

Sammanställt av Mats Söderström, SLU, 2010
I huvudsak baserat på serien Precisionsskolan
som publicerats i Växtpressen

Precisionsskolan 2010

Introduktionsmaterial om principer och teknik
för Greppa näringens Precisionssodlingsmodul



Precisionsskolan 2010

Introduktionsmaterial om principer och teknik
för Greppa näringens Precisionssodlingsmodul

Innehåll

<u>Koordinater</u>	<u>bild 3- 5</u>
<u>GPS</u>	<u>6-10</u>
<u>Markkartering</u>	<u>11-17</u>
<u>Styrfiler</u>	<u>18-22</u>
<u>Skördekartering</u>	<u>23-25</u>
<u>Analys av reflekterat ljus ..</u>	<u>26-29</u>
Bilaga	
<u>Kalkbehov – ett exempel ..</u>	<u>30-35</u>



Klicka på den här
symbolen för att
komma tillbaka till
denna sida

Klicka här för att
avsluta bildspelet



KOORDINATER

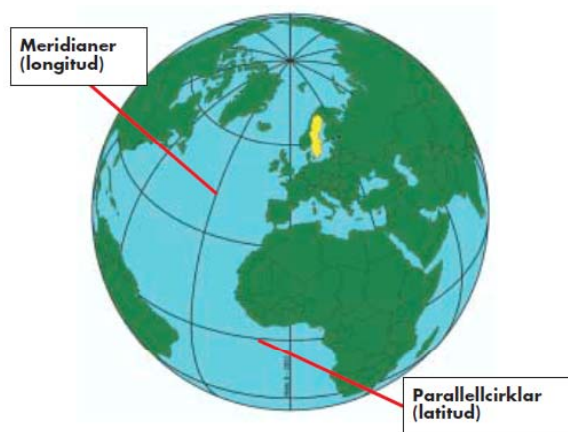
Koordinater är ett sätt att beskriva en position med siffror

En punkt på jorden kan beskrivas på flera sätt. Ett är att tänka sig en genomskärning av jordklotet. Med utgångspunkt från en linje mellan ekvatorn och jordens mittpunkt, kan vinkeln till vår position mätas. Värdet ligger alltid mellan 0° (ekvatorn) och 90° (Nordpolen). Detta kallas sfäriska koordinater och kan anges i nord-sydlig riktning (latitud) och i ost-västlig riktning (longitud, mätt med utgångspunkt från Greenwichmeridianen istället för ekvatorn). För exaktheten anges även delar av vinkeln. Antingen anger man grader, minuter och sekunder (förkortas DMS) eller decimalgrader (DD).

Exempel:

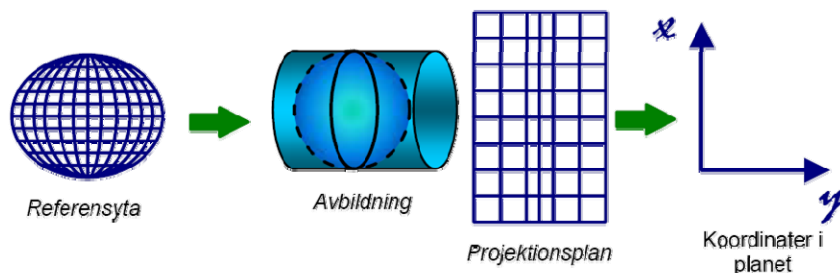
15°48'29",8 (DMS) = 15,80803 (DD)

När man mäter med en GPS-apparat får man ofta ut positionen i decimalgrader i ett positionssystem som benämns WGS1984 eller bara **WGS84**.



KOORDINATER

Sammanställt av Mats Söderström, SLU, 2010
I huvudsak baserat på serien Precisionsskolan
som publicerats i Växtpressen

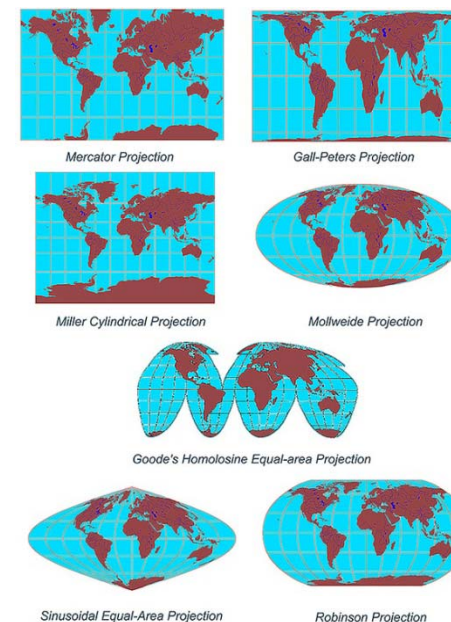


En karta är en generalisering av verkligheten, där man försöker avbilda en del av det runda jordklotet på en plan yta. Att överföra den buktande jordytan till en plan yta kallas projektion och kan göras på många sätt, men är egentligen omöjlig att få exakt. Felen blir större ju mer av världen (ju mer buktning) som kartan skall omfatta och ju längre från mitten av kartan man kommer. Våra gamla skolkartor visar t ex Grönland och Antarktis i grotesk förstorning. När vi gör kartor över Sverige används inte samma typ av projektion som till en världskarta. Vår projektion utgår från en nord-sydlig linje (medelmeridian), som ligger inom Sverige (2,15° väster om Stockholms gamla observatorium). Därmed fås en så exakt avbildning som möjligt, vilket är viktigt för att t ex kunna mäta avstånd och areor i kartan samt få riktiga proportioner.

Till svenska kartor har använts ett referenssystem som kallas **RT90**, Rikets Triangelnät 1990 eller bara "Rikets nät". Numera är man i färd med att införa ett nytt nationellt referenssystem som heter **Sweref99TM** som ska ersätta RT90. Anledningen är bl a att man inom EU-länderna får system uppbyggda enligt samma princip vilket underlättar i många sammanhang.

Således kan varje position anges på olika sätt beroende på vilken projektion och vilket referenssystem som används. När man bearbetar kartor i datorn och t ex vill göra en karta som visar ett fält, kan det vara en fördel om de data man samlat in är registrerade i RT90 eller Sweref99TM (jämfört med WGS84). I annat fall måste kartprogrammet göra en omräkningsprocedur, det vill säga en projektion för att man ska få rätt proportioner på fältet och kunna mäta avstånd på kartan.

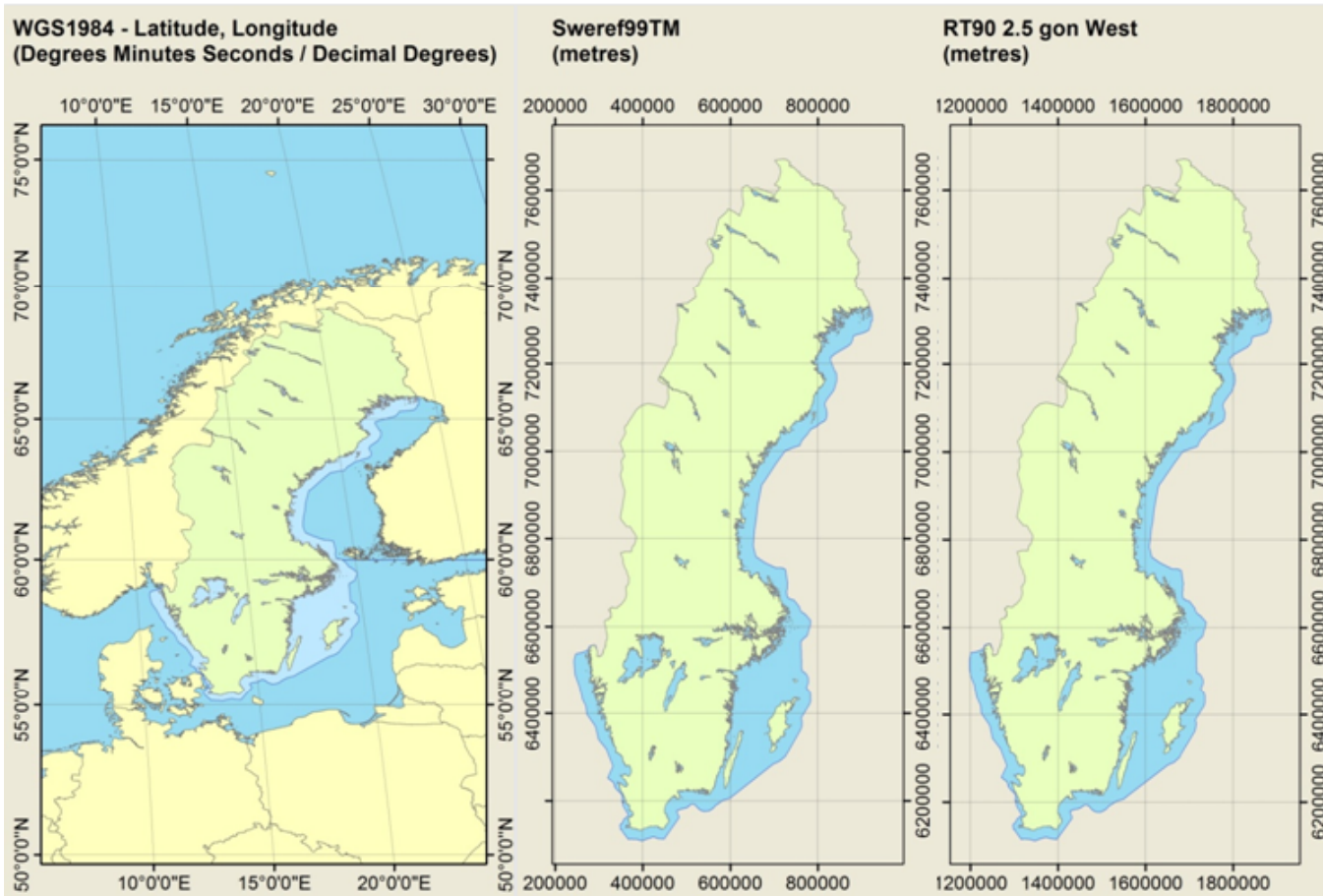
I nästa bild kan du jämföra WGS84, RT90 och Sweref99TM.



Bilder från Jan Alexandersson,
Karlstad Universitet



KOORDINATER



Exempel:

Longitud 12°38'2,7"
Latitud 58°20'21,25"
uttryckt i DMS, dvs grader,
minuter och sekunder

I decimalgrader (DD) blir det:
 $12^\circ + (38/60) + (2,7/3600)$, dvs
Long.: 12,63408
Lat.: 58,33924

Samma position i
Sweref99TM (i meter) är:
Ost (x) = 361495
Nord (y) = 6468914

och i RT90 2,5 gon Väst (i m):
Ost = 1314302
Nord = 6472814

Vissa kommuner använder
ett eget koordinatsystem på
ritningar och kartor



GLOBALT POSITIONERINGSSYSTEM

Satellitpositionering är en teknik som tar fram koordinaterna för den plats där du befinner dig

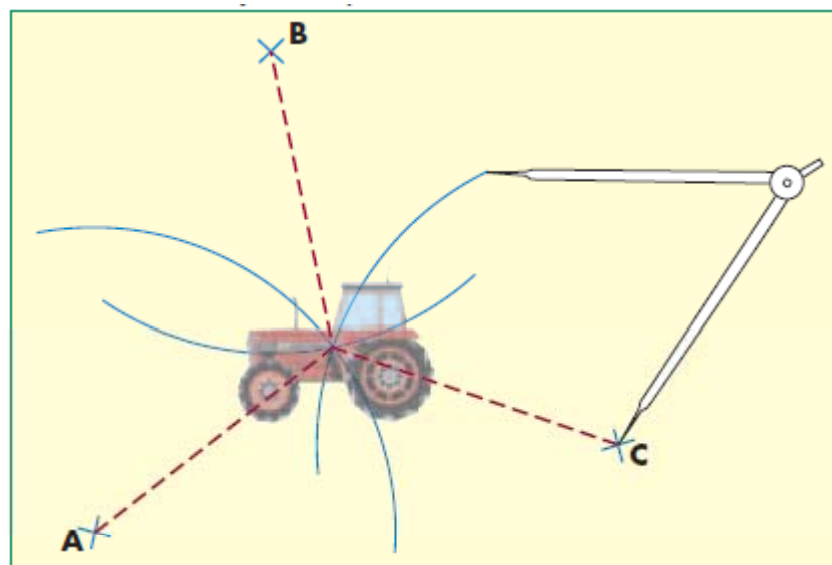
Egentligen borde vi säga GNSS (global navigation satellite system) i stället för GPS. GPS står för det amerikanska systemet, som i och för sig är det som man normalt använder, men det finns t ex en rysk motsvarighet som heter Glonass och snart har EU sitt Galileosystem. I den här texten använder vi trots allt benämningen GPS. Satellitpositioneringssystem hjälper dig att hålla rätt på koordinaterna. Ute i verkligheten blir detta ett tänkt rutnät som ligger fast. För att kunna överföra den punkt där traktorn står till kartan måste man ha ett sätt att räkna ut var i rutnätet man är. Utan hjälpmedel kan du själv göra detta på två sätt:

Vinkelmätning:

I traktorn kan man med hjälp av en kompass mäta vinkeln (från norr) till flera olika punkter, t ex hus runtom fältet. På kartan kan man sedan med hjälp av en gradskiva dra upp dessa riktningar och se var på åkern de skär varandra.

