 9. Inför år tre då efterverkan studeras såddes höstvete efter plöjning i alla led 15/9 2005 (led I direktsåddes) förutom led C som plöjdes 1/11 och såddes med vårvete våren 2006. Dessa led delades på två och gödslades med 0 kg N ha<sup>-1</sup> och 100 kg N ha<sup>-1</sup>. Försöket avslutades med skörd 2006. Försök 2 startades med sådd av höstraps 2005 och avslutades med skörd av höstvete och vårvete 2007.

### Resultat

Slutsatser från försök 1 respektive år ett och två (2004-2005) var att höstrapsen tog upp mer kväve när den fick en högre kvävegiva på hösten. Den högre kvävegivan på hösten bidrog inte till ökad kväveutlakning och gav inga merskördar. Höstrapsens blad- och plantförluster under vintern bidrog mycket lite till kväveutlakningen under vintern. Trots höstrapsens förluster av biomassa och kväve under vintern minskade kväveutlakningen till hälften i jämförelse med en obevuxen mark som stubbearbetats på hösten. Höstrapsens bladfällning under växtsäsongen bidrog med 18 kg N ha<sup>-1</sup> till marken. Bladfällningen och höstrapsens tidiga mognad (i förhållande till havren) är troligtvis orsaken till en ökad kväveminalisering och därmed en



Figur 9. Mineralkväve i marken (0-90 cm, kg N ha<sup>-1</sup>) den 1-10/8 (skördedatum för höstraps led E den 1/8 och led D + F-I den 8/8 och för havre och ärt den 10/8). \*fg = fånggröda

anhopning av utlakningsbart kväve vid skörd. Markens innehåll av mineralkväve ökade vid skörd med stigande kvävegivor till höstrapsen. En kvävegiva som översteg optimum med 50 kg N ha<sup>-1</sup> orsakade en ökning av mineralkväve vid skörd med 34 kg N ha<sup>-1</sup>. Kväveutnyttjandet hos höstrapsen var högst med en giva på 100 kg N ha<sup>-1</sup>. Den optimala kvävegivan på våren var detta år och på denna plats 150 kg N ha<sup>-1</sup> (priskvot 5). Fånggrödan i höstrapsen och ärterna fyllde sin funktion genom att mängden mineralkväve i marken vid skörd minskade utan att skördarna påverkades negativt.

Resultaten för 2006 i efterföljande höstvetete visade att det i november fanns 18 kg N ha<sup>-1</sup> mer mineralkväve i marken efter den överoptimalt gödslade höstrapsen jämfört med optimalt gödslad och 23 kg N ha<sup>-1</sup> mer än efter havre. Utlakningen i höstvetetet under vintern, september – april, (gödslad med 100 kg N ha<sup>-1</sup>) var också störst efter den över optimum gödslade höstrapsen (23 kg N ha<sup>-1</sup>) vilket var 18 kg N ha<sup>-1</sup> mer än i höstvetetet efter havre. Den överoptimala kvävegödslingen (200 kg N ha<sup>-1</sup>) orsakade inga merskördar i höstvetetet. Mineralkväve i november efter ärter minskade med 16 kg

N ha<sup>-1</sup> med fånggröda och sen plöjning (1/11) jämfört med plöjning och sådd av höstvetete 15 september. Utlakningen under vintern var däremot näst högst efter ärter följt av fånggröda och sen plöjning, 14 kg N ha<sup>-1</sup> mer än efter höstvetete efter havre. Avrinningen och N-utlakningen var som störst i mars vintern 2005/06 till skillnad från 2004/05 då den var störst i november.

I försök två visade resultaten från året med höstraps, havre och ärter på samma tendenser som i första försöket.

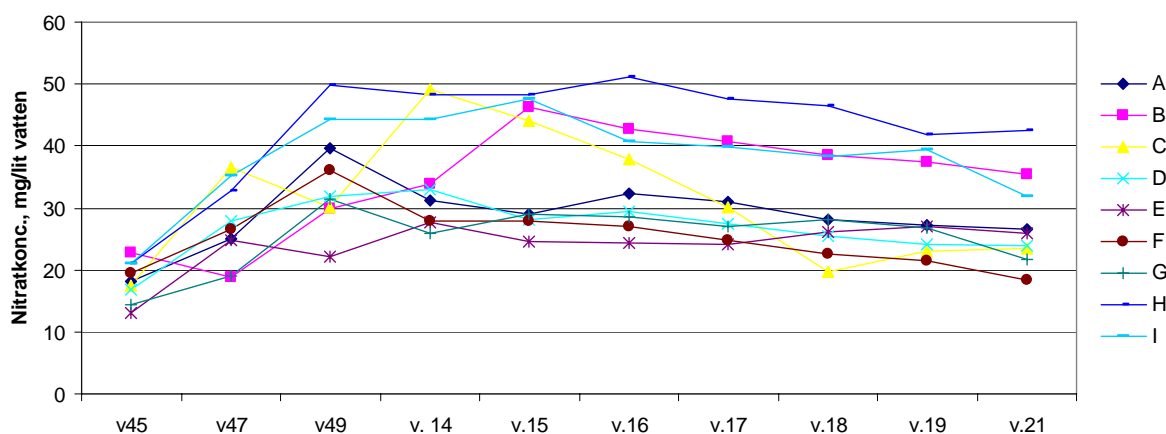
**Försöket avslutades 2007, slutrapport kommer hösten 2009.**

**Tid och plats:** Fältförsöket utförs på Götala försöksgård, 2004-2007.

**Finansiering:**

- \* Stiftelsen Lantbruksforskning,
- \* Stiftelsen Svensk växtnärforskning
- \* Stiftelsen Svensk Oljeväxtforskning

**Kontaktperson:** Lena Engström  
0511-67141, [lena.engstrom@mv.slu.se](mailto:lengstrom@mv.slu.se)



**Figur 10.** Nitratkoncentration i markvätskan (från sugkoppar på 80 cm djup) från november 2005 till maj 2006 i led med höstvetete efter havre (A), ärt (B) och höstraps (D-I). Led C var endast plöjt efter ärter med fånggröda och såddes med vårvete våren 2006.

## **Utlakning vid olika gödslingsintensitet vid odling av stråsäd**

Om man gödslar med mer kväve än vad grödan kan ta upp riskeras överblivet kväve att lakas ut vilket inte bara ger negativ miljöpåverkan utan också är en direkt ekonomisk förlust för odlaren. Hur stor utlakningen blir av för hög kvävegödsling är dock oklart. Det är också oklart hur mycket utlakningen påverkas av skillnader i gödslingsnivåer som ligger under vad grödan kan ta upp. Tidigare svenska försök visar på en uppåtgående trend ju högre gödsling man har, men ger utrymme för viss tolkningsfrihet. Intervallen mellan gödslingsnivåerna var stora och utlakningen var delvis ett resultat av ackumulerade effekter från flera år och därmed svåra att relatera till kväveutnyttjande hos grödan det enskilda året. Osäkerheten om exakt vid vilken gödslingsgiva som utlakningen började öka eller om ökningen skedde gradvis är stor.

### **Målsättning**

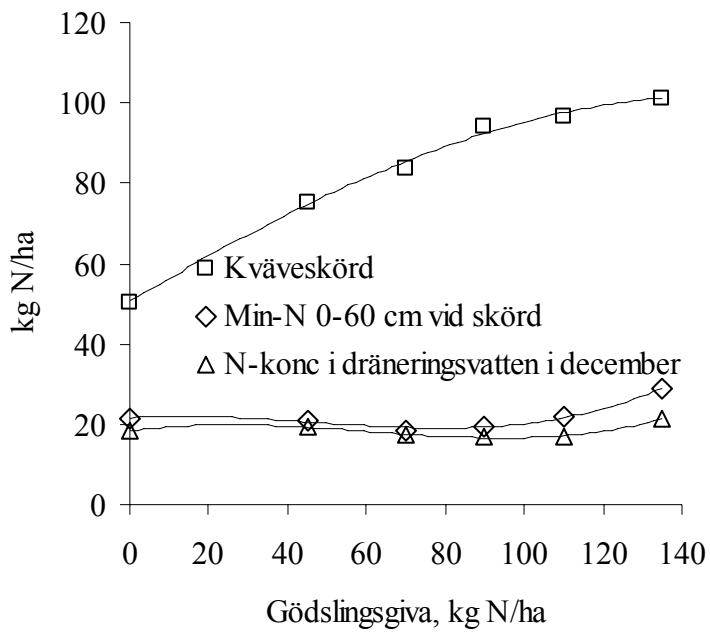
Syftet med undersökningen är att få en bättre bild av hur gödslingen påverkar utlakningen i relation till grödans kväveupptag. Detta så att utlakningsmodellerna som ligger till grund för de regler och rekommendationer som utfärdas till lantbrukare får en bättre grund. Hypotesen är att man kan hålla kväveutlakningen på lika låg nivå som vid mycket sparsamt gödslad gröda genom årsmånsanpassning av kvävegödslingsnivån.

### **Utförande**

Projektet omfattar två ettåriga gödslingsförsök med stigande kvävegivor, 2007 respektive 2008. För att mäta utlakning används sugceller, från vilka markvattenprover tas ut med jämna mellanrum för bestämning av NO<sub>3</sub>-N-koncentration. Utlakningen mäts från gödslingstillfället med stigande kvävegivor år 1 i havre t.o.m. sista juni året efter i höstvetete som gödslats lika i alla led. I försöket utgår vi från normal gödslingsnivå för aktuell gröda (havre) och testar hur gödsling med 25-50 % högre respektive lägre gödsling innebär plus ett extra led där vi har möjlighet att förändra strategin under säsongen. På våren och hösten tas kväveprofiler i skikten 0-30 och 30-60 cm. För att få bättre dokumentation av grödotvecklingen och kväveupptaget i de olika leden mäts grödan med handburen N-sensor vid tre tillfällen (DC 30, 37-39 samt 45-49) och klipps rutvis i ett block för att kunna relatera N-sensornvärdena till faktisk biomassa och kväveinnehåll.

### **Resultat**

Kväveskörden avklingade vid gödslingsnivån 90 kg N/ha (figur 11). Den ekonomiskt optimala gödslingsgivan, beräknad från en tredjegradskurva anpassad till skördenivåerna, låg mellan 100-125 kg N/ha beroende på vilken priskvot mellan gödsel-N och spannmål man räknade med. Mineralkvävemängden i augusti 2007 var signifikant högre i ledet med högst gödslingsgiva (figur 11), medan övriga led inte skiljer sig statistiskt signifikant ifrån varandra. Kurvan antyder ett minimum kring gödslingsnivån 90 kg N/ha. Någon utlakning har ännu inte beräknats, men kvävekoncentrationerna i vattnet från sommaren och höstens provtagningar började variera mellan leden vid provtagningarna i december. Avrinningen av vatten från markprofilen hade då pågått så länge att nitrat hade transporterats ned till dräneringsdjup. Kvävekoncentrationerna vid 80 cm djup i december följer ungefär samma mönster som restkvävemängderna på 0-60 cm djup i augusti.



**Figur 11. Kväveskörd, mineralkvävemängd i marken vid skörd och nitratkoncentration i dräneringsvattnet i december i olika gödslingsled.**

**Tid och plats:** Försöket genomförs på Götala, 2007 - 2009.

**Finansiering:** SLF

**Kontaktperson:** Sofia Delin 0511-67235 [sofia.delin@mv.slu.se](mailto:sofia.delin@mv.slu.se)

## Jordbearbetning - kväveutlakning på lerjord

Mineralkväve som ackumuleras i markprofilen under hösten på lerjordar riskerar att gå förlorat som gasformiga förluster. Försöket på Lanna har visat att kväve mineraliserat efter tidig plöjning under normala och blöta år har försvunnit vid provtagning under sen höst. I framtida studier kan vi förhoppningsvis kvantifiera förlusterna.

### Målsättning

Att studera växtnäringsläckaget från en styv lera vid höstbearbetning vid olika tidpunkter. Att studera skillnader i växtnäringsläckage från en styv lera med konventionell jämfört med plöjningsfri odling. Att med hjälp av en rad markfysikaliska parametrar studera hur olika bearbetningsstrategier påverkar markstrukturen på längre sikt.

### Inledning

I det här försöket jämför vi, förutom tidpunkten för höstbearbetning, även plöjningsfri odling med konventionella system ur läckagesynpunkt. Det har vi ej kunnat göra på lätta jordar. I försöket tog

vi tidigare ut kväveprofiler vid flera tillfällen under året. Gröda och fånggrödor analyserades också på innehåll av kväve under säsongen. Tio led genomfördes 1997-2005 (tabell 2). Försöket genomförs i tre block.

**Tabell 2. Försöksplan försök R2-8408 och skörd (kg/ha och relativtal) 1997-2005.**

Led	Jordbearbetning	Havre Vårvete Vårkorn Havre Vårvete Vårkorn Havre Vårvete								Medel 1998- 2005 <sup>1</sup>
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
A	Tidig höstplöjning (ca 1.9), halmen nedbrukas	4530 =100	4580 =100	3850 =100	4810 =100	4490 =100	2800 =100	5120 =100	5570 =100	100
B	Tidig höstplöjning (ca 1.9), halmen bortföres	91	107	110	99	96	103	87	101	99
C	Sen höstplöjning (20-25.10), halmen nedbrukas	101	94	90	87	82	112	86	69	87
D	Sen höstplöjning (20-25.10), halmen bortföres	90	110	106	93	90	101	85	74	93
E	Sen höstplöjning (20-25.10), fånggröda (eng.-rajgräs), halmen bortföres	97	104	106	90	90	122	72	91	93
F	Sen höstplöjning (20-25.10), fånggröda (cikoria), halmen bortföres	99	96	97	88	88	71	63	84	88
G	Stubbearbetning ca 1.9, halmen nedbrukas, senhöstplöjning (20-25.10)	94	102	102	92	94	105	84	92	94
H	Stubbearbetning ca 25.9, halmen nedbrukas, senhöstplöjning (20-25.10)	98	100	97	91	92	108	91	91	94
I	Stubbearbetning ca 1.9 och ca 25.9, halmen nedbrukas, sen höstplöjning (20-25.10)	91	106	109	93	96	112	79	95	96
J	Plöjningsfri odling: stubbearbetning ca 1.9 och ca 25.9, halmen nedbrukas	99	97	101	92	96	129	103	81	96
Sign.		n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	***	**	n.s.	n.s.

<sup>1</sup> Avkastning 2003 ej med i beräknat medelvärde. Sadelgallmygga orsakade missväxt i försöket.



Från och med 2006 förändrades försöksplanen något. Cikorialedet slopades och led med ytlig bearbetning (Carrier) lades till. De första bearbetningsåtgärderna enligt den nya planen genomfördes hösten 2006. Försöksplanen har bytt namn till R2-8418:

- A. Tidig höstplöjning (ca 1 sept.), halmen nedbrukas.
- B. Tidig höstplöjning (ca 1 sept.), halmen bortföres.
- C. Sen höstplöjning (ca 20-25 okt.), halmen nedbrukas.
- D. Sen höstplöjning (ca 20-25 okt.), halmen bortföres.

E. Engelskt rajgräs och Carrier tidig vår, halmen kvar.

F. Carrier tidig vår, halmen kvar.

G. Stubbearbetning ca 1 sept., halmen nedbrukas, utan höstplöjning.

H. Stubbearbetning ca 20-25 okt., halmen nedbrukas, utan höstplöjning.

I. Plöjningsfri odling: Carrierkörningar ca 1 och 25 sept., halmen nedbrukas.

J. Plöjningsfri odling: stubbearbetning ca 1 och 25 sept., halmen nedbrukas.

**Tabell 3. Kärnskörd för vårkorn Astoria, kvävehalt samt kväveupptag i försök R2-8418, Lanna, år 2006**

Led	Jordbearbetning	Kärnskörd, kg ha <sup>-1</sup> 15 % vh	Relativ- tal	N % av ts, NIT	Kväve- upptag, kg ha <sup>-1</sup>
A	Tidig höstplöjning (ca 1 sept.), halmen nedbrukas	3 820	100	2,05	66,6
B	Tidig höstplöjning (ca 1 sept.), halmen bortföres	3 690	96	2,10	65,8
C	Sen höstplöjning (ca 20-25 okt.), halmen nedbrukas	3 190	83	2,06	55,6
D	Sen höstplöjning (ca 20-25 okt.), halmen bortföres	2 990	78	2,07	52,6
E	Engelskt rajgräs och Carrier tidig vår, halmen kvar	3 490	91	2,02	59,9
F	Carrier tidig vår, halmen kvar	3 400	89	2,03	58,7
G	Stubbearbetning ca 1 sept., halmen nedbrukas, utan höstplöjning	3 530	92	2,03	60,9
H	Stubbearbetning ca 20-25 okt., halmen nedbrukas, utan höstplöjning	3 360	88	2,12	60,3
I	Plöjningsfri odling: Carrierkörningar ca 1 och 25 sept., halmen nedbrukas	3 690	96	2,09	65,4
J	Plöjningsfri odling: stubbearbetning ca 1 och 25 sept., halmen nedbrukas	3 130	82	1,99	53,0
Prob.		p=0,090		p=0,485	p=0,068
LSD		560		0,12	10,0

Senarelagd plöjning har i försöket tenderat att orsaka minskad avkastning och därmed sämre kväveutnyttjande. Provtagningar av mineralkväve har visat att mineralkväve som ackumuleras i profilen under hösten efter tidig höstplöjning under normala och blöta år försvinner från profilen men ej genom utlakning utan troligen genom emissioner till luften. I försöket kan långsiktiga effekter av olika jordbearbetningsstrategier studeras framöver liksom årliga effekter av bearbetning på kvävedynamiken och förluster.

**Tid och plats:** Försöket genomfördes 1997 - 2006. Ny plan fr.o.m. 2006.

**Finansiering:** Jordbruksverket t.o.m. 2006.

**Kontaktpersoner:**

☐ Maria Stenberg, 0511-67274, Avd för precisionsodling SLU, Skara.  
[maria.stenberg@mv.slu.se](mailto:maria.stenberg@mv.slu.se)

☐ Åsa Myrbeck, 018-671213; Avd för jordbearbetning, SLU, Uppsala.

## **Utveckling av ett integrerat miljö- och produktionsindex för fosfor (EPI)**

En optimal hantering av problematiken rörande läckage av fosfor från åkermark samt behovet av att tillföra erforderlig mängd näring för att uppnå en för bonden lönsam produktion kräver att dessa frågor behandlas integrerat. I det här projektet kommer produktions- och miljökrav för fosfor att kombineras genom en praktiskt användbar strategimodell för fosforgödsling som både innefattar miljöeffekter och ekonomisk optimering. Ett integrerat miljö- och produktionsindex (EPI) med optimal gödslingsstrategi kommer att utvecklas. Projektet genomförs av Barbro Ulén, Maria Stenberg, Mats Söderström och Bo Stenberg som är verksamma vid SLU i Uppsala och Skara.

### **Målsättning**

Det övergripande målet med detta projekt är att utveckla precisionsodlingskonceptet och den använda behovsberäkningen så att både ekonomiska mål och miljömässiga riskfaktorer kan kombineras i ett miljö- och produktionsindex för fosfor. Modellen ska kunna appliceras platsspecifikt så att man ska kunna närma sig maximal uthållighet i konventionellt jordbruket. Beräkningar och tolkning av data genomförs med syfte att undersöka fosfortillförseln i relation till inomfältvariation av markkemi, textur, topografi och lutning minskar fosforförlusterna från jordbruksmarken.

### **Utförande**

Två gårdar med höga fosforförluster och varierande förhållanden på fälten kommer att utnyttjas. Den ena är Logården, Grästorps med struktursvag mellanlera, den andra är Hacksta gård vid Enköping med styvare lera. Vid Logården är såväl markkemiska, markfysikaliska faktorer som fosforläckagen kända och effekten på fosforläckaget kommer att verifieras direkt. De försöksfält som undersöks har reducerad jordbearbetning. På Hacksta är markkemin välkänd. Nivån på fosforläckaget kommer att studeras i två mindre observationsytor som dessutom kommer att jämföras sinsemellan beträffande effekten av reducerad jordbearbetning.

