



Bildanalys som redskap för platsspecifik ogräsbekämpning



Thomas Börjesson, Niklas Lorén, Anders Larsolle,
Mats Söderström, Johan Nilsson, Knud Nissen

Bild framsida: Mats Söderström

Förord

I denna rapport redovisas dels SLF-projektet Bildanalys som ett redskap för platsspecifik ogräsbekämpning som pågått under åren 2005 t.o.m. 2007 och dels projektet Platspecifik ogräsbekämpning i skånsk vårsäd som stötts av Partnerskap Alnarp och SL-stiftelsen och som pågått under 2007.

Juni 2008

Författarna

Thomas Börjesson
Lantmännen
531 87 LIDKÖPING

Niklas Lorén
SIK- Institutet för Livsmedel och Bioteknik AB
Box 5401
402 29 GÖTEBORG

Anders Larsolle
Inst. för energi och teknik
SLU
Box 7032
750 07 UPPSALA

Mats Söderström
Inst. för mark och miljö
Precisionsodling och Pedometri
SLU
Box 234
532 23 SKARA

Johan Nilsson
Jordbruk – odlingssystem, teknik och produktkvalitet
SLU
Box 104
230 53 ALNARP

Knud Nissen
Lantmännen
531 87 LIDKÖPING

Innehållsförteckning

Förord.....	3
Innehållsförteckning.....	4
Sammanfattning	5
Inledning	7
Material och metoder	8
Manuell fotografering och GPS positionering.....	8
Fotografering och positionering med motorcykel 2007.....	9
Bildanalys.....	9
Hantering och analys av kartdata	13
Försöksfält samt manuella avläsningar och provtagningar.....	14
Dosberäkning och preparatval för sprutning 2007.....	20
Resultat.....	22
2005.....	22
2006.....	25
2007.....	28
Diskussion.....	37
Slutsatser	39
Referenser	40
Bilaga 1. Sammanfattande statistik av data från bild- och variogramanalys	42
Bilaga 2. Kartor över analyserade variabler i bildanalysen	44
Delperöd.....	44
Tureholm.....	45
Bjertorp skifte 10	46
Bjertorp skifte 11	47
Bjertorp skifte 15	48
Bilaga 3. Artvisa kontrollräkningar och vägningar av ogräs.	49

Sammanfattning

I arbetet som här redovisas har målsättningarna varit att ta fram en enkel och snabb bildanalysalgoritm som skall kunna användas on-line, d.v.s. det skall gå att utföra sprutning samtidigt som bildanalysdata insamlas. Konceptet skall kunna användas för att rutinmässigt ta fram styrfiler, men även för sprutning i realtid. Arbetet Ogräsfördelning inom några olika fält har studerats för att få en uppfattning om hur stora inomfältsvariationerna kan vara, vilken betydelse variationerna har för val av ekonomiskt optimal dos bekämpningsmedel och hur kopplad ogräsförekomsten är till markdata. Alla provpunkter har därför läst in med GPS. Vi har även studerat hur tidpunkten för bildinsamlingen påverkar resultatet, hur man kan effektivisera insamlandet av bilder och hur dosen kan anpassas med en konventionell spruta.

Bildanalysalgoritmen som utvecklats bygger huvudsakligen på separation mellan växtmaterial och bakgrund (jord, stenar, grenar osv.) via färgskillnader mellan gröda och bakgrund, grödradsidentifiering via Houghtransform samt morfologiska operationer som utnyttjar skillnader i storlek och form mellan grödan och ogräs för att särskilja dessa. Bildanalysen användes för att ta fram de olika måtten som ligger till grund för dosberäkning (se nedan): a) antalet ogräs per ytenhet, b) hur stor yta som täcks av ogräs, c) hur stor yta som täcks av gröda. Algoritmen utvecklades under hela projektiden och med den sista versionen tar det ca. 20 sekunder att analysera en bild.

Bilder togs under projektets två första år med hjälp av digital systemkamera som monterats på stativ medan fyrhjulig motorcykel användes vid fotograferingen 2007. Kameran monterades horisontellt i fronten på en fyrhjulig motorcykel och ca 1,2 m ovanför marken. 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.

Under de tre åren projektet pågått har totalt fyra olika fält på gården Bjertorp nära Vara i Västergötland använts. Grödan var antingen havre eller vårkorn. Manuella provtagningar och räkningar av ogräs utfördes i samband med fotografering som utfördes i grödans tvåbladsstadium eller något senare. Varje år utfördes artvisa kontrollräkningar av antalet ogräs per ytenhet och bestämningar av ogräsvikt i ts per ytenhet.

För att koppla ogräsmängd till optimal sprutdos lades försök med olika sprutled ut med block (upprepningar) på 3 olika platser på två fält 2006. Följande år lades obekämpade nollrutor ut på 4 platser på årets försöksfält. I varje led respektive i och utanför nollruta gjordes manuella räkningar av ogräs i samband med fotografering och ca en månad senare. Rutvisa kärnskördar togs genom att försöksrutorna tröskades med parcelltröska av samband med ordinarie skörd.

Under SLF-projektets sista säsong utökades verksamheten genom finansiering från SL-stiftelsen och Partnerskap Alnarp. På två fält i sydöstra Skåne utfördes bildinsamling och platsspecifik ogräsbekämpning på liknande sätt som på Bjertorp samma år.

Ett poängsystem utvecklades för att vikta de tre variablernas inverkan på dosen. Som utgångspunkt för poängsystemet användes Dosnyckel för vårsäd som ingår i Kemisk Ogräsbekämpning 2007 (Jordbruksverket 2007). För varje fotopunkt beräknades dosen i form av vätskemängd (liter per hektar). Utifrån dessa punkter skapades, genom interpolation, ett raster med samma cellstorlek som sprutans arbetsbredd (24 m). Rutnätet anpassades till de körspår som skulle användas vid sprutningen. Denna styrfil konverterades sedan för att passa sprutdatorn och ytterligare en fil med fältets gränser och nollrutor skapades.

Bildinsamlingen och efterföljande bildanalysen kunde göras snabbt och effektivt samtidigt som samstämmigheten med manuella provtagningar var god i de flesta fall. I de fall samstämmigheten inte vara bra berodde det oftast på att bilderna togs vid för sent stadium då grödan hunnit bli för stor. Själva sprutning kunde utföras enligt ordinarie rutiner, då styrfilen anpassade dosen.

Inomfältsvariationerna i antalet ogräs som kunde uppskattas med hjälp av bildanalysen var stora. Ett visst samband mellan ogräsmängd och jordart, framförallt lerhalt förekom. Dock tycks variationerna inom ett område med relativt homogen jordart också kunna vara stora.

Även under svenska förhållanden är det fullt realistiskt att spara 30% av bekämpningsmedel genom en platsvis anpassning av dosen, vilket utländska studier visat på. På ett av skiftena på Bjertorp där försök lagts ut 2006 (skifte 10) var skillnaderna i optimal dos påtagliga mellan olika fältdelar. I blocket som förlagts till område med låg ogrästäthet var skörden ca. 700 kg högre i obekämpat led jämfört med led med rekommenderad dos, medan rekommenderad dos gav högre skörd i övriga delar av fältet. Liknande resultat kunde redovisas för skifte 11 2007. Sprutningen på Bjertorp enligt den anpassade dosen 2007 förbrukade drygt 11 % mindre vätska jämfört med rekommenderad dos. Här anpassades dock dosen endast på delar av fältet. I de skånska fälten var vätskeförbrukningen i medeltal för de båda undersökta fälten 30% lägre med anpassad dos jämfört med ordinarie dos.

Den geostatistiska utvärderingen visade att 40 m mellan prover skulle vara tillräckligt i vissa fall. Dock är variationen som inte kan förklaras av position på fältet ganska stor, 20-30% av totala variationen. Orsakerna till detta kan vara att bildanalysen inte är helt stabil och/eller att den yta som bilden täcker är så liten att små skillnader i fotopunktens placering ger skillnader i bildanalysvärden.

Med tanke på att provtagningsfrekvensen behöver vara minst ungefär var fjortonde meter, bör analys tiden snabbas upp jämfört med vad vi klarar idag (ca 20 sekunder per bild) för att möjliggöra on-line besprutning. Detta skulle kunna åstadkommas genom att skriva hela koden i programspråket C++. Vidare så behöver kamera, GPS, bildanalyssystem och styrning av besprutningsutrustning integreras.

Inledning

Den årliga användningen av ogräsbekämpningsmedel i Svenskt jordbruk låg i medeltal på 1300 ton (försäljning av aktiv substans) under perioden 1996 - 2006 (Kemikalieinspektionen, 1997-2007), och huvuddelen användes i stråsäd (Statistiska centralbyrån, 2007). Förbrukningen har varit i stort sett oförändrad under perioden. Faktorer som kan tänkas öka användningen i framtiden är t.ex. ökade spannmålspriser och minskad jordbearbetning (se t.ex. Jordbruksverket, 2008).

Preparatkostnaden varierar men ligger ofta mellan 100 och 200 kronor per hektar. Enligt utländska beräkningar är det möjligt att spara upp till 90% av sprutmedlen i vissa fall, men i praktiken är det fullt realistiskt att minska med 30% om man tar hänsyn till inomfältvariationen i ogräsförekomst (Oebel och Gerhards, 2005, Damner m.fl., 2003). I utländska arbeten har man arbetat grundläggande med själva bildanalysen och kommit en bra bit på väg att identifiera olika ogräsarter (Sögaard och Heisel, 2002). I några arbeten har man också försökt applicera bildanalysen fältmässigt och anpassa sprutning efter behovet (Gerhards och Oebel, 2006). Dock är avverkningshastigheten ganska låg och man har inte i någon större omfattning testat möjligheten att koppla bildanalysdata till position på fältet för att exempelvis koppla till markdata såsom lerhalt och mullhalt.

I de svenska arbetena som här redovisas har målsättningarna varit att ta fram en enkel och snabb bildanalysalgoritm som skall kunna användas on-line, d.v.s. det skall gå att utföra sprutning samtidigt som bildanalysdata insamlas. Konceptet skall kunna användas för att rutinmässigt ta fram styrfiler, men även för sprutning i realtid. Arbetet har pågått under åren 2005 t.o.m. 2007. Ett SLF-projekt har finansierat arbetena i Västergötland under samtliga år och ett kompletterande projekt som stötts av Partnerskap Alnarp och SL-stiftelsen i Skåne under 2007.

Ogräsfördelning inom några olika fält har studerats för att få en uppfattning om hur stora inomfältvariationerna kan vara, vilken betydelse variationerna har för val av ekonomiskt optimal dos bekämpningsmedel och hur kopplad ogräsförekomsten är till markdata. Alla provpunkter har därför läst in med GPS. Vi har även tittat på hur man kan effektivisera insamlandet av bilder och hur dosen kan anpassas med två olika sprutsystem, ett i Västergötland och ett i Skåne.