Avståndsmätning:

Avståndet från traktorn till kända punkter i omgivningen kan mätas upp genom stegning eller dylikt. På kartan kan man sedan med hjälp av en passare dra upp bågar med rätt avstånd och se var de skär varandra



Med hjälp av minst tre kända punkter A-B-C (t ex träd, hus eller satelliter) och exakt avstånd kan positionen fastställas.



Satellitpositionering

Sammanställt av Mats Söderström, SLU, 2010
I huvudsak baserat på serien Precisionsskolan
som publicerats i Växtpressen

GPS (globalt positioneringssystem) bygger helt på den senare metoden. Istället för att stega, så mäter GPS-mottagaren avståndet till ett antal satelliter som den hela tiden vet exakt var de är. Avståndsmätningen blir aldrig riktigt precis, vilket medför att bågarna inte skär varandra i exakt samma punkt. GPS är en teknik som tar fram koordinaterna för den plats där du befinner dig. Men ju fler satelliter mottagaren hittar, desto riktigare blir positionen. GPS-mottagaren kan jämföras med en vanlig FM-radio. Den lyssnar av signalerna från de olika satelliterna som cirklar runt jorden på en höjd av ca 20 000 km. Den signal som vanliga GPS-mottagare avlyssnar innehåller två saker:

- En slags tidtabell (almanacka) som hela tiden talar om var alla satelliter borde befinna sig i varje stund. Omloppsbanan kan påverkas t ex av andra himlakroppar, men då justerar satellitens markstation tidtabellen så att den stämmer med verkligheten.
- En exakt tidskod. När ett flygplan flyger förbi i hög hastighet märks tydligt ljudets fördröjning. Även en radiosignal tar tid på sig från sändare till mottagare. GPS-mottagaren jämför tidskoden med sin egen klocka och fördröjningen räknas om till ett avstånd, (jämför med ett flygplan som passerar förbi i hög hastighet).

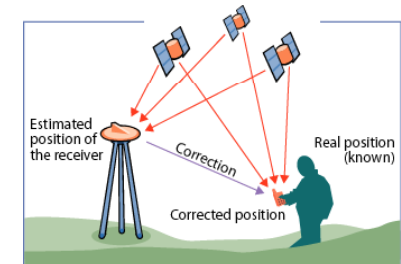
Precis som med passaren i exemplet ovan räknar GPS-mottagaren sedan ut positionen med hjälp av alla satelliters position och avstånd. Även höjden över havet kan beräknas, dock endast med halva noggrannheten.

GPS-systemet är i grunden militärt och kontrolleras av amerikanska myndigheter. Tidigare förvrängdes satelliternas signaler så att ett fel på upp till 100 meter uppstod, men sedan den 2 maj 2000 är denna störning borttagen och noggrannheten är numera i storleksordningen 10 meter i vanlig handhållen GPS. Men det finns fortfarande olika störningskällor som gör positionen osäker med en vanlig GPS.

DGPS, differentiell GPS, förbättrar exaktheten betydligt. Om man använder DGPS lyssnar GPS-mottagaren helt enkelt på en signal ytterligare. Den kommer från en fast markstation eller satellit som hela tiden beräknar avståndet till varje positionssatellit med hjälp av dess signaler och jämför avståndet med det riktiga. Därefter skickar den ut en signal till GPS-mottagaren som säger hur mycket varje satellit ljugar just då. Exaktheten med DGPS-mottagare blir i allmänhet ned till ca 2 meter. Man kan prenumerera på en sådan korrektionssignal t ex via radios FM-band eller utnyttja gratis korrektionsstationer som används av sjöfarten, alternativt via EGNOS som är satellitbaserat.

Med RTK-GPS (realtids, kinematisk) förbättras noggrannheten till några centimeter, i horisontalplanet men även i höjddled. En sådan GPS-mottagare fungerar på ett lite annat sätt och är avsevärt dyrare.

Numera finns handdatorer, mobiltelefoner och sk smartphones med inbyggd GPS eller med möjlighet att ansluta en extern GPS med t ex bluetooth. Särskilda datorprogram har utvecklats för kartering på den egna gården. Bilden visar en av de första handdatorerna som kom för ca 10 år sedan.



Från GISA2E



Satellitpositionering

Sammanställt av Mats Söderström, SLU, 2010
I huvudsak baserat på serien Precisionsskolan
som publicerats i Växtpressen

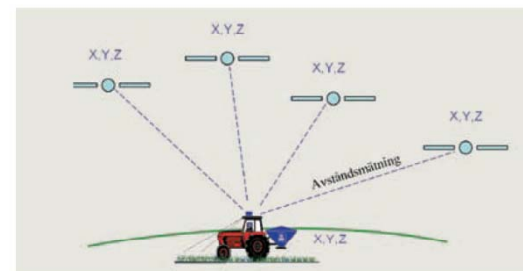
Välj rätt GPS

En vanlig, enkel GPS-mottagare har en noggrannhet på i storleksordningen 5-10 meter. I många fall är detta tillräckligt, t ex när man använder GPS för att navigera fritidsbåten, bilen efter den digitala vägkartan eller i jordbruket när man sprider växtnäring eller kalk med hjälp av en styrfil. Denna typ av GPS-positionering kallas absolut mätning.

I andra sammanhang kan man behöva högre noggrannhet. För att minska de fel som uppkommer vid en vanlig GPSmätning kan man jämföra mottagarens position med en känd punkt. Detta kallas relativ mätning. Minst två mottagare behövs och man måste ha kontakt med minst fyra gemensamma satelliter. Detta gör att noggrannheten blir avsevärt högre. De vanligaste relativa metoderna kallas DGPS (differentiell GPS) och RTK (real time kinematic).

För att det ska vara meningsfullt med precisionsodling, krävs en noggrann positionsbestämning. Annars kan inte tekniken utnyttjas maximalt. Det är viktigt med en god överensstämmelse mellan upprepade mätningar så att t ex dräneringssystem, brunnar och provtagningspunkter lätt går att återfinna. Därför är DGPS den teknik som används mest inom precisionsodlingen.

Korrektionssignalen kan fås på olika sätt. Man kan använda en egen basstation eller utnyttja tillgängliga korrektionstjänster. Det finns i princip fyra olika tjänster som används: EPOS RDS-signal, sjöfartens långvågssignal, Omnistar och EGNOS. Sjöfartens långvågssignal är kostnadsfri men fungerar i första hand längs kusterna och omkring Väneren. Långvågsmottagaren är också dyrare än RDS-mottagaren. De båda sistnämnda är satellitbaserade. Omnistar kräver ett abonnemang som är något dyrare än EPOS, men å andra sidan fungerar Omnistar över stora delar av världen. EGNOS är en kostnadsfri korrektionstjänst. Det är en första fas av Galileo-systemet som EU avser att lansera inom några år som ett alternativ och komplement till GPS (som ju sköts av den amerikanska militären).



Minst fyra satelliter krävs för att GPS-mottagaren ska kunna bestämma positionen. Det är inte bara mottagarens kvalitet som avgör hur bra positionen blir. Ju mer spridda satelliterna är över himlen desto säkrare blir positionen. Det är viktigt att mottagaren har "fri sikt" mot satelliterna och inte kommer i skugga av byggnader, skog eller liknande. Genom att öka mättiden kan noggrannheten ökas. Vid DGPS får man en korrektionssignal från en fast station med kända koordinater som gör att de fel som uppkommer vid avståndsmätningen till stor del elimineras.

Några typiska egenskaper hos olika GPS-varianter

GPS	DGPS	RTK GPS
<ul style="list-style-type: none">■ Snabb och enkel att använda■ Billig■ Okänslig för signalavbrott■ Ej noggrann	<ul style="list-style-type: none">■ Enkel att använda■ Relativt billig■ Täcker stora områden■ Okänslig för signalavbrott■ Problem med DGPS-täckning	<ul style="list-style-type: none">■ Mer komplicerad att använda■ Dyrare utrustning■ Egen basstation eller Nätverks-RTK■ Känslig för signalavbrott■ Mycket noggrann



Användning	GPS	DGPS EGNOS	DGPS Abonnem. ¹	RTK
Mäta in en yta	*	**	***	***
Sprida gödning / kalk efter styrfil	**	***	***	b
Hitta tillbaka till en inmätt punkt	a	*	**	***
Skördekartering och Yara N-Sensor	*	***	***	b
Guidning ²	a	**	***	***
Autopilot ²	a	*	**	***
Detaljerad höjdmätning	a	a	a	***
Pris på GPS ³ (från)	>1 000 kr	>2 000 kr	>15 000 kr	>80 000 kr

a = Mindre lämplig
 * = Fungerar för denna användning, men noggrannheten kan variera
 ** = Lämplig för denna användning
 *** = Perfekt anpassad för denna användning
 b = Onödigt avancerad för ändamålet

¹⁾ I områden nära kusten eller Vänern kan sjöfartens kostnadsfria DGPS-tjänst användas. För övrigt finns olika kommersiella tjänster, t ex EPOS via FM-bandet eller Omnistar via satellit. Kostnad för abonnemang 4 000-8 000 kr/år.
²⁾ Lämplighetsmarkeringarna för DGPS gäller 5 Hz GPS-mottagare (se vidare separat artikel om guidningssystem).
³⁾ Kostnader för abonnemang m.m. kan tillkomma

Två sätt att mäta

Kodmätning

En vanlig GPS använder så kallad kodmätning, där avståndet till en satellit bestäms genom att mäta hur lång tid det tar för en radiosignal från satelliten att nå mottagaren. Satelliterna och mottagarna är synkroniserade att generera samma kod vid samma tidpunkt. Tidsskillnaden erhålls genom jämförelse av inkommen kod från satelliten och den i mottagaren genererade koden.

Bärvågsmätning

Mer avancerade mottagare kan istället analysera signalen från GPS-satelliterna genom att räkna antalet svängningar eller perioder mellan satellit och mottagare. I det här fallet skapas en signal i GPS-mottagaren som har samma frekvens som GPS-systemets bärvåg. Genom att kombinera och jämföra signalerna kan man uppnå en noggrannhet på någon cm.

GPS och DGPS använder kodmätning medan RTK använder bärvågsmätning.



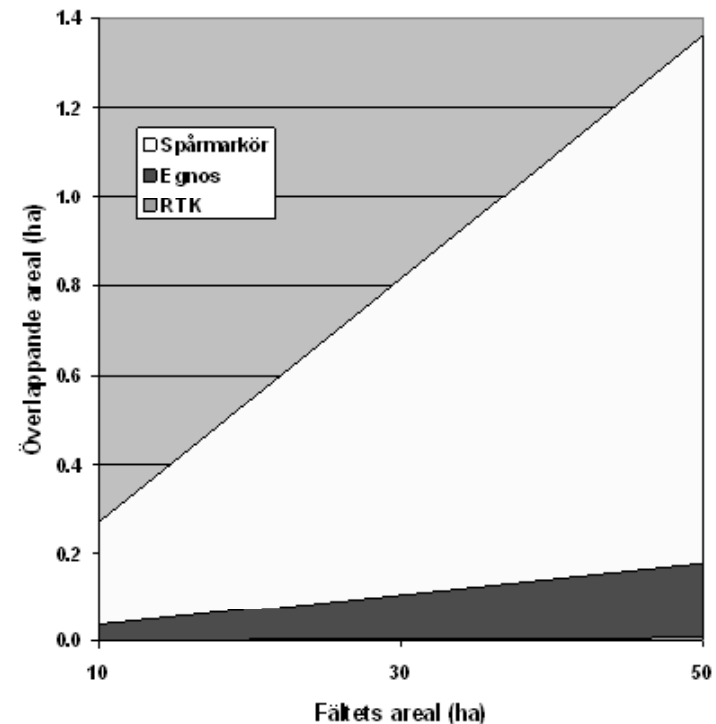
Guidesystem och autostyrning

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. Det är dock inte lätt att veta vilket system man ska välja eller att värdera den nytta man kan få av en investering. 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. Autostyrning borde kunna ha en positiv miljöpåverkan vid minskade överlapp, vilket ofta kommer i skuggan av de tekniska termerna.