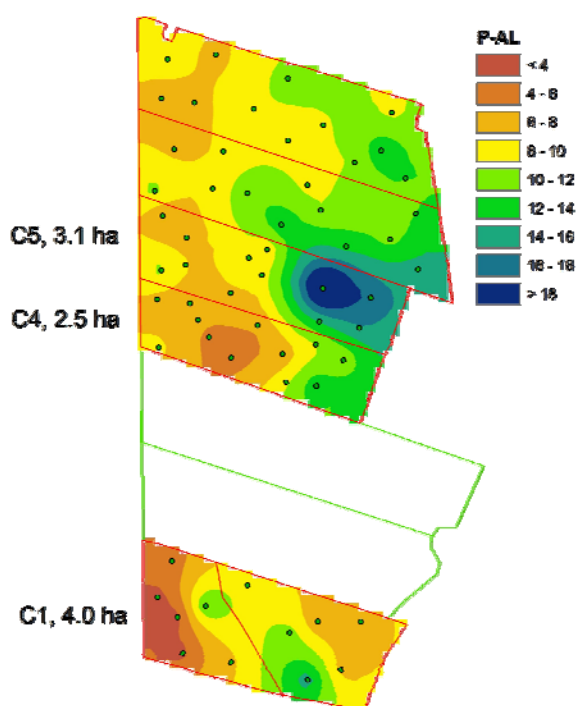
Ett miljö- och produktionsindex (EPI) för fosfor som kan användas som beslutsunderlag kommer att tas fram och testas baserat på fältstudierna. Vid applicering av PI-S kommer de delar av

fälten där transporten och källorna för fosfor sammanfaller att anses ha den högsta potentialen för fosforförluster. Markstrukturen är beskriven i fyra klasser och hydraulisk konduktivitet adderas för att konceptuellt beskriva vattenflödet genom profilen antingen som makroporflöde eller som matrixflöde. Med hjälp av precisionsodlingskonceptet kan sedan gödningen förfinas så att hänsyn tas till inomfältvariationerna. Gödningen varierar så att denna minimeras i läckagekänsliga delar av fältet samtidigt som skörden optimeras genom tillförsel i övriga delar av fältet där det råder fosforbrist.

Utifrån provtagningen och med hjälp av P-index (PI-S) beräknas risken för fosforläckage i delar av fälten som motsvarar ungefär 0,1 ha. Storleken anpassas dock till den lokala topografien; områden med sluttande mark görs mindre och planare större.

## Resultat

Jordprovtagning utfördes på Logården i februari 2007. Tolv prover togs på fem skiften. Prov togs på två djup: 0-20 cm och 40-60 cm i varje punkt. Ett prov bestod av 10 delstick i cirkel med ca 3 m radie. På Hacksta togs sex prover i de två försöksytorna som komplement till befintliga, äldre markkarteringspunkter. I varje prov analyserades mullhalt, lerhalt, sand/grovmo samt P-, Fe, och AL-AL.



Figur 12. Jordprovtagning på Logården 2007. P-AL i matjorden visas. De fyra fälten (C1Väst, C1Öst, C4, C5) där gödsling genomfördes 2007 är markerade.

Beräkning av fosforindexet PI-S gjordes för området kring varje provpunkt på skifte C4 och C1V. För varje provpunkt avgränsades ett deldraineringsområde med hjälp av de hydrologiska modelleringsverktygen i mjukvaran ArcGIS. Detta är möjligt eftersom vi tagit fram en detaljerad digital höjdmödel över Logården från data som samlades in inför anläggningen av det nya dikningssystemet 2003. Uppgifter om jordart, lutning,

slutningslängd, P-AL i alv och matjord och pH beräknades för respektive yta tillsammans med övriga odlingsuppgifter som erfordras för beräkning av PI-S.

Fälten i den integrerade odlingen på Logården har inte P-gödsel på många år. P-AL-talen är på sina ställen mycket höga (klass V), men det finns delar av fälten med låga fosfortal. Vi avsåg här att P-gödsla fyra fält, två genom precisionsgödsling som anpassats efter en riskbedömning för läckage, samt två fält med konventionell medelbehovsberäkning.

Behovsberäkningen följer den som anges i Lantmännens rekommendationer i Växtodlaren 06/07. Behovet bygger då endast på gröda, förväntad skörd och P-AL i matjorden (från provtagningen 2007) och är avsett att användas från produktionssynpunkt. Vi har gjort om behovsberäkningen från tabellvärden till en kontinuerlig funktion enligt:

$$(-2.3 * [P-AL]) + (37.25 - ((5 - [Förv.skörd (ton/ha)]) * 2.5))$$

För förväntad skörd används medelskörd enligt ungefärlig medelskörd 1992-2006 per skifte eller hela integrerade delen. Spridningen av P på C5 och C1O gjordes efter denna beräkning, och det var medelbehov som användes på dessa skiften.

För C4 och C1V, som skulle precisionsgödsas modifierades behovsberäkningen enligt riskbedömning. Denna riskbedömning byggde till delar på PI-S. PI-S-beräkningen är förhållandevis komplicerad och här ville vi använda några faktorer som är kopplade till PI-S, men som är lättare att beräkna och som därmed inte blir lika krävande ur datasynpunkt. Här användes DPS (fosformättnadsgraden i jordextrakt), marklutning och P-AL i alven som reducerande faktorer. Vi utgår alltså

från behovsberäkningen ovan som görs på varje fältdel, och sedan reduceras enligt värdena på reduktionsfaktorer.

### **Avrinning och P-transport**

Nederbörden vid Logården under det agrohydrologiska året 2006/07 var över 800 mm vilket är över det normala. Det gäller framför allt månaderna oktober-januari och maj-juni. I genomsnitt var avrinningen 346 mm i de nio dräneringssystem där det sker integrerad odling. Under hösten och början av vintern skedde förlusterna framför allt som totalfosfor. Under våren var förlusterna lägre och proportionen som var i löst reaktiv form var högre.

I dräneringssystemet från skiftet på Hacksta gård var årsavrinningen lika stor som från Logården, men fosforförlusterna betydligt lägre. Skiftet kultiverades i slutet av september varefter det plöjdes och höstharvades inför vintern. Halterna

organiskt kol var relativt högt i dräneringsvattnet från fältet på Hacksta.

I maj 2007 var nederbörden vid Logården 83 mm mot normala 45 mm. Skiftet C1V precisionsgödslades för havre 2/5, en vecka innan det började regna medan C1O gödslades med jämn giva över hela fältet under blöta förhållanden 16/5. Dygnet efter föll det 17 mm regn och en förhöjd avrinning registrerades i dräneringssystemen. Den mindre lyckade tidpunkten för gödslingen i förhållande till nederbörden är antagligen den främsta orsaken till att läckaget av DRP blev så mycket högre från det medelgödslade C1O (0,106 kg ha<sup>-1</sup>) jämfört med det precisionsgödslade C1V (0,005 kg ha<sup>-1</sup>). Övriga två ytor som båda fosforgödslades den 2/5 hade ungefär samma läckageförlust av DRP under maj: C4 som precisionsgödslades (0,002 kg ha<sup>-1</sup>) och C5 som medelgödslades (0,007 kg ha<sup>-1</sup>).

**Tider:** 2006-2008

**Finansiärer:** SLF

**Kontaktperson:** Mats Söderström, SLU (projektledare), [mats.soderstrom@mv.slu.se](mailto:mats.soderstrom@mv.slu.se)

**Övriga projektdeltagare:** Barbro Ulén, Maria Stenberg och Bo Stenberg, SLU

## **Jordbearbetningssystem på lätt och styv lera - produktion, ekonomi och risk för kväveförluster i två försök med sexåriga växtföljder**

Minimerad jordbearbetning har blivit alltmer intressant som ett medel att minska produktionskostnader och miljöpåverkan inom jordbruket. I två långliggande försök med olika lerhalt på Östad säteri jämförs tre olika bearbetningssystem i sexåriga växtföljder.

### **Målsättning**

att jämföra hur olika intensiva jordbearbetningssystem påverkar produktionsförmågan, miljö och produktionskostnader under flera växtföljdsomlopp.

att jämföra de olika bearbetningssystemen i två försök med olika lerhalt.

att undersöka om en grüngödslingsgröda påverkar växtföljden positivt.

### **Utförande**

Undersökningen, som startade 1996/1997, utförs på Östad säteri, utanför Alingsås, i två fältförsök med olika lerhalt. I båda fallen tillämpas sexåriga växtföljder med viss anpassning till jordarten. I båda växtföljderna finns höstsådda och vårsådda spannmålsgrödor samt åkerbönor (tidigare våroljeväxter). Vidare jämförs hur en grüngödslingsgröda påverkar växtföljden i förhållande till en växtföljd utan grüngödsling. Alla grödor finns representerade varje år i de båda försöken. I respektive fält med de olika grödorna utförs tre olika bearbetningsstrategier med avseende på olika intensiteter: Konventionell, reducerad samt extremt reducerad bearbetning.

Utöver skördemätningar studeras ogräsförekomst och i försöket med lättare lera tas jordprov tre gånger under säsongen för att studera mängden mineralkväve i marken. Undersökningen planeras att i första hand genomföras under två sexåriga växtföljdsomlopp.

### **Resultat**

I försöket på den lättare jorden är avkastningen i de höstsådda grödorna högst i leden med konventionell bearbetning, medan i de vårsådda grödorna var skillnaderna i avkastning mindre mellan bearbetningsstrategierna. I försöket med styvare lera har i samtliga fall ledet

med konventionell bearbetning haft den högsta genomsnittliga avkastningen. I en förenklad ekonomisk analys har på lättjordsförsöket ledet med extremt reducerad bearbetning givit det klart bästa ekonomiska resultatet sett till hela växtföljden. I försöket på den styvare lera var skillnaden i det ekonomiska utfallet betydligt mindre mellan de olika bearbetningsstrategierna.

Resultat från undersökningen för åren 1996-2003 har rapporterats i: Lundström, C., Roland, J., Tunared R., & Lindén, B. 2004. Jämförelser mellan jordbearbetningssystem på lätt och styv lera. Avdelningen för precisionsodling. Skara 2004.

**Tid och plats:** Försöken genomförs på Östad Säteri, 1996-2008.

**Finansiering:** Östadsstiftelsen

**Kontaktperson:** Johan Roland  
0511-67139, 0510-530005  
[Johan.Roland@mv.slu.se](mailto:Johan.Roland@mv.slu.se)

Undersökningen sker i samarbete med Avdelningen för jordbearbetning vid Institutionen för markvetenskap, SLU Uppsala

## ***Nyckeltal för bedömning av ekonomiska och miljömässiga effekter vid tillämpning av precisionsodling***

På vissa gårdar har man tillämpat olika former av precisionsodling under upp emot 10 år. Det har resulterat i stora datamängder. I de allra flesta fall är det svårt att hantera alla dessa data och att kunna dra slutsatser om vilka åtgärder som ska vidtas. Alla dessa data ger också en möjlighet att utvärdera både den rumsliga och den temporala variationen. Tanken med projektet är att ta fram en modell för hur precisionsodlingsdata kan utvärderas och sammanfattas i spatiala nyckeltal som kan underlätta bedömning av precisionsodlingens potential. Dessutom ska utbildning av intresserade lantbrukare och rådgivare genomföras.

### ***Målsättning***

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.

### ***Utförande***

Nio gårdar valdes ursprungligen ut i olika delar av landet. Endast gårdar där man under några år använt någon form av precisionsodlingsteknik har varit aktuella. En av gårdarna (Västraby) har fallit bort under arbetets gång eftersom det varit problem med att få fram data. Data från grödor, skördekartering, markkartering, N-sensormätning etc. har sammanställts för gårdarna. En modell för hur data ska hanteras har tagits fram. För att underlätta bondens och rådgivarens egna möjligheter att hantera data har ett datorprogram utvecklats som är tänkt att komplettera de verktyg som man normalt använder. Studiematerial har tagits fram.

### ***Resultat***

#### **Datamodell**

En modell för datahantering har utvecklats som bygger på att lantbrukaren själv kan göra beräkningar i sina data. En förutsättning är 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 i så fall också omräknas på motsvarande sätt. Denna procedur är inte helt trivial varför det i de flesta fall nog är en förutsättning att brukaren anlitar kunnig hjälp för det arbetet. Inom projektet har vi dock upplevt att man för att kunna dra så stor nytta av insamlade data som möjligt måste gå igenom datafiler och sammanföra data på ett sätt som möjliggör jämförelser och vidare beräkningar med olika indata. Det finns olika angreppssätt som alla har sina för- respektive nackdelar.

#### **Spatiala nyckeltal**

Nyckeltal har utvecklats för P, K och N. Mer om det finns beskrivet i föregående årsrapporter.

#### **Kurser**

Kurser i form av studiecirkel har hållits i Östergötland under 2007.

### PrecisionWizard 3

En uppdaterad variant av Precision Wizard (PWiz), ett enkelt gratisprogram för hantering av precisionsodlingsdata som även möjliggör att man skapar styrfiler till Yara N-Sensor-terminalen eller Farm Site Mate, utvecklades under året med medel från VL-Stiftelsen. Den nya varianten av programmet kan ses som ett hjälpmedel för att den datamodell som använts i Nyckeltalsprojektet ska kunna implementeras på den enskilda gården. Projektet presenterades under året vid den 6:e Europeiska precisionsodlings-

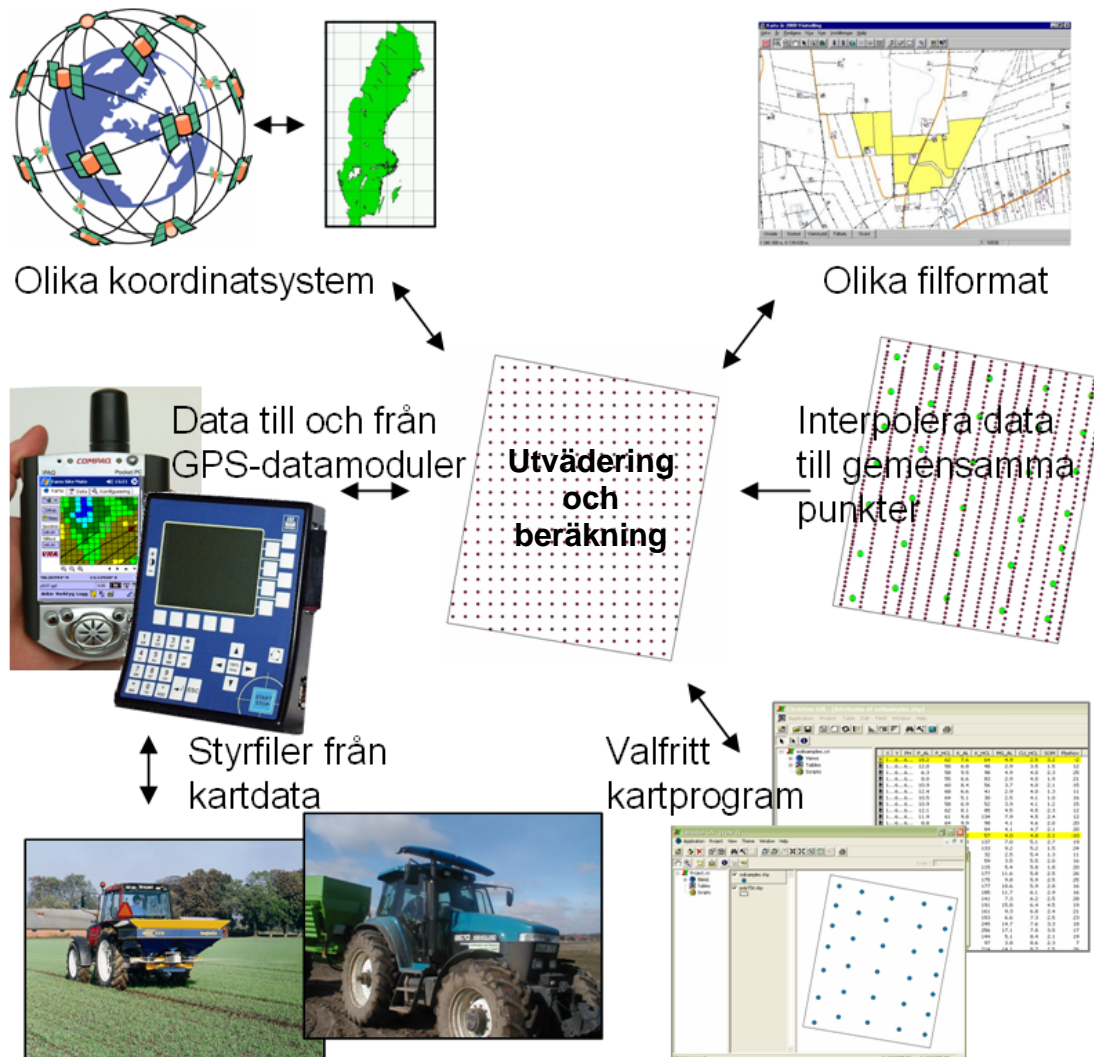
konferensen i Grekland. En slutrapport skickades in till SLF under 2007.

**Tider:** 2003-2007

**Finansiärer:** SLF, Agroväst

**Kontaktperson:** Mats Söderström, SLU (projektledare),  
[mats.soderstrom@mv.slu.se](mailto:mats.soderstrom@mv.slu.se)

**Övriga projektdeltagare:** Anna Nyberg, SLU; Mikael Gilbertsson, JTI; Fredrik Fogelberg, JTI; Knud Nissen, Lantmännen.



Figur 13. Inom nyckeltalsprojektet är syftet att man på ett någorlunda enkelt sätt ska kunna dra nytta av olika typer av insamlade data. PWiz 3 utgör ett verktyg som möjliggör detta.



### ***Digital kartering och pedometri***

Digital markkartering handlar om att skapa och samla in data till georefererade databaser med en viss spatial upplösning. Data härstammar från metoder för fält- och laboratorieanalyser kopplade till miljödata via kvantitativa samband. Digitala data från fjärranalys, proximala mark- och grödsensorer liksom klassisk markkartering kombinerade med positioneringssystem är utgångspunkten. Tekniker för insamlande av sådana fältdata är bl.a. mark, flyg eller satellitburna sensorer för spektral bildanalys och diffus reflektansanalys (t.ex. nära infraröd spektroskopi; NIR), mark- eller flygburna sensorer för mätning av gammastrålning samt markburen dito för elektrisk konduktivitet. Genom trådlösa sensornätverk kan man även genomföra effektiv datainsamling med syfte att studera variationen i tiden.

Pedometri innefattar tillämpningen av matematiska och statistiska metoder på ovanstående data för att studera distributionen av marktyper. Målet för pedometrin är att uppnå en bättre förståelse för marken som ett fenomen som varierar över olika skalor i tid och rum. Utan denna förståelse blir det inte bara omöjligt att anpassa odlingen till förutsättningarna på varje enskild plats och i varje enskilt bestånd utan den är också en förutsättning för vetenskaplig värdering av marken och de agrara, ekologiska och hydrologiska system den är en del av.

## ***Ny markkarteringsstrategi anpassad för modellering och precisionsodling***

Vid en markkartering idag är antalet provpunkter normalt begränsat till omkring ett prov per hektar. I dagens tillämpade precisionsjordbruk är en betydligt högre upplösning möjlig för olika insatser såsom gödsling och kalkning. De kartor som skall tjäna som underlag för plats-specifika insatser måste alltså vara av större noggrannhet än vad som är möjligt utifrån ett prov per hektar. Med hjälp av nära infraröd (NIR) spektroskopi skulle det kunna vara möjligt att öka antalet provpunkter utan att kostnaderna nödvändigtvis blir högre.

### ***Målsättning***

Att utveckla strategier för att välja ut minsta möjliga antal representativa referensprov för fullgoda NIR-kalibreringar utifrån kunskap om platsen och redan tillgängliga data.

Att utveckla strategier för att välja ut minsta möjliga antal provplatser som kan interpoleras till exakta jordartskartor utifrån kunskap om platsen och redan tillgängliga data.

Att visa på möjligheten och bästa teknik för att kalibrera lokala NIR-modeller med få referensprov.

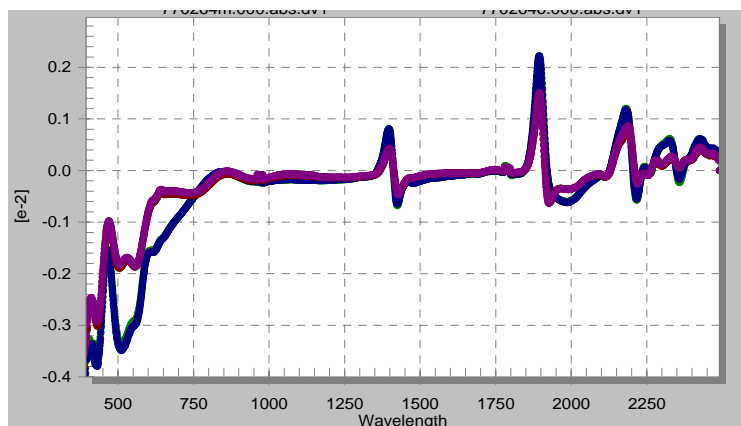
Att visa på möjligheten och bästa teknik för att interpolera NIR-predikterade data till noggranna jordartskartor.

Att visa på kostnaderna för erforderlig kartering i förhållande till konventionell kartering.

### ***Utförande***

All datainsamling slutfördes under 2007. De markparametrar som ingår i projektet är: textur indelat i sand, silt och ler, mullhalt, totalkväve, pH samt AL-extrakt av P, K, Ca och Mg. Två gårdar på omkring 100 ha vardera har utnyttjas för att utveckla strategier för att välja ut provpunkter och vilka som skall utnyttjas som referensprov. Gårdarna karterades innan försöket med EM-38 och flyg-alternativt satellitbilder, beroende på vad

som fanns tillgängligt. Dessa karteringar användes som grund för utplacering av provplatser och jämfördes med rutvis kartering. Förutom de två karteringarna användes även variationen i NIR-spektrum för val av referensprover som de klassiska analyserna skall utföras på. När bästa strategi utvecklats på en huvudsakligen lerig och en sandig plats valideras den på två ytterligare platser i Sverige. Provtagning och analys utfördes under 2007.