Bildanalysalgoritmen som utvecklats bygger huvudsakligen på separation mellan växtmaterial och bakgrund (jord, stenar, grenar osv.) via färgskillnader mellan gröda och bakgrund, grödradsidentifiering via Houghtransform samt morfologiska operationer som utnyttjar skillnader i storlek och form mellan grödan och ogräs för att särskilja dessa.

Algoritmen byggdes på och förbättrades under hela projektiden och den slutgiltiga algoritmen användes sedan för att studera inomfältsfördelningen av ogräs tidigare år och korrelerades mot manuella provtagningar samtliga år.

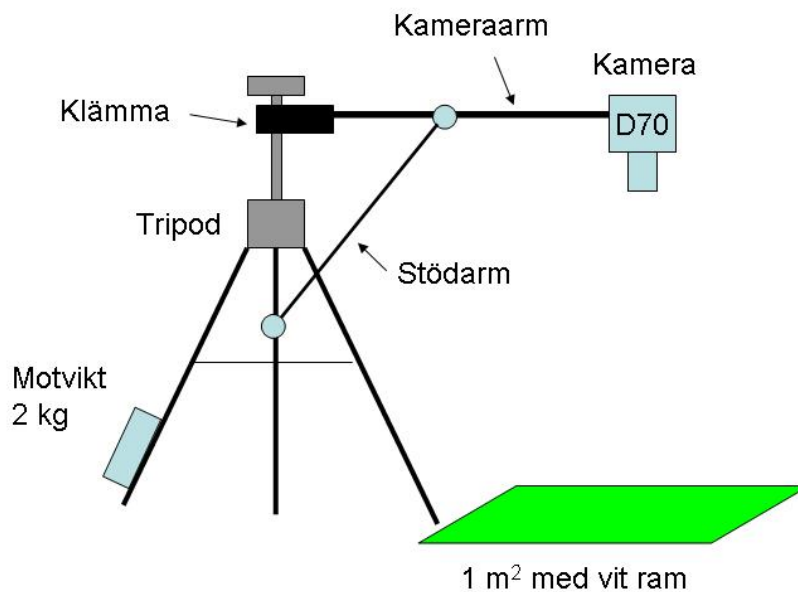
Eftersom framtaget datamaterial är mycket omfattande har vi valt att lägga en del av detta i bilagor.

Material och metoder

Manuell fotografering och GPS positionering

En Nikon D70 digital system-kamera användes för all fotografering i projektet. Kameran har en bildupplösning på 2000 x 3008 pixlar. Kamerans kortaste möjliga slutartid är 1/10000 s och dessutom finns olika makrolinser för olika förstöringsgrader. Bilderna sparas direkt i lågkomprimerat jpeg-format för bästa möjliga bildbehandling.

För manuell fotografering riggades kameran upp med stativ och försågs med en arm så att den hamnade ca. 1,4 m rakt ovanför rutan som skulle fotograferas (Figur 1). Dessutom lades 2005 en kvadratisk träram på 1 m² ut som markerade området som skulle bearbetas vid bildbehandlingen. Ramen lades ut så att 8 rader kom med innanför rutan. Normalt användes manuell utlösning av kameran med fördröjning för att undvika skakningsoskärpa. Brännvidden sattes till 50 mm och slutartiden varierade beroende på ljusförhållandena, då bilderna togs i befintligt ljus. Vid bildinsamling andra året (2006) användes en något mindre ram på 0,5 x 0,75 m (0,375 m²), ett format som passade bättre för det rektangulära bildformatet. GPS-positionerna lästes in med AgGPS 132 ([Trimble](#))



Figur 1. Utrustning vid manuell fotografering.

Fotografering och positionering med motorcykel 2007

Samma kamera som beskrivits ovan användes. Kameran monterades horisontellt i fronten på en fyrhjulig motorcykel och ca 1,2 m ovanför marken (Figur 2). Kamerans justerbara zoom låstes med tejp för att inte ändras av skakningar i fordonet. Inställningen slutarprioritet användes, med normalt 1/800 sekunds slutartid som vid något tillfälle fick ökas p.g.a. ändrade ljusförhållanden. Bildstorleken var 2000 x 3008 pixlar, vilket motsvarade ca 0,58 x 0,86 m på marken i Skåne medan fotograferad yta var något mindre i Västergötland, ca, 0,5 x 0,75 m.



Figur 2. Kamera, GPS-mottagare och dator monterat på fyrhjulig motorcykel. De ytor där ogräset skulle räknas manuellt markerades för att få bildanalys och manuell räkning på samma yta.

Till de skånska försöken användes en GPS-mottagare, 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 jämföra GPS-tiden i loggfilen med tidsangivelsen i bildernas EXIF-information (Exchangeable Image File Format – standard för information i bildfiler). Länkningen mellan bilderna och GPS-position från spårfiler utfördes av Sweco Position med hjälp av en metod som utvecklats av Samor (2005).

Fotograferingen styrdes manuellt via kamerans trådlösa fjärrkontroll. Fordonet kördes parallellt med såradena 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.

Bildanalys

I första hand var målsättningen att ta fram en bildanalysalgoritm för att bestämma antalet ogräs i en bild. Dosbehovet av ogräsmedel påverkas dock i praktiken av flera faktorer.

Förutom antalet ogräs är det även viktigt med information om hur stor markyta ogräsen täcker och även grödans täthet (Jordbruksverket, 2007). Eftersom syftet med bildanalysmetoden var att kunna skapa doseringskartor för platsspecifik sprutning behöver vi med bildanalysen beräkna alla dessa mått. Endast steg 6 skiljer sig åt mellan de olika måtten. De tre första stegen i algoritmen beskrivs i figur 3.

1. Urskilja eller segmentera alla växande gröna plantor från mark och skörderester i bilden.
2. Detektera grödraderna i bilden
3. Identifiering av fristående, oftast mindre, ogräs mellan grödraderna.
4. Identifiera objekt mellan grödraderna som enligt steg 3 klassats som ogräs men som egentligen är delar av grödplantor.
5. Identifiera ofta större, plantor som enligt steg 2 klassats som gröda men som är ogräsplantor
6. Räkna fram de olika måtten som ligger till grund för dosberäkning: a) antalet ogräs per ytenhet, b) hur stor yta som täcks av ogräs, c) hur stor yta som täcks av gröda.

1. Segmentering av gröna plantor

För att segmentera fram gröna plantor, dvs. både ogräs och gröda, i bilden (steg 1) beräknades först ett index kallat Excess-green (*EG*) med hjälp av färginformation i bilden:

$$EG = 2G - R - B$$

där *R*, *G* och *B* är ljusintensitetsvärden i det röda, gröna respektive blå färgbandet i bilden. D.v.s. den gröna kanalens värde togs gånger två och värdena för de blå och röda kanalerna togs bort. I ett inledande test beräknades ett antal andra index med olika algoritmer för att segmentera jord och grönt växtmaterial. Excess green valdes på grund av sin enkelhet och att den befanns robust mot olika väderförhållanden. Även andra studier har använt sig av *EG* för att segmentera fram olika plantor i bilder (Woebbecke, 1992). *EG* jämnar ut variationer i bilden orsakade av varierande belysning, t.ex. skuggor kontra solbelysta delar av blad och jord. *EG* underlättar även segmenteringen av gröna växtdelar från både jord och döda (icke gröna) växtrester.

I den resulterande *EG*-bilden, som är en gråskalebild, kunde sedan ett tröskelvärde för *EG*-index användas för att skapa en binär (svart/vit) bild där all grön vegetation, ogräs och gröda, fick värdet ett (1) och bakgrund, dvs., jord och växtrester fick värdet noll (0). En algoritm för att automatiskt bestämma ett lämpligt tröskelvärde som bygger på en bimodal normalfördelning av gråskalevärden implementerades. Sedan togs brus och ovidkommande objekt bort genom att sortera bort objekt som var mindre än 100 pixlar.

2. Detektering av grödrader

För att detektera grödraderna effektivt (steg 2) har en metod baserad på s.k. Hough-transform av räta parallella linjer använts. Hough-transform (HT) för att detektera strukturer formerade räta linjer (dock inte grödrader) i bilder rapporterades av Hough(1962). Marchant (1996) använde HT för att detektera grödrader av blomkål för att styra ett förarlöst fordon efter grödraderna. I den bildanalysprocedur som utvecklades här detekterades flera parallella grödrader samtidigt, vilket gjorde att grödraderna även kunde hittas i bilder där grödradstrukturen var otydlig t.ex. pga. luckighet i beståndet eller riklig ogräsförekomst. En

annan egenskap som här utvecklades med HT var att man kompenserade för att grödradavstånden ibland växelvis var något mindre respektive större än de 12,5 cm som var inställningen på såmaskinen. Denna egenhet ses ibland vid kombisådd, dvs. när såbillarna förskjuts i sidled av spåren som görs av de förgående gödselbillarna.

När grödraderna detekterats togs senare även utbredningen av raderna tvärs riktningen fram genom anpassning av en Gauss-profil. Detta används som ett mått på grödraderna bredd. Grödradernas utbredning från detekterat radcentrum uppskattades med hjälp av σ (standardavvikelsen) för Gausskurvan och sattes till $2 \cdot \sigma$. Grödradsbredden maximerades till 60 % av grödradavståndet dvs. ca. $12.5 \cdot 0.60 = 7.5$ cm. Bredden ökade något med ökade tillväxt av grödan, vilket var tydligt 2005 då bilder togs vid fyra tidpunkter under våren. På skifte 15 ökade då den genomsnittliga bredden på grödraden från 3,8 till 4.5 cm mellan första och sista fototillfället. Man tar alltså vid den automatiska beräkningen av antalet ogräs per ytenhet inte med hela den fotograferade ytan, utan endast området mellan raderna. Detta medför att man inte kan räkna med perfekt samstämmighet mellan bildanalysens bestämning av ogräsantal och en manuell räkning. Man bör dock räkna med att huvuddelen av ogräsen förekommer mellan raderna.

3. Identifiering av ogräs mellan grödrader

För att identifiera ogräs som växer mellan grödraderna gjordes primärt 5 cm breda "kanaler" centrerade över varje linje som markerade en grörad. Bredden på grödraderna justerades senare efter utbredningen av grödraderna som uppskattats med hjälp av Gaussfördelning.

Alla objekt som växer mellan grödraderna som inte träffar grödraden klassificerades som ogräs. Objekt som hade kontakt med linjen bedömdes däremot som gröda, d.v.s. blad som sticker ut från "kanalen".