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

Avstånd mellan befintliga körspår inmättes med RTK-GPS på nio fält i sydvästra Sverige under 2007. Både körspår som skapats på traditionellt sätt med spårmarkör och där man använt autostyrning med GPS förekom. Resultaten visade att variationen i avstånd mellan körspår på fält där man använt autostyrning var betydligt mindre än på fält där man använt spårmarkör. Där man använt GPS med hög noggrannhet var variationen obetydlig och avståndet mellan körspår var det som ställts in i utrustningen. Även om antalet fält i undersökningen var litet, indikerade resultaten att det går att undvika överlapp och mistor om man använder autostyrning med bra GPS. För spårmarkör verkar överlapp på 2-3% vanligt.

Kalkyler för automatisk avstängning av spruta samt guide- och autostyrssystem finns under **Ekonomi**, kalkyler på POS hemsida www.agrovast.se/precision



Visar hur stort det totala överlappet blev vid olika arealer som en sammanfattning av resultaten i undersökningen nedan. Den överlappande ytan för RTK-GPS var obefintlig.



MARKKARTERING INOM PRECISIONSODLINGEN

En kartbild är alltid en förenkling av verkligheten. Det vi strävar efter i precisionsodlingen är att ta så få jordprover som möjligt och ändå skapa en acceptabelt trovärdig kartbild. Det är en avvägning mellan kostnad och noggrannhet

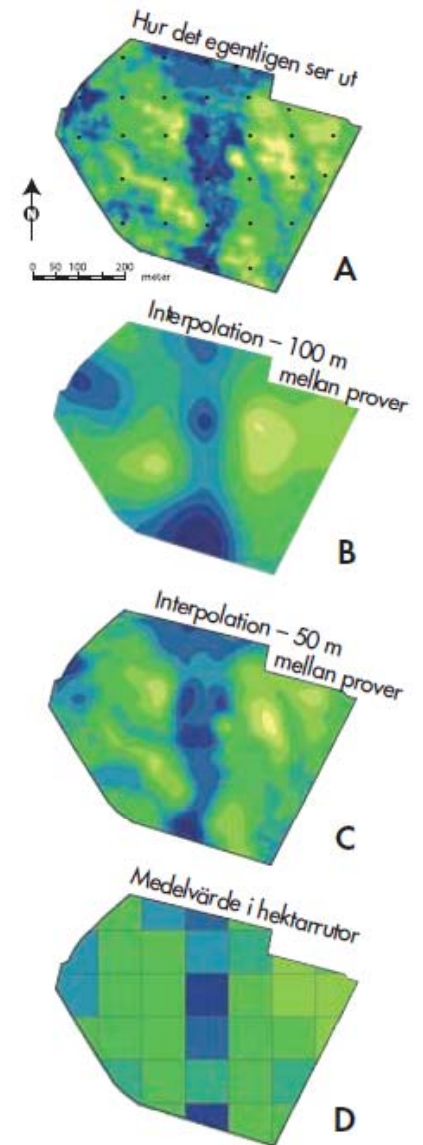
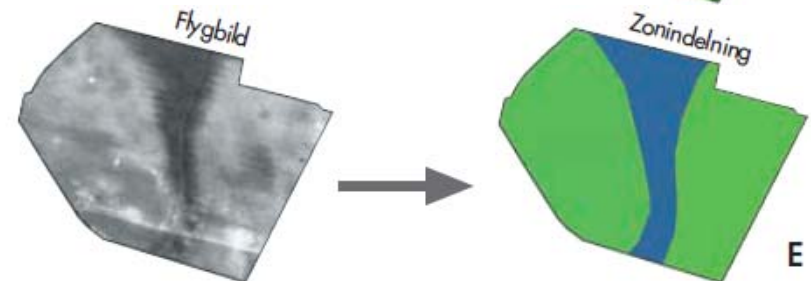
I precisionsodlingen är målsättningen med markkartering att få en uppfattning om näringsinnehåll i varje liten del av fältet. Traditionellt brukar man ta ett jordprov per hektar vid en markkartering, men ibland är detta inte tillräckligt om man ska lyckas fånga upp den variation som finns. Olika metoder ger olika kartbilder.

Här ska vi se några exempel på hur olika metoder för kartering resulterar i olika kartbilder, trots att vi hela tiden avser att kartera samma sak.

I den översta bilden (**karta A**) visas en detaljerad kartbild över ett 29 ha stort fält. Kartan visar skörd men näringsämnen i marken kan ibland variera på liknande sätt. Ljusa partier har lägst skörd och mörka högst. De svarta prickarna anger provtagningsplatser om vi tar ett prov per hektar. Vi antar här att **karta A** visar hur verkligheten ser ut, och genom att "provta kartbilden" kan vi testa hur olika karteringsmetoder fungerar. I **karta B** ser vi resultatet om vi framställer en kartbild genom interpolation då vi tar ett prov/hektar, det vill säga med cirka ett hundra meter mellan provpunkterna. Om vi jämför **karta B** med den verkliga kartbilden (**karta A**) så kan vi se att de relativt få proverna (29 st.) givetvis gjort att alla detaljer försvunnit, men att de stora dragen ändå finns med.

Om vi ökar provtätheten så att vi tar ett prov var 50:e meter (**karta C**) så kommer betydligt mer detaljer med. Kartbilderna A och C är förhållandevis lika. Antalet provpunkter var 98 i **karta C**, och därmed är det mer än tre gånger dyrare att producera karta C än B. Eftersom varje jordprov med tillhörande lab.-analyser är ganska kostsamt, är det viktigt att varje prov ger så mycket information som möjligt. Därför har man allt mer börjat att försöka styra provtagningen till platser på fältet som man tror är speciellt lämpliga för att man ska få en bra bild av den variation som finns, t ex genom att man innan en markkartering studerar färgvariationer i flygbilder eller uppskattar lerhaltsvariationer med marksensorerna EM38 eller Mullvaden.

forts på nästa sida.....

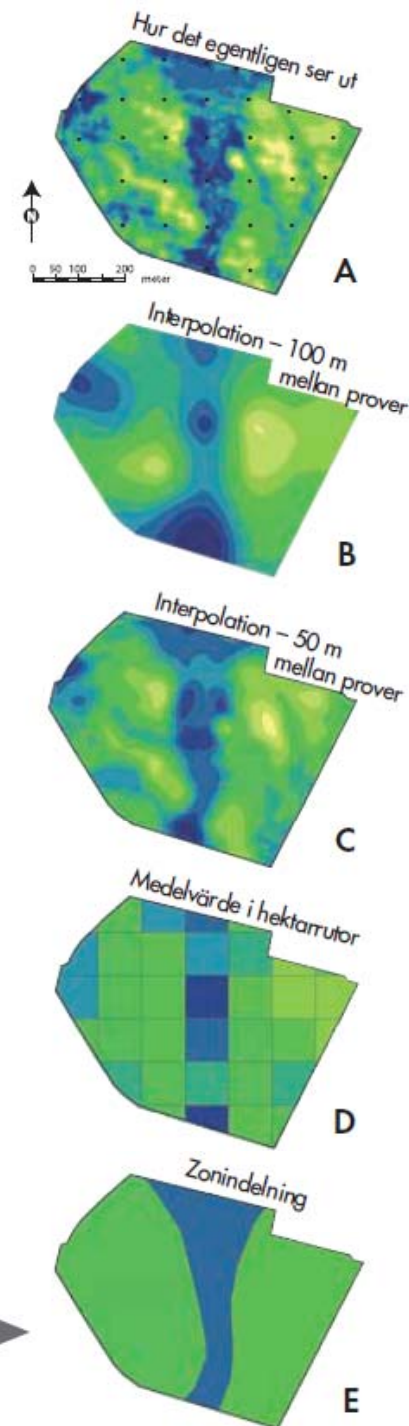


Markkartering

Många fält är mindre än vårt exempelfält. Om man ska kartera ett litet fält med endast ett fåtal jordprover så kan det vara svårt att göra en vettig karta med interpolation. Vid en vanlig jordprovtagning består varje prov som analyseras av ett antal delprover (7-10 st) som tas i yta med 3-5 m radie. Man kan i stället sprida dessa stick över en större yta och ta fler delprover om man vill att en provanalys ska visa ett medelvärde över ytan.

Karta D visar hur en karta ser ut om vi tar ett prov per hektar, men där delproven är spridda över hela hektar-rutan. Detta ger ju ingen vacker kartbild, men det är en lätt metod som inte kräver interpolation och den kan vara att föredra på små fält. I fält där det finns områden med några olika jordarter som man på något sätt kan avgränsa, kan den mest kostnadseffektiva karteringen vara en zonindelning av fältet. I **karta E** har vi använt en vanlig flygbild från Lantmäteriet och gjort en indelning i tre zoner eller brukningsområden. Själva provtagningen kan man sedan göra på olika sätt - antingen ta flera prover i varje zon eller ta endast ett prov per zon, men i det sistnämnda fallet måste delprover spridas över hela zonen. Så har vi gjort i detta exempel och då blir antalet prover som analyseras endast tre. För en markkartering kan det dock vara svårt att göra en zonindelning som gäller för alla olika analyser som görs. I ovanstående fältexempel gav metod C bäst resultat (se tabellen), men till priset av väldigt många analyser. Det är viktigt att poängtera att det inte alltid är en och samma metod som ger bäst resultat eller är den som är mest kostnadseffektiv. Vilken metod som ska användas beror på fältets storlek, fältförhållanden m m. Man måste göra en bedömning från fall till fall där kostnad och noggrannhet vägs in.

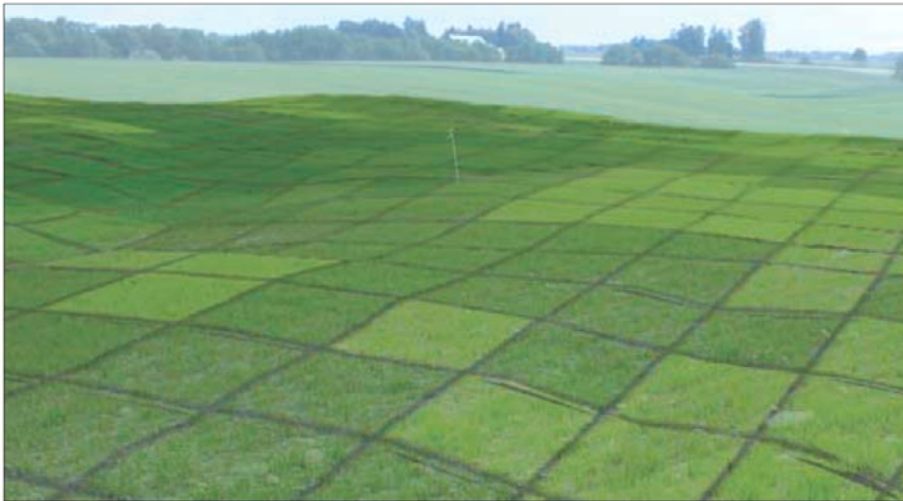
Normalt sett blir det mindre fel att interpolera enligt en markkartering än att använda medeltalet för hela fältet



Metod	Antal analyserade prover	Andel av ytan som är korrekt karterad
Metod B	29	64 %
Metod C	98	79 %
Metod D	29	67 %
Metod E	3	63 %

INTERPOLATION - EN MER ELLER MINDRE KVALIFICERAD GISSNING

När man vill göra en karta som t ex visar hur P-AL-talet varierar inom ett fält utgår man från ett antal jordprover som tagits på fältet. Man kan ju inte ta prover överallt, utan ofta görs en markkartering där man i snitt bara tar ett prov per hektar. Därefter används någon beräkningsmetod där man så bra som möjligt försöker uppskatta P-AL-talet även på ej provtagna platser. Detta kallas interpolation. All interpolation bygger på antagandet att proverna är tagna så tätt att det inte varierar alltför mycket mellan provpunkterna. Om variationen är för stor måste man göra en tätare provtagning



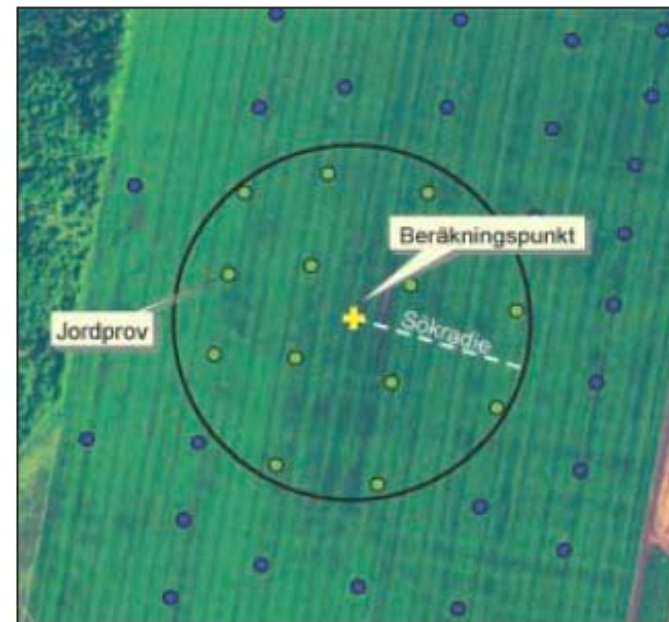
Med hjälp av värden från enstaka provpunkter i fältet beräknar man värden för ej provtagna områden genom interpolation. På så sätt får man fram en heltäckande kartbild. Syftet kan vara att styra gödsel- eller kalkspridare så att varje del av fältet får rätt giva. (Bildmanipulation: Jonas Tornberg, Chalmers)



Varje interpolationsmetod kräver att man specificerar vissa uppgifter, det kan t ex vara att ange ett avstånd ("sökradie" se figuren) som avgör vilka av de omkringliggande provpunkterna som ska tas med i beräkningen eller hur stort inflytande näraliggande provpunkter ska ha.