**Figur 14. Exempel på NIR-spektrum från några olika jordar. I det här fallet är spektrumen deriverade för att framhäva svaga signaler och för korrigerande av baslinjen.**

### Resultat

Skillnaderna mellan de olika urvalsprinciperna för jordprov var väldigt liten. Inför provtagning av valideringsgårdarna användes därför elektrisk konduktivitet för urvalet. Orsaken var att NIR förutsätter att man kan bestämma vilka prover det skall göras referensanalyser på kan bestämmas först efter det att NIR-analysen skett och data utvärderats. Sattelitbilder å andra sidan kan vara svåra att få heltäckande från en hel gård med samma marktäckning. Elektrisk

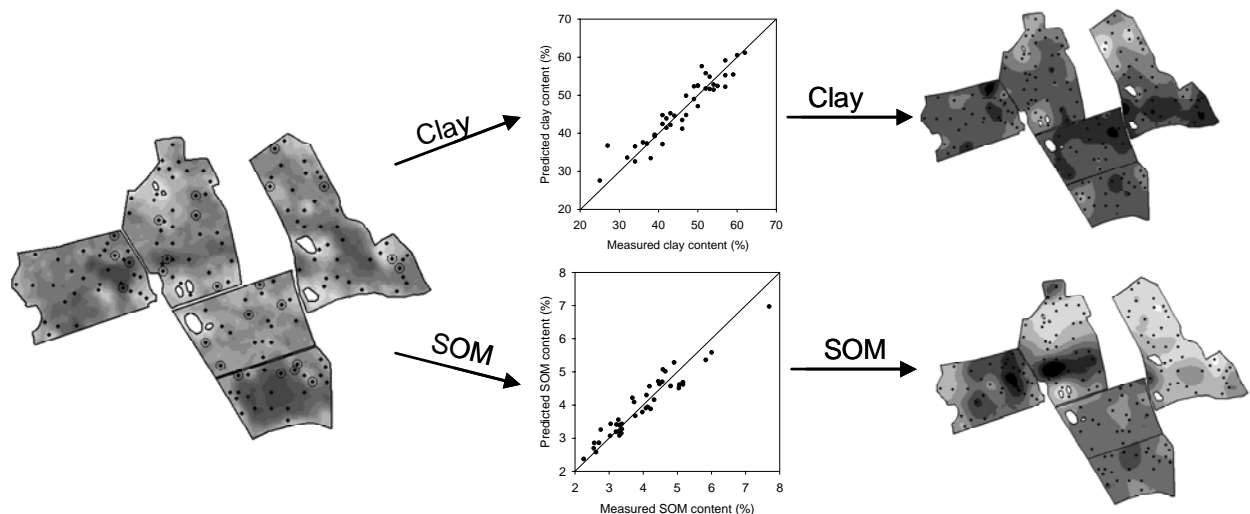
konduktivitet är inte lika känsligt för sådana variationer och är relativt lätt mätt. Mull- och lerhaltsdata från Hacksta har hittills blivit mest utvärderade och resultaten visar att kombinationen med NIR och elektrisk konduktivitet resulterar i betydligt mer detaljrika och korrekta markkartor än den gängse metoden med 0,5 prov per ha i ett rutnät. Dessa data är publicerade i: Wetterlind, J., Stenberg, B. & Söderström, M. 2008. *The use of near infrared (NIR) spectroscopy to improve soil mapping at the farm scale. Precision Agriculture 9, 57-69.*

**Tid och plats:** Projektet skall slutredovisas under 2008

**Finansiering:** SLF

**Kontaktperson:** Bo Stenberg 0511-67276  
[Bo.Stenberg@mv.slu.se](mailto:Bo.Stenberg@mv.slu.se)

**Övriga projektdeltagare:** Mats Söderström; Johanna Wetterlind SLU



Figur 15. Principbild från Hacksta där prover valda utifrån elektrisk konduktivitet till vänster använts för att prediktera återstående prov med NIR. Valideringsprov från dessa visas i mitten. Kartor över ler- och mullhaltsvariationer kan sedan interpoleras med geostatistiska metoder till höger.

## **Platsspecifik snabbbestämning av skördebegränsande markfysikaliska egenskaper**

För att det skall vara möjligt att framgångsrikt anpassa odlingsåtgärder i precisionsodling räcker det inte med att känna till variationer i grödan från exempelvis skördekartor eller N-sensormätningar. Dessa anger enbart det historiska utfallet, men säger ingenting om orsakerna. Relationer mellan skörd och markfysikaliska parametrar, speciellt variationer i alven, är mycket lite studerade. Inte desto mindre är det rimligt att anta att skördebegränsande faktorer i många fall står att finna i alven bland fysikaliska parametrar, särskilt sådana som påverkar vattnets tillgänglighet och rötters penetrationsförmåga.

### **Målsättning**

Att utveckla ett redskap som samtidigt gör NIR- och penetrationsmätningar on-line på olika djup i markprofilen, och att utvärdera dess potential att mäta textur, mullhalt, penetrationsmotstånd samt vattenhalt, vattenretention och ev. uttorkning  
Att relatera resultaten från snabbmätningarna och de traditionella mätningarna till variationsmönster i skörd  
Att utreda orsakssambanden mellan mätta markegenskaper (rotdjup/vattenförhållanden) och skördemönster

### **Utförande**

Försöket har utförts på Kvarngärde strax väster om Uppsala. Tjugo referenspunkter fördelades över ca 10 ha av fältet för att täcka in så stor del av jordartsvariationen som möjligt. I varje punkt gjordes följande mätningar till 1 m djup i 10 cm intervall:

Texturanalys

Mullhalt bestämd med LECO.

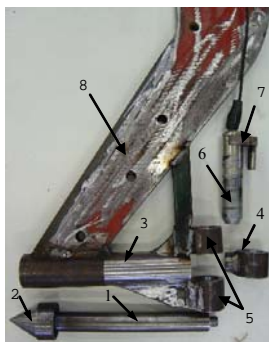
Vattenhållande förmåga och genomsläpplighet i ostörda jordprover.

Vattenhalten bestämdes gravimetriskt 3 ggr under vegetationsperioden.

NIR-mätningar gjordes tre ggr under vegetationsperioden. Dels direkt i fält och dels på jordprover på lab, både torkade och vid befintlig vattenhalt. Maximalt rotdjup bestämdes varannan vecka under vegetationsperioden.

Vid fastläggningen av försöken gjordes en punktvis bestämning av markens penetrometermotstånd och resistivitet.

Förutom dessa punktmätningar, mättes elektrisk konduktivitet, markens hållfasthet och NIR-mätningar on-line.



**Figur 16. Detaljer till horisontell penetrometer. 1-tryckstång, 2-konisk spets, 3-hylsa, 4-kraftöverföringshylsa, 5-mothållshylsor, 6-kraftgivare, 7-låsstycke, 8-plogkropp.**



**Fig 17. NIR-hållare monterad på penetrometerbilen.**

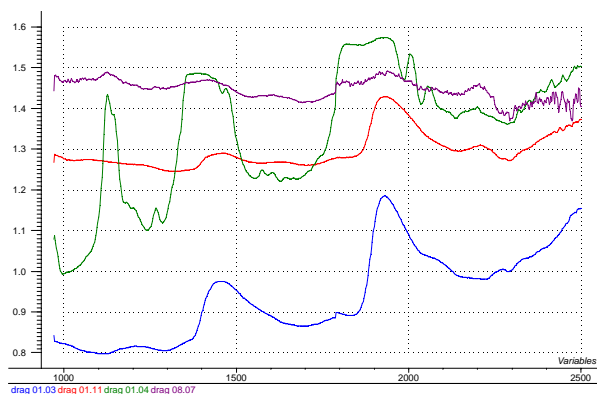
## Resultat

Under de två första åren har referenspunkterna följts och prover har tagits. Analys av dessa fortgår. Dessutom har en bill för automatisk mätning av det horisontella penetrationsmotståndet under färd utvecklats (figur 16). Under 2005 kompletterades denna också med en prob för samtidig mätning av NIR-spektrum via fiberoptik.

Mätningar med penetrometern har fungerat bra för samtidig mätning vid 10 cm och i plogsulan, men med en bill även på 50 cm blir det ofta för tungt och svårt att få ned billarna till rätt djup. Preliminära resultat visar på vissa samband med tidigare års skördekartor.

NIR-proben placerades bakom billen för att sitta skyddad och kunna mäta i den fåra som billen bildar (figur 17).

Resultaten från NIR-mätningar on-line visar att det går att få fina spektrum, men att det är svårt att få proben att gå med stabil höjd i förhållande till jordytan. Oftast går proben en bit ovanför. Detta ger svagare signal och ibland mycket brusiga



**Figur 18. Otransformerat absorbtionsspektrum ( $1/\log(\text{reflektans})$ ) från Bra spektrum (blå), Normalt spektrum (röd), Svag signal (lila) och med Halminslag (grön).**

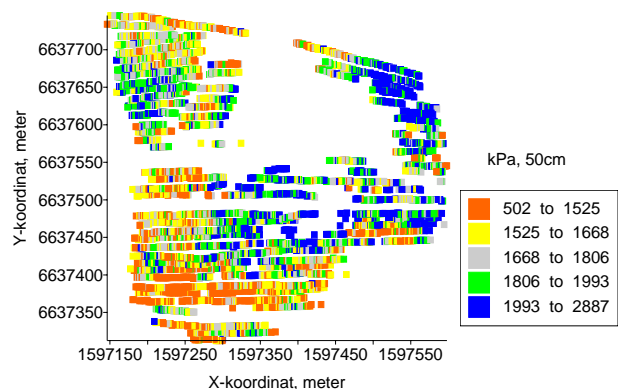
spektrum. Spektrum med inslag av halm är lätt urskiljbara från jordspektrum (figur 18).

**Tid:** Projektet skall slutredovisas under 2008

**Finansiering:** SLF och VL-stiftelsen

**Kontaktperson:** Bo Stenberg 0511-67276  
[Bo.Stenberg@mv.slu.se](mailto:Bo.Stenberg@mv.slu.se)

Projektet utförs i samarbete med Avdelningen för jordbearbetning och JTI.



**Figur 19. Exempel på upplösning av data efter filtrering för kompensation av variation i mätdjup. Penetrationsmotstånd på 50 cm djup.**

## Optimering av metod för att analysera mullhalt med NIR

Vi vet att generella kalibreringar för NIR-bestämning av lerhalt kan göras på lab (torkade och malda prov), men också att det inte går så bra att mäta mullhalt. Detta trots att organiskt material ger direkt signal i det nära infraröda området. Vi har tidigare visat att högt innehåll av sand och mopartiklar kan störa kalibreringarna och att de skulle fungera för enbart relativt leriga jordar. Uppenbarligen absorberar humus trots allt svagt i NIR-spektrum från mineraljordar. Det finns emellertid andra studier som visar att mullhalten bättre kan predikteras om även den synliga delen av spektrum (350-780 nm) inkluderas. En orsak anses vara att ljusheten i provet är en viktig egenskap i det synliga området. Men trots det faktum att en jord är mörkare ju mer humus den innehåller spelar även textur, mineralogi och inte minst fuktighet in. I några studier tycks ett visst fukttinnehåll förbättra prediktionsförmågan av humus.

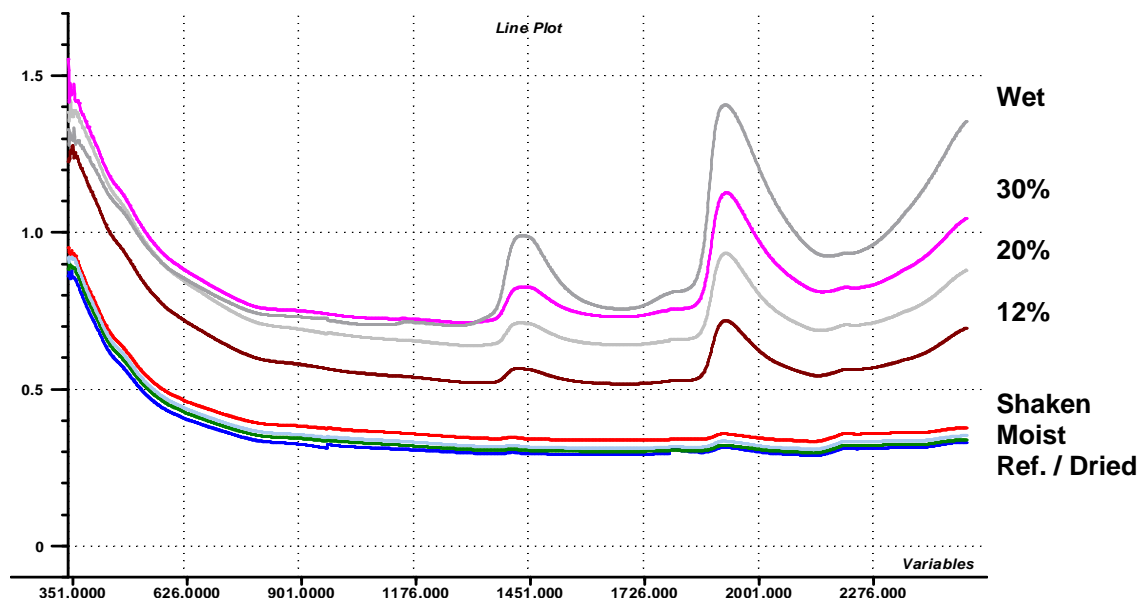
### Målsättning

Utreda möjligheterna att ta fram generella kalibreringar även för mullhalt, liksom de som finns för lerhalt, genom att inkludera den synliga delen av spektrum och utreda om standardiserad fuktighet kan utnyttjas för att förstärka humusens specifika absorption i NIR-området.

### Utförande

Till projektet har ett urval på ca 400 gjorts från proverna i studien "Tillståndet i svensk åkermark" som tidigare analyserats med enbart NIR-området (1000-2500 nm).

Tvåhundra prover med lerhalt över 30% och 200 med lerhalt under 30% sorteras fram på så att en så jämn spridning i både mull- och lerhalt uppnåddes utan någon intern korrelation.



Figur 20. Effekt på absorptionspektrum av de olika behandlingarna. "Wet" innebär att 12 vol-5 vatten utöver de 30 inte tilläts absorberas i provet utan fritt vatten fanns ofta på ytan.

Synligt och NIR-spektrum mäts på samtliga prov i sitt befintliga torra och malda skick, torkat ett dygn i 35 grader samt i ökande grad av fuktighet i fyra nivåer (80 % luftfuktighet ett dygn, 12, 20 och 30 vol-% vatten). Dessutom inkluderades ett led där provet skakades före analys i avsikt att skapa en jämn mätyta. I övrigt plattades provet försiktigt ut för att undvika stratifiering av partikelstorlekar.

### Resultat

Att torka proven eller fukta dem i hög luftfuktighet påverkar spektrum mycket lite. Att skaka provet ger en svagt högre påvisad absorbans över hela spektrumet. Detta beror på att ytan då består av grövre partiklar, vilket ökar ljusspridningen och mindre reflekteras. Det är alltså en artefakt. Tillsatt vatten ger på motsvarande sätt en lägre reflektans, men den tydligaste

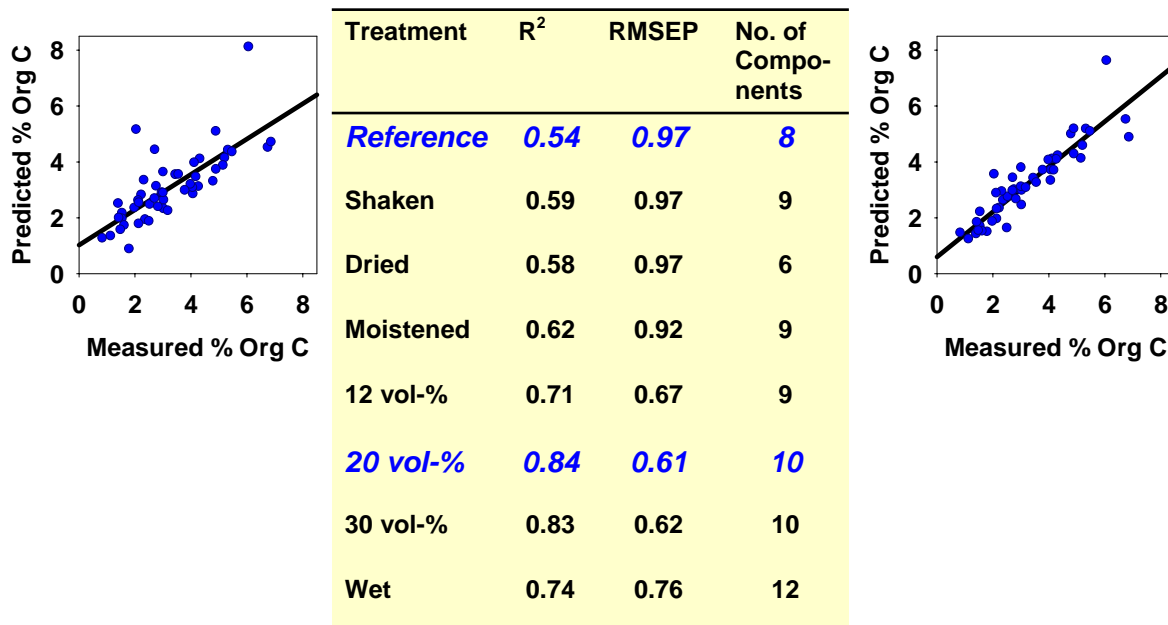
skillnaden i övrigt är att de båda vattentopparna vid 1400 och 1900 nm, som är karaktäristiska för ett jordspektrum, ökar kraftigt.

Preliminära resultat visar att en standardiserad mängd tillsatt vatten tydligt förbättrar prediktionerna av organiskt kol, men också att fritt vatten ger försämringar.

**Tid:** Projektet pågår under 2007-2008

**Finansiering:** SLF

**Kontaktperson:** Bo Stenberg 0511-67276  
[Bo.Stenberg@mv.slu.se](mailto:Bo.Stenberg@mv.slu.se)



Figur 21. Effekt av de olika förbehandlingarna på förmågan att prediktera mängden organiskt kol. Korrelationen mellan mätt och predikterat för referensen visas till vänster och för 20 vol-% tillsatt vatten till höger. RMSEP = Root mean squared error of prediction.



## ***Gammastrålningsmätning för detaljerad kartering av jordarter för optimerad odling och miljöanalys***

En god kännedom om hur markens egenskaper varierar inom gården anses normalt vara grunden för att kunna anpassa olika odlingsåtgärder till det lokala behovet, och en stor del av den svenska åkermarken är karterad genom den vanliga markkarteringen. Variation i markens naturliga radioaktiva strålning har tidigare bl a använts för mineralprospektering, men har börjat användas inom kartering av åkermark, t ex i Australien. Gammastrålning avges från några naturligt förekommande isotoper i berg och jord, t ex uran (U-238), thorium (Th-232) och kalium (K-40).

### ***Målsättning***

I det här projektet undersöks hur markkartering enligt ett holländskt koncept utvecklat av The Soil Company ([www.soilcompany.com](http://www.soilcompany.com)) som bygger på gammastrålningsmätning på fältnivå samt ett fåtal jordprover för kalibrering fungerar i jämförelse med markkartor som skapats genom interpolation av analysvärden från en traditionell markkartering med ett jordprov/ha. Instrumentet som används kallas Mullvaden, the Mole.

### ***Utförande***

Utrustningen som användes för gamma ( $\gamma$ )-strålningsmätningen kallas *the Mole* (Mullvaden) (figur 22) och är utvecklad av University of Groningen och The Soil Company i Holland. Mätningar gjorda på fem fält (ca 180 ha) i Skåne, Öster- och Västergötland användes i utvärderingen. Data, d.v.s. isotoperna  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  och  $^{137}\text{Cs}$ , registrerades ungefär var fjärde meter längs körspår med tolv meter emellan. Mätning utfördes av personal från The Soil Company med en fyrhjulsdriven bil (SUV) på vilken utrustningen monterats



**Figur 22.** Mullvadssystemet består av en GPS, fältdator och detektor.

Efter mätningen sammanställdes befintliga markkarteringsdata för de aktuella fälten. The Soil Company bearbetade insamlade  $\gamma$ -strålningsdata och extraherade de olika isotopernas värden. Genom kartor på totalstrålningen tog företaget fram koordinater på de platser där de helst skulle vilja ha jordanalysdata. Dessa koordinater bestäms enligt en manuell metod, som man för närvarande använder i sina tjänster, vars princip bygger på att några provpunkter väljs på platser med varierande  $\gamma$ -strålningsvärden som representerar fältet. Normalt tar man ut jordprover på dessa platser, men valdes analysvärden från redan befintliga jordprover som låg så nära som möjligt den punkt som föreslagits. Analysresultaten för dessa punkter skickades till företaget som sedan tog fram en regressionsmodell (ibland multipelregression) mellan isotopernas värden och de olika markkarteringsvariablerna i kalibreringsspunkterna. Kartor över de olika isotoperna kan sedan räknas om markkartor med hjälp av de erhållna sambanden.