4. Identifiering av gröda som klassats som ogräs

I detta steg analyserades objekt som klassats som ogräs i steg 3 med utgångspunkt från hur elliptiskt objektet var. Ellipticiteten beräknades genom att längsta avståndet på objektets rand jämfördes med det längsta avståndet som är vinkelrät mot det längsta avståndet på objektets rand. Med andra ord kan man på detta sätt undersöka om det är frågan om ett långsmalt eller kompakt objekt. Ett långsmalt objekt har ett stort längsta avstånd på objektets rand men ett kort vinkelrät avstånd. Om objektet var långsmalt antogs det vara gröda i stället för ogräs. Klassningen med avseende på ellipticitet fungerade bra för att sortera bort grödblåd som har "gått av" i bilden på grund av att bladet vrider sig ut mot bladspetsen.

5. Identifiering av ogräs som klassats som gröda

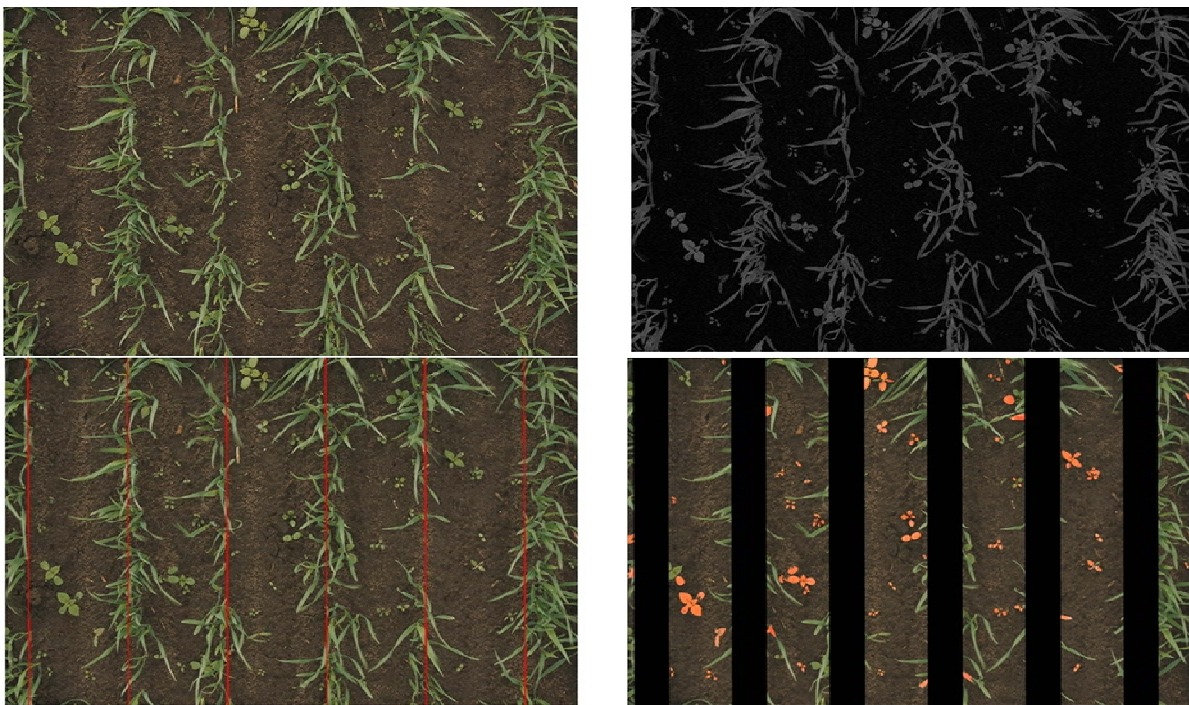
Motsvarande situation som för felklassad gröda (enligt ovan) kan uppstå där objekt klassas som gröda i steg 2, men som egentligen är ogräs som är "sammanfogad" med grödraden.

För att ta fram en algoritm som kan identifiera sådana, oftast större, delvis stråövertäckta ogräs emellan grödraderna utgick man ifrån principiella olikheter i form mellan stråsäd och örtogräs. En algoritm som bygger på morfologiska operationer utvecklades som dels bygger på att man kapar av de avlånga smala stråsädsbladen (med s.k. erodering) som i detta fall är länken till grödraden.

De objekt som man lyckats "kapa" bort från grördaden och som inte bedömdes vara enkla stråsädesblad analyserades sedan "skelettet". Ett objekts skelett tas fram genom att successivt ta bort ett kantlager i taget ända tills endast en smal linje finns kvar. Om detta skelett är komplext, dvs. har många förgreningar, är detta en indikation på att objektet från början var "spretigt", vilket här ledde till antagandet att objektet består av en samling stråsädesblad tillskillnad från ett stort örtogräs som är mer runt och bulligt i formen. Om skelettet alltså inte uppvisade en spretig karaktär klassades det som ogräs.

6. Beräkning av antalet ogräs och täckningsgrad för ogräs respektive gröda.

Antalet detekterade ogräsobjekt i bilden beräknats med en enkel summeringsfunktion. Sedan beräknades täckningsgraden för ogräsobjekten, d.v.s. hur många procent av bilden som täcks av ogräs. Täckningsgraden beräknades som antalet ogräspixlar dividerat med antalet pixlar i bilden. Till sist togs grödans täckningsgrad i bilden fram, alltså antalet pixlar som bedömts tillhöra kategorin gröda dividerat med antalet pixlar i hela bilden.



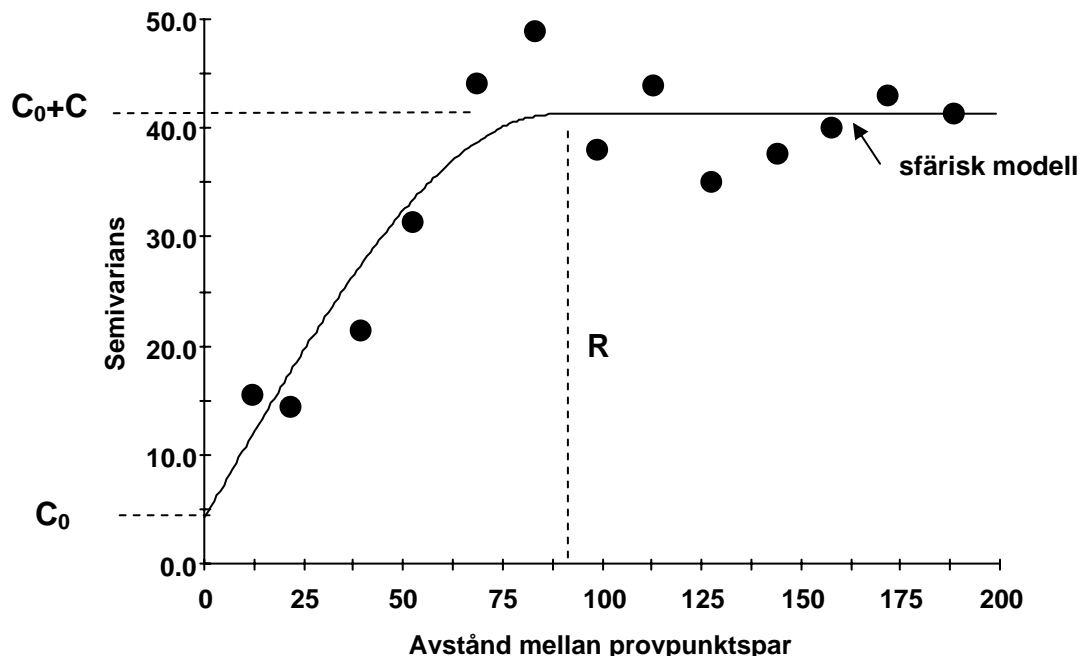
Figur 3. Exempel på olika delsteg i bildanalysalgoritmen. Överst till vänster: Originalbilden; Överst till höger: Bilden efter excess green transform där man separerar bakgrund från gröda; Nederst till vänster: Radidentifieringen med hjälp av Hough transform visas som röda linjer; Nederst till höger: De delar som inte har analyserats av algoritmen (grördaderna) visas som svart och detekterade ogräs som röda objekt.

Bildanalysproceduren programmerades huvudsakligen med hjälp av beräknings- och utvecklingsplattformen Matlab (c). Vissa beräkningsintensiva delar av bildanalysproceduren (bl.a. Hough Transformen) programmerades i C++ som är ett lågnivåprogrammeringsspråk och mycket snabbare än Matlab. Dessutom kan man skapa en exekverbar fil som är oberoende av en speciell programvara. Hela proceduren som beskrivits ovan tog ca. 20 s per bild. En

bredare applikation av de utvecklade algoritmerna skulle kräva att hela bildanalysproceduren programmerades i C++.

Hantering och analys av kartdata

Alla geografiska data bearbetades i det geografiska informationssystemet ArcGIS 9.1 och 9.2 (ESRI) med programtillägget Geostatistical Analyst. Kartor gjordes med hjälp av kriging som är en geostatistisk interpolationsmetod. En lättillgänglig beskrivning av principerna finns bl. a. i Clark (1987). En variogramanalys (som här gjordes med hjälp av mjukvaran GS+ 5.1 (Gammadesign) föregår interpolationen och avgör och optimerar viktningen vid kriging. Variogrammet beskriver den spatiala korrelationen mellan observationer som är fördelade över en geografisk yta. I det experimentella variogrammet plottas provpunktspar i olika avståndsintervall mot semivariansen som är medeltalet av den kvadrerade differensen i värde mellan provpunktsparen inom olika avståndsintervall (Figur 4). Vid ett visst avstånd (*range*, R) ökar inte semivariansen längre. Inom detta avstånd finns ett statistiskt samband mellan provpunkter. Osäkerhet i analysvärden eller för glesst mellan provpunkter kan ge sig till känna som *nuggetvariens* (C_0). Den nivå där variogrammet planar ut benämns *sill*, C_0+C_1 , vilken ofta ungefär motsvarar den totala variansen i datasetet. En kurva (det s.k. modellvariogrammet) anpassas till punkterna i det experimentella variogrammet. Ett fåtal typer av kurvor kan ofta beskriva variationen. Till våra data anpassades antingen sfäriska eller exponentiella modeller (Figur 4). Modellvariogrammet avgör viktningen i interpolationen. Här användes interpolationsmetoden *ordinary block kriging* (Clark, 1987) för framställning av kartor över data från analysen från fotograferingen. I bilaga 1 och 2 redovisas statistik och samtliga kartor från variogramanalys och interpolation.