Det finns många interpolationsmetoder och det är inte alltid samma metod som ger det bästa karteringsresultatet. Man brukar använda en sorts datorprogram som kallas geografiska informationssystem (GIS) när man skapar kartbilder genom interpolation. I växtodlingsprogram som t ex Dataväxt och Näsgård finns möjlighet till den här typen av datahantering. Några grundläggande regler:

- Fler prover ger en bättre interpolerad kartbild.
- Om inomfältsvariationen är stor så behövs fler prover för lyckad interpolation.
- Var skeptisk till mycket detaljerade interpolerade kartbilder. De innehåller ofta större fel än mer generella kartbilder.



Överkurs - Några riktlinjer för interpolerade markkartor

Sammanfattning

Kontrollera datavariationen

Undersök graden av autokorrelation, d v s om analysvärdena varierar på sådant sätt att de verkar vara lämpliga att interpolera. Detta kan göras med *Moran's I*-indexet. Om testet indikerar mer eller mindre slumpmässig variation – använd fältmedelvärde och undvik interpolation. Annars välj metod enligt nedan.

Välj metod

Fler än ett prov / ha Interpolera med kriging om antalet prover är minst 50, annars IDW med viktningsexponenten 2 (ev. större). Vid färre prov än 10 används Thiessenpolygoner eller medelvärde. Lämpligen sprids då delsticken mer vid provtagningen. Som ovanstående

Ett prov / ha

Ett prov / två ha Sannolikt för få prover för kriging, använd IDW med exponenten 2. Undersök korrelationen mellan Mg-AL och HCl- eller lerhaltsanalyser (om $R > 0,7$ räknas HCl- eller lerhalt ut i ej analyserade jordprover med korrelationskvationen). Sedan görs interpolation enligt ett prov/ha

Ett prov / tre ha Använd medelvärde eller interpolera med IDW med exponenten 1. Korrelations-samband enligt ovan kan undersökas.

Färre än ett prov / tre ha Olämpligt att interpolera, använd medelvärde. Ev. för få prover för en bra korrelationsanalys, annars undersöks det enligt ovan.

Utvärdera interpolationen

Använd korsvalidering för att utvärdera den utförda interpolationen. Beräkna R^2 , RMSEP och RPD. RPD-värden som är nära 1,0 tyder på att interpolationen inte är bättre än fältmedelvärdet.

Redovisa resultaten

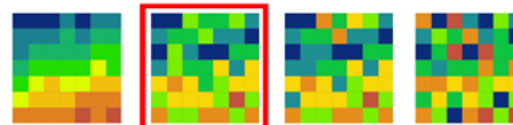
Resultat av tester och valda metoder redovisas lämpligen i kartmaterialet.

Detaljer och bakgrund

Att interpolera eller inte interpolera – det är frågan

All interpolation bygger på att prover nära varandra är mer lika än de som är längre isär. Detta kallas spatial autokorrelation. Om så inte är fallet är det ingen idé att interpolera. Morans I är ett statistiskt test som kan användas för att bedöma huruvida observationerna i ett dataset är spatialt autokorrelaterade eller ej. Detta görs för var och en av de variabler som man avser att göra interpolerade kartor över. Man utnyttjar det beräknade indexvärdet samt signifikansnivå och Z-score för att göra en bedömning. Här föreslås att man redovisar resultatet från ett sådant test tillsammans med kartorna som man tar fram, t ex enligt principen i figuren nedan. På ett pedagogiskt och lättöverskådligt sätt kan man förmedla testresultatet för respektive markkarta och på så sätt ge kunden en uppfattning om kartans tillförlitlighet och den variation som föreligger. I litteraturen föreslås att man bör ha 30 observationer för att använda Morans I.

Säker karta ← → Osäker karta
(Mkt stabil variation) (Instabil variation)



Genom att testa datavariationen innan interpolationen och redovisa resultatet på ett tydligt sätt underlättas tolkningen av kartans trovärdighet. Här exemplifieras detta med den röda rektangeln.

Interpolationsmetoder

Det finns många olika interpolationsmetoder. Här har fokuserats på ett några som kan vara aktuella i det här sammanhanget:

- Kriging
- Avståndsviktning (IDW)
- Thiessenpolygoner

Kriging är en geostatistisk interpolationsmetod som generellt anses vara den som ger bäst resultat. Fördelen med den metoden är att man i ett första steg analyserar datavariationen med hjälp av en variogramanalys, som är en litet mer avancerad test av spatial autokorrelation än Morans I, och det är variogrammet som sedan styr interpolationen. Kriging är egentligen en hel familj av olika metoder. Den som är mest aktuell vid markkartering är "ordinary block kriging". Beräkningen av det mest sannolika värdet den aktuella variabeln har görs för varje del av fälten i ett rutnät (varje ruta benämns block). Själva interpolationen styrs av de analysvärden man har och den befintliga datavariation, vilken bestäms med hjälp av variogrammet. För att metoden ska fungera korrekt krävs att variogrammet verkligen beskriver den aktuella variationen. För att det ska vara fallet krävs att man har tillgång till tillräckligt många provpunkter. Hur många detta är beroende på hur mycket jordanalysvärdena varierar över fälten. Om variationen sker gradvis är data starkt autokorrelaterade och färre prover behövs. Om variationen är stor behövs fler prover. Som riktvärde anges ibland minst 50 observationer, men både fler och färre kan behövas.

Avståndsviktning (IDW – inverse distance weighting) är en enklare metod och den kanske mest använda interpolationsmetoden. Principen vid interpolationen är att avståndet från befintliga jordprover till den plats beräkning av ett värde ska göras avgör hur stor vikt varje omringliggnade jordanalys ska få. Man vill att ett kort avstånd ska resultera i stor vikt, därför används det inversa avståndet för att bestämma viktningen. Om man önskar att näraliggande observationer ska få allt större inflytande kan man använda en exponent, t ex 2, så att avståndet kvadreras. Ju större exponent desto mer inflytande över interpolationen får en näraliggande provpunkt. IDW är enkel att automatisera, men de resulterande kartorna ser ganska olika ut beroende på olika inställningar, särskilt val av exponent påverkar avsevärt. Det finns varianter på IDW som minskar problemet att metoden skapar märkliga cirkulära mönster kring avvikande värden, t ex *Modified Shepard IDW*, där man har möjlighet att utjämna interpolationen närmast provpunkter vilket ger en yta med mindre inslag av dessa s k *bull's eyes*. Ofta görs inte HCl-analyser eller jordartsanalyser i varje prov. I många fall kan korrelationen mellan dessa och Mg-AL (som normalt finns analyserat i alla prover) användas för att räkna ut värden på t ex K-HCl eller lerhalt i alla provpunkter innan interpolationen. Detta kan vara bättre än att interpolera ett mindre antal provpunkter där analyser gjorts.

Om antalet provtagningspunkter är litet är det inte meningsfullt att interpolera. Hur få provpunkter som behövs för interpolation är svårt att ange exakt (i princip skulle det räcka med två prover), men om man ska kunna utvärdera datavariationen och den framställda kartan statistiskt behöver man i vissa programvaror ha minst 10 observationer. I de fall man endast har tillgång till ett fåtal prover, men ändå vill ta fram ett kartunderlag som visar variation inom fält, då är det bättre att vid provtagningen i fält sprida ut delsticken över en större yta (så att provet bättre representerar den omringliggande ytan) och använda analysresultatet som det och undvika interpolation. Effekten blir en karta med hektarstora rutor vars värde härrör från analysresultatet i respektive jordprov. Metoden kallas Thiessenpolygoner, men även interpolation med IDW och en hög exponent ger ett liknande resultat.

Utvärdering av kartan

Det går nästan alltid att göra vackra men det svårt att bedöma hur bra kartan är. Det sätt på vilket man enklast testar en interpolationsmetod är att jämföra kartan med ett antal oberoende provpunkter för att se hur väl kartvärdena är korrelerade med analysvärdena. Normalt har man inte tillgång till extra jordprover som inte används i själva kartframställningen. Istället används en metod som kallas korsvalidering. Det betyder att man successivt tar bort ett jordprov och sedan beräknar värdet på den platsen med resterande jordprover och den valda interpolationsmetoden. Då erhålls ett beräknat och ett uppmätt värden för varje jordprov, och det går att göra en statistisk analys av hur bra interpolationen fungerar.

Några statistiska mått som är användbara för att jämföra de interpolerade värdena med de uppmätta är t ex determinationskoefficienten R^2 , medelfelet RMSEP och RPD som är standardavvikelsen dividerat med RMSEP. R^2 större än 0,5 får anses bra i det här sammanhanget, men ofta är värdena något lägre för markkarteringsvariabler med 1 prov/ha. Om datavariationen är liten blir R^2 lägre. RMSEP ska vara så lågt som möjligt. När man bedömer hur bra värdena är får man ha i åtanke hur stort analysfelet är. Om RPD är nära 1 så kan man lika gärna använda medelvärdesberäkning och undvika interpolation. För markkarteringsvariabler med 1 prov/ha är det sällan RPD är högre än 1,5.

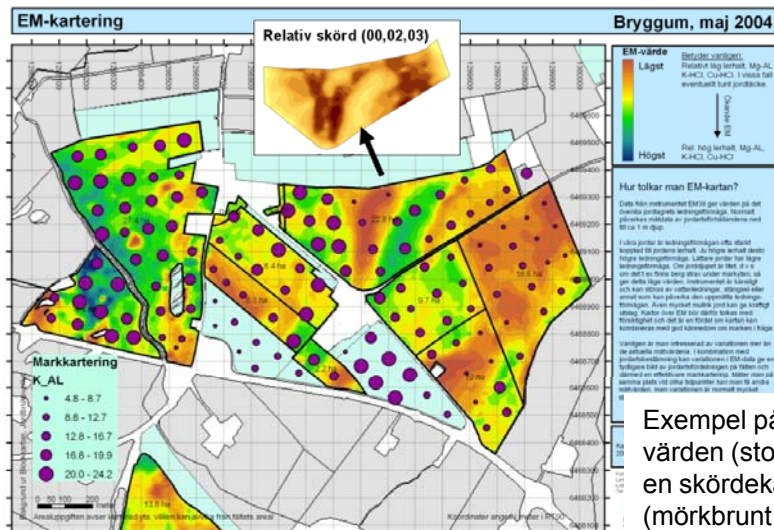
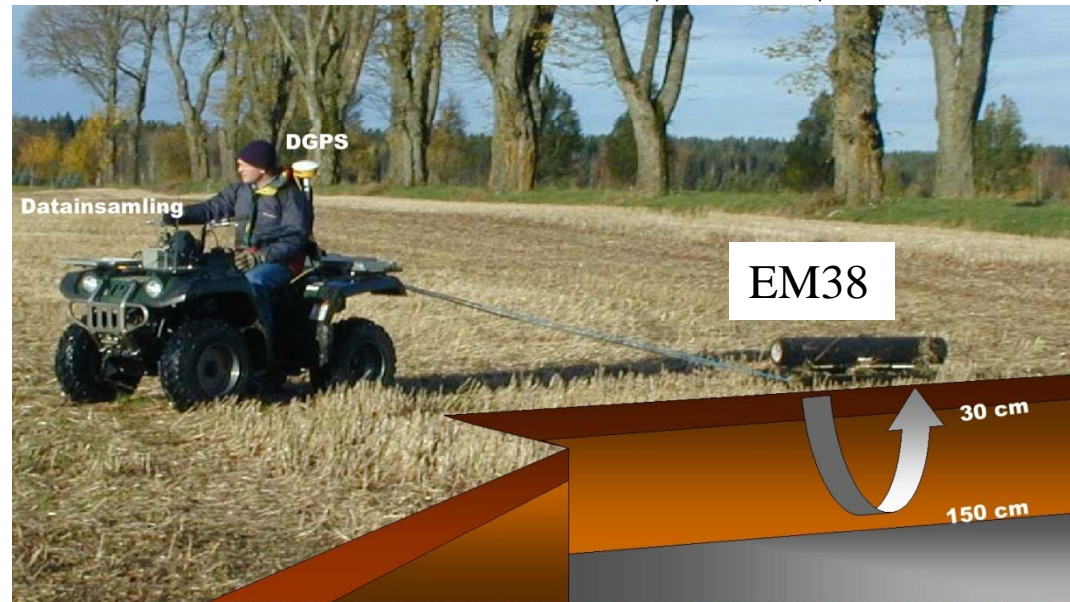


Detaljerad jordartskartering med marksensorer

Under senare år har ett flertal sensorer för markkartering blivit tillgängliga. Två exempel som är kommersiellt tillgängliga är EM38 och Mullvaden. Marksensorer mäter i de flesta fall inte exakt de variabler man egentligen är ute efter. I stället ger de sekundärinformation som på olika sätt är korrelerad till den eftersökta informationen men sensorerna har den fördelen att de är mindre kostsamma och snabbt kan samla in data med stor geografisk täthet. EM38 mäter markens elektriska ledningsförmåga medan Mullvaden mäter variationer i markens naturliga gammastrålning.