På de fält som valts ut för validering har det funnits befintliga jordanalyser från en relativt tät provtagning. Några av



provpunkterna har använts till kalibreringen enligt ovan, medan analysvärden från andra provpunkter endast använts för validering. Ett antal jordprover har valts ut för att representera en vanlig markkartering med ett prov/ha. Här kan kalibreringsprover ingå, men inte valideringsprover. Den spatiala fördelningen av prover varierar något mellan fälten liksom provtätheten. De traditionella, vanliga markkartorna har i denna studie skapats genom viktning med inversa avståndet med viktningsexponenten 2 och de närmaste 10 observationerna användes vid interpolationen. För validering av markkartorna predikterades respektive markkartas värde i var och en av valideringspunkterna. På så sätt finns både ett uppmätt (som här anses korrekt – även om analys- och provtagnings sättet medför att varje värde har en viss osäkerhet) värde och två beräknade värden (ett för kartan från Mullvadsmetoden och ett från den ”vanliga” markkartan) för varje analyserad variabel. Sambandet mellan uppmätta och

beräknade värden utvärderades med de statistiska måtten  $r^2$ , RMSEP (medelfelet i prediktionen) och RPD (standardavvikelsen dividerat med RMSEP).

### Resultat

Vid mätning med Mullvaden med avsikt att kartera jordarter (ler och sand) tycks ca 1 kalibreringsprov per 2-3 ha vara tillräckligt för att uppnå avsevärt bättre resultat än om man tar ett vanligt jordprov per ha – oftast gör dock analys på färre prov i praktiken, vanligen inte alls. Mullhalt samt andra variabler som är korrelerade med lera tycks också ofta fungera minst lika bra som vid vanlig markkartering (K, Cu, Mg). För pH och P-AL verkar vanlig markkartering fungera bättre. Antalet fält som ingått i denna undersökning är inte så stort varför det vore intressant att utföra liknande jämförelser på fler fält.

**Tabell 4. Medelvärden för respektive variabel från valideringen av de olika metoderna för de undersökta fälten.**

		pH	P-AL	K-AL	Mg-AL	K-HCl*	Cu-HCl*	Mull	Ler	Sand
Markkartering	$r^2$	0.36	0.38	0.49	0.33	0.35	0.57	0.48	0.46	0.60
	RMSEP	0.17	4.07	3.96	7.04	44.3	2,49	1.24	6.52	9.36
	RPD	1.35	1.27	1.45	1.24	1,29	1,42	1.35	1.40	1.58
Mullvaden	$r^2$	0.31	0.15	0.39	0.40	0,50	0,56	0.46	<b>0.74</b>	<b>0.69</b>
	RMSEP	0.25	4.68	5.20	6.79	41,7	2,50	1.32	<b>3.96</b>	<b>6.49</b>
	RPD	0.90	0.96	1.17	1.17	1,39	1,42	1.32	<b>2.08</b>	<b>2.26</b>

\* n=3 (i övriga fall så är n=5)

**Tider:** 2006-2007

**Finansiärer:** VL-stiftelsen och Hushållningssällskapet

**Kontaktperson:** Mats Söderström, SLU (projektledare), [mats.soderstrom@mv.slu.se](mailto:mats.soderstrom@mv.slu.se)

**Övriga projektdeltagare:** Ingemar Gruvaeus, Hushållningssällskapet, Lars Wijkmark, Växa,

## ***Beslutsunderlag för kvävestyrning i real-tid baserat på sensordata, databaser och modellsimuleringar – informationsfusion inom precisionsodling***

Inom precisionsodling genereras en stor mängd data som ska hanteras vid både insamling, bearbetning, analys och presentation. Problemet är att en stor del av denna datamängd insamlas i olika system och fler format än de sedan skall användas i. Data samlas med varierande täthet över fältet och data från flera år bör bearbetas och utvärderas samtidigt. Idag kombineras i regel inte data som samlas in i realtid med andra typer av data vid behovsberäkningar. Om kommunikationen mellan olika datakällor fungerade bättre, och om dessutom modellkörning i realtid möjliggjordes, så är det sannolikt att odlingsinsatserna skulle kunna optimeras till gagn för både miljö och produktionsresultat.

### ***Målsättning***

Projektets målsättning är att utveckla reella system för kvävestyrning utifrån ekonomi- och miljökriterier som kan hantera modeller, sensorer och databaser i realtid med avseende på robusthet, hastighet och precision.

### ***Utförande***

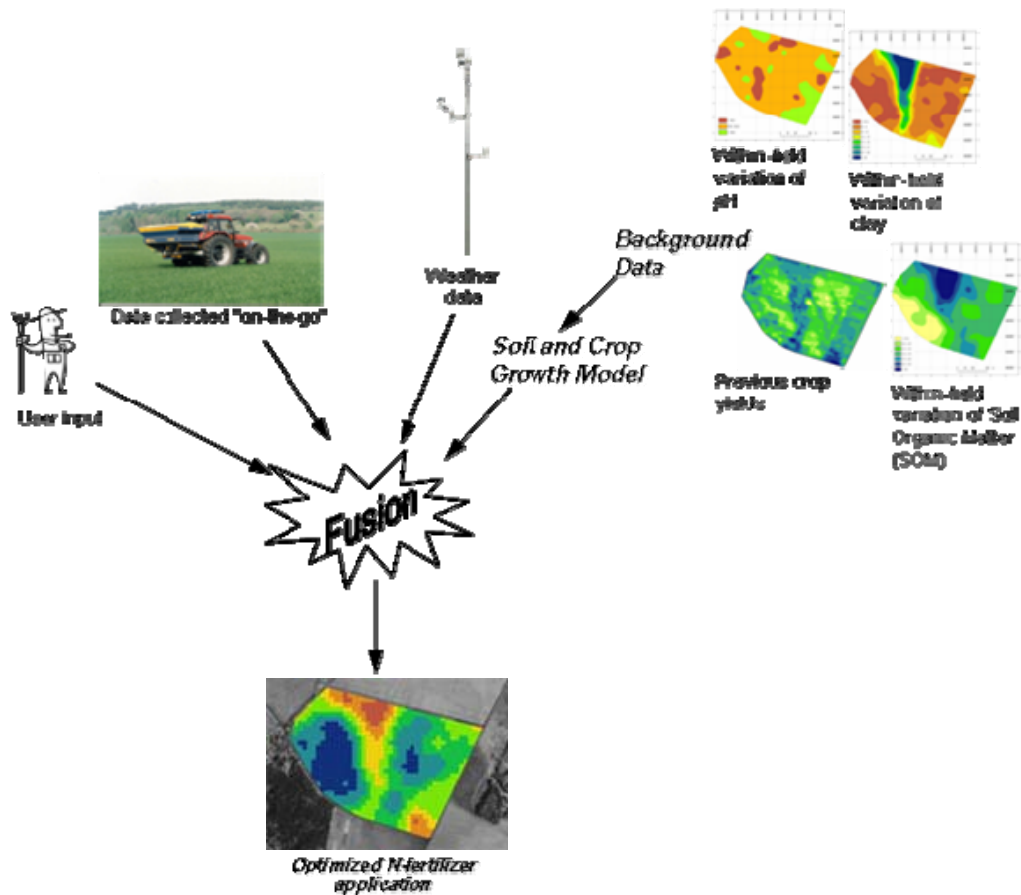
Projektet syftar till att tillämpa informationsfusionsmetoder inom precisionsodling, i samarbete med forskningsprogrammet Information Fusion på Högskolan i Skövde. Projektet inriktas mot kvävestyrning och som huvudsaklig realtidsdata kommer Yara N-sensorn att utnyttjas som ett praktiskt fungerande typexempel. Målet med projektet är att kunna utnyttja flera olika datakällor samtidigt för att optimera varierad kvävegödsling (figur 23). Arbetet är indelat i tre olika delprojekt med delvis olika inriktningar.

I det första delprojektet inventeras tillgängliga mark- och tillväxtmodeller med avseende på funktionalitet och användbarhet för precisionsodling. Samtidigt undersöks vilka variabler som är väsentliga och realistiska, vilka som är utbytbara mot sensordata eller pedotransferfunktioner, samt vilka möjligheter det finns att låta realtidsmätningar av grödans status påverka utfallet. Målet är att utveckla

system för hur modellen kan kombineras med N-sensormätningar i real-tid för ekonomisk och miljömässig optimering av tilläggsivor av kväve.

I det andra delprojektet blir utgångspunkten den eller de modeller och variabler som identifierades i det första delprojektet samt N-sensormätningar och data från väl karterade (jord- och skördekarterade) precisionsodlingsgårdar (t ex Hacksta, Logården och Bjertorp). Målsättningen är att utveckla gränssnitt mellan utdata och realtidsdata från N-sensorn så att data från N-sensorn tillåts anpassa modellerna utifrån faktiska förhållanden.

I det tredje delprojektet utreds hur förhållandet mellan analysnoggrannhet och geografisk upplösning i bakgrundsdata påverkar realtidsmodellens upplösning och noggrannhet. Projektet går ut på att skapa en modell för detta förhållande som med hänsyn till kostnader för provtagning och analys kan användas för att välja optimal metod under givna förutsättningar.



Figur 23. Platsspecifika odlingsinsatser skulle underlättas om kommunikationen mellan olika datakällor fungerade bättre och om man kunde kombinera data som är insamlat vid olika platser och tidpunkter.

Modellen kan tas fram med simulerade data och illustreras och valideras mot data med stor täthet och olika metoder som kommer att finnas tillgängliga från vissa fält (t ex på Bjertorp, Hacksta och Egonsborg). Interpolering kommer att ske med geostatistiska metoder och betydelsen i realtidsmodellen kommer att studeras.

**Tid:** 2006 – 2011

**Finansiering:** KK-stiftelsen, Högskolan i Skövde och Agroväst.

**Kontaktperson:** Lina Nolin 0500 – 448632 [lina.nolin@his.se](mailto:lina.nolin@his.se)

## **Strategi för att minimera kadmium i jordbruksmark och gröda**

Projektet ingår som ett kadmiumtema i projektet ”Mervärden som Märks – en efterföljare till Mat 21 och samfinansieras av SLF och MISTRA. Syftet med Cd-temat är att föreslå en samlad strategi för att minimera Cd i jordbruksmark och gröda, att identifiera möjliga vägar att minska grödornas innehåll av Cd och belastningen på konsumenterna via intag av föda, samt att analysera konsekvenserna av ett tänkt genomförande av dessa strategier. Projektet består av flera delprojekt. Ett av dessa delprojekt handlar om inomgårdsvariation av Cd och dess koppling till jordens ursprung.

### **Målsättning**

Det delprojekt som redovisas här handlar om att utvärdera orsaker till variation i kadmium i jord och gröda. Hypotesen är att jordartsgeologin till stora delar styr denna variation och att det därmed är möjligt att utifrån god kännedom om den jordartsgeologiska utvecklingen samt modernmateriallets sammansättning i ett område göra en riskuppskattning för Cd i gröda som stöd för rekommenderad provtagningsstrategi.

### **Utförande**

Undersökningar utförs på två gårdar på Österlen och en i västra Östergötland. På båda platserna finns fält som producerar höga Cd-halter i grödor och sådana som inte gör det, och som är belägna i områden där man tidigare registrerat höga halter. Vi har med hjälp av Sveriges Geologiska Undersökningars jordartsgeologiska kartor och fältstudier avgränsat olika jordartsområden och startat provtagning för att studera inomgårdsvariationen i Cd-halter i marken, sambandet mellan Cd-halter i grödorna å ena sidan och Cd-halten i marken och andra markegenskaper å den andra. Kärnprover av vete och korn har tagits i punkter koordinatsatta med GPS, ca 20 punkter på varje gård för att få en översiktlig bild över variationen i Cd-upptag mellan olika modernmateriel.

En provtagningsstrategi användes där syftet var att sprida delproverna relativt mycket för att få ett representativt prov för en större yta. Nio delprover togs med 10 m mellan varje prov i en 3x3 m grid. Provplatserna placerades ut efter jordartsvariationen på jordartskartan, så centralt som möjligt inom respektive jordartspolygon. Koordinaterna för alla

delprover bestämdes och överfördes tillsammans med bakgrundskartor och flygbilder till GPS-utrustning och användes vid provtagningen.

Vi avser att detaljkartera vissa fält med EM38 (mäter jordens elektriska ledningsförmåga) som har visat sig vara en bra metod för att kunna avgränsa områden med olika jordarter eller med Mullvaden, ett instrument som mäter gammastrålning. Tanken med det senare är att ev. kunna bedöma innehållet av alunskiffer i jorden. Den fastställda inomgårdsvariationen ska sedan ligga till grund för en uppskalning till regional nivå med hjälp av befintliga, digitala berggrunds- och jordartsgeologiska kartblad (SGU's serie Ae och Af i skala 1:50 000 (sammanfaller med Lantmäteriets Terrängkartan) samt eventuellt flygburna gammastrålningsmätningar där man i ett geografiskt informationssystem kan implementera en modell för översiktlig riskbedömning.

### **Resultat**

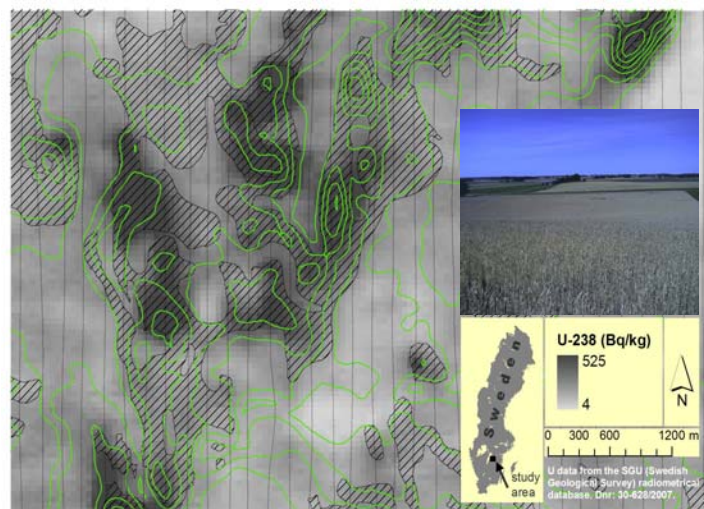
Under 2007 genomfördes mätning med Mullvaden på fyra fält i Östergötland och två fält i Skåne. Dessutom införskaffades från SGU och sammaställdes data från

flygburna gammastrålningsmätningar för de båda undersökningsområdena.

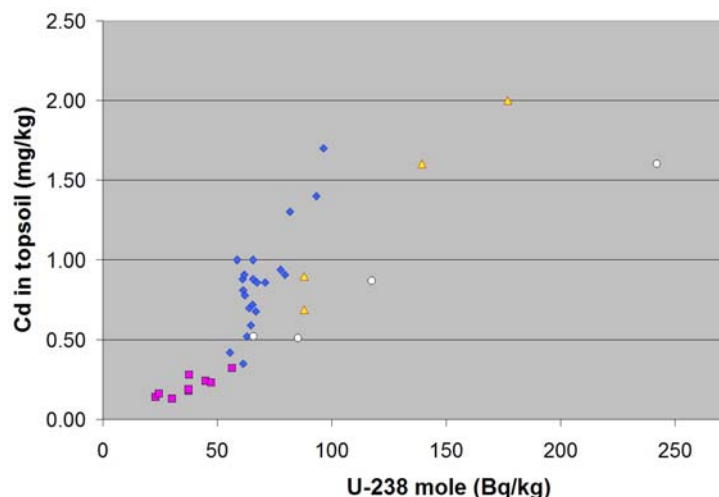
Provtagning av höstvet och matjord genomfördes på 25 platser i Östergötland och 24 platser i Skåne. Platserna valdes med ledning av variationen i U-238 från den flygburna mätningen av gammastrålning, tidigare Cd-analysresultat samt Mullvadsmätningen.

Resultaten visade bl a att det är möjligt att använda den här metoden för att hitta platser med mycket höga halter av Cd i matjord och gröda. Inomfältvariationen av Cd i matjord är i vissa fall starkt korrelerad till den uppmätta U-238 halten.

Projektet planeras slutrapporteras under 2008.



**Figur 24. U-238 från flygburen gammastrålningsmätning i ett område i Östergötland. De höga (mörkgrå) halterna kan användas för att hitta moränområden med högre risk för Cd i matjorden.**



**Figur 25. Plot mellan U-238 uppmätt med Mullvaden och Cd i matjord i fyra fält (olika symboler) i ett område med alunskiffer.**

**Tid:** 2005-2007

**Finansiärer:** Mistra, SLF, Agroväst

**Kontaktperson:** Mats Söderström, SLU, [mats.soderstrom@mv.slu.se](mailto:mats.soderstrom@mv.slu.se)

**Övriga projektdeltagare:** Jan Eriksson, SLU (projektledare); Thomas Olsson, AnalyCen; Erika Bjurling, Lantmännen; Nick Jarvis, SLU.

## **Bestämning av beståndsegenskaper hos höstraps med fjärranalys – utveckling av teknik för försöksverksamhet och gödslingsrådgivning**

I försöksverksamheten ställs frågan om man med ny teknik (N-sensormätning och bildanalys) kan bestämma plantantal och kväveinnehållet i höstraps. I praktisk höstrapsodling uppkommer frågan hur man i en viss situation på våren skall ta hänsyn till beståndsutvecklingen för att optimera höstrapsens tillväxt och fröskörd. I N-gödslingsrådgivningen på våren till höstraps i Frankrike och Tyskland beaktas i första steget förväntad fröskörd. Det härigenom beräknade gödselkvävebehovet justeras för den mängd kväve som höstrapsen tagit upp under hösten och den mängd som finns kvar i grödan vid vinterns slut, med beaktande av förluster genom frostsador. Att studera hur antal blad, biomassemängd och den i bladen upptagna N-mängden dels på senhösten och dels tidigt på våren (med beaktande av bortfrysning under vintern) inverkar på avkastningspotential och gödselkvävebehov under svenska förhållanden är viktiga uppgifter för att undersöka möjligheterna till gödslingsrekommendationer liknande de franska och tyska. Detta fordrar en metod för bestämning av höstrapsens biomassa och N-innehåll (före och efter vintern). N-sensor mätningar och bildanalys bör kunna användas för bestämning av kväveinnehåll och plantantal i försöksverksamhet.

### **Målsättning**

Målen med detta projekt är:

- 1) Utveckling av billigare och snabbare metoder för planträkning i höstraps med hjälp av bildanalys.
- 2) Utvärdering av mätningar med handburen N-sensor och Yaras rapsindex S1(OR) för bestämning av biomassa och N-innehåll under senhöst och vår.
- 3) Studier av hur grödstatus (plantantal, biomassa, N i gröda) under senhöst och vår påverkar fröskörden.

### **Försöksutförande**

På 40 provtagningsytor (12x15 m) fördelade på 4 fält med varierad planttäthet görs N-sensormätningar och digitala bilder tas samtidigt som planträkning och grödklippning görs för analys av N-innehållet. Fjärranalysmodeller för beräkning av biomassa, N-innehåll i biomassan, plantantal utvecklas försöksår 1. År 2 upprepas undersökningarna på andra platser (20 st = halva antalet) för att utvärdera metoderna mot nya, faktiska data.

**Tid och plats:** Försöket genomförs under 2007-2009.

**Finansiering:** Stiftelsen Svensk Oljeväxtodling (SSO) och Stiftelsen Svensk Lantbruksforskning (SLF)

**Kontaktperson:** Lena Engström, SLU  
[lengstrom@mv.slu.se](mailto:lengstrom@mv.slu.se)

**Övriga projektdeltagare:** Mats Söderström SLU; Thomas Börjesson, Lantmännen AB



## ***Bildanalys som ett redskap för platsspecifik ogräsbekämpning***

Minskad herbicidanvändning kan bli effekten av ett forskningsprojekt där SLU, SIK - Institutet för Livsmedel och Bioteknik - och Lantmännen samarbetar. Projektet går ut på att få en förbättrad uppfattning om den rumsliga fördelningen av ogräs på fälten samt att utveckla ett system där mängden ogräs styr hur mycket bekämpningsmedel som sprids över grödan. Avancerad bildanalys är ett av verktygen. Projektet samverkar och koordineras med ett projekt på SLU i Alnarp som syftar till att kunna reglera olika sektioner av sprutan enligt en styrfil.