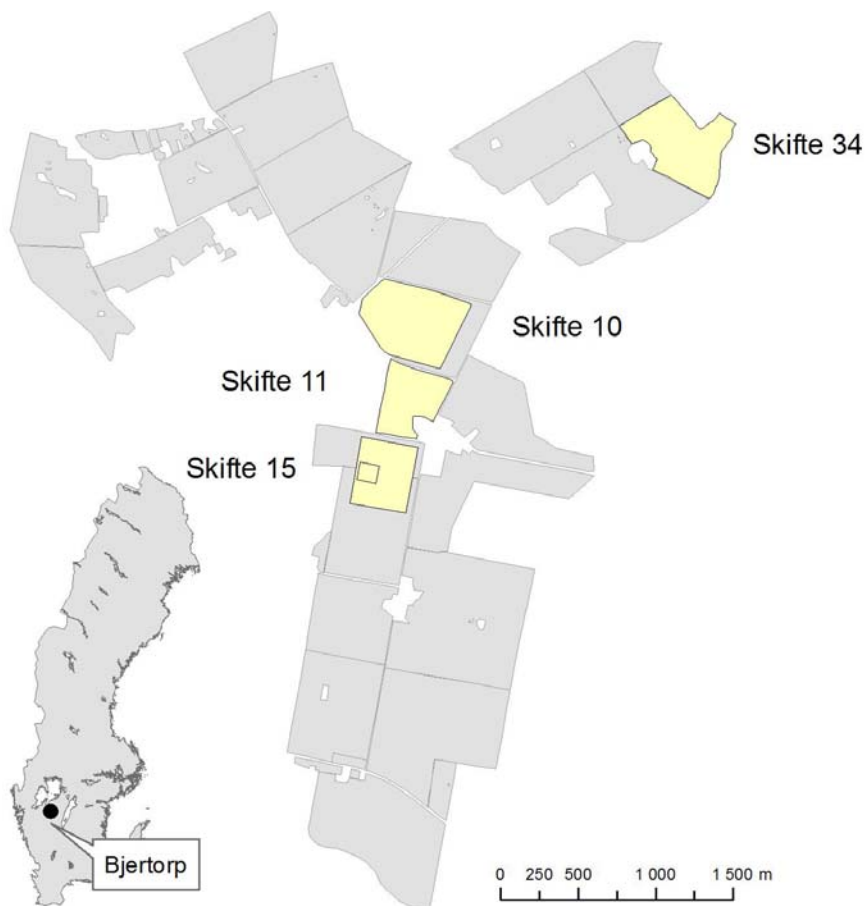


Figur 4. Exempel på variogram och variogramparametrar som redovisas i bilaga 1. En exponentiell modell stiger betydligt snabbare än den sfäriska och utfläckningen sker långsammare.

Försöksfält samt manuella avläsningar och provtagningar

Under projektets två första år, 2005 och 2006 då endast SLF-projektet bedrevs, användes försöksfält endast i Västergötland på gården Bjertorp som drivs av Svalöf Weibull. Även 2007 utnyttjades ett fält på gården för projektets räkning.

Under de tre åren har totalt fyra olika fält använts, skifte 34 och 15 (2005), skifte 10 och 15 (2006) och skifte 11 (2007) (Figur 5)



Figur 5. Försöksfälten på Bjertorp

Manuella provtagningar och räkningar av ogräs utfördes dels av Hushållningssällskapet i Skaraborg (HS) och dels av medlemmar i projektgruppen inklusive gästforskaren Gilles Guillot 2006. HS utförde varje år artvisa kontrollräkningar av antalet ogräs per ytenhet och bestämningar av ogräsvikt i ts per ytenhet. I följande text benämns de åtgärder som HS utförde ”kontrollräkningar”. Fösta året 2005, räknades 1 m^2 stora rutor, medan man de följande åren räknade rutor om $0,25\text{ m}^2$. De senare åren var därmed den kontrollräknade rutan mindre än den fotograferade rutan, men den räknade rutan ingick alltid i den fotograferade.

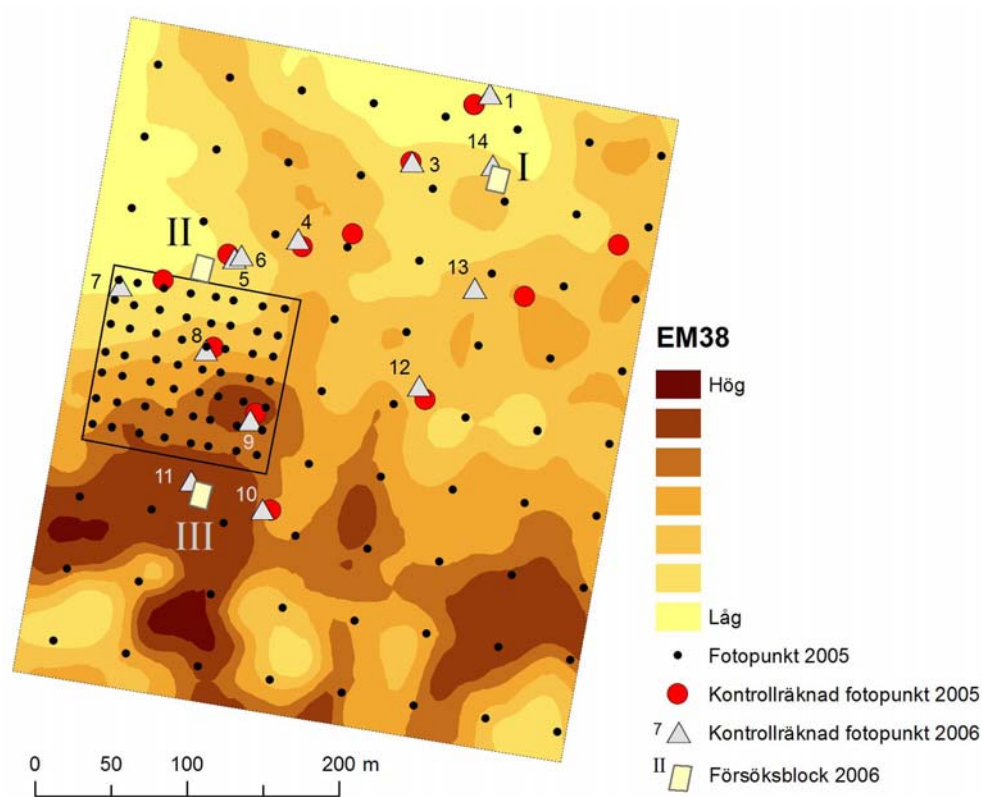
Våra egna räkningar som utfördes åren 2006 och 2007 utfördes huvudsakligen på hela den fotograferade ytan ($0,375\text{ m}^2$) utom i några fall 2007 med mycket hög ogrästäthet då vi också gick ner till $0,25\text{ m}^2$

2005

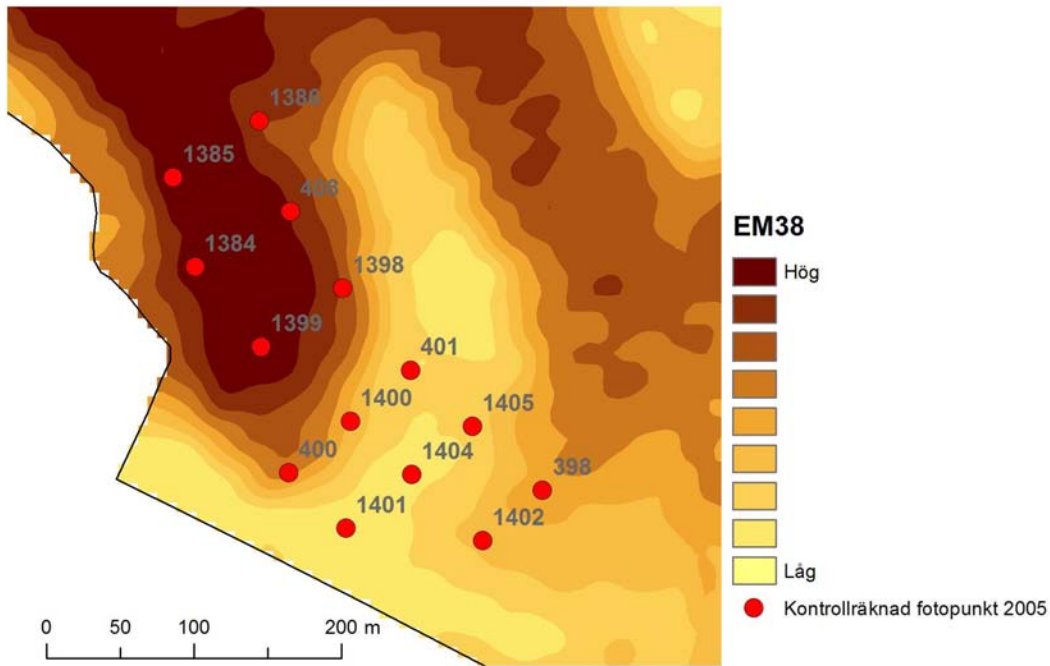
Målsättningen med årets arbete var förutom att ta bilder med så stor variation i ogrästtätet som möjligt att studera hur tidpunkten för bildinsamlingen påverkar resultatet. Vi ville också studera hur kopplad ogräsvariationen är till rumsliga variabler, d.v.s. hur ogräsförekomsten förändras då man rör sig över fältet. Hur kopplad ogräsförekomsten är till markegenskaper började också studeras.

Mätningarna utfördes i havregrödor på skifte 15 och skifte 34 (se Figur 5). På skifte 15 användes sorten Belinda som hade såtts 20/4 och på skifte 34 var sorten Sang och sådatum var 25/4. Bildserier togs vid fyra tillfällen under maj månad (13/5, 20/5, 25/5 samt 30/5) på 12 fastlagda rutor på skifte 15 och på 14 rutor på skifte 34.

På skifte 15, där de största variationerna i ogräsförekomst iaktogs, fotograferades även bildserier i två olika rutsystem. Dels lades ett mindre rutnät ut med ett avstånd mellan punkterna på ca. 15 meter och dels ett större rutnät med 50 meter mellan punkterna. Punkterna i det mindre rutnätet fotograferades den 25/5 (56 punkter) och det stora rutnätet den 30/5 (72 punkter). Nio punkter är gemensamma för det stora och det lilla rutnätet. En karta med EM-38 värden, som indikerar jordartsskillnader inom skiftena, användes vid utläggning av punkterna (Figur 6 och 7). Höga EM-38-värden indikerar höga lerhalter. Skifte 15 uppvisar relativt stor variation i lerhalt (mellan 3 och 24%) och i mullhalt (mellan 1 och 3,4%). Lerhalten på skifte 15 ökar ju längre söderut på skifte man kommer och korrelerar väl med EM-38 värdena. På skifte 34 är lerhalten generellt hög, i det området där fotografering utfördes är halten mellan 34 och 53 % ler. Mullhalten varierar inom samma område mellan 1,8 och 3,4 %.