Den förstnämnda mäter även ned i alven och ger värden som är korrelerade mot vattenhalt, jordarter och ibland jorddjup. Ofta sammanfaller skördevariationer med EM38-värden

Mullvadens värden är korrelerad mot matjordsdjupet och det är framförallt lerhalt och modermaterialet som påverkar variationerna i värden.



Exempel på EM38-karta. Som jämförelse visas K-AL-värden (stora punkter = höga värden). Den infällda bilden är en skördekartan (tre års mätningar) för ett av fälten (mörkbrunt = högst skörd)



Ny markkarteringsstrategi för precisionsodling

När precisionsodling blir vanligare ställs större krav bland annat på att gårdens jordartskartor ska vara högupplösta. Forskare på SLU har testat en ny metod för kartering som kan ge högre upplösning till lägre kostnad

Kännedom om fältens jordart och hur den varierar är viktigt för att förstå varför avkastningen varierar. I vanlig markkartering tas endast cirka ett prov per två eller tre hektar för jordartsbestämning. Den glesa jordartkunskapen blir otillräcklig med den precision som numera är tekniskt möjlig att få för den som vill tillämpa platsspecifik odling. Därför har forskare på SLU med stöd av Stiftelsen Lantbruksforskning undersökt om man med så kallad NIR (nära infraröd)-teknik kan ta fram jordartskartor med högre upplösning och till lägre kostnad än med konventionell analys. Med NIR kan inte jordarten direkt utläsas utan vanliga jordprover behöver tas för att skapa ett samband mellan jordart och utfallet av NIR-analysen. Konsten är att inte ta mer prover än vad som behövs för att hålla nere kostnaden men ändå få en bra kartering.

I försöket ingick en gård i Mälardalen, två gårdar i Skaraborg och en i Skåne. På varje gård provtogs mellan 2 och 10 skiften och gårdarna var valda för att fånga in olika jordarter.

Det verkar fungera

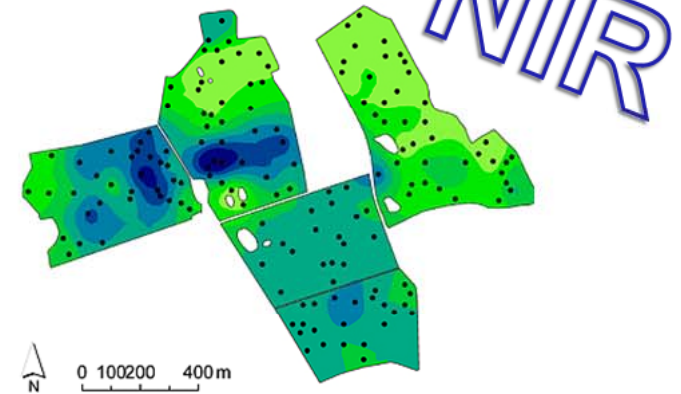
Forskarna slutsats är att metoden fungerar bra för att bestämma lerhalt och mullhalt. Ler- och mullhaltskartor med 1,5 – 2 NIR-prov per hektar blev bättre än kartor som gjordes med 0,5 prov per hektar med traditionell jordartsanalys.

Man använde sig av 25 referens- eller kalibreringsprover och konstaterar att det är viktigt att proverna verkligen täcker in en gårds jordartsvariation. För att avgöra vilka av proverna som ska analyseras som referensprover har man undersökt om satellitbilder tagna vid tillfällen då jorden ligger bar kan användas. Man har också undersökt om en fältmätning av jordens ledningsförmåga, med så kallad EM-38, underlättar beslutet om referensprover. I detta försök var ingen metod överlägsen den andra och båda har sina begränsningar.

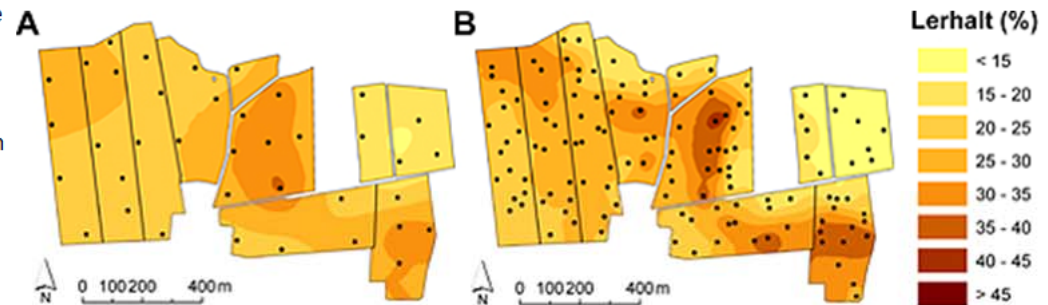
Beräkningar av ekonomin har visat att för en gård om 100 hektar skulle det kosta 5- 10 000 kr extra att komplettera sin befintliga jordartskarta med NIR-analys om man har cirka 30 prover. Då får man en användbar jordartskarta att styra insatserna inom fältet. Har man inte en vanlig jordartskarta skulle analyskostnaden för en sådan gjord med NIR-teknik bli 25-40 procent billigare än vanlig analys av ett jordartsprov per hektar.

Text: Markus Hoffmann, LRF

Sammanställt av Mats Söderström, SLU, 2010
I huvudsak baserat på serien Precisionskolan
som publicerats i Växtpressen



NIR-tekniken ger möjlighet till jordartskartor med större precision. Här visas mullhalten. Ju blåare desto högre mullhalt. Bild: Johanna Wetterlind



Kartorna visar lerhalt på en av gårdarna. A med 0,5 prov/ha och traditionell analys. B med 1,5 prov/ha och lerhalten bestämd med NIR-teknik. Bild: Johanna Wetterlind

Markkartering



MED STYRFILER BLIR PRECISIONSODLINGEN KONKRET

Precisionsodling är ett vitt begrepp. Att mäta skörden på varje punkt genom skördekartering, markens näringsinnehåll genom markkartering eller att analysera grödans status med hjälp av Yara N-Sensor, är alla metoder för att beskriva verkligheten. De är ypperliga instrument för att finna avvikande områden och förklara skillnader i tillväxten inom ett fält. Vill man gå ett steg längre och anpassa brukningen till det optimala på varje punkt av fältet, så måste informationen användas till att styra odlingsåtgärderna

Vad är en styrfil?

En styrfil är en elektronisk karta med information om t ex gödselgivan i varje del av fältet. När spridningen sker håller datorn med hjälp av GPS reda på var i fältet traktorn befinner sig och läser i styrfilen vilken giva som skall läggas. Därefter lägger den till en fördröjning på några sekunder och justerar sedan givan så att rätt mängd hamnar på rätt plats i fältet.



Vilken utrustning krävs för automatisk GPS-styrning?

Den utrustning som krävs för att automatiskt tillföra en varierad mängd av ett visst gödsel- eller kalkmedel har tidigare varit dyr och för specialiserad på vissa maskinfabrikat för att vara en motiverad investering på gårdsnivå. Numera kan lantbrukaren använda Yara N-Sensors styrmodul eller använda en handdator med GPS. Handdatorn har också fördelen att man kan se i kartan var på fältet man befinner sig, och dessutom skapa egna geografiska data, t ex i fält mäta in brunnar, diken, ogräsområden eller göra en indelning av fältet i delar för anpassning av gödselgivor. Utrustningen kan automatiskt styra de flesta typer av gödsel eller kalkspridarutrustningar direkt från en digital karta.



Från karta till redskap

Gödselgivan varieras genom att utmatningshastigheten ändras. Med mekanisk styrning av utmatningen ändras gödselgivan genom att körhastigheten varieras. Om givan ska kunna ändras oavsett körhastighet och kunna styras via en datamodul, måste utmatningen styras elektroniskt. De flesta gödelspridare, kalkspridare och sprutor som säljs idag har eller kan utrustas med elektronisk styrning av maskinens utmatning, istället för den traditionella mekaniska styrningen. Det innebär att det också kan vara möjligt att koppla till en GPS-datamodul för varierad spridning efter en digital karta. Styrmodulen kommer oftast från spridartillverkaren och kan kopplas samman med en GPS-datamodul som kan hantera kartmaterialet och GPS-informationen.

I Sverige används några olika fabrikat av styrmoduler för styrning av spridare och sprutor. De mest använda GPS-datamodulerna är Yara N-Sensor, LH-Agro och FarmSiteMate (programvara för styrning från handdatorn).

Möjligheten att koppla samman skilda spridarfabrikat med olika fabrikat av GPS-datamoduler varierar.

Exempel på utrustning för precisionsodling



Bild: Knud Nissen, Lantmännen

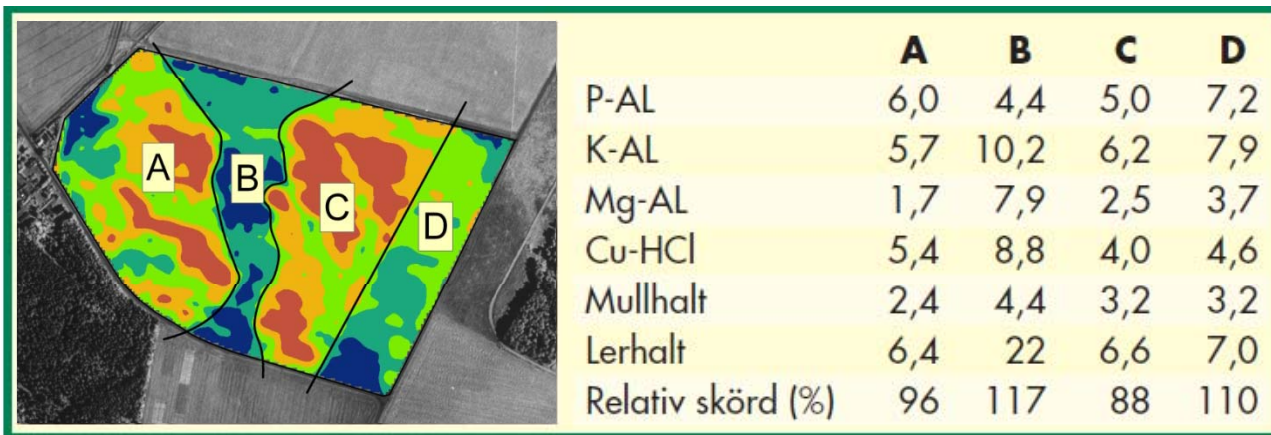


Enkla styrfiler

Den allra enklaste styrfilen är när man delar upp ett fält i två eller fler delar som man anser vara relativt homogena. I exemplet nedan visas medeltalet av några års skördekartering. En indelning efter skördenivå i några delområden har resulterat i fyra delar (A-D). En liknande indelning kan givetvis baseras på t ex jordbrukarens egen erfarenhet, jordartsskillnader som kan bestämmas med mätning med EM38 eller markkartering.

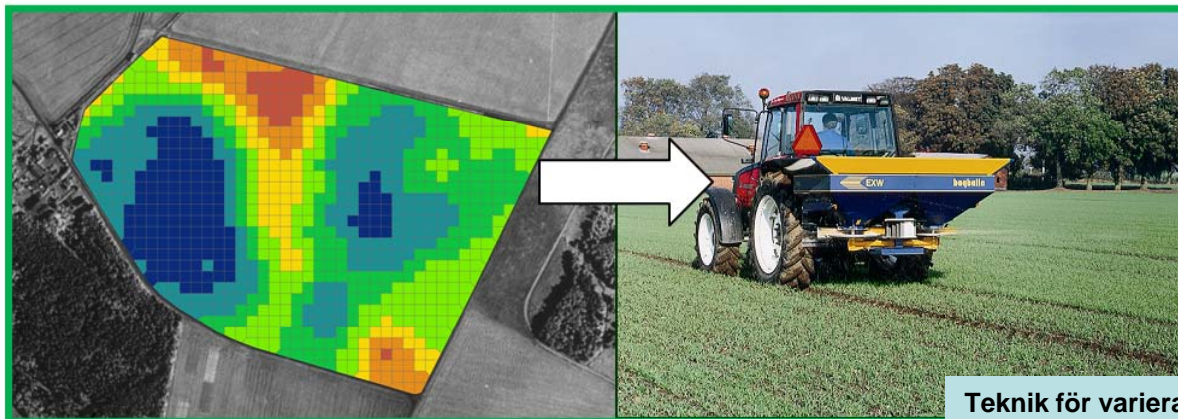
Medelvärden från en tidigare markkartering har räknats ut för de fyra fältdelarna. I tabellen kan man se att del A och C eventuellt kan behandlas som en del, medan det är en avsevärd skillnad i näringsinnehåll och skördenivå mellan övriga delområden. Växtnäringsbehovet beräknas för respektive fältedel och spridning kan göras genom manuell anpassning eller via en styrfil.