### ***Målsättning***

Övergripande målsättning är att kunna göra tillförlitliga kartor över inomfältvariationen i ogräsförekomst i vårsådd stråsäd samt styrfiler som kan användas för kontinuerlig styrning av tilldelningen av herbicider. Delmål för att uppnå detta är följande;  
 Utveckla system för fältmässig registrering av digitala bilder i vårsäd.  
 Utveckla en bildbehandlingsmetod som separerar ogräs från gröda och med vars hjälp ogräsen och stråsädens biomassa kan bestämmas.  
 Överföra denna information till kartprogram som visar inomfältvariationer över ogräsförekomst.  
 Utforma beslutsmodell för att utifrån ogräs och grödtäthet bedöma bekämpningsbehovet.  
 Utveckla system för att tillverka tilldelningsfiler för herbicider som passar olika sprutor

### ***Utförande***

Under 2007 genomfördes omfattande fotografering i ett fält i Västergötland och två fält i Skåne. En Nikon D70 digital systemkamera (6 Mpix) användes för all fotografering i projektet. Under 2007 monterades kameran på en 4WD MC som också utrustats med GPS-mottagare. I de skånska försöken användes en AgGPS 332 ([Trimble](#)) med Sjöfartsverkets korrektionssignal kopplad till en PC med programvaran ArcGIS ([ESRI](#)), som kontinuerligt sparade fordonets position i en spårfil. På Bjertorp i Västergötland användes en Mobile Mapper CE ([Thales](#)) GPS-mottagare med mjukvaran ArcPad ([ESRI](#)) som skapade en motsvarande spårfil. Innan bildinsamlingen påbörjades, fotograferades GPS-mottagarens klocka för att göra det möjligt att länka samman bilder och position genom att jämföra GPS-tiden i loggfilen med tidsangivelsen i bildernas EXIF-information. Fotograferingen styrdes manuellt via kamerans trådlösa fjärrkontroll. Fordonet

kördes parallellt med såraderna och stannades för fotografering, ungefär varje tionde meter. Kördrag för fotografering gjordes med tio meters mellanrum, med justering för att undvika skarvar mellan sådrag. Målsättningen var således att erhålla i storleksordningen 100 bilder per ha, vilket i praktiken blev något färre. Tidsåtgången för att samla in bilderna var ungefär 10 minuter per hektar. Den utvecklade bildanalysalgoritmen användes för beräkning av ogräs- och grödmängd i bilderna och dessa låg sedan till grund för beräkning av behov av bekämpningsmedel. Varierad sprutning genomfördes sedan enligt en behovskarta. Manuella kontrollräkningar och nollrutor lades ut för utvärdering av resultaten.

Resultaten från årets arbete sammanfattas väl på en poster som visades vid den 6:e Europeiska precisionsodlingskonferensen i Grekland 2007 (figur 26). Postern belönades för övrigt med pris som bästa poster vid konferensen.

In this project we have developed a simplified image analysis routine where in principle we have only been looking for weeds between the crop rows. Soil and plants were segmented using excess green transform and subsequent thresholding using Otsu's method. Crop rows were identified using a Hough transform and weeds not covered by the crop between the crop rows were found using masking between the crop rows and the original image. Large weeds covered by crop leaves were extracted using combinations of morphological operations (Fig 1). The image analysis method was compared with the manually sampled true weed number and biomass. Results from 2006 showed good correlation between image analysis and true weed data. A linear correlation of 0.91 between image analysis data and number of weeds was found.



Fig. 2. A digital camera mounted on a 4x4 motorbike. The tracklog from the GPS was used for georeferencing the images. A photo was taken approximately every 10 m.

The algorithm were run on a updated version of the program written in C and with a throughput of about 3 images/min.

The number of weeds (Fig 3a), density of weeds and crop density on each spot in the field was translated to a dose according to recommendations of the Swedish Board of Agriculture. The number of weeds were counted manually at a number of control points (Fig 3a).

The calculated site specific dose was written to a variable rate application file suitable for the Yara N-Sensor terminal (Fig 3b), which was used for controlling the amount of liquid distributed.

#### Future perspectives

- ❖ Try the concept in other crops.
- ❖ Survey the interest and benefits for a service where the optimal site specific herbicide dose is provided.
- ❖ Explore the possibilities to apply a site-specific dose on-the-go.

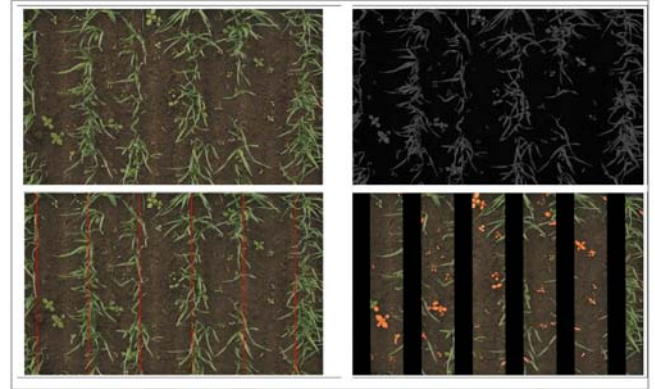


Fig. 1. The different steps in the algorithm. Top left: Original image; Top right: Image after excess green transform; Bottom left: Crop rows identified using Hough transform displayed as red lines; Bottom right: Final result after the image analysis algorithm with identified weeds shown as red objects.

In 2007, the algorithm has been tried in 3 different fields, two in southern Sweden (Skåne) and one in western Sweden (Västergötland). The camera was mounted on a four-wheeled motorcycle (Fig. 2) and images were taken with an interval of about 10 m (Fig. 3a). GPS coordinates were recorded simultaneously so that the position of each image could be determined. The image collection took about 10 min./hectar.

In the field in Västergötland with the size of about 10 hectares, the within-field variation in weed density was substantial (Fig. 3a).

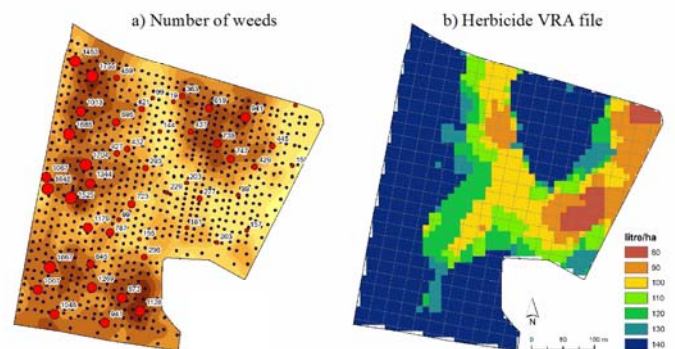


Fig. 3a) Interpolated map (yellow=few; brown=many) from the 814 photo points (dark dots). Red dots are manually counted control points (the label=no./m<sup>2</sup>). b) Variable rate application file

**Figur 26. Projektposter som visades vid 6 ECPA i Grekland som beskriver arbetsgången i projektet under 2007.**

**Tid:** 2005-2008

**Finansiering:** SLF + samarbete med projekt finansierat av Partnerskap Alnarp

**Kontaktperson:** Mats Söderström, SLU, [mats.soderstrom@mv.slu.se](mailto:mats.soderstrom@mv.slu.se)

**Övriga projektdeltagare:** Thomas Börjesson, Lantmännen (projektledare); Johan Nilsson, SLU (projektledare Alnarpsdelen); Niklas Lorén, SIK; Anders Larsolle, SLU, Knud Nissen, Lantmännen



## **Obemannad farkost (UAV) överblickar grödorna**

Flygburna obemannade farkoster (unmanned airborne vehicles - UAV) har förekommit en tid i forskningssammanhang. Nu är dock tekniken så långt utvecklad att konstruktionen är enkel att använda och har en mycket låg vikt, vilket medför betydligt förbättrade möjligheter att få flygtillstånd från Luftfartsverket. Projektet är en del av Intelligenta flygplan (IFLYG) som är ett nätverk av ledande forskargrupper, användare och företag med verksamhet eller intresse för UAV.

### **Målsättning**

Målsättningen med detta projekt är att undersöka om en obemannad flygfarkost (UAV) med en enkel digitalkamera kan vara användbar för precisionsjordbruksändamål samt att utvärdera den potentiella nyttan med tekniken. Tekniken kommer att analyseras avseende följande parametrar: förmåga att snabbt få in bilder, förmågan att sammanfoga flera bilder till mosaiker, användbarhet av mosaikerna med avseende på översiktighet, snabbhet samt positionsnoggrannhet, möjlighet att snabbt plocka ut intressanta delområden för fältstudier med mosaiken som bas samt bildkvalitet vid olika flyghöjder och dess användningsområden.

### **Utförande och sammanfattning**

Projektet är i huvudsak avsett som tekniktest. Datainsamling med UAV har gjorts över flera fält, bl a med höstvete- och gödslingsförsök i Västergötland. Kartriktiga bilder och ortofotomosaiker i färg (RGB) med hög upplösning tagna från UAV:n har jämförts med fältdata. Studien har fokuserat på tre tillämpningar: ogräsförekomst, variationer i kväveinnehåll i vete samt proteinvariation i malkorn.

Under 2007 redovisades projektet vid den 6:e Europeiska precisionsodlingskonferensen i Grekland. En slutrapport sammanställdes till SLF sammanställdes i form av en JTI-rapport.

Resultaten visar att variationer i biomassa som registrerats av Yara N-Sensor är relaterade till information som kan utläsas i UAV-foton, liksom ogräsförekomst som konstaterats vid kontrollfotografering på marken. Variation i proteininnehåll i spannmålskärnor visade sig dock inte vara korrelerad med data från UAV-bilderna, möjligen beroende på avsaknaden av

kamera för registrering i NIR-området vid tidpunkten för flygning.

I dag finns en IRF-kamera tillgänglig, vilket förbättra användbarheten ytterligare.

Sammantaget pekar resultaten på att en acceptabel bildkvalitet för datainsamling för precisionsjordbruk kan uppnås från UAV:n. Systemet kan bli ett prisvärt redskap för inspektioner av jordbruksfält där tidpunkten är viktig och upprepningar är nödvändiga och studien indikerar att det är möjligt att skapa ett helautomatiskt flygburet karteringssystem i framtiden.

**Tider:** 2005-2007

**Finansiärer:** SLF, Agroväst

**Kontaktperson:** Mats Söderström, SLU  
[mats.soderstrom@mv.slu.se](mailto:mats.soderstrom@mv.slu.se)

Övriga projektdeltagare: Anna Rydberg, JTI (projektledare); Olle Hagner, SLU; Thomas Börjesson, Lantmännen

## Informationssystem för malkorn baserat på fjärranalys från traktor och satellit

Malkorn är en utmanande gröda för odlaren med strikta kvalitetskriterier. I vissa fall har det visat sig att proteinhalten kan avvika från det önskade (intervallet 9,5-11,5 %), och att inomfältvariationen kan vara betydande. Det finns en modell för anpassning av kompletteringsgivan av N som används i Yara N-Sensor. Både från odlare och malkornsindustrin finns behov av bra prognosverktyg för odlingen.

### Målsättning

Syftet är att utvärdera om det är möjligt att använda satellitdata i olika upplösning för att skala upp den fältbaserade prognosmodellen för malkorn till större områden. Den använda prognosmodellen ska även utvärderas och ev modifieras genom grödklippning och labanalyser av proteininnehåll. Tanken är att satellitdata skulle kunna användas för att skapa regionala prognosmodeller för malkorn.

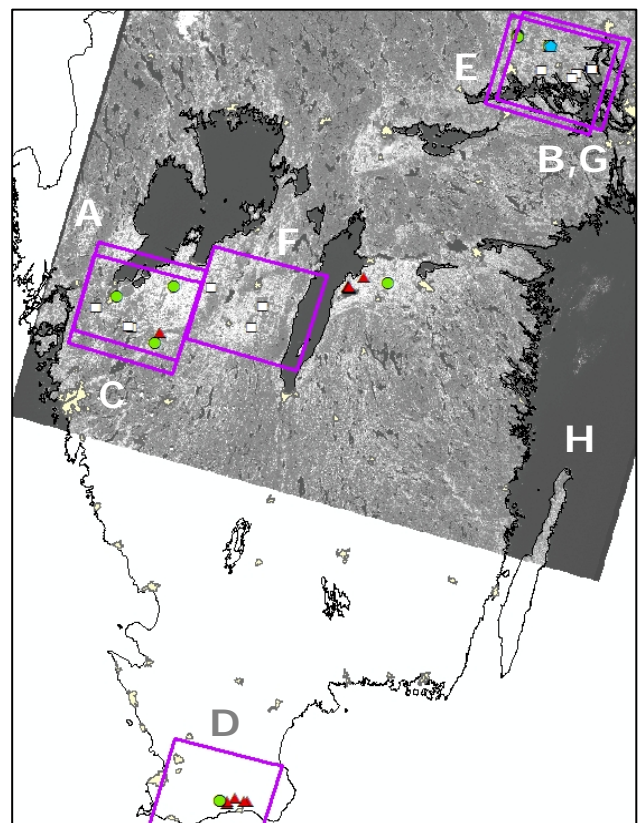
### Utförande

Under 2007 sammanställdes Yara N-Sensor mätningar från tidigare år. Dessa utnyttjades för att utveckla den nu använda prognosmodellen vid kompletteringsgödsling (stadium 37) samt den modell som används i ett senare skede (stadium 69) som prognosmodell för proteinhalt i malkorn och även i höstvet. För dessa fält finns även resultat från kärnanalys från klippta prover som samlats in strax före skörd.

SPOT-data (SPOT2 och 4 med 20 m upplösning) för de aktuella åren och så nära i tidpunkt som möjligt jämfört med fältmätningen med Yara N-Sensor erhöles från SPOTimage via deras FoU-program OASIS. De accepterade projektet som potentiellt värdefullt och bistod med de historiska bilderna utan kostnad.

Motsvarande fältdata samlades även in från åtta fält i Västergötland och sex fält i Mälardalen under året. Yara N-Sensormätning gjordes i alla fält i stadium 37 och i några fall även i stadium 69. Strax före skörd samlades i varje fält sex-tolv kontrollprover in från olika delar av fältet där mätningen med Yara N-sensor (malkornsmodellen) i stadium 37 indikerat

att förhållandena var olika med avseende på N-behov.



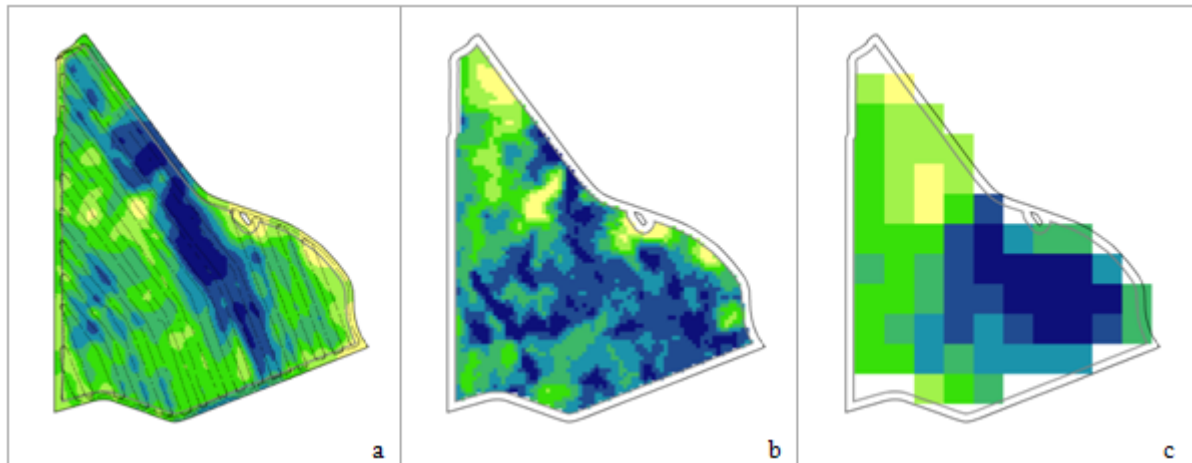
Figur 27. Fältdata 2007 (vit fyrkant), historiska fältdata (2002 = röd triangel; 2003 = grön prick; 2004 = blå pentagon), och tillgängliga satellitbilder (A-E = SPOT 2002-2004; F,G = SPOT 2007 och H = AWIFS 2007).

En SPOT-bild (SPOT5 med 10 m upplösning) från 3:e juni 2007 köptes in från Lantmäteriet för respektive Västergötland och Mälardalen. Dessutom köptes en AWIFS-scen (70 m upplösning) från 8:juni 2007 från Euromap som täckte hela området.

### Resultat

Variationen i proteinhalt i Västergötland inom fälten var liten. I Mälardalen var variationen betydligt större. Ett problem med jämförelser mellan satellitdata och mätningar med Yara N-Sensor är att man har tillgång till något olika våglängdsband.

När det gäller N-Sensormätningar så har det visat sig att användbara index har varit t ex REIP, TCARI och TRVI. För satellitdata som vi använt är det bredare och färre våglängdsband och här kan man tänka sig att använda t ex NDVI eller möjligen NDWI, där man använder MIR i stället för R (jämfört med NDVI). Detta kan vara en finess eftersom vatteninnehållet i grödan påverkar MIR-värdet. Nackdelen är att MIR inte är tillgänglig i N-Sensorn. Projektet fortsätter under 2008.



Figur 28. Exempel på projektdata 2007 från ett 43 ha malkornsfält nära Enköping. a) N-Sensor registreringar och karta över TCARI. b) NIR/MIR från SPOT 5. c) NIR/MIR från AWIFS. Åtta kontrollprover klipptes i detta fält. Indexen som visas här är endast exempel där gulgröna värden är låga och mörkblå är höga.

**Tider:** 2007-2008

**Finansiärer:** Rymdstyrelsen och Lantmännen

**Kontaktperson:** Mats Söderström, SLU / SWECO (projektledare),  
[mats.soderstrom@mv.slu.se](mailto:mats.soderstrom@mv.slu.se)

**Övriga projektdeltagare:** CG Pettersson, Thomas Börjesson, Knud Nissen, Lantmännen; Olle Hagner, SLU; Lars Barring, SMHI.

## **Variation i marken inom fältförsök – hur kan vi kvantifiera och hur ska vi hantera variationen?**

Fältförsök har under många år varit en vedertagen metod för undersökningar i fält. Det är sedan länge känt att markegenskaper varierar även om marken synbart ser jämn ut. Idag finns teknik, såsom EM38 och UAV, som kan registrera variationen. Möjligheter att väga in markvariationen i utvärderingen av försök kan vara till nytta i planering av nya fältförsök och vid val av nya försöksplaner. Statistiska modeller för hantering av variationer inom försök ska utvärderas.

### **Målsättning**

Med projektet avses att göra en metodstudie där befintliga försök utvärderas med avseende på variationer i mark och gröda. Syftet är att arbeta med frågeställningar som:

- Hur väl har man lyckats med etableringen av befintliga försök vad avser minimal variation i markegenskaper?
- Påverkar inomfältvariationen slutsatserna i den statistiska analysen av försöken?
- Hur kan man ta hänsyn till den befintliga inomfältvariationen i den statistiska analysen av försöken?
- Vid vilken magnitud av inomfältvariation riskerar man att feltolka försöksresultaten – och hur skiljer sig detta vid olika typer av försök?
- Hur stor är variationen i biomassa och markegenskaper inom respektive försöksrutor?
- Hur använder man dessa mätmetoder för planering av försök?

### **Utförande**

Projektet genomförs i ett 20-tal befintliga försök. Utvärdering utförs av tidigare genomförda försök och försök som utförs under 2007. Försöksplatserna är välkända försöksplatser på Vara-slätten. I största möjliga mån används försök med så många rutvis uppmätta parametrar som möjligt att användas, t.ex.:

- Avkastning
- Proteinhalt och N i klippta grödor
- Sort
- Gödslingsnivå
- Graderingar av ogräs och skadegörare
- Olika spannmåls- och frökvaliteter
- Mineralkväve i marken
- Utlakning av N, P och pesticider

Alla försöksrutor positionsbestäms med stor noggrannhet. DGPS utrustning används med möjlighet till efterbearbetning för ökad precision (alternativt RTK-GPS).

Redan utförda mätningar och nya mätningar med EM38 kommer att användas.

Flygfotografering med UAV görs över de försök som ligger 2007. Under 2007 används en utvecklad teknik med en kamera med möjlighet att registrera i NIR-bandet.

Data från EM38-karteringen och flygfotograferingen används för att klassindela försöksrutorna beroende på mätvärden. Dessutom erhålls ett mått på variationen i mark och gröda. Detta leder till huvudsyftet med projektet som kan innebära ny kunskap om hur variation inom fältförsök ska hanteras i den statistiska utvärderingen av resultaten från fältförsök.

**Tid:** 2007-2008.

**Finansiering:** SLF

**Kontaktpersoner:** Johan Roland och Mats Söderström

0511-67139, 0511-67244

[Johan.Roland@mv.slu.se](mailto:Johan.Roland@mv.slu.se)

[Mats.Soderstrom@mv.slu.se](mailto:Mats.Soderstrom@mv.slu.se)

**Samarbete:** HS Skaraborg

## **Avstånd mellan körspår – en jämförelse mellan traditionell spårmarkör och autostyrning med GPS**

Intresset för autostyrning är för närvarande stort hos många lantbrukare. Under många år har man inom forskning och utveckling arbetat med olika guidesystem som kan avlasta förare av lantbruksmaskiner. På senare tid har tillgången till RTK-GPS gjort att man på ett par cm när kan bestämma sin position i realtid. En viktig fråga vid val av autostyrning är skillnaden i noggrannhet vid körning med hjälp av markörer jämfört med autostyrning. Tanken är ju att undvika onödigt överlapp vid såbäddsberedning och sådd som senare genererar både dubbelgödning och dubbelbekämpningar i de överlappade arealerna.