Figur 6. Provpunkter på skifte 15 2005 och 2006 och försöksblock 2006 med EM-38 karta som bakgrund. Kontrollräknade fotopunkter avser rutor där HS gjort artvisa kontrollräkningar och vägningar av ogräsen.



Figur 7. Provpunkter på del av skifte 34, 2005

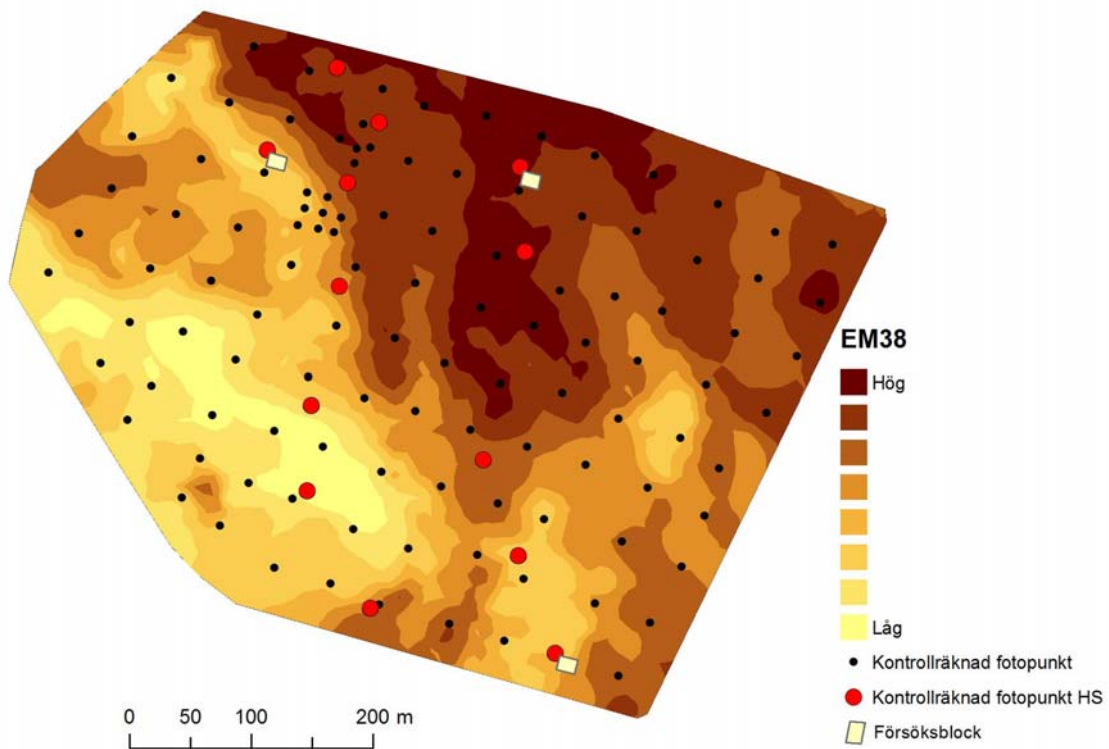
Den 30/5 när samtliga bilder tagits gjorde HS manuella provtagningar i samtliga 14 rutor på skifte 34 och i markerade rutor på skifte 15.

2006

Huvudsyftet detta år var dels att utvidga bildmaterialet med fler bilder från vårsädens 2-bladsstadium som vi upplevdes om optimalt för bildanalys utifrån 2005 års resultat. Detta år lades även försök ut som syftade till att studera skillnader i optimal herbiciddos mellan olika fältdelar. Studierna av kopplingar mellan ogräsdata och markegenskaper fortsatte också.

De fält som valdes ut detta år var skifte 15 och 10. Även detta år var grödan havre på båda skiftena, på skifte 10 var sorten Kerstin som hade såtts den 27/4 och på skifte 15 Sang som såtts den 28/4. Årets fotografering utfördes endast vid en tidpunkt, ungefär i havrens tvåbladsstadium (23/5). Skifte 10 valdes på grund av en relativt stor variation i ogrästäthet och att en tät markkartering gjorts på fältet. Skiftet uppvisar också relativt stor variation i lerhalt (mellan 6 och 24%) och i mullhalt (mellan 2 och 5%).

Även detta år valdes rutor med varierande ogräsmängd och jordarter ut för kontrollräkning av HS. På skifte 10 valdes 13 platser ut och på skifte 15 14 platser (Figur 6 och 8). På skifte 10 togs dessutom 2 bildserier med fasta avstånd mellan punkterna för att närmare studera inomfältvariationer och samband mellan ogräs och markfaktorer. En bildserie omfattade 102 bilder i ett rutnät med 50 m mellan punkterna och den andra serien omfattade 14 punkter med förtätad provtagning (ca. 15 m mellan punkterna) inom ett område med hög ogrästäthet (Figur 7). Totalt fotograferades 129 punkter på skifte 10. På skifte 15 fotograferades endast 14 punkter, ungefär samma positioner som året innan (Figur 6). Samtliga provtagningar utfördes den 23/5 och 24/5.



Figur 8. Översiktsbild över skifte 10 med EM-38 karta som bakgrund. Försöksblock (rektanglar), rutor som kontrollräknats av HS (kontrollräknad fotopunkt HS) och rutor som räknats av Gilles Guillot (kontrollräknad fotopunkt).

Utlägg av försök

För att koppla ogräsmängd till optimal sprutdos lades försök med olika sprutled ut med block (upprepningar) på 3 olika platser på respektive fält. Försöksblocken är markerade med rektanglar i figur 6 och 8. Ett block på vardera fältet placerade i ett område med hög ogrästthet, ett med medelhög och ett där det var låg ogrästthet. Fyra olika led användes: obehandlat, 10% av full dos, 30% av full dos och full dos. Som full dos sattes 1 tablett Express. Detta motsvarar rekommenderad dos som brukaren använde vid ogräsbekämpningsinsatsen i den konventionella driften. Inga upprepningar utan endast en ruta per led och plats tillämpades. Försöken sprutades den 6/6 eller 7/6 liksom även omkringliggande fältedlar. Vid varje block gjordes en kontrollräkning av HS den 23/5 och de gjorde även en avräkning av antalet ogräs och ogräsvikter gjordes den 26/6. Rutvisa kärnskördar togs genom att försöksrutorna tröskades med parcelltröska av Svalöf Weibulls personal i samband med ordinarie skörd 17/8.

I samarbete med ett annat SLF-projekt "Obemannad flygfarkost (UAV) överblickar grödorna" (Rydberg, 2007) togs också flygbilder med UAV samtidigt som ordinarie markbunden fotografering utfördes. Syftet var att studera möjligheterna att med denna metod få en mer översiktlig uppfattning om inomfältvariationen i ogrästthet och jämföra detta med den ordinarie fotograferingen.

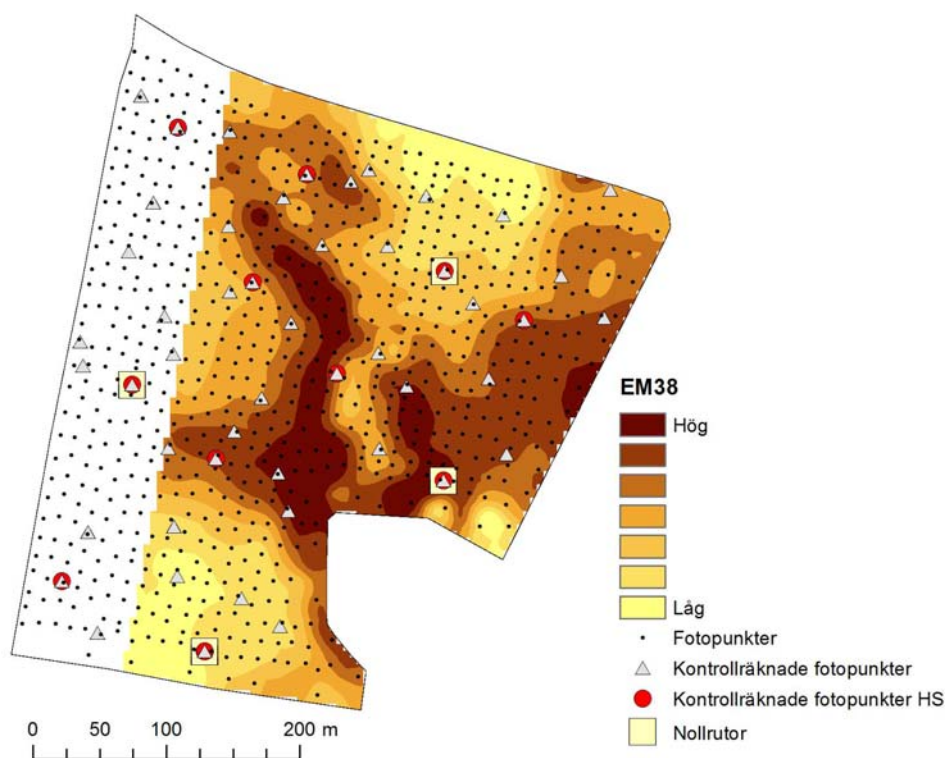
2007

Västergötland

Huvudsyftet detta år var att utifrån en bildserie över fältet göra en doskarta som sedan användes vid platsvis ogräsbekämpning. Bildtagningstätheten ökades dramatiskt detta år för att kunna göra bättre ogräskartor som inte är så känsliga för de felaktigheter som ändå finns i beräkningarna av antalet ogräs i bilderna. En jämförelse mellan manuella mätningar och beräkningar gav att felet i beräkningarna i varje bild ligger på uppskattningsvis cirka 25 %. Effekten av detta fel minskar om mängden bilder ökas. Studierna av att uppskatta variationer i optimal dos mellan olika fältedlar fortsatte också genom att obekämpade nollrutor lades ut.

Försöksfältet var skifte 11 på Bjertorp. Grödan detta år var vårkorn, sorten Gustaf och såtidpunkten 3/4. De punkter som fotograferats uppgick till 814 (Figur 9). Dessa var jämnt fördelade över fältet och fotograferades den 9/5 med hjälp av kamera monterad på motorcykel.

Av de 814 punkterna som fotograferades valdes 50 stycken för manuell räkning som utfördes av författarna i samband med fotograferingen den 9/5. På fyra av dessa platser markerades nollrutor på 10 x 10 meter som lämnades obekämpade vid ogräsbekämpningen som utfördes 22/5. Den 15/5 utförde HS kontrollräkningar som triplikat i de fyra nollrutorna och i 8 andra punkter där vi själva räknade ogräsen (Figur 9).