Med antingen Yara N-Sensors datorenhet eller en handdator med GPS och programvara, t ex Farm SiteMate, kan man enkelt styra de flesta spridare som förekommer på marknaden. Enkla styrfiler kan göras manuellt i handdatorprogrammet. Sådana enkla styrfiler kan bl a även användas till att stänga av en spruta eller gödselspridare i något område som inte skall gödulas/sprutas.



Styrfiler i rutnät

I moderna markkartor eller på N-Sensorkartor kan närings- och kalkbehov beräknas i ett fint rutnät över hela fältet. Man får då en behovsberäkning som varierar kontinuerligt över hela fältet. Principen är densamma som den som beskrivits tidigare, men med hjälp av ett datorprogram beräknas behovet av kalk, växtnäring eller växtskyddsmedel för varje plats på fältet. Ofta görs detta i ett rutnät som täcker hela fältet. Varje ruta är normalt i storleksordningen 20x20 m.



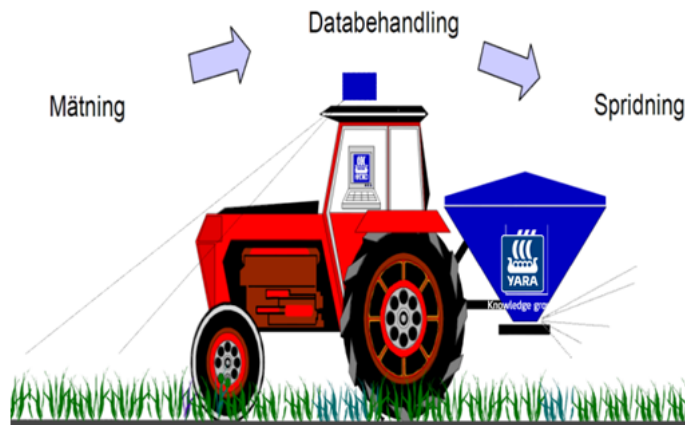
Teknik för varierad stallgödelspridning

De flesta flytgödelspridare kan idag utrustas med elektronisk styrning av mängden. Till den elektroniska styrmodulen kan det i sin tur kopplas en GPS-datamodul som kan hantera kartmaterialet och GPS-informationen. Med dessa spridare skulle det alltså vara möjligt att variera flytgödelsgivan efter markkartan och därigenom undvika en överdosering av fosfor på delar av fältet och istället anpassa givan så att fältdelar med fosforbehov får en större giva. På så sätt minskas läckagerisken och tillväxten förbättras. Sprider man flytgödsel efter fosforbehovet från markkartan så måste man komplettera med olika mängd kväve i fältet. Det kan man göra med en "omvänd fosforkarta" som underlag - där man gav en lägre flytgödelsgiva lägger man mer kväve och tvärtom. Man kan också använda N-Sensor som läser grödans aktuella kvävebehov.



Online – direktstyrning

Ett alternativt sätt att använda informationen från mätningarna är att som med Yara N-Sensor, direkt styra åtgärderna, oftast gödselspridaren, utan att gå "omvägen" via kartan. Med sensorn sker mätningen samtidigt som mätdata bearbetas i datorenheten. Signaler om hur utmatningen ska justeras skickas sedan till spridaren. Med detta system behöver man egentligen inte ens en GPS-utrustning, om man inte tycker det är nödvändigt att kunna skriva ut en kartbild som visar hur spridningen varierat över fältet, vilket dock är viktigt om man bättre ska kunna utvärdera insatserna. För närvarande används N-Sensorn för spridning av kväve, men det är även möjligt att utföra olika växtskyddsåtgärder genom styrning



En tillämpning som också redan nu är möjlig är att använda en styrfil från en markkarta som komplement vid körningen med Yara N-Sensor. Sensorn kombinerar då mätningen och den giva som räknas fram utifrån grödans status med informationen från styrfilen. Det kan t ex finnas områden där man vill att sensorn skall sänka givan med 20 kg, eftersom man vet att det på just den sandbacken alltid kommer att fattas vatten i slutet av säsongen. Det kan också finnas områden som man vill öka med kanske 10 procent, eftersom man vet att just detta område mineraliserar kväve sämre och därför alltid ger sämre proteinhalter.

Styrfiler en tillämpning av rådgivarens kunskaper

Precisionsodlingstekniken har nu kommit så långt att vi inte bara kan följa upp vad som hänt på varje plats av fältet. Vi kan numera också enkelt anpassa våra odlingsåtgärder till varje plats genom att producera styrfiler utifrån t ex markkarta, N-Sensorkartor (biomassa och kvävebehov) och proteinkarta. Detta innebär att vi inte bara behöver känna till vattenmängden och dosen svampmedel per hektar, utan även att det t ex blir möjligt att förändra dosen utifrån grödans utseende. Hur skall tillförseln av kalk variera utifrån pH eller basmättnadsgrad? Möjligheterna blir plötsligt fler, men också frågetecknen. Samtidigt brukar större utmaningar också innebära att det blir roligare.

Anpassning av svampbekämpningsmedel

Behovet av svampbekämpningsmedel i stråskjutningen är kopplat till hur tät grödan är. Det kan vara ganska stora skillnader i biomassa inom ett fält. Med Yara N-Sensor karteras kvävebehovet, men även variationen i biomassa karteras. Det betyder att vi kan anpassa dosen av svampbekämpningsmedel med hjälp av sensorn, och använda biomassan som underlagskarta.

Omräkning

Underlagskartan kan man räkna om genom att använda sambandet mellan dosbehovet och biomassan och därigenom få fram en doskarta för t ex mjöldaggsbekämpning. Dosen varierar kring en medelgiva, på motsvarande sätt som kvävespridningen varierar omkring ett medelbehov. Den omräknade kartan omvandlas sedan till en styrfil som spridardatorn kan använda.



SKÖRDEKARTERING

Skördekartering har under senare tid blivit mer intressant eftersom vi kan göra allt fler behovsanpassade insatser på våra fält som t ex kvävegödsling med Yara N-Sensor. Skördekartan visar fältets varierande avkastningsförmåga. Därigenom har man större möjlighet att göra ekonomiskt och miljömässigt riktiga insatser på olika delar av fältet

Inom det enskilda fältet kan skillnader mellan olika områdens avkastning och kvalitet bero på variationer i jordart, mullhalt, näringsförhållanden och hur sådana faktorer påverkas av bl a vädret. Markkartan ger en uppfattning om markens egenskaper, men det är inte självklart vad som är "bra" respektive "dålig" mark och det är svårt att förutsäga avkastningen ett specifikt år. Det finns dock ofta områden på ett skifte som år efter år ger bättre eller sämre skörd.

Orsaker till skördevariationer

Variationerna i **jordart påverkar** vatten- och växtnäringsförhållandena i marken. **Vattentillgången styr ofta** mycket av inomfältvariationerna, men är samtidigt en i hög grad opåverkbar faktor, som övriga åtgärder måste anpassas till. Under nederbördsrika år kan vatten bli stående i svackor och lägre delar av fältet med tyngre jordart, vilket ger syrebrist och denitrifikation. Detta medför försämrad tillväxt för grödan. År med låg nederbörd kan förhållandena vara omvända och de blötare områdena kan istället ge högre avkastning än omgivande fältdelar.

Kväve är det växtnäringsämne som har störst påverkan på grödans tillväxt och kvalitet.

Nettomineraliseringen av kväve (d.v.s. den mängd kväve som frigörs i marken och kommer grödan till godo) är en viktig faktor som varierar mellan åren och påverkar skördenivån betydligt på den enskilda platsen. Variationen i **pH, mullhalt, strukturskador, fosfor- och kaliumtillstånd** m.m. på ett skifte kan också vara orsak till skördevariationer.



Precisionsspridning av PK efter markkartan och skördekartan

När man vill optimera insatser och åtgärder på varje delyta av fältet är det ovärderligt att känna till avkastningens variation mellan åren. P- och K-behovet beräknas t ex på en kombination av markens näringstillstånd och förväntad medelskörd. Om man under en längre tid tillfört en medelgiva av fosfor så täcker detta inte bortförseln på de högavkastande fältdelarna, vilket kommer att leda till låga fosfornivåer i dessa delar av fältet. På lågavkastande delar av fältet kommer fosfornivåerna successivt att bli allt högre och en ytterligare tillförsel blir verkningslös. Eftersom spannmålsskörden t.ex. kan variera mellan 3 och 10 ton/ha inom ett fält, behöver behovsberäkningen justeras inom fältet.



Skördekartering

Viktigt med korrekta skördekartor

Mätdata från skördekarteringen innehåller ofta en del osäkra värden som bör filtreras bort. Felaktigheterna kan t.ex. bero på att föraren plötsligt stannar vid tröskningen, sätter ner skärbordet för tidigt på vändtegen, eller inte har fullt skärbord i något drag på fältet. Dessutom kan även riktiga mätvärden bli oanvändbara om positionsregistreringen varit felaktig på grund av problem med GPS-utrustningen. Genom att lära sig vilka moment som kan generera felaktiga mätvärden kan man avsevärt minska problemet. I bilderna till vänster visas hur felaktiga mätdata kan se ut, och hur man genom att "städa" i datafilen får fram ett korrektare underlag för skördekartan.

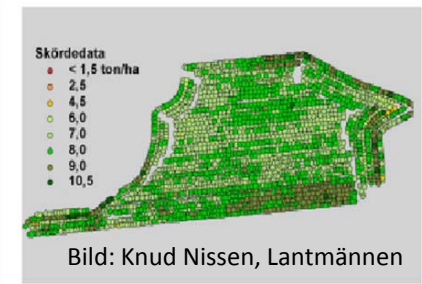
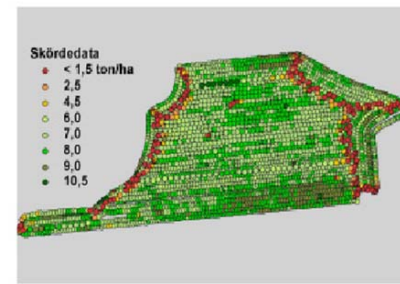


Bild: Knud Nissen, Lantmännen

Till vänster visas skörde-data från ett fält före filtrering. Här ser man att det är många röda punkter (våldigt låg skörd) vid vändtegen där föraren har lyft och sänkt skärbordet. Det finns även ett par röda punkter mitt i fältet där föraren har fått stopp utan att lyfta. I bilden till höger har alla punkter tagits bort som beror på lyftning och sänkning av skärbord och att tröskan plötsligt stannat. Om inte felaktiga data tas bort kommer således skördekartan att bli felaktig i vissa delar av fältet och man riskerar fel i t ex beräkning av gödselbehov och kväveeffektivitet.