### **Målsättning**

Syftet med denna studie är att mäta avstånd mellan körspår på ett antal fält där man i några fall använt traditionella spårmarkörer medan man i andra fall använt autostyrning med GPS. Avsikten är att resultaten kan ge en fingervisning om den eventuella förbättring i utnyttjandegrad man kan förvänta sig med den nya tekniken.

### **Utförande**

Mätningar är gjorda i vanliga fält hos ett antal lantbrukare i sydvästra Sverige. Ingen av traktorförarna var vid sådden (när körspåren anlades) medveten om att mätningarna skulle genomföras. Befintliga körspårs position mättes in på de nio fälten med hjälp av en fyrhjulig motorcykel som utrustats med en Trimble Ag332 RTK-GPS med radiokommunikation med en Trimble Ag450 Basstation som placerats vid sidan av respektive fält. En hög relativ positionsnoggrannhet erhöles med denna utrustning. Man kan räkna med en noggrannhet i xy-planet på ett par cm. Mätdata registrerades en gång per sekund, vilket gav rikligt med mätdata. På endast två platser hade man använt autostyrning när körspåren skapades. På den ena av dessa var det en RTK-GPS som använts och på den andra platsen en enklare utrustning med en korrektionssignal som ungefär motsvarar Egnos (tabell 5). För dessa fält användes den inställning som gjorts i GPS-utrustningen som det önskade, eller förväntade, avståndet mellan körspåren. I de andra fallen hade man använt spårmarkör som ställts in på traditionellt sätt. Avstånd mellan körspår bestämdes med hjälp av mjukvaran ArcGIS 9.1 (www.esri.com)

Registrerade GPS-positioner lästes in i programmet. Data från respektive fält hanterades separat. En linje längs den fyrhjuliga motorcykelns körväg (körspåren) skapades av de inmätta GPS-punkterna. Därefter genererades en punkt varannan meter längs denna linje. Detta gjordes på grund av att de inmätta punkterna inte var helt regelbundet registrerade.

**Tabell 5. Inmätta fält och förväntade avstånd mellan körspår.**

Plats	GPS	Arbets-bredd (m)	Avstånd mellan körspår (m)
Fält 1	RTK	5,9*	23,6*
Fält 2	Nej	6	24
Fält 3	Nej	6	24
Fält 4	Nej	4	12
Fält 5	Nej	4	12
Fält 6	Nej	4	24
Fält 7	Nej	4	24
Fält 8	DGPS	4,45*	8,9*
Fält 9	Nej	4	20

\* För GPS-inmätta körspår har här angivits den inställning som gjorts i GPS-utrustningen för att visa dess potentiella noggrannhet jämfört med traditionellt bestämda körspår.



Fältens utseende och form varierade och en del fält var relativt komplexa med en del hinder som t ex åkerholmar. Det här medför att avståndet mellan körspår inte alltid kan vara konstant på ett fält. För att undvika denna problematik valdes ett område ut på varje fält som inte innehöll några av de ovan nämnda hindren. Avstånden mellan de inmätta körspåren inom dessa områden analyserades, genom att avståndet beräknades, mellan de genererade punkterna och närmsta avstånd till ett valt grannkörspår. Denna procedur resulterade i att ett mycket stort antal avståndsuppgifter erhöles på varje fält. På fält 1 blev det t ex 2574 mätavstånd. För beräkning av hur stora överlapp eller eventuella mistor som man kan förvänta sig med den variation i avstånd mellan körspår som erhålls på respektive fält antogs en normalfördelning av körspårsavståndet. För att göra denna beräkning användes således endast medelavståndet och standardavvikelsen på varje fält, i jämförelse med den spårvidd som man haft som mål. Körspårsavstånd som ligger +/- 1 dm omkring arbetsbredden räknades som korrekt (alltså inte som överlapp eller mista).

### Resultat

En sammanställning av beräknade överlapp och mistor finns i tabell 6. Mistor förekommer i mycket liten omfattning. Överlappen är för de traditionella körspåren 0,83-3,26% (medeltal 2,36%). Då GPS använts är överlappen avsevärt mindre. På fält 1 är de försumbara och på fält 8 0,35%.

**Tabell 6. Beräkning av överlapp respektive mistor i procent av arealen.**

Plats	Uppmätt areal (ha)*	Överlapp (%)	Mistor (%)
Fält 1	14,5	0,01	0,02
Fält 2	6,1	2,08	0,00
Fält 3	6,1	2,83	0,00
Fält 4	2,1	3,25	0,00
Fält 5	3,4	3,26	0,00
Fält 6	10,0	0,83	0,12
Fält 7	14,6	2,73	0,03
Fält 8	2,8	0,35	0,05
Fält 9	5,4	1,53	0,02

\* Den uppmätta arealen är en del av hela fältets areal, för vilken avstånd mellan körspår beräknats. Denna del innehåller inte vändtegar, åkerholmar och andra hinder.

Studien omfattar endast två fält med GPS-inmätta körspår. Övriga sju fälts körspår hade man använt spårmarkör på traditionellt sätt. Det gör att resultatet ska tolkas med viss försiktighet och det är lämpligt att komplettera dessa mätningar med ytterligare fält så att man får ett bredare underlag för en analys. För de inmätta fälten visade sig körspår inmätta med RTK-GPS mycket stabila – d v s med en mycket liten variation i avstånd mellan spåren. Den effektiva arbetsbredden ökade med 2-3% vid användning av GPS jämfört med traditionella körspår. I det senare fallet kör man ofta tätare än arbetsbredden på redskapet för att man vill ha en säkerhetsmarginal för att undvika mistor. En bra GPS-utrustning är så stabil att man bör kunna ställa in avståndet mellan körspåren efter redskapets arbetsbredd.

**Tider:** 2007

**Finansiärer:** DataVäxt AB och Agroväst

**Kontaktperson:** Mats Söderström, SLU (projektledare), [mats.soderstrom@mv.slu.se](mailto:mats.soderstrom@mv.slu.se)

**Övriga projektdeltagare:** Lars Wijkmark, Växa, Johan Martinsson, Dataväxt och Knud Nissen, Lantmännen,

## **Digitala tidsresor**

Projektet är ett samarbete mellan regionala museer, Institutionen för Arkeologi och Antikens Kultur, Göteborgs Universitet, Stadsbyggnad på Chalmers och Avdelningen för precisionsodling. Markvetenskap vid Sveriges Lantbruksuniversitet. I studien undersöks nya möjligheter att använda modern digital teknik för bl.a. modellbyggande, förmedling, kunskapsbygge och kunskapspridning inom kulturmiljövårdens och arkeologins verksamhetsområden. Avdelningen blev inbjuden att vara med i projektet eftersom det fanns behov av vår erfarenhet för hantering av stora mängder geografiska data.

### **Målsättning**

Syftet med projektet är att förmedla både visuell och taktill information som illustrerar den historiska utvecklingen av området och på så sätt sprida historisk kunskap i museimiljö på ett nytt sätt. Projektet riktar sig speciellt till ungdomar och synskadade människor. En övergripande målsättning från avdelningens synpunkt är möjligheten till utveckling av ny teknik för presentation och förmedling av forskningsresultat. Dessutom kan projektet resultera i ny kunskap och förståelse för landskapsutveckling och odlingshistoria.

### **Utförande**

Projektet kan sägas bestå av två sammanvävda delar, där den ena inriktas mot ett konkret utvecklande av (digitala) metoder för förmedling, sammanställande och tillgängliggörande av information om en fornlämningsmiljö, och den andra analytiskt behandlar frågeställningar avseende möjligheter och svårigheter vid tillämpning av diverse digitala tekniker inom områden som arkeologi, kultur- och naturmiljövård, samt inom verksamheter som spänner över flera av dessa sektorer.

### **Resultat**

Den del av projektet som fokus legat på under året har varit utvecklingen av en interaktiv, kombinerad digital och fysisk modell över området Götaälvdalen.

Götaälvdalsmodellen består av två delar: en animering av Götaälvdalens historiska utveckling efter istiden och en taktill modell på vilken även animeringen projiceras. Den taktilla modellen kommer att täcka ett geografiskt område från Göteborg till Vänersborg och modellstorleken blir 1,20m x 4,26 m (2x widescreen 16:9). Modellen måste ha

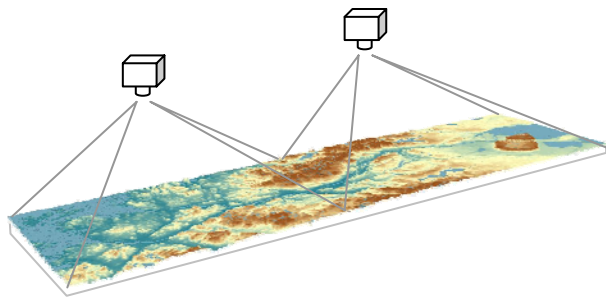
speciella fysiska ytegenskaper för att kunna tåla beröring av museibesökarna och samtidigt ge möjlighet för synskadade att känna sig fram och jämföra exempelvis dagens vattennivåer med en nivå som vi hade för 10000 år sedan. Olika material och ytor kommer att användas för att illustrera vatten, land och bebyggda områden. Om man rör på ett ställe där det ligger en by eller stad kommer man att känna stadens utbredning samt namnet på staden i blindskrift. Formakademin i Lidköping AB kommer att hjälpa till med framtagning av den taktilla modellen med fokus på ytbehandling. Vi kommer även att konsultera synskadade och museipedagoger.

Den fysiska modellen kommer även att fungera som en bakgrund på vilken digitala visualiseringar och animeringar av natur- och kulturlandskapens utveckling projiceras via två projektorer i hög upplösning. Modellen ska vara interaktiv, bl.a. ska besökare kunna välja mellan två framtidsscenarier med hjälp av en pekskärm. Modellen kan därmed användas som ett pedagogiskt redskap för förmedling till såväl seende som synskadade. Det är också möjligt att

projicera historiska folkförflyttningar och bosättningar i området på ett pedagogiskt sätt. En testversion av den digitala animeringen finns tillgänglig på internet, på adressen:

[www.time-travels.org/stud1\\_2.html](http://www.time-travels.org/stud1_2.html).

Den beskriver Götaälvdalens utveckling efter istiden fram till idag, avseende strandförskjutning, bl.a. baserad på en beräkningsmodell framtagen av Tore Påsse, SGU. Innan animeringen används tillsammans med fysiska modellen kommer den att bearbetas och kompletteras. Bland annat kulturhistorisk information och vegetationsutveckling kommer att läggas till. För styrning av projektorerna och samspel mellan pekskärm, dator och projektor behöver vi utveckla speciella programvaror.



**Fig. 29. Genom projektorer i taket kommer olika scenarier att kunna visualiseras på den drygt fyra m långa modellen över Götaälvdalen.**

För att göra animeringen tillgänglig även för synskadade kompletteras den med en ljudguide som berättar om händelserna med geografin som utgångspunkt.

Modellen kommer att placeras på Lödöse museum för att komplettera den pågående utställningen "Bilder av våra förfäder".

Den underliggande digitala höjddatamodellen som tagits fram är baserad på Lantmäteriets digitala höjddatabank. För översiktliga ändamål är denna tillfyllest. Dock finns det problem om man i detalj vill titta på t ex översvämningsrisk eller, som i det här fallet, mer långsiktiga eller historiska vattennivåförändringar. I arbetet efter den statliga klimat- och sårbarhetsutredningen ([www.raddningsverket.se](http://www.raddningsverket.se)) har bland annat Vattenfall genomfört en laserskanning av hela Göta älvdalen. Detta har resulterat i att det finns mycket detaljerade höjddata i hela älvdalen. I projektet har vi fått tillgång till data från Vattenfall för några små delområden som av Lödöse museum betecknats som kulturhistoriskt intressanta. Upplösningen i detta dataset är 1 m och noggrannheten i höjd är några cm. Motsvarande siffror för höjddatabanken är 50 m resp. 1-2 m. Tanken är att man i projektet ska undersöka vilka nya möjligheter ett sådant dataunderlag kan ge.



**Tider:** 2007-2009

**Finansiärer:** Riksantikvarieämbetet

**Kontaktperson:** Mats Söderström, SLU, [mats.soderstrom@mv.slu.se](mailto:mats.soderstrom@mv.slu.se)

**Övriga projektdeltagare:** Per Stenborg (projektledare) och Chris Sevara, Göteborgs universitet, Liane Thuvander och Jonas Törnberg, Chalmers



### ***Biologisk markkartering***

Detta område fokuserar på att identifiera och kvantifiera markbiologiska faktorer som hämmar grödans tillväxt. Huvudsakligen utvecklas molekylärbiologiska strategier med inriktning mot markbundna patogener. Målet är att utveckla detektionsmetoder, använda dem för att bestämma förekomst vid olika skadenivåer i grödor samt utveckla prognosmodeller för bedömning av risk för angrepp i olika växtföljder. Fysikaliska och kemiska egenskaper i marken påverkar utbredning av patogener. Förutom klassiska kemiska analyser används olika marksensorer som t.ex. instrument som mäter markens elektriska ledningsförmåga (ECa) för att förklara variation i förekomst och för prognos av angrepp.

## **Detektion av svårbekämpade jordbundna sjukdomar för optimering av platsspecifik produktion av vete, ärter och oljeväxter**

Tillgången till nya testmetoder för jordbundna växtpatogener ger odlarna en möjlighet att uthålligt anpassa odlingen efter marknadens signaler. En sådan biologisk kartering kommer att bli ett mycket värdefullt komplement till dagens kemiska markkartering. Resultatet av projektet kommer att kunna utgöra ett gott underlag för en bedömning av nyttan av en systematisk bestämning av patogenförekomst och hur den bäst skall genomföras i Sverige samt möjligheter att ersätta relativt dyra biotester (jordtest där fångstplantor indikerar sjukdom) med DNA-teknik.

### **Målsättning**

Målet med projektet är:

- att anpassa och utveckla DNA-baserade metoder för effektiv kvantitativ PCR-bestämning av markburna patogener i svenska jordar med avseende på ärtrottröta (*Aphanomyces euteiches*), rotdödare i vete (*Gaeumannomyces graminis var. tritici*) och klumprotsjuka i oljeväxter (*Plasmodiophora brassicae*)
- att validera bestämningar baserade på DNA-teknik mot tillgängliga biotester för bedömning av odlingsåtgärder.
- att inventera och fastställa variationer inom fält på gårdar i södra och mellersta Sverige
- att utvärdera samband mellan förekomst av patogener och markparametrar såsom pH, innehåll av makro- och mikronäringsämnen, lerhalt m.m i både matjord och alv

### **Utförande och resultat**

Arbetet startade i februari -06 och inriktats under första året mot att utveckla och optimera analysen av ärtrottröta och klumprotsjuka i oljeväxter. Under år 2 har arbetet inletts med att utveckla analysen av rotdödare. Arbetet har gått bra och vi har nu tillgång till PCR-metoder som både kan detektera DNA från respektive sjukdom i jord och kvantifiera förekomsten av respektive patogens DNA i jord. Detektion med PCR-metoden har visat sig fungera även med mycket liten förekomst av respektive patogen. Utvecklingsarbetet följer de riktlinjer som gäller för ackreditering av analyser.

#### **Detektion av *P. brassicae* med realtids-PCR**

Ett flertal primerpar designades och undersöktes med avseende på bl.a. specificitet och slutligen valdes ett primerpar (PbF och PbR) och en prob (PbP) som enligt sökningar i sekvensdatabaser visade sig vara teoretiskt

specifika för *P. brassicae*. DNA extraherades från torkade och malda jordprov med ett kommersiellt extraktionskit (Fast DNA SPIN Kit for Soil, Qbiogene), med ett något modifierat protokoll för att så optimalt som möjligt extrahera DNA från *P. brassicae* vilosporer. Eftersom jord innehåller mycket ämnen som kan störa PCR-reaktionen, t.ex. humusämnen, har samtliga jordextrakt även renats minst två gånger innan analys. Mängden *P. brassicae*specifikt DNA har kvantifierats genom att jämföra resultaten från okända prov med en standardkurva som konstruerats utifrån klonade plasmider (cirkulärt bakteriellt DNA) innehållande målsekvensen.

För att undersöka repeterbarheten och ta reda på hur spridningen ser ut mellan delprov extraherades DNA från fem delprov av ett och samma jordprov. Varje delprov analyserades sedan i två replikat med realtids-PCR. Standardavvikelsen för denna jordtyp var 21.6 %.

Standardavvikelseerna för andra metoder för detektion av växtpatogener i jord varierar ganska mycket. Vilket innebär att spridningen för repetitionsförsöket utfört med metoden som tagits fram i detta projekt ligger på en bra nivå jämfört med andra metoder.

### **Detektion av *A. euteiches* med realtids-PCR – förbättringar under 2006/07**

Under 2006 designades ett primerpar (AeF och AeR) och en prob (AeP) som helt specifikt amplifierar och detekterar ett fragment på 102 bp i sekvensen för ribosomalt DNA hos *A. euteiches*. Denna metod visade sig dock påverkas en hel del av orenheter i DNA extraherat från vissa typer av jordar. Därför har nu ett nytt primer/prob-set tagits fram (2007) och vissa optimeringar av PCR-reaktionen har även gjorts för att få en mer robust metod. DNA har extraherats från jord med samma extraktionskit som *P. brassicae* infekterad jord (FastDNA SPIN Kit for Soil), som under projektet optimerats för att på bästa sätt extrahera DNA från oosporer av *A. euteiches*. Kitet bygger på mekanisk lysning av celler vilket har visat sig fungera bra på oosporer som generellt sett är mycket svåra att lysa. Under hösten 2006 och 2007 förbättrades kvantifieringen av *A. euteiches* genom att ta fram standardkurvor baserade på plasmider på samma sätt som gjorts för *P. brassicae*. För att ytterligare förbättra metoden och få den mer tålig mot inhiberande ämnen i jordextrakten har försök gjorts med olika typer av tillsatser till PCR-reaktionen (2007). En tillsats på BSA, bovint serum albumin, gav bäst resultat och används nu rutinmässigt för detektion av *A. euteiches* DNA i jord. Eftersom detektionsnivån har utgjort ett visst problem för detektion av *A. euteiches* i naturligt smittade jordar har en hel del arbete fokuserat på att förbättra metoden genom att använda olika typer av anrikningmetoder.

### **Detektion av *Gaeumannomyces graminis* med realtids-PCR**

Arbetet med att ta fram en kvantitativ realtids-PCR för detektion av *Gaeumannomyces graminis* har påbörjats under 2007. I nuläget utvärderas två olika primerpar, ett som endast detekterar *G. graminis* var. *tritici* samt ett som detekterar både var. *tritici* och var. *avenae*, på ett antal renkulturer av *G. graminis* var. *tritici*, var. *avenae* och var. *graminis*. Metoderna har också börjat utvärderas på rötter samt jord med naturlig infektion av rotdödare.

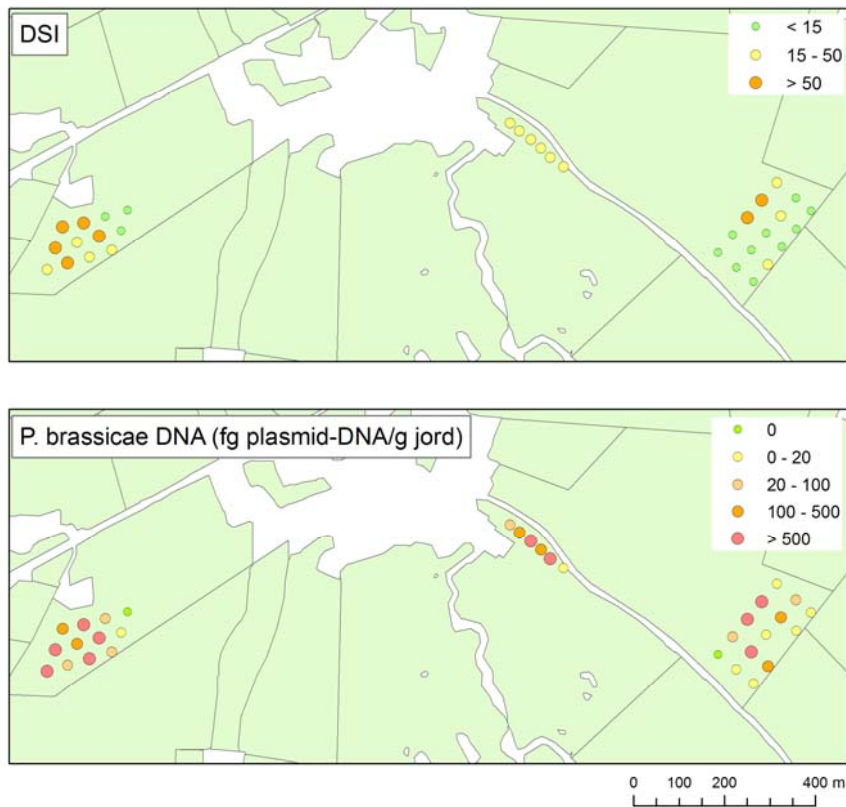
### **Fältprovtagning och biotest**

#### **Klumprotsjuka**

Under 2006 togs totalt 60 jordprover från sex olika fält med misstänkt/konstaterad klumprotsjuka på Stockagården, Västergötland, och Venebergs gård, Halland. Samtliga jordprover biotestades under augusti till oktober 2006 och därefter kvantifierades mängden *P. brassicae* DNA i jorden med den realtids-PCR-metod som utvecklats och beskrivits.