Figur 9. Provpunkter på skifte 11 på Bjertorp 2007 med EM-38 karta som bakgrund (ej hela fältet har karterats med EM38). Svarta punkter (fotopunkter) fotograferades från motorcykel, kontrollräknade fotopunkter (trianglar) räknades av projektgruppen.. Röda cirklar är punkter som kontrollräknats av HS och kvadrater markerar nollrutor.

I nollrutorna gjordes också artvisa räkningar och vägningar av HS efter ca. en månad (26/6) liksom i besprutad yta bredvid nollrutorna. Även här klipptes triplikat som sedan

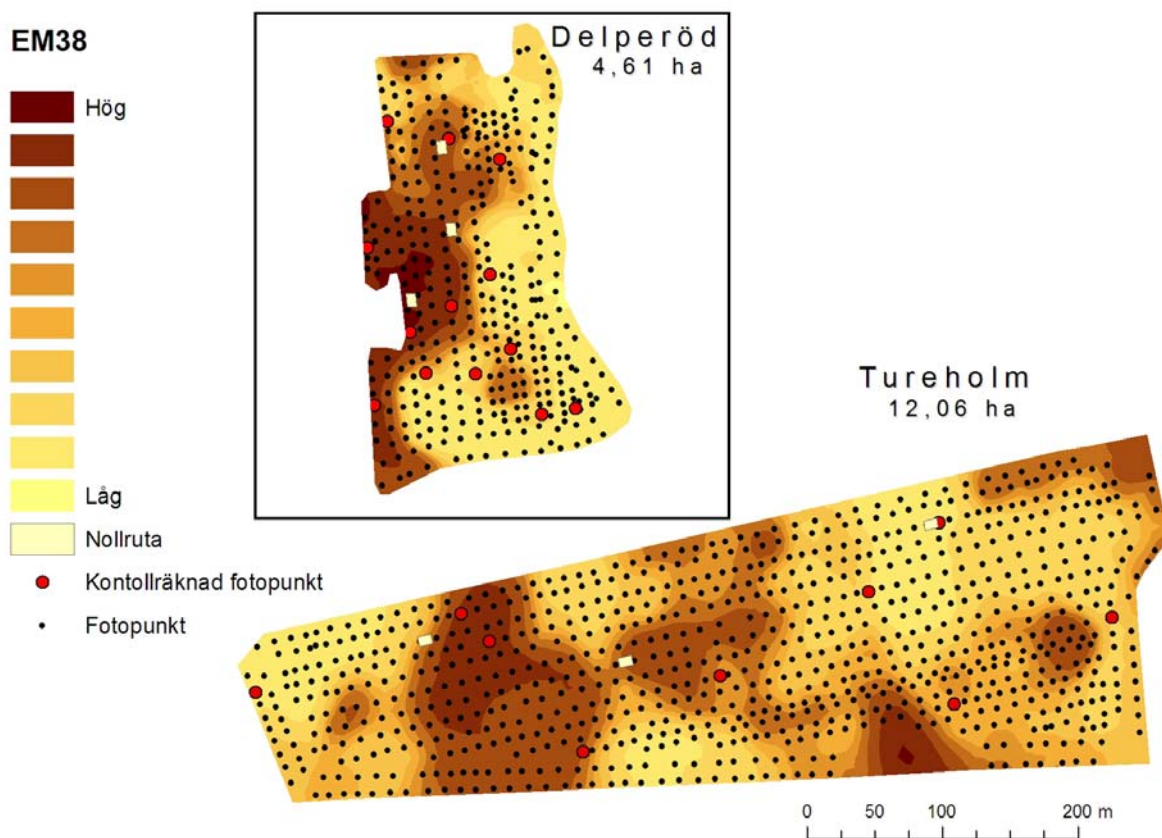
medelvärdesberäknades. I samband med skörden tröskades både nollrutorna och en lika stor ruta bredvid med parcelltröska på samma sätt som föregående år och kärnskornden registrerades

Förutom skördedata från försöken gjordes även en skördekartering i samband med den ordinarie tröskningen, som kunde kopplas till ogräsförekomsten.

Skåne

Det skånska projektets försöksfält, som i rapporten är namngivna efter den gård som fältet tillhör, är belägna på Österlen i Skåne. Tureholm (N 55°34'; E 14°13') hade vid senaste markkarteringen en mullhalt på 1,5 – 2,8 % och en lerhalt mellan 12 – 26 %. Delperöd (N 55°38'; E 14°12') hade en mullhalt på 2,4 – 5,3 % och lerhalt 6 – 7 %. Markens ledningsförmåga mättes (15/4) med EM 38 för att få en detaljerad bild av jordens variation inom fälten (Figur 10). Grödan på de skånska fälten var malkorn (Prestige) som såddes i dagarna kring 1 april.

Fotografering i Skåne skedde den 30 april på Tureholm samt den 4 maj på Delperöd. Mängden ogräs räknades och vägdes manuellt i samband med fotograferingen på ett urval av de fotograferade ytorna (9 manuella räkningar av 819 fotografier på Tureholm, 13 av 359 på Delperöd). På Tureholm räknades samtliga ogräs på den fotograferade ytan, medan den högre ogräsmängden på Delperöd gjorde att endast 0,5 x 0,5 m kontrollräknades där.



Figur 10. Provpunkter och nollrutor i de skånska försöksfälten inlagda med EM-38 karta som bakgrund.

I varje fält lämnades tre nollrutor obehandlade för att kunna kontrollera bekämpningseffekten. Platserna för dessa rutor bestämdes utifrån kartan över fördelning av ogräs (antal). En plats med låg, medel resp. hög ogräsförekomst lämnades obesprutad. Nollrutornas storlek och placering definierades i en digital karta, som användes av sprutans styrsystem för att automatiskt stänga av sprutans delsektioner där nollrutorna önskades. Rutornas storlek var 7 x 10 meter, men beroende på hur sprutans delsektioner passerade den önskade rutan kunde storleken minska till minimum på 3 x 10 meter. Ca en månad efter besprutning (13 juni) räknades ogräs i och strax utanför de obehandlade nollrutorna.

Dosberäkning och preparatval för sprutning 2007

För att beräkna hur dosen bekämpningsmedel skulle varieras användes de tre variabler som räknats fram med hjälp av bildanalysen: antal ogräs, ogräsenes täckningsyta och grödans täckningsyta i bilden. Dessa variabler togs även fram för bilder som samlats in under tidigare år för att bedöma inomfältvariation när det gäller ogräsmängd och grödans täthet.

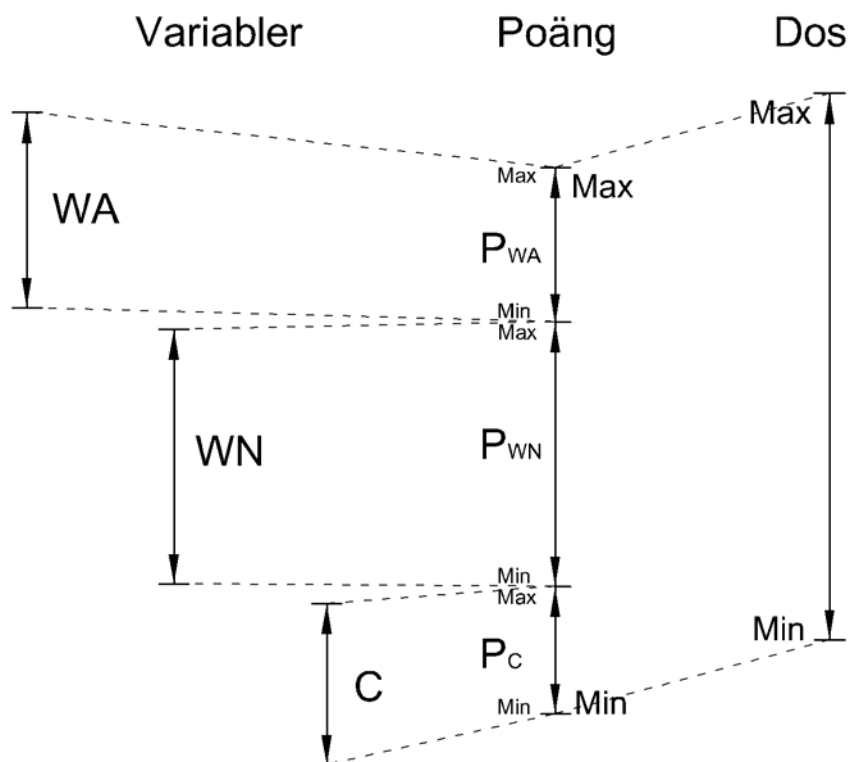
Ett poängsystem utvecklades för att vikta de tre variablernas inverkan på dosen. Som utgångspunkt för poängsystemet användes Dosnyckel för vårsäd som ingår i Kemisk Ogräsbekämpning 2007 (Jordbruksverket 2007).

Algoritmen för bestämning av sprutdos (D) utifrån bildanalysdata beskrivs i Ekv 1 och Figur 11.,

$$\left\{ \begin{array}{l} D = D_{\min} + (D_{\max} - D_{\min}) \frac{P}{P_{\max}} \\ P_{\max} = P_{WN} + P_{WA} + P_C \\ P = P_{WN} \frac{WN - WN_{\min}}{WN_{\max} - WN_{\min}} + P_{WA} \frac{WA - WA_{\min}}{WA_{\max} - WA_{\min}} + P_C \frac{C - C_{\min}}{C_{\max} - C_{\min}} \\ WN_{\min} \leq WN \leq WN_{\max} \\ WA_{\min} \leq WA \leq WA_{\max} \\ C_{\min} \leq C \leq C_{\max} \end{array} \right. \quad \text{Ekv. 1}$$

Antalet ogräs = WN (*Weed Number*), täckningsgraden av ogräs i bilden = WA (*Weed Area*) och täckningsgraden av gröda i bilden = C (*Crop*). Max- och minvärdet för respektive variabel (WN , WA , samt C) bestämdes utifrån variabelns fördelning inom det enskilda fältet. Minimigränsen sattes utifrån någon slags bekämpningströskel som måste överskridas för att en ökning av dosen skulle vara motiverad. Maxgränsen sätts vid det värde för respektive bildanalysvariabel där maximalt tillåtna dos skall vara uppnådd. Därefter viktas variablerna individuellt beroende på hur stort inflytande de bör ha enligt Jordbruksverkets rekommendationer och variablernas variationsbredd enligt bildanalysen. Detta görs genom att multiplicera med poängindexen P_{WN} , P_{WA} respektive P_C . Poängindexkomponenten för WN beräknas genom att multiplicera P_{WN} med en koefficient mellan 0 och 1 som tas fram genom att beräkna WN i relation till intervallet från WN_{MIN} till WN_{MAX} . WN tillåts inte understiga WN_{MIN} eller överstiga WN_{MAX} i beräkningarna. Motsvarande beräkningar gjordes för poängindex enligt WA och C . I figur 11 får antalet ogräs störst betydelse, därefter ogrästäthet och minst betydelse får grödans täthet. P är ett poängindex som består av summan av respektive poängindex. Dosen D beräknas sedan genom att justera dosen mellan den minsta möjliga dosen D_{MIN} och den maximala dosen D_{MAX} med hjälp av koefficienten P/P_{MAX} .