Exempel med spatialt kvävenyckeltal – ett sätt att använda skördekartan

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

Kväveeffektiviteten är ett procenttal som definieras som upptaget kväve i förhållande till tillfört kväve. Utgångspunkten för det platsspecifika kvävenyckeltalet är en relativ skörde-karta. Upptaget kväve är den uträknade relativskörden för varje punkt satt i relation till det aktuella årets uppmätta medelskörd samt kväveinnehåll. Beroende på om det har varit bröd- eller fodersäd har 5,7 respektive 6,25 använts som omräkningsfaktor för kväveinnehållet. Det tillförda kvävet är gödselkväve samt eventuell kvarvarande effekt från föregående gröda, den s.k. förfruktseffekten. Det finns minst två variabler som kan vara svåra att få fram spatiala uppgifter om: inomfältvariation i proteininnehåll och inomfältvariation av förfruktseffekt, och man nödgas då använda medelvärden för fältet. Om kvävegödsling utförts varierat med t ex Yara N-Sensor används siffrorna för den varierade givan i varje punkt annars används samma värde över hela fältet. Vi har beräknat kväveeffektiviteten (N_{eff}) enligt:

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

där:

N_{eff}	Kväveeffektivitet (%)
Y_{rel}	Relativskördevärde
Y_{med}	Medelavkastning (vid 14 % H_2O) (kg/ha)
Pn	Proteinhalt (%)
K	Omräkningsfaktor för kväve
$N_{gödsel}$	Gödselkväve (kg N)
$N_{förfrukt}$	Förfruktsvärde (kg N)



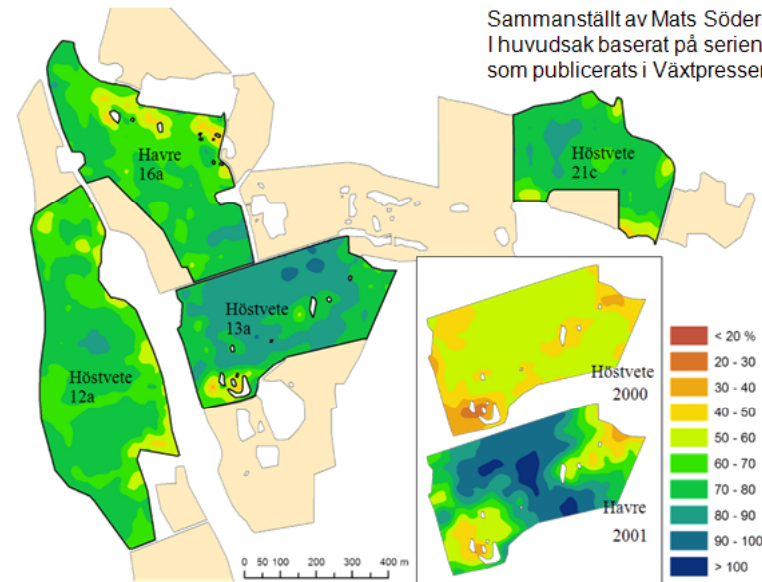
Skördekartering

Ett gårdsexempel från Mellansverige

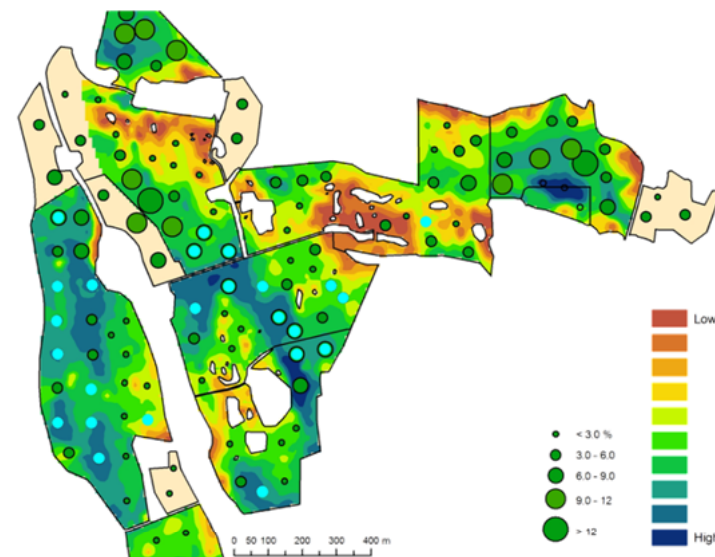
I den övre kartan visas ett exempel på hur N-effektiviteten varierar inom några fält på en gård i Mellansverige. Dessutom visas variationen 2000 och 2001 för ett av fälten. Även om proteinhaltsvariationer inom fälten kommer att påverka hur korrekt kartan är i alla detaljer, så ger en sammanställning över flera års kartor, med olika typer av väderförhållanden, möjlighet att bättre förstå hur de olika fältdelarna reagerar för olika gödsling under olika förhållanden. I det här fallet kan det vara intressant att jämföra den övre kartan med den undre som visar EM38 och mull- och lerhalt för samma fält, för att på så sätt kunna tolka orsaker till variationen i kväveeffektivitet. I det här exemplet kan man notera att N_{eff} är låg (även i tiden) i områden med sannolikt tunt jordtäckte (låg ECa men hög ler och mull i anslutning till åkerholmar), kanske beroende på vattenbrist. För skifte 13a slår skillnaderna i mullhalt igenom i kartan från 2001. Mönstren i kartorna 2000 och 2002 är snarlika, men nivån är lägre det tidigare året. Området med låg kväveeffektivitet sammanfaller dessutom med höga P-AL-tal, måhända beroende på liten bortförsel. Tillgång till den här typen av data kombinerat med kännedom om fälten kan tjäna som underlag för en anpassning av odlingsstrategin för vissa delar av fälten så att kväveeffektiviteten kan höjas.

Med generella åtgärder har man mycket svårt att kvantifiera och åtgärda de lokala bristerna.

Sammanställt av Mats Söderström, SLU, 2010
I huvudsak baserat på serien Precisionsskolan
som publicerats i Växtpressen



Kväveeffektivitet enligt beräkningsmodellen i projektet för fyra fält i på en gård under 2002 i Mellansverige. Den infällda bilden visar motsvarande värden för 2000 och 2001 för fält 13a.



EM38-kartering (färgskalan i bakgrunden) och analysvärden för mullhalt från markkartering. Provpunkter med lerhalt $\geq 50\%$ är markerade med blått. Flertalet av resterande provpunkter har en lerhalt på $> 40\%$.



Analys av reflekterat ljus – på långt och nära håll

Fjärranalys

Precisionsodlingen bygger på att man studerar variationer inom fältet och varierar odlingsåtgärderna utifrån detta. För att det skall fungera effektivt krävs oerhört många prover, varför laboratorieanalyser har en nackdel på grund av kostnaden, även om de blir exakta. I stället kan man fånga upp och analysera det ljus som grödan reflekterar med en mätutrustning på t ex en satellit eller på en traktor som i fallet med Yara N-Sensor. Detta kallas fjärranalys och ger genom indirekt mätning många prover till en låg kostnad.

Fjärranalys är en benämning på något som låter mycket krångligare än vad det är. En bred definition är att man mäter och analyserar något utan att röra det. Därmed är också ett vanligt fotografi en typ av fjärranalys.

En mänsklig hjärna kan analysera ett foto och dra mycket avancerade slutsatser, t ex bedöma intensiteten i färgen på en gröda. En datoriserad fjärranalys kan givetvis inte konkurrera med hjärnan när det gäller att dra komplexa slutsatser, men den kan göra enkla analyser snabbt och exakt från gång till gång.

Fjärranalys kan t ex göras på följande sätt:

Analys av en bild

- En bild tas t ex genom en videoupptagning av potatisknölarna på en potatissupptagare eller av marken på en automatiskt styrd ogräshacka. Objekten i bilden analyseras och resultaten används för att t ex beräkna knölarnas storlek eller för att styra hackan rätt.

En bild kan också tas från ett flygplan. På fotografiet mäter man färgens intensitet (t ex

infraröd) i varje koordinat och man får därmed ett mätvärde för varje punkt på fältet.

Analys av ljus

- Ljus tas in via en lins i en fiberoptisk kabel som leder det fram till en s.k. spektrometer där det analyseras (se förklaring här intill). Ljuset är inte ordnat som en bild, utan det summeras från hela mätområdet och skickas i stället blandat med varandra i en klump. Med denna metod kan ljusets alla våglängder analyseras mycket mer exakt. Yara N-Sensor är ett exempel på denna teknik.

Samma metoder kan även användas på laboratorier för att analysera små prover i mätinstrument, men då talar man inte längre om fjärranalys, utan snarare om beröringsfria analysmetoder som ofta använder Nära InfraRött ljus, NIR.



Analys av reflekterat ljus – på långt och nära håll

Yara N-Sensor™ analyserar grödans reflektans

Ljus absorberas och reflekteras

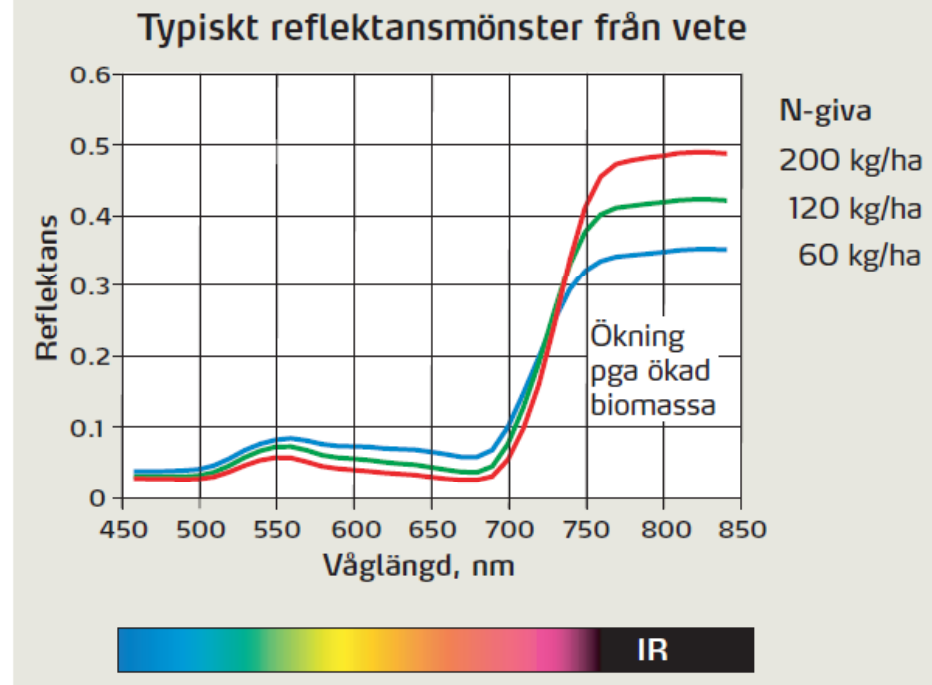
Alla ytor absorberar ljus mer eller mindre. En helt vit yta kastar tillbaka alla färger, medan en svart yta absorberar det mesta ljuset. Solljuset som tränger in i plantans blad absorberas olika mycket av klorofyllet beroende på våglängd (dvs färg). Klorofyllet absorberar framförallt blått och rött ljus, medan en större del av det gröna ljuset reflekteras, vilket gör att grödan ser grön ut.

Grön klorofyll = kväve

En finess med att mäta klorofyllmängden är att plantan när den växer använder det mesta av det upptagna kvävet till att bilda klorofyll. Därmed bygger t ex stråsädesplantan också upp en kvävereservoar med hjälp av klorofyllet i bladen som den sedan använder under kärnfyllningen. Det är stora mängder klorofyll och kväve som mäts, då man brukar säga att ca 2/3 av det totala kväveupptaget har skett redan vid blomningen, alltså innan kärnbildningen ens har börjat!

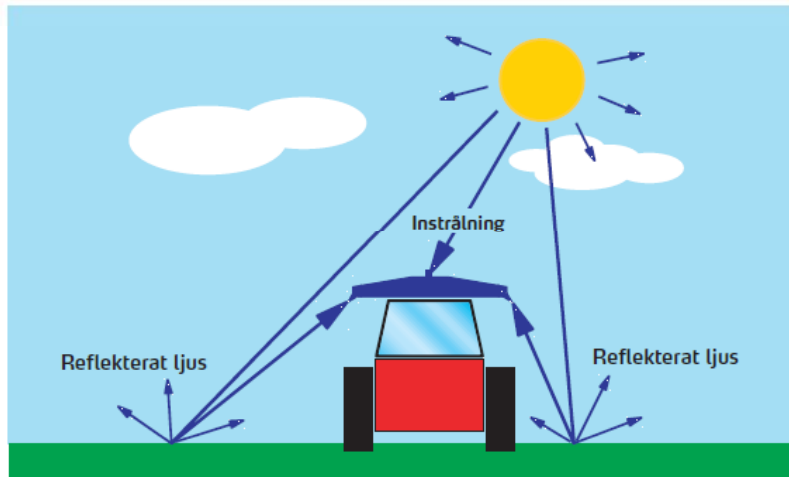
Yara N-Sensorn mäter med andra ord indirekt den mängd kväve som tagits upp i plantan i ett visst stadium. När det reflekterande ljuset från en mätyta på 40-50 m² analyserats, räknar sensorn fram ett index på grödan.

Figur 1. I det lägre intervallet <700 nm "äter" grödan det mesta ljuset, varför grödan inte reflekterar mer än 5-10 %. Röd kurva visar att klorofyllmängden ökar med ökad kvävegiva och reflektansen minskar. I det övre våglängdsbandet syns att biomassan och därmed reflektansen för dessa våglängder ökar med ökad kvävegiva.