Resultatet från biotesten har använts för att validera realtids-PCR-metoden och det finns en tydlig korrelation mellan de två metoderna. I figur 3A och B illustreras detta samband. Halten av DNA varierar avsevärt mellan proverna, mellan 0-35000 fg DNA/g. Testplantorna uppvisar tydliga angrepp, approx 20 i Sjukdomsindex, redan vid så låga förekomster av *P. b.* som 5-10 fg DNA/jord. Tidigare undersökningar indikerar att det vid DSI-index på 15-20 är rekommendabelt att använda resistent sorter om man vill undvika skördeföruster. Används mindre motståndskraftig odlingsmaterial kan uppförökningen gå snabbt. Våra resultat visar att det går att använda PCR-teknik för att hitta fält med stor risk för angrepp av *P. brassicae* såväl som fält fria från infektion av *P. brassicae*.





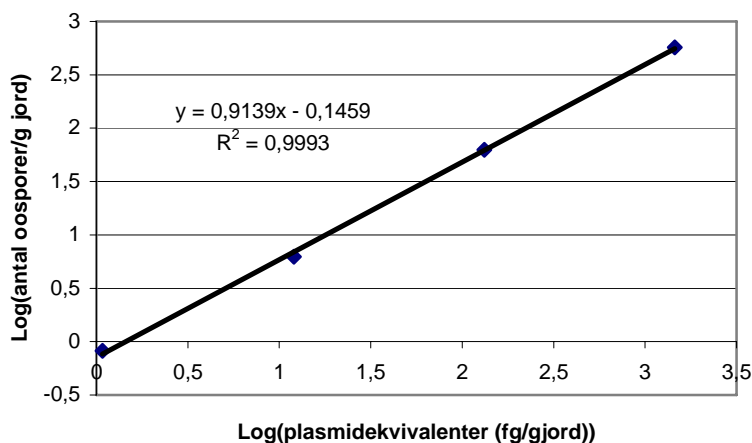
**Figur 31. Resultat av biotestning (DSI index) och bestämning med PCR-metod i prover från Stockagården, Källby.**

### Ärtrotträta

Under hösten 2006 biotestades totalt 59 jordprover på Findus R&D. 19 av dessa prover togs på ett fält på Hästhalla, Västergötland, där man sedan tidigare hade känt infektion av ärtrotträta. Sjukdomsindex på detta fält varierade mellan 27 och 74. Övriga 40 prover togs från olika gårdar (Orsmark, Härslöv, Tågarp och Örenäs), 10 prov per gård. Gården med störst variation, Örenäs, hade index mellan 16 och 82. Metoden klarar att

detektera ner till en oospor per gram jord i den testade jordtypen. Figur 32 nedan visar korrelationen mellan antal oosporer och resultatet med realtids-PCR.

Ett urval av jordproven som togs 2006 har analyserats med realtids-PCR, den metod som utvecklats under 2007. Även ett antal jordar från Norrland, biotestade på SW AB, har testats med metoden. *A. euteiches* DNA kan detekteras i ett flertal jordar men



**Figur 32. Figuren visar korrelationen mellan antal oosporer och plasmid-ekvivalenter för en jord som inokulerats med ett känt antal oosporer och sedan späts i oinokulerad jord. Kurvan som anpassats till punkterna ger en mycket bra korrelations-**



**Figur 33. Biotest för bedömning av rotdödarangrepp. Uddetorp sept. 2007. Foto Charlotta Almquist.**

trots den goda detektionsnivån finns ett antal jordar med höga sjukdomsindex som ger låga resultat med PCR. Detta kan ha sina orsaker när det gäller homogeniseringen av prov, eventuell inhibering i jordextrakten och att ett litet antal oosporer kan ge mycket stor infektion. Den naturliga förekomsten i jord ligger alltså på gränsen till vad metoden klarar, varför det troligtvis är nödvändigt med någon form av anrikning innan extraktion och PCR-analys. Under 2008 kommer arbetat med anrikningsmetoder att intensifieras.

### **Rotdödare**

Biotest för indexering av rotdödare i jord utvecklades och utvärderades under sept/okt 2007 (figur 33). Totalt testades 20 jordprover från ett fält på Hidingsta, Närke.

### **Vidare arbete**

Utvecklingsarbetet fokuseras nu framförallt kring:

- att utveckla en metod för anrikning av *A. euteiches* oosporer i jord inför PCR-analys. Samarbete med Lunds Tekniska Högskola har inletts för att ta fram ett flotationsprotokoll

för anrikning av oosporer från en större mängd jord innan DNA-extraktionen för att på så sätt öka metodens känslighet och minska spridningen i resultaten.

- att på ett bättre och mer pålitligt sätt identifiera inhiberande jordextrakt. Detta gäller framförallt ärtrottröta, men kan även visa sig vara användbart för de andra patogenerna och görs i samarbete med Fredrik Heyman, SLU.
- att fortsätta med metodutvecklingen för *G. graminis*.
- att ta fram och utvärdera biotest för rotdödare.

**Tid:** 2006 – 2008

**Finansiering:** Stiftelsen Svensk Lantbruksforskning (SLF) och Stiftelsen Svensk Oljeväxtforskning (SSO)

**Kontaktperson:** Anders Jonsson 0511- . anders.jonsson@mv.slu.se

## ***Helautomatiskt övervakningssystem för insektsangrepp för platsspecifik bekämpning***

Insektsangrepp kan ge allvarlig skada på växande gröda. Bekämpning av skadegörare i fält sker ofta antingen i förebyggande syfte, vilket innebär att insekticider ofta används i onödan eller då insektsangreppet pågått en tid och stora skador redan har inträffat. Förekomsten av insektsangrepp varierar också inom fält i lantbruksgrödor. Det finns behov av att kunna bestämma när insekterna angriper grödan samt antalet insekter. Denna bestämning sker idag oftast med manuella graderingar på gröda eller via olika typer av fällor. Utveckling inom området syftar till att effektivisera informationsinsamlandet för att förbättra fältförsöksverksamhet samt varnings- och prognosverksamhet och kan på ett betydande sätt ge bättre beslutsunderlag och kunskap till efterföljande rådgivning och praktisk växtodling. Effektivare informationsinsamling medför att mer värdefull kunskap från varje utlagt fältförsök kan fås.

### **Målsättning**

Detta projekt avser att utveckla metodiken med nya system för övervakning, identifikation och mängdbestämmning av insekter i fält, vilket därigenom skulle ge bättre informationsunderlag för att fatta beslut om bekämpningsåtgärder såväl mellan som inom fält. Systemet skall bestå av en attraktantdel, som kan vara ett feromon, en färgad skiva eller något annat attraherande ämne, samt ett detektorsystem, vilket kommer i första hand kommer att vara baserat på elektrisk urladdning. Den optiska detektionen (en ljusstråle bryts) skall ytterligare utredas.

### **Bakgrund**

Det finns ett antal olika metoder för att övervaka förekomst av insekter. Generellt består de av en attraktant och en fälla. Den vanligaste typen är en klisterfälla betad med en insekts sexualferomon, vilket även är den känsligaste metod man känner i dag och mycket låga populationstätheter kan påvisas. Fällorna anger om insekten finns i fältet, när den flyger och ungefär hur många de är. Dessa system har emellertid en del nackdelar. För att få tillförlitlig information måste de avläsas ofta och klisterfällan måste bytas vid jämna mellanrum. En klisterfälla är besvärlig att räkna och en "full" klisterfälla kommer att verka avskräckande för nya insekter som flyger in, samt attrahera ovidkommande insekter.

Ett system som automatiskt och specifikt kan detektera förekomst och frekvens av en speciell insekt är därför mycket värdefullt. Systemet skall anpassa till fältbruk och kunna fjärravläsas via exempelvis ett telefonmodem. Systemet skulle också kunna ge realtidsinformation och även ge ur forskningssynpunkt värdefull information om utbredning, frekvens och storlek på ett insektsangrepp.

### **Utförande**

I april 2007 startades en förstudie till detta projekt med finansiering från VL-Stiftelsen och S-SENCE. Syftet med projektet var att utreda möjligheterna att bygga upp ett helautomatiskt övervakningssystem som hanterar insektsangrepp. Detta projekt har redan

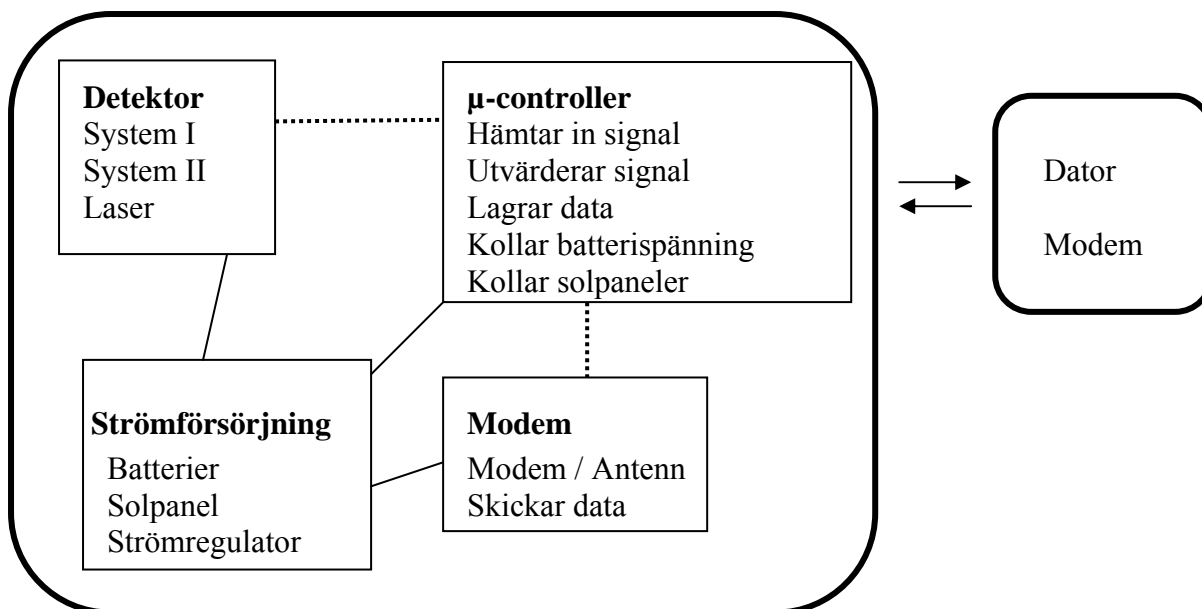
generat resultat som ansåg så lovande att det fortsatt med stöd från SLF. I förstudien har olika detektortyper studerats. En intressant detektorprincip utgjordes av en elektrisk fälla. Sådana system finns kommersiellt tillgängliga och är användbara för att hålla insekter borta i hemmiljö. Elektroniken är mycket enkel och billig och består av två elektriska ledare mellan vilka en potential på några kV är pålagd. Bakom dessa finns en UV-lampa som attraherar insekter. När insekterna kommer in mellan ledarna utvecklas en elektrisk stöt som knockar och ofta dödar insekten. Att använda elektrisk detektion har en rad fördelar:

- Insekten transporteras bort från fällan efter detektion (dvs den ramlar ner i ett tråg). Fällan är automatisk, och behöver heller inte tömmas.
- Detektionen sker elektroniskt och när insekten får stöten genom sig går denna signal att mäta.
- Det ger även möjligheten att med signalens storlek och tidsförlopp, vilken troligtvis är insektsberoende,

och därmed sortera bort "felaktiga" insekter.

### **Detektorsystem**

Vid utvecklingsarbetet kopplas signalen från detektorenheten via en A/D omvandlare till en PC. Genom signalanalys kan algoritmer utvecklas för händelseförloppet då en insekt detekteras med detektorn (i det följande betecknat som en "event"). I förlängningen har PC:n ersatts med en billig mikrocontroller som alltså fyller funktionen av att samla in data, göra en signalanalys samt lagra data. Mikrocontrolern har anslutits till ett GSM-modem, som gjort det möjligt att ringa upp systemet och ladda ner lagrade data. Vi har nu kommit så långt inom projektet att vi fått fram ett fungerande system, där en PC kan ringa upp detektorenheten och få data överförda. Systemet finns schematiskt beskrivet i figur 34 nedan.



**Figur 34. Schematisk beskrivning av system för detektion av insektsangrepp.**



Arbete har även lagts ner på att utveckla ett strömförsörjningssystem baserat på 8 solpaneler som ger 16 V och 0.3A vid solbelysning (motsvarande 4.8 Watt), kopplat till uppladdningsbara batterier.

### **Elektrisk signatur hos olika insekter**

Med ovan nämnda system har vi även detekterat blomflugor. Under våren 2008 kommer insekter av olika storlek att detekteras. Tidigare försök har indikerat att storlek och urladdningsförlopp kan relateras till insektsstorlek. Det är dock uppenbart, att även om möjlighet finns att göra enklare identifieringar av insektstyp, återstår mycket arbete.

### **Konstruktion av demonstrator**

I förprojektet är det visat att det tekniska systemet för detektion och karakterisering av insekter fungerar och systemet skall nu ytterligare utvecklas och optimeras samt valideras mot befintliga metoder för skattning av populationer och angrepp. Under våren

2008 kommer tre demonstratorer för fältbruk att byggas och testas i oljeväxter (rapsbagge), ärtor (ärtveklare, Findus) och jordgubbar (vivlar, Rånna, SLU). Insekterna kommer att lockas till fällan med speciella attraktanter (glykosinolater, feromoner etc).

**Tid och plats:** Projektet kommer att utföras vid Linköpings Universitet vid kompetenscentrat S-SENCE under 2007-2010, i samverkan med Avd för precisionsodling, SLU, Skara samt SLU:s försöksstation Lanna.

**Finansiering:** Projektet är finansierat av SLF, VL-Stiftelsen och S-SENCE

**Kontaktperson:** Anders Jonsson tel: 0511-67129,  
[anders.jonsson@mv.slu.se](mailto:anders.jonsson@mv.slu.se)

## ***Utbildning och information***

Avdelningen arbetar aktivt med information och utbildning av i första hand studenter, lantbrukare och rådgivare. Avdelningen ansvarar för delar av studentkurser inom områdena växtnäring och växtodling på SLU. Utbildning av lantbrukare görs exempelvis inom forskningsprojektet ”Nyckeltal för bedömning av ekonomiska och miljömässiga effekter vid tillämpning av precisionsodling”, men också genom deltagande i fältvandringar, mässor och samarbetet inom POS. Avdelningens engagemang inom POS utgör också basen i informationen av rådgivare. Under 2007 tillkom dessutom ett forskningsprojekt som vänder sig till elever på grundskolans senare del.

## **Grupparbetsmodellen storyline som väg att öka intresset för lantbruk hos elever på grundskolan**

Bakgrunden till detta projekt är en önskan om att öka förståelsen och intresset för landsbygd och lantbruk hos elever på grundskolans senare del, samt att tydliggöra betydelsen av samarbete mellan stad och land för att nå en hållbar utveckling. Många barn och ungdomar har idag endast liten eller ingen egen erfarenhet av lantbruk. Istället grundas deras uppfattning på erfarenheter från barnlitteratur, film, skola och massmedia. I barnbokens och filmens värld finns beskrivningar av lantbruk som inte alltid är så väl överensstämmande med situationen i praktiken. När eleverna blir äldre och möter massmedia och skolans undervisning finns en risk att lantbruket förvandlas från mysig djurhållning och spännande maskiner till något ocoolt, gammaldags och negativt för miljön. Antalet lantbrukare är litet och avståndet mellan stad och land har en tendens att öka. Därmed får elever utan lantbruks- och landsbygdsbakgrund svårare att skapa en egen förståelse för olika orsakssamband relaterade till dessa områden.

### **Målsättning**

Målsättningen med projektet är att:

- Ta fram ett användbart och tilltalande material till lärare som utgår ifrån grundskolans mål om hållbar utveckling och som handlar om samarbete mellan stad och land samt pekar på lantbrukets betydelse för en hållbar samhällsutveckling.
- öka förståelse, intresse och kunskap om lantbruk och lantbrukets roll för en hållbar samhällsutveckling hos elever i grundskolans senare del.

### **Utförande**

Projektet består av två delar:

1. Ta fram en storyline utifrån grundskolans mål för arbete med hållbar samhällsutveckling.
2. Testa och utvärdera grupparbetet i två till tre klasser samt studera vad eleverna lärt sig av arbetet.

Under 2007 skrevs en storyline om hållbar utveckling med stad – land perspektiv. Storyline är en modell för grupparbete som utvecklats i Skottland under 1980-talet. I en storyline arbetar eleverna ämnesövergripande utifrån ett tema. Man arbetar med en berättelse som kontext eller struktur och ”den röda tråden” utgörs av den handling som lärarna har planerat. Eleverna jobbar omkring ”den röda tråden” och styrs upp av återkommande nyckelfrågor och skeenden som påverkar



**Figur 35. En storyline om hållbar utveckling för stad och land.**

händelseutvecklingen och är planerade av lärarna i förväg. Ramarna för berättelsen bestäms av lärarna och sedan fyller eleverna den med detaljer. Det får eleverna att känna sig delaktiga och som "ägare" av skeendet. I en storyline skapar eleverna också egna karaktärer. Dessa "spelar med" i de situationer som uppstår. Eleverna kan identifiera sig med sina personer och få en "relation" till sin rollfigur och det som händer vederbörande. Nya händelser innebär nya förutsättningar och får berättelsen att ta nya vändningar för att belysa nya kunskapsområden eller ligga till grund för nya diskussioner. I en storyline arbetar man också med en fris eller en modell. Syftet med frisen är att ge eleverna en gemensam bild av det man arbetar med i projektet. Den visualiserar och levandegör det arbete man håller på med. Frisen görs på ett sådant sätt att den kan förändras med historien och den finns alltid där för att påminna eleverna om vad det hela handlar om. Arbetet med frisen kan dessutom utgöra ett praktiskt avbrott i det annars ganska teoretiska arbetet.



Figur 36. En grupp karaktärer.

### **Vad handlar denna storyline om?**

Utgångspunkten är att eleverna får en förfrågan från en landshövding angående ett projekt där ett antal personer ska flytta ut på landet och arbeta för en hållbarare utveckling i regionen. De får skapa varsin person som ska delta i projektet. Dessutom får de, i grupper om ca fyra stycken elever, 100 ha mark att utgå ifrån och använda till något med en hållbar utveckling i fokus.

Därefter händer det saker som eleverna får arbeta med, tanken är att lärarna ska välja några områden. De områden som tas upp är energiproduktion, livsmedelsproduktion, transporter, biologiskt avfall, produktion av livsmedel, biologisk mångfald, turism, motorvägsbygge mm. Ofta avslutas en storyline med ett studiebesök. Skillnaden mot ett "konventionellt" studiebesök är att eleverna är insatta i verksamheten och har egna erfarenheter (egentligen karaktärernas). De har genom sina figurer under flera veckors tid exempelvis levt på ett lantbruk innan de kommer ut i verkligheten.



Figur 37. Studiebesök.

### **Uppföljning och utvärdering**

Under 2008 ska modellen testas i praktiken i två till tre olika klasser och resultatet ska följas upp med intervjuer och enkäter av lärare och elever.

**Tid:** 2007-2008

**Finansiering:** SLF

**Kontaktperson:** Christina Lundström;  
0511-67237,  
[christina.lundstrom@mv.slu.se](mailto:christina.lundstrom@mv.slu.se)

**Samarbete:** Magnus Ljung vid  
Institutionen för stad och land, SLU

### **Precisionsodlingskurs**

Under 2007 har avdelningen för precisionsodling ansvarat för precisionsodlingsundervisningen i en växtodlingskurs för mark/växtagronomstudenter.

**Kontaktpersoner:** Sofia Delin 0511-67235  
[sofia.delin@mv.slu.se](mailto:sofia.delin@mv.slu.se); Johanna Wetterlind  
0511-67258 [johanna.wetterlind@mv.slu.se](mailto:johanna.wetterlind@mv.slu.se)

### **Exjobb**

Under 2007 slutfördes 2 examensarbeten med handledning från avdelningen för precisionsodling. Dessa var:

- ◆ Orvendal J. 2007. Metod för värdering av kvävet växtnäringsvärde i olika organiska gödselmedel.
- ◆ Johansson, A. 2007. Kvalitetsvariation i ensilage – en pilotstudie på Nötcenter Viken.
- ◆ Olsson F. 2008. Växtodlingsrådgivares och lantbrukares syn på möjligheter med implementering av precisionsodlingsteknik.