Lägsta och högsta värde för dosen (D_{MIN} och D_{MAX}) bestämdes i samråd med den aktuella brukaren. Hur D_{MIN} och D_{MAX} kan sättas avgörs även av möjligheterna att ändra dos under sprutning. Detta avgörs bl.a. av hur körhastigheten kan varieras och vilket tryckområde som kan användas med utgångspunkt från arbetsområde för sprutans munstycken samt preparattillverkarens rekommendationer.



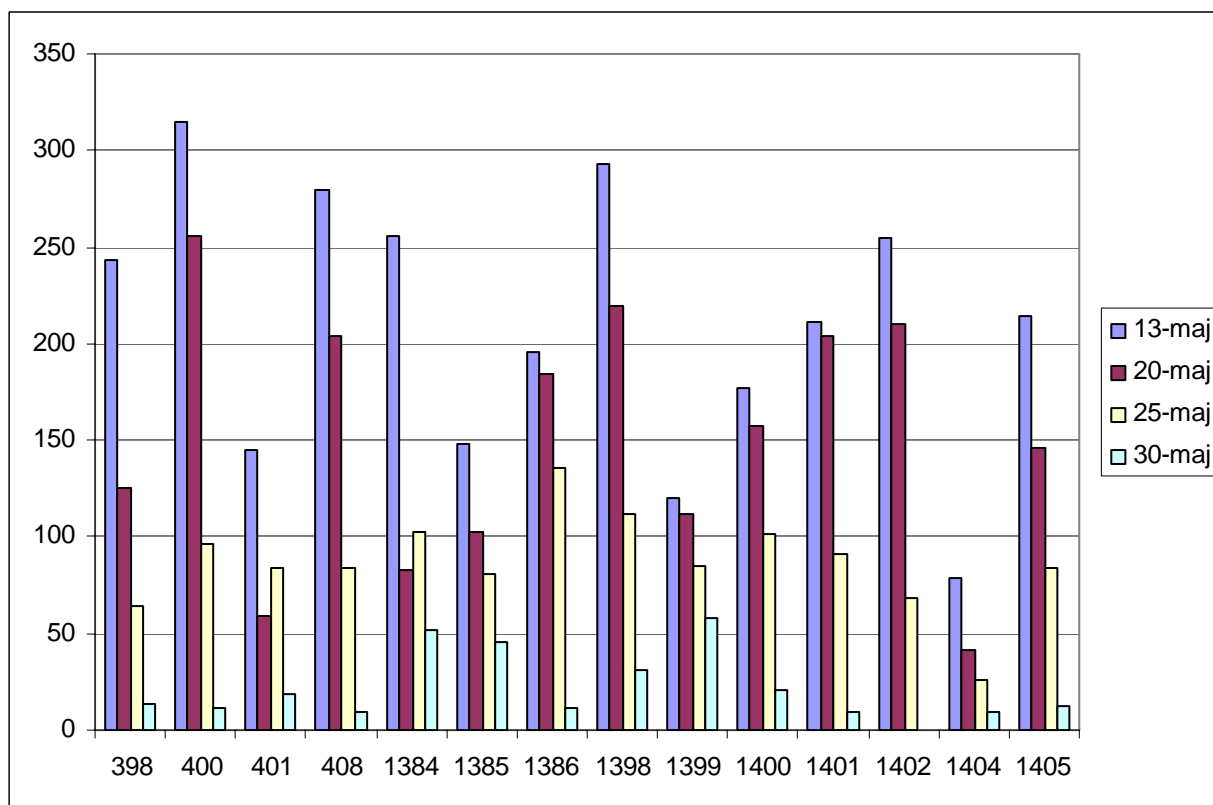
Figur 11. Förtydligande av ekv. 1. Variabler från bildanalysens resultat påverkar, via ett poängsystem, dosens variation. Maximala antalet poäng för varje variabel, samt dosens lägsta och högsta nivå måste fastställas innan styrfil för besprutning kan göras.

Resultat

2005

Skifte 34

Bildanalysens resultat visade att antalet ogräs och ogräsens täckningsgrad varierade ganska mycket mellan de olika platserna och att framförallt antalet ogräs sjönk mellan första och sista mättillfället (Figur 12). När det gäller ogräsarean nås ett maximum vid andra eller tredje mättillfället varefter ogräsarean sjunker till sitt lägsta värde vid sista mättillfället. Grödarean ökar kontinuerligt mellan första och sista mättidpunkten. Skillnaderna mellan platserna som bedömt med bildanalysen stämmer väl överens med iakttagelser som gjordes på plats. Resultaten visar inte på några större skillnader i ogrästäthet beroende på jordart.



Figur 12. Antalet ogräs per m² vid olika mättillfällen i provpunkterna på skifte 34.

Korrelationen mellan ogräsarea och antalet ogräsplantor var hög för alla mättillfällen (>0,9) medan korrelationen mellan ogräsarea och grödarea vid de första mätningarna var svagt positiv för att bli starkt negativ vid det sista mättillfället.

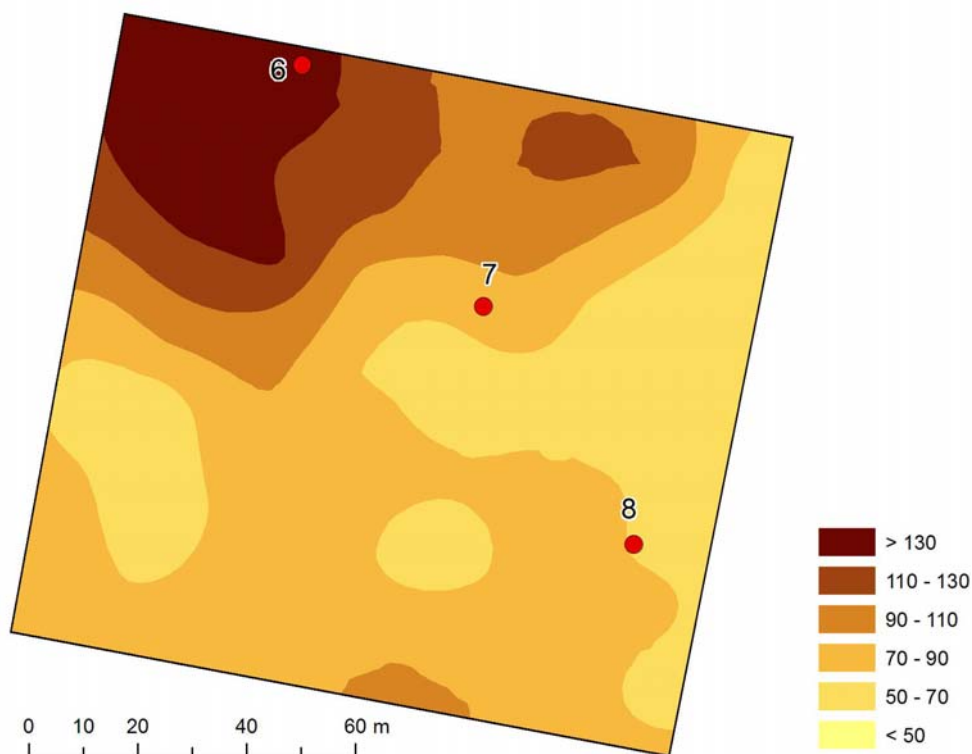
Resultaten stämde inte särskilt väl överens med de räkningar som utfördes av HS. Korrelationen mellan antalet ogräs som hittats av HS och bildanalysen var som bäst 0,6 för analys av bilder tagna 25/5. Bildanalysen fann betydligt färre ogräs vid den senaste tidpunkten än vad man fann vid räkningen (Figur 12, Tabell 1). Ogräsfloran dominerades av åkersenap (Tabell 12, Bilaga 3).

Tabell 1. Ogräsantal och vikter per m² på skifte 34 som kontrollräknats av HS 30/5 2005.

Rutnummer	Antal	Vikt (g)	Rutnummer	Antal	Vikt (g)
398	301	154	1398	409	188
400	490	220	1399	157	76
401	141	45	1400	254	126
408	352	170	1401	372	187
1384	144	57	1402	356	228
1385	160	79	1404	67	95
1386	359	152	1405	219	109

Skifte 15

På skifte 15 var antalet ogräs större i områden med högre mullhalt och lägre lerhalt. Detta illustreras av rutan med förtätad provtagning där man har lättare jord med högre mullhalt uppåt till vänster i bilden (Figur 13).

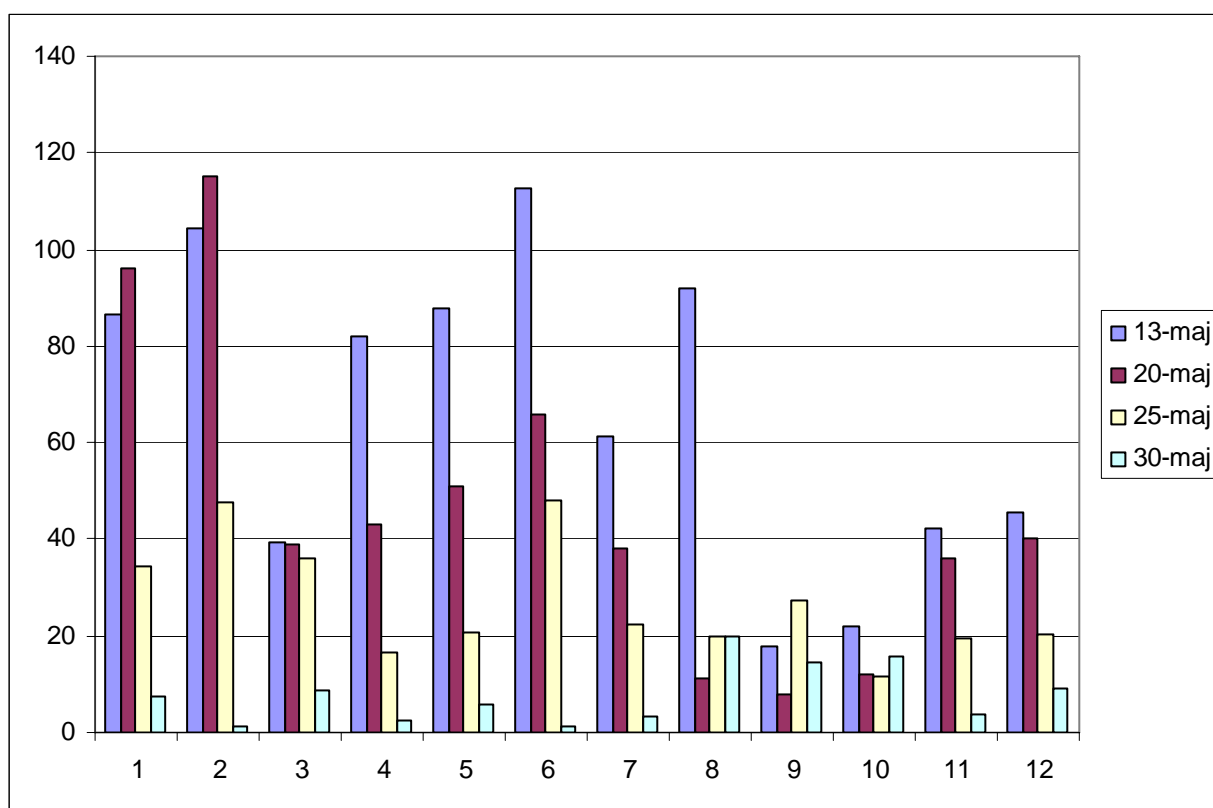


Figur 13. Antalet ogräs per m² i beräknad med bildanalys i förtätad provtagningsyta på skifte 15.