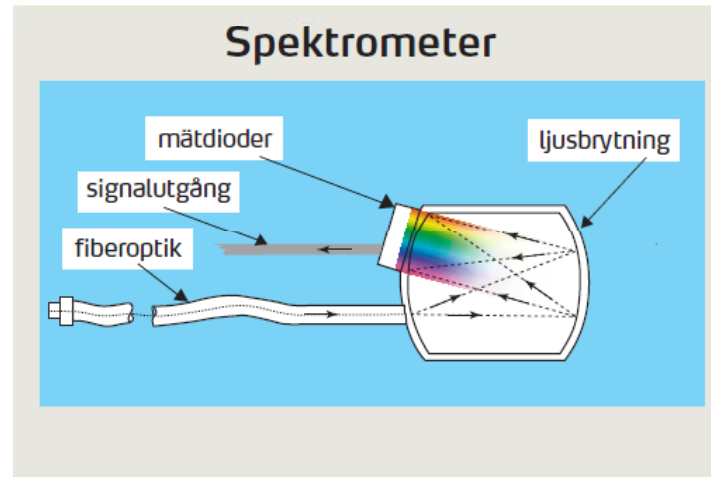


Analys av reflekterat ljus – på långt och nära håll

Figur 2. Solljuset som träffar grödan absorberas till viss del och resten reflekteras. Yara N-Sensor mäter det reflekterade ljuset och jämför intensiteten i de olika våglängderna med det ljus som faller in opåverkat från himlen. Skillnaden ger bl a ett mått på klorofyllmängden och kväveupptaget i plantorna.



Figur 3. Principbild över en spektrometer. Ljuset transporteras från mätlinsen till spektrometern med en fiberoptisk kabel. Inuti spektrometern bryts ljuset och de olika färgerna (våglängderna) delar upp sig och analyseras på en yta med ett stort antal mätdioder.



Så fungerar en spektrometer

En spektrometer mäter, precis som det låter, ett spektra av ljus, det vill säga strålning.

Det finns ett antal användningsområden för spektrometrar, t ex inom precisionsodling, laboratorieverksamhet, m m. Oftast byggs spektrometern in i ett större instrument som i Yara N-Sensor, i NIR-instrument för spannmålsanalys, m m. Principen för en spektrometer är att det

inkommande ljuset delas upp i de olika våglängdsbanden på en mätyta där ett stort antal ljuskänsliga dioder sitter (se figur 3). Ljusintensiteten på varje diod omvandlas till ett mätvärde för den våglängd som just den dioden motsvarar.

Brytningen av ljuset sker på samma sätt som i en prisma, där man kan ana färgskiftningar om man tittar noga. Fenomenet beror på att ljus med olika våglängder

böjer av olika mycket när de exempelvis går från luft in genom en glasyta. En spektrometer byggs för ett specifikt våglängdsområde, t ex synligt ljus (450-700 nm) eller nära infrarött (NIR) (700 nm-2500 nm).

Enheten nanometer (nm) är ett mått på ljusvågornas längd. En nanometer är en miljondels millimeter.



Analys av reflekterat ljus – på långt och nära håll

Detta index räknas fram en gång per sekund för att gödselspridaren skall styras så exakt som möjligt. Detta motsvarar ca 150 mätpunkter/ha och den insamlade datan sparas i ett dataminne för att tillsammans med positionsbestämningen användas för att göra en kartbild av fältet. Eftersom grödan kan hinna utvecklas ganska mycket på några dagar, och klorofyllmängden därmed ökat, används inte sensorn till att ge ett absolut värde. I stället mäter man skillnader inom fältet och för att kunna styra kvävegivan jämförs hela tiden värdet där traktorn befinner sig med värdet på en referensyta i fältet där man kalibrerat Yara N-Sensorn. Vid kalibreringen använder man sin erfarenhet och t ex en Kalksalpetermätare för att bestämma hur mycket kväve som fattas på referensytan. Med Yara N-Sensor kan man därför mäta i grödan oavsett utvecklingsstadium.

Relativ mätning

Hur kan man då veta hur stor del av ljuset i olika våglängdsband som absorberas och hur stor del som reflekteras av grödan? Man skulle kunna jämföra mängden av det ljus som man är intresserad av med en våglängd som alltid reflekteras till största delen.

Men på Yara N-Sensor sitter för exakthetens skull helt enkelt två spektrometrar; en som analyserar ljuset som reflekteras från grödan och en uppåtriktad som analyserar den opåverkade ljusstrålningen direkt från himlen. Detta gör att sensorn fungerar även vid skiftande väderlek.

Yara N-sensor ser mer än ögat

Ljuset som ögat kan se är bara en liten del av den strålning som sänds ut från solen och som reflekteras av grödan. Eftersom en spektrometer kan registrera längre våglängder än ögat, fångas mycket information från grödan upp som vi själva inte kan uppfatta. En sådan information är t ex infrarött ljus, till höger i *figur 1*. Det används för att bedöma grödans biomassa och stänga av gödselspridaren där grödan är för tunn. Infrarött ljus absorberas inte av klorofyll, utan reflekteras av cellväggarna i plantans blad. Genom att jämföra hur mycket ljus (både synligt och icke synligt) som absorberas eller reflekteras i olika våglängder, kan man alltså få en uppfattning om grödans behov av kväve.

Anders Anderson
anders.anderson@yara.com

NIR-mätning

NIR – Nära InfraRött ljus är en samlingsbenämning på det ljusband som ligger på gränsen mellan synligt ljus och infrarött ljus (700-2500 nm).

Detta ljus har använts under ett antal år för att t.ex. mäta proteinhalt i spannmål och foder. NIR-spektrometern är då inbyggd i ett laborieinstrument och finns bland annat i spannmålslaboratorier.

I ett sådant instrument belyses provet och det ljus som reflekteras påverkas av molekylbindningarna t ex mellan syre och väte i vatten, mellan väte och kol i kolhydrater och mellan väte och kväve i proteiner. Därmed kan man använda metoden för att karaktärisera bland annat organiskt material.



Om strategi för
markkartering
med NIR



Varierat kalkbehov – ett exempel

Kalkbehovet bestäms normalt från markens pH samt dess ler- och mullhalt. Ju högre ler- och mullhalt desto mer kalk går åt för att höja jordens pH-värde.

Ofta sprider man en jämn kalkgiva över hela fältet. Det har dock under några år funnits ett antal entreprenörer som sprider kalk varierat över fältet m h a en styrfil (\approx elektronisk karta) som kontinuerligt kan reglera utspridd mängd.



Bild 1 av 6



I det här exemplet från Västergötland kan vi se hur felaktig en jämn giva kan vara, samt dessutom effekten av precisionsspridning av kalk på fältets pH.



Kalkbehov - ett exempel

Sammanställt av Mats Söderström, SLU, 2010
I huvudsak baserat på serien Precisionsskolan
som publicerats i Växtpressen

Medelbehovet

Det här fältet är ca 25 ha och ligger i Västergötland. Vid en jordprovtagning 1995 analyserades kalkbehovet. Medelbehovet var omkring 3,5 ton kalk / ha.

Om man inte tänker på att behovet kan variera inom fältet och sprider medelgivan över hela fältet så blir följden i det här fallet att endast 10 % av arealen får något så när rätt giva.



Endast denna del av
fältet behöver 3,5 ton
kalk (+/- 1 ton)



Bild 2 av 6



Kalkbehov - ett exempel

Sammanställt av Mats Söderström, SLU, 2010
I huvudsak baserat på serien Precisionsskolan
som publicerats i Växtpressen

Stor pH-variation

Att medelgivan endast passar en så liten del av fältet beror på den stora inomfältetsvariationen i jordens pH.

Den norra delen har ett lågt pH medan den södra delen har ett så högt pH att den knappt behöver kalkas alls.

Olika markparametrar varierar ofta olika mycket inom ett fält. Växttillgänglig fosfor, kalium, kväve och pH tillhör de mest variabla.

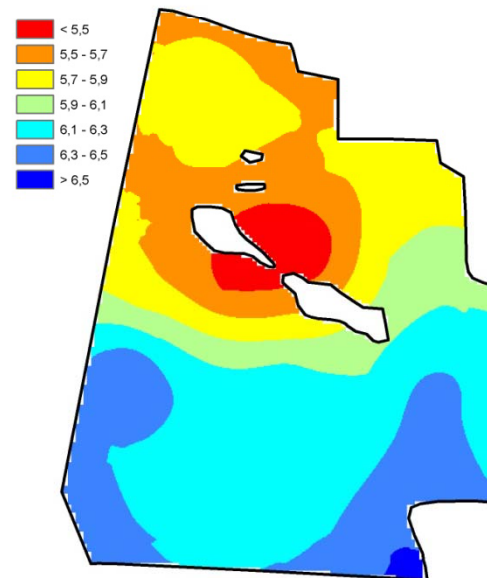


Bild 3 av 6



Kalkbehov - ett exempel

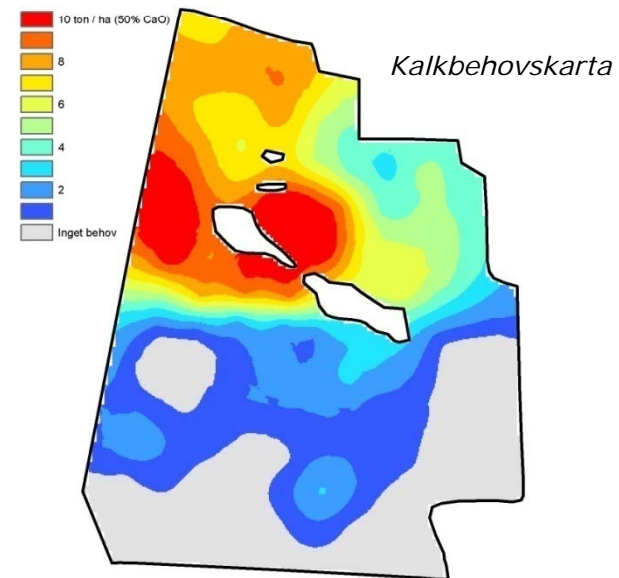
Sammanställt av Mats Söderström, SLU, 2010
I huvudsak baserat på serien Precisionsskolan
som publicerats i Växtpressen

Stor pH-variation → variation i
kalkbehov

Med hjälp av kartor över pH, ler- och mullhalt beräknas
kalkbehovet för varje del av fältet. På vårt fält varierar
kalkbehovet mellan 0 och 10 ton/ha.



Bild 4 av 6



Kalkbehov - ett exempel

Sammanställt av Mats Söderström, SLU, 2010
I huvudsak baserat på serien Precisionsskolan
som publicerats i Växtpressen

Stor pH-variation → variation i kalkbehov

Kalkbehovskartan gjordes om till en styrfil och fältet kalkades 1997.

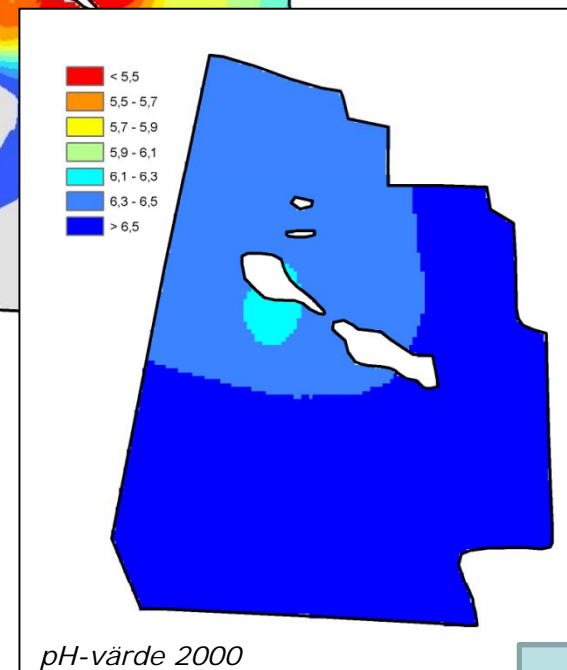
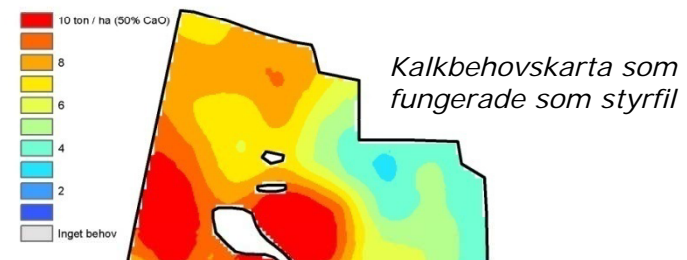
En ny jordprovtagning gjordes 2000 och vi kan se att pH-värdet i marken jämnats ut.



Bild 5 av 6



Foto: Nordkalk
Precisionsspridning av kalk utfördes 1997



Jordanalyser 2000 visar att pH utjämnats



Kalkbehov - ett exempel

Sammanställt av Mats Söderström, SLU, 2010
I huvudsak baserat på serien Precisionsskolan
som publicerats i Växtpressen

Precisionssodling tillämpas idag

Idag finns utrustning för precisionsspridning av näring, växtskyddsmedel och kalk. Det finns lab-företag som tillverkar styrfiler och entreprenörer som sprider kalk eller kväve.

Lantbrukaren kan relativt billigt köpa egen utrustning som i många fall kan styra befintliga spridare.

Precisionssodling bygger på att man har god kännedom om variationer i markegenskaper, grödans behov och skördenivå inom fältet.

◀ Avsluta

Bild 6 av 6