**Kontaktperson:** Sofia Delin 0511-67235  
[sofia.delin@mv.slu.se](mailto:sofia.delin@mv.slu.se)

## Övrig verksamhet

### Lanna försöksstation

Verksamheten vid Lanna startade redan 1929 som en av ett stort antal planerade statliga försöksgårdar. Huvudfrågeställningarna var från början hur lerjorden skulle odlas med utgångspunkt från bl.a. dränering, kalkning och stallgödselhantering. Idag är Lanna en modern försöksstation som ägs och drivs av SLU. Den tillgängliga försöksarealen är 155 hektar. Här bedrivs ett stort antal försök med huvudinriktning på långliggande försök som berör mark- och växtnäringsspörsmål.

Redan tidigt anlades fasta försöksfält med separat dränering av försöksparceller med möjlighet att mäta utlakningen, dvs. mäta avrinning och analysera innehållet i dräneringsvattnet. Efter successiv utbyggnad finns idag fem anläggningar på Lanna och en på Fotegården (lättjord), strax utanför Lidköping, med totalt 39 stora (800-5000 kvm) försöksparceller med separat dränering.

Huvudinriktningen är konventionell odling, men på 7 hektar odlas en sjuårig ekologisk växtföljd med flera försök och ett stort antal demonstrationsodlingar. Dessutom utförs två långliggande försök med utlakningsmätningar i ekologisk odling (se nedan).

Försöksstationen är godkänd utförare inom ramen för SLU:s ackreditering inom GEP (Good Experimental Practice), ett kvalitetssäkringssystem inom försöksverksamheten.

### 2007

Under 2007 utfördes totalt 66 försök och 7 demonstrationsodlingar. Dessa fördelades enligt följande uppdelning på ”försöksavdelningar” vid SLU och är riksförsök, länsförsök, distriktsförsök och beställningsförsök:

- Vattenvård	3
- Jordbearbetning	8
- Växtnäring	17

- Växtföljder	2
- Ogräs	2
- Vallförsök	1
- Sortförsök	32
- Växtskydd	1

Demonstrationsodlingar:

- Ekologisk odling	5
- Växtnäring	1
- Jordbearbetning	1

Utöver traditionella försök har regelbundna vattenprovtagningar i avrinningsområden genomförts året runt för analys av växtnäringssämnen och växtskyddsmedel.



Figur 38. Flygbild över Lanna 2002.

**Tabell 7. Långliggande försök placerade på Lanna alternativt som Lanna ansvarar för.**

NR	Beteckning	Startår
RO-0646	Ekologisk odling - utlakningsrisker och kvävedynamik	1997
R0-0746	Ekologisk odling - utlakningsrisker och kvävedynamik	1997
D0-5301	Brytning av höstbevuxen mark - utlakning	2005
R2-8409	Utlakning i höstvetedominerad växtföljd	2001
R2-8410	Höst- och vårrödor, flytgödsel – utlakning (Fotegården, Vinninga)	2003
R2-4010	Olika bearbetningssystem, plöjning - plöjningsfritt	1974
R2-4017	Direktsådd	1982
R3-0020	Humusbalans - stråsäd	1981
R3-0021	Humusbalans vid vallodling	1981
R3-0056	Jämförelse mellan odlingssystem, utlakningsmätningar	1978
R3-130	Markbiologiska tillstånd (förstorat ”ramförsök”)	1996
R3-1001	Kalk- och fosforstudier	1936
R3-1001	Kalk- och fosforstudier	1941
R3-9001	Bördighetsstudier (Bjertorp)	1966
R4-1103	Växtföljder med och utan vall	1964
R5-1105	Långtidseffekter av herbicider	1979

**Långliggande försök**

Vid Lanna försöksstation har sedan länge bedrivits försöksverksamhet med stor långsiktighet. Verksamheten är som redan sagts till stor del inriktad på mark- och växtnäringsfrågor och odlingens påverkan på dessa. Dessa långliggande försök ingår i sammanställningen ovan. Samtliga långliggande försök finns med i tabell 7.

**Personal**

På Lanna försöksstation finns sex helårsanställda, varav två arbetar med försöken, en med administration, två sköter jordbruksdriften samt en ansvarig för verksamheten. Till det kommer 1-2 säsongsanställda.

**Beställare / finansiering:** Huvuddelen av försöken beställs och utförs på uppdrag av SLU i Uppsala och Skara inom ramen för olika forskningsprojekt och långliggande försök. Värdeprovning av sorter och växtskyddsmedel utförs även på uppdrag av dessa beställare.

**Övriga samarbetspartners:** Bla. Försök i Väst, Svensk Raps, Länsstyrelsen, Östadstiftelsen och sortföretag.

**Kontaktpersoner:**

Johan Roland, 0510-530005, 070-5277139, [Johan.Roland@mv.slu.se](mailto:Johan.Roland@mv.slu.se)  
Lisbet Norberg, 0510-530005, 070-6779987, [Lisbet.Norberg@mv.slu.se](mailto:Lisbet.Norberg@mv.slu.se)

***Nya projekt på Lanna******Ny utlakningsläggning***

Under året har projekteringen av ytterliggare en utlakningsanläggning på Lanna påbörjats. Anläggningen kommer att innehålla 20 stycken separat dränerade storparceller. Tack vare det stora antalet kan varje försöksled utföras med minst tre upprepningar, vilket innebär säkrare resultat.

Anläggningen kommer att vara klar under 2008 och kan försöksmässigt börja användas 2009.

*Kontaktperson: Johan Roland*

*Finansiärer: Sparbankstiftelsen Skaraborg och Sparbankstiftelsen Lidköping*

***Växtföljdsförsök***

Under året har två långliggande växtföljdsförsök anlagts på Lanna och Bjertorp.

I projektet ”*Hur ofta kan vi odla oljeväxter? Olika frekvenser av höstraps i en växtföljd – inverkan på avkastning och sjukdomsangrepp*” är tanken att belysa hur ofta man kan återkomma med höstraps i en växtföljd utan att riskera främst ökade sjukdomsangrepp med sänkt avkastning som följd. Avsikten är att försöken ska ligga minst sex år, men med ambition att förlänga liggtiden till tolv år.

*Kontaktperson: Johan Roland*

*Finansiärer: Stiftelsen Svensk Oljeväxtforskning och Västra Sveriges Frö- och Oljeväxtodlare*



## **Precisionsodling Sverige (POS)**

**Verksamheten inom POS bedrivs huvudsakligen som en kompetensplattform för tillämpad forskning och utveckling av precisionsodling inom Sverige och är ett forum för samverkan mellan personer inom näringsliv, universitet och högskolor samt berörda organisationer. Verksamheten har tre huvudinriktningar. Teknikprövning som vägledning för lantbruket, forskning och utveckling samt kunskapspridning till lantbrukare och rådgivare.**

### **Målsättning**

POS övergripande målsättning är att:

- ◆ Förbättra det svenska jordbrukets ekonomi och konkurrenskraft, som en effekt av forskning och utveckling inom precisionsodlingen.
- ◆ Nå en mer hållbar produktion med minskad miljöpåverkan och högre kostnadseffektivitet genom ett bättre utnyttjande av lantbrukets resurser och insatsmedel.
- ◆ Förbättrad kvalitetsstyrning för att nå en god skörd med jämn och efterfrågad kvalitet genom större precision i olika odlingsåtgärder.

### **Verksamhet 2007**

070206 Möte i POS projektgrupp.

070302 Workshop om möjliga tillämpningar med Yara N-sensor.

070309 Möte i POS styrgrupp.

070416 Möte i POS projektgrupp.

070604-070606 European Conference on Precision Agriculture. POS deltog med föredrag och poster.

070627-070628 Borgeby Fältdagar. POS deltog i SLF:s monter Forskartorget med poster och filmvisning.

070705 Jordbrukardag på Logården, Grästorps. POS deltar i SLU:s monter med postrar och film.

070910 Möte i POS projektgrupp.

071017-071018 Elmia Fält och maskin. POS deltog i SLF:s monter LOFT.

071112 Workshop Precision 2007. Temat för dagen var aktuella projekt och hur POS i samarbete med rådgivargruppen bättre ska kunna nå ut till intresserade lantbrukare.

071129 Möte i POS projektgrupp.

071203 Möte i POS styrgrupp.

POS har också deltagit i utbildning av lantbrukare, elever vid naturbruksgymnasier samt agronom- och lantmästarstudenter vid flera tillfällen under året.

### **Projekt i POS under 2007**

1. Användning av Yara N-sensor i fältförsök. Mätningarna sköts av Hushållningssällskapet i Skaraborg. Den handburna N-sensorn har främst använts i försök med kvävegödsling och selektivitetsförsök för herbicider. Tanken är att sensorn ska kunna notera skillnader som är omöjliga att notera med ögat och göra detta helt objektivt.

2. Autostyrning. Projektet har jämfört hur stor arealen överlappningar och mistor blev i totalt nio fält i Västergötland, Halland och Skåne. Sju fält var sådda utan autostyrning och två fält var sådda med.

3. Beståndsbedömning av höstoljeväxter för skattning av gödlingsbehov med hjälp av N-sensor och bildanalys.
4. Vidareutveckling av dataprogrammet Precision Wizard.
5. Förnyad markkartering med GPS. Hur optimerar man valet av punkter vid en förnyad markkartering med GPS? Ska man återkomma till samma punkter eller välja nya? Utifrån vilka kriterier ska man i så fall välja de nya punkterna?

**Kontaktperson:** Christina Lundström 0511-67237  
[christina.lundstrom@mv.slu.se](mailto:christina.lundstrom@mv.slu.se)

## Publikationer 2007

### **Artikel vetenskaplig tidskrift, 2007**

Börjesson T., Stenberg B., Schnürer J. 2007. Near-Infrared Spectroscopy for Estimation of Ergosterol Content in Barley: A Comparison Between Reflectance and Transmittance Techniques. Cereal chemistry, vol 84. 231-236

Henriksen T.M., Korsæth A., Breland T.A., Stenberg B., Jensen L.S., Bruun S., Gudmundsson J., Palmason F., Pedersen A., Salo T.J. 2007. Stepwise chemical digestion, near-infrared spectroscopy or total N measurements to take account of decomposability of plant C and N in a mechanistic model. Soil biology & biochemistry, vol 39. 3115-3126

Nordberg Å., Jarvis Å., Stenberg B., Mathisen B., Svensson B.H. 2007. Anaerobic digestion of alfalfa silage with recirculation of process liquid. Bioresource technology, vol 98. 104-111

### **Konferensbidrag / Proceedings, 2007**

Engström L., Stenberg M., Lindén B. 2007. Crop sequences with oilseed rape and peas – methods to reduce the risk of N-leaching. 15th Nitrogen workshop, Lleida, Spain, 2007-05-28 - 2007-05-30.

Gunnarsson S., Sonesson U., Stenberg M., Kumm K-I. 2007. Sustainability of future Swedish dairy farming: scenarios for animal health, environment and economy. The XIII Int. Congr. in Anim. Hyg. "Animal health, animal welfare and biosecurity", Tartu, Estonia, 2007-06-17 - 2007-06-21. In: Proc. of the XIII Int. Congr. in Anim. Hyg. "Animal health, animal welfare and biosecurity". 428-433

Hetta M., Stenberg B., Martin S. 2007. Sensorbestämning av ensilagekvalitet i samband med utfodring till mjölkkor. Konferansen Landbruk i Barents, Tromsø, 2007-04-17 - 2008-01-19.

Lorén, N., Larsolle, A., Söderström, M. & Börjesson, T. 2007. Image analysis as a tool for site-specific weed control in cereals. Poster paper presented at the 6th European Conference on Precision Agriculture, Skiathos, Greece, 3-6 June 2007. Published on CD. 6 p.

Rydberg A., Söderström M., Hagner O., Börjesson T. 2007. Field specific overview of crops using UAV (Unmanned Aerial Vehicle). Proceedings of the 6th European Conference on Precision Agriculture, Skiathos, Greece, 2007-06-03 - 2007-06-06. In: Wageningen Academic Publishers. 357-364. Stafford J.V. (ed.). Precision Agriculture '07

Stenberg B., Henriksen T.M., Bruun S., Korsæth A., Jensen L.S., Breland T.A., Nordkvist E., Palmason F., Salo T., Gudmundsson J., Esala M. 2007. Description of plant material quality by near infrared spectroscopy for prediction of carbon and nitrogen mineralization in agricultural soils. NIR 2005, Auckland New Zealand, 2005-04-09 - 2005-04-15. In: NIR in action - Making a difference. 505-513

Stenberg B., Rogstrand G., Bölenius E., Arvidsson J. 2007. On-line soil NIR spectroscopy: identification and treatment of spectra influenced by variable probe distance and residue contamination. 6th European Conference of Precision Agriculture 2007, Skiathos, Greece, 2007-06-03 - 2007-06-06. In: Precision agriculture '07. 125-131

Söderström, M., Fogelberg, F., Nissen, K. & Nyberg, A. 2006. Making sense of Precision Agriculture. Presented at a special education session at the 6th European Conference on Precision Agriculture, Skiathos, Greece, 3-6 June 2007. Published on CD. 7 p.

Wetterlind J., Stenberg B., Söderström M. 2007. Farm-soil mapping using NIR-technique for increased sample point density. 6th European Conference of Precision Agriculture 2007, Skiathos, Greece, 2007-06-03 - 2007-06-06. In: Precision agriculture '07. 265-270

Wetterlind J., Stenberg B., Söderström M., Stenberg M. 2007. New strategy for farm-soil mapping using near infrared spectroscopy to increase sample point density. NIR 2005, Auckland New Zealand, 2005-04-09 - 2005-04-15. In: NIR in action - Making a difference. 299-303

### **Rapport, 2007**

Aronsson H., Stenberg M. 2007. Utlakning av kväve, fosfor och glyfosat i samband med kemisk brytning av fånggrödor. Rapport från växtodlings- och växtskydds dagar i Växjö 5-6 dec 2007. Rapport - Meddelande från södra jordbruksförsöksdistriktet, vol 60

Engström L., Börjesson T., Lindén B. 2007. Beståndstäthet tidigt på våren i höstvetete – samband med topografi, förrådskalium, skörd, Yara N-sensor- och NIR-mätningar. Teknisk rapport, vol 8

Engström L., Roland J., Tunared R. 2007. Ekologiska demonstrationsodlingar på Lanna försöksstation 1996-2006.

Hetta M., Stenberg B., Martin S. 2007. Sensorbestämning av ensilagekvaliteten i samband med utfodring.

Lindgren J., Stenberg M., Linden B. 2007. Teknik för maximerat kväveutnyttjande och minimerad kväveutlakning i potatisodling. Rapport, vol 8.

Lundström, C. 2007. Hållbar utveckling för stad och land - en storyline om samarbete i en region. Rapport, vol 13.

Lundström C., Rustas B-O., Wetterlind J., Lindén B. 2007. Utedrift med nötkreatur under vinterhalvåret i Västsverige. Slutrapport till Stiftelsen Lantbruksforskning

Rydberg A., Hagner O., Söderström M., Börjesson T. 2007. Obemannad flygfarkost (UAV) överblickar grödorna.miljöteknik (JTI). JTI-rapport, Lantbruk & Industri, vol 358

Stenberg M., Etana A., Bergkvist G., Wetterlind J., Myrbeck Å., Aronsson H., Rydberg T., Linden B. 2007. Uthålliga täckgröde- och fånggrödesystem. Rapport, vol 11

### **Examensarbeten**

Johansson, A. 2007. Kvalitetsvariation i ensilage – en pilotstudie på Nötcenter Viken.

Olsson, F. 2008. Attityder till implementering av precisionsodlingsteknik.

Orvendal, J. 2007. Värdering av kvävet i organiska gödselmedel. Evaluation of nitrogen in organic fertilizers.

**Faktablad, 2007**

Hetta M., Stenberg B., Martin S. 2007. Möjligheter med on-line analys av ensilaget i samband med utfodringen. Svenska vallbrev, vol 1

## Förteckning över utgivna rapporter på Avdelningen för Precisionsodling:

1. Lundström, C., Roland, J., Tunared, R. och Lindén, B. 2004. Jämförelser mellan jordbearbetningssystem på lätt och styv lera – produktion, ekonomi och risk för kväveförluster i två försök med sexåriga växtföljder. Resultat från undersökningar vid Östads säteri i Västergötland 1996 – 2003.
2. Stenberg, M., Delin, K., Roland, B., Söderström, M., Stenberg, B., Wetterlind, J. och Helander, C.A. 2005. *Utveckling av hållbara och produktiva odlingssystem – karakterisering av lerjord. Developing sustainable and productive cropping systems – characterisation of a clay soil.*
3. Stenberg, M., Myrbäck, Å., Lindén, B., Rydberg, T. 2005. Inverkan av tidig och sen jordbearbetning under hösten på kväveminaliseringen under vinterhalvåret och på utlakningsrisken på en lerjord.
4. Lindén, B. och Engström, L. 2006. Höstraps, havre och ärter som förfrukter till höstvetete – inverkan på kvävedynamiken i marken och på vetets avkastning. *Winter oilseed rape, oats and field peas as crops preceding winter wheat – effect on nitrogen dynamics in the soil and on wheat yields.*
5. Lindén, B., Lerenius, C., Nyberg, A., Delin, S., Ferm, M., Torstensson, G., Hedene, K-A., Gruvaeus, I., Tunared, R. och Roland, J. 2006. Kan växtskyddsåtgärder minska kväveförlusterna vid odling av höstvetete?
6. Wetterlind, J., Stenberg, B., Stenberg, M. och Lindén B. 2006. Tidig höstplöjning på lerjordar – riskbedömning av kväveutlakning. *Mouldboard ploughing in early autumn on clay soils - risk assessment of nitrogen leaching.*
7. Lundström, C (red.). 2006. Precisionsodling 2005 - verksamhet vid Avdelningen för precisionsodling.
8. Lindgren, J., Stenberg, M och Lindén, B. 2007 Teknik för maximerat kväveutnyttjande och minimerad kväveutlakning i potatisodling.
9. Larsson, S., Stenberg, M., Gruvaeus, I. och Engström, M. Odlingssystem för grovfoderproduktion med förbättrad avkastning och produktionsekonomi.
10. Wetterlind, J., Jonsson, A och Stenberg, B. 2007. Indelning av fält i mineraliseringszoner för varierad kvävegödsling. *Establishment of mineralization zones for variable rate nitrogen application.*
11. Stenberg, M., Etana, A., Bergkvist, G., Wetterlind, J., Myrbeck, Å., Aronsson, H., Rydberg, T. och Lindén, B. 2007. Uthålliga täckgröde- och fånggrödesystem.
12. Lundström, C. (red). 2007. Precisionsodling 2006 – verksamhet vid Avdelningen för precisionsodling.
13. Lundström, C. 2007. Hållbar utveckling för stad och land – en storyline om samarbete i en region.
14. Lindén, B. 2008. Efterverkan av olika förfrukter: inverkan på stråsädesgrödors avkastning och kvävetillgång - en litteraturöversikt.
15. Nyberg, A. och Lindén, B. 2008. Åkerbönor som förfrukt till vårsäd i ekologisk odling. *Faba beans as previous crop to spring cereals in organic farming.*
16. Engström, L. och Lindén, B. 2008. Kväveförsörjning i ekologiska odlingssystem med vall - höstraps - vete. N-supply in organic cropping systems with ley – winter oilseed rape – wheat.
17. Lundström, C. (red). 2008. Precisionsodling 2007 – verksamhet vid Avdelningen för precisionsodling.
18. Almquist, C., Lerenius, C., Filipsson, C., och Jonsson, A. 2008. Bestämning av förekomst av patogena svampar i vete med PCR-teknik.

**Avdelningen för precisionsodling, Institutionen för markvetenskap, SLU, Skara,** (tidigare Institutionen för jordbruksvetenskap Skara) bedriver forskning med precision i odlingen som mål. Detta forskningsarbete tar sikte på att utveckla metoder för bättre utnyttjande av markens resurser samt styrning av processer som inverkar på grödornas tillväxt, framför allt genom bättre växtnäringshushållning, bl.a. platsspecifikt för tillämpning inom precisionsjordbruket. Forskning bedrivs främst i fältstudier och fältförsök. Huvudsyftet med denna forskning är att förstärka den ekonomiska uthålligheten i svenskt lantbruk genom att förbättra grödornas avkastning och jordbruksprodukternas kvalitet och samtidigt utnyttja våra naturliga tillgångar på ett miljövänligt och resursbevarande sätt. Forskning, utbildning och information präglas av helhetssyn och sker i nära samarbete med näringsliv, myndigheter och rådgivning. Lanna försöksstation är en viktig resurs för avdelningen, övriga institutioner vid SLU samt andra samarbetspartners.

I serien **Rapporter** redovisas forsknings- och försöksresultat från Avdelningen för precisionsodling, SLU, Skara.

**Rapporterna** finns tillgängliga på nedanstående Internetadress.

*Reports with research results from the Division of precision agriculture  
(Department of Soil sciences, Swedish University of Agricultural Sciences).  
The reports are available at the internet address given below.*

**Distribution:**

Avdelningen för precisionsodling  
Institutionen för markvetenskap  
Sveriges lantbruksuniversitet  
Box 234  
532 23 Skara

Tel. 0511-670 00, fax 0511-67134  
Internet: <http://po-mv.slu.se>