Nuggetvariansen utgör 20-25% av den totala variansen (bilaga 1 – för ogräsandel är dock nugget extrapolerad till 0) vilket kan bero på viss osäkerhet i bildanalysen. I den sandigare nordvästra delen är ogräsantalet högt medan det är lågt i den lerigare sydöstra delen (jämför EM38-kartan i Figur 6 med Figur 13). och den skarpaste gradienten mellan kontrollräknad ogräsmängd/ogräsvikt förelåg längs diagonalen i den rutan med förtätad provtagning (Tabell 2, Figur 13). Mitt i rutan finns ett stråk där andelen gröda är högt (bilaga 2, Figur 31b).

Korrelationen mellan ogräsarea och antalet ogräs var god i rutan ($r=0,88$) medan det inte var någon korrelation mellan ogräsarea och grödarea. Enligt kartorna i bilaga 2 (Figur 31b och c) kan man se att detta inte heller är att förvänta.

Bildanalysalgoritmen fungerade sämre för övriga delar av fältet eftersom den sena fotograferingstidpunkten gjorde att grödraderna var svåra att se. Därför bedömdes inte ogräskartan som tillförlitlig för dessa delar av fältet.



Figur 14. Antalet ogräs per m² bedömda med hjälp av bildanalysen i vid de olika mätillfällena på skifte 15 2005.

Liksom för skifte 34 sjönk antalet ogräs registrerade med bildanalysen kontinuerligt mellan första och sista mätillfället. Vid det sista mätillfället var antalet registrerade ogräs generellt lågt särskilt på mullrikare och lättare delar av fältet (Figur 14). Detta illustrerar också att grödraderna "vuxit ihop" vid det sista mätillfället och att bildanalysen därför inte gav tillförlitlig information. Detta visar att det är viktigt att genomföra bildtagningen vid rätt tidpunkt för att få bra bildanalysresultat. Om bilderna tas för tidigt så har inte ogräset kommit upp eller vuxit sig tillräckligt stort och om bilderna tas för sent då grödan täcker merparten av allt ogräs blir det väldigt svårt att analysera mängden ogräs. Korrelationen mellan ogräsarea och antalet ogräs var hög för alla mätillfällena ($>0,9$) utom det sista då den låg på ca. 0,75

medan korrelationen mellan ogräsarea och grödarea var svagt positiv vid de första mätningarna för att bli starkt negativ vid det sista mättillfället

Den manuella räkningen av antalet ogräs visade god överensstämmelse endast med analys av bilder som togs den 13/5 och 20/5, ($r = 0,62$ respektive $0,89$). Flera ogräsarter bidrar till skillnader i ogräsförekomst mellan olika fältdelar. Bl.a. utgör då en stor del av ogräsen i den nordvästligaste delen av fältet, men saknas nästan helt i den sydostliga delen (se Tabell 13 i Bilaga 3).

Tabell 2. Ogräsantal och vikter per m² på skifte 15 som kontrollräknats av HS 30/5 2005.

Rutnummer	Antal	Vikt (g)	Rutnummer	Antal	Vikt (g)
1	205	62	7	194	180
2	212	59	8	41	18
3	87	35	9	38	19
4	111	55	10	30	16
5	165	152	11	143	107
6	177	132	12	95	47

2006

Skifte 10

Ogräsen på skifte 10 var framförallt koncentrerat till mindre ruggar (Figur 15). På den nordvästra delen av skiftet dominerar åkerbinda (se Tabell 14 i Bilaga 3). Detta mönster framträder även tydligt i flygbild tagen med UAV (Figur 16)

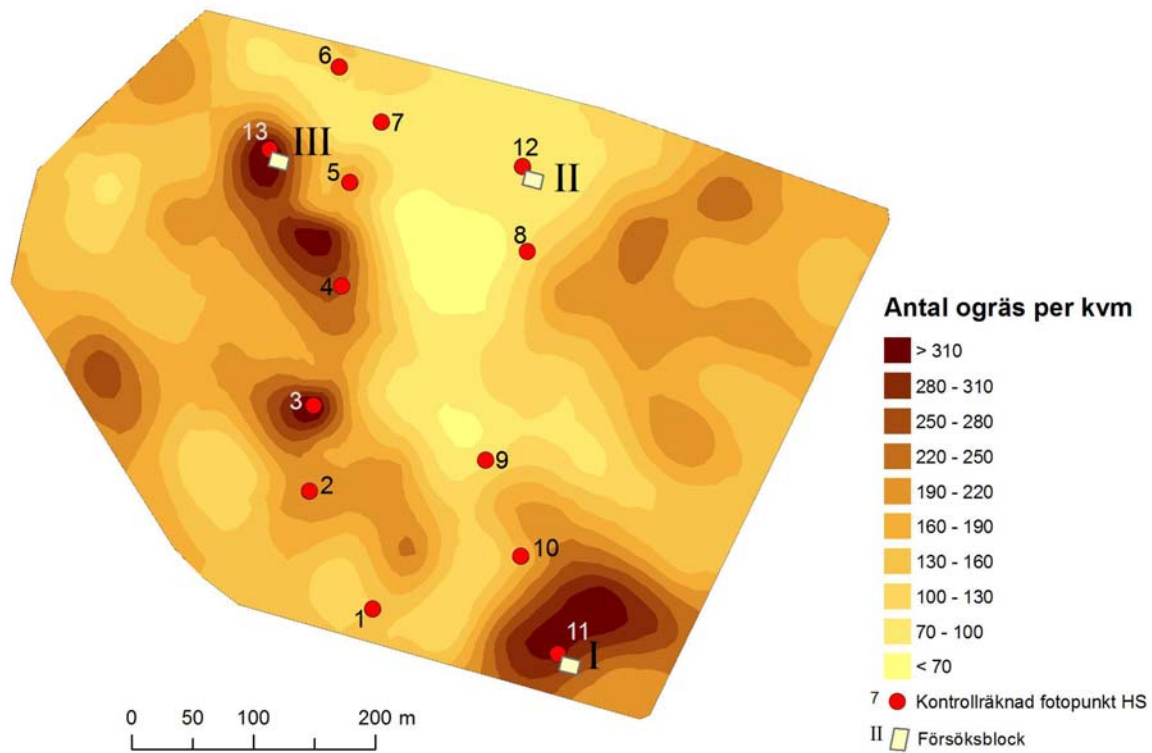
Korrelationen mellan ogräsarea och ogräsantal var ganska starkt ($r=0,79$) medan det var en svagt positiv korrelation mellan ogräsarea och grödarea ($0,33$).

Variogrammen för ogräs och gröda på skifte 10 var mycket osäkra med stor spridning på semivariansvärden i olika avståndstervall. Det tyder på att provtagningen inte på ett bra sätt fångar den variation som finns. Sannolikt är avståndet mellan observationer (ca 50 m, utom i några områden med tätare mellan provplatser) för stort. Dessutom förekom ogräs ofta fläckvis eller i stråk (Figur 15).

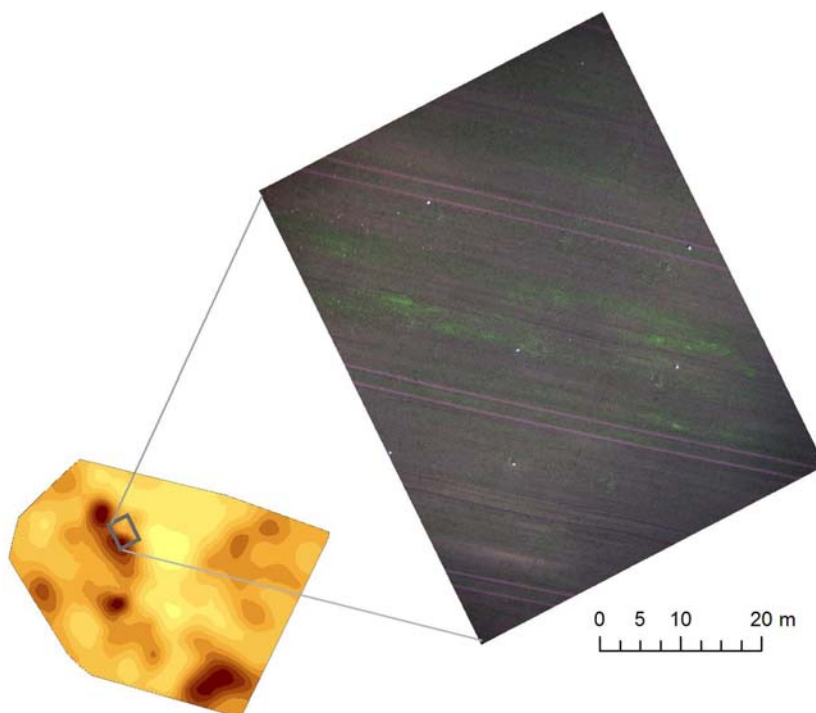
Sambandet mellan ogrästäthet och jordart är inte lika tydligt även om det finns ett visst samband mellan hög lerhalt och liten ogräsmängd på skifte 10 (Figur 15 och 17).

För detta år finns ett stort material för att jämföra manuell ogräsräkning utförd av Gilles Guillot med bildanalysalgoritmen och detta visar på ett mycket bra samband $r = 0,91$. Antalet detekterade ogräs var dock ungefär dubbelt så stort med bildanalysen jämfört med den manuella räkningen.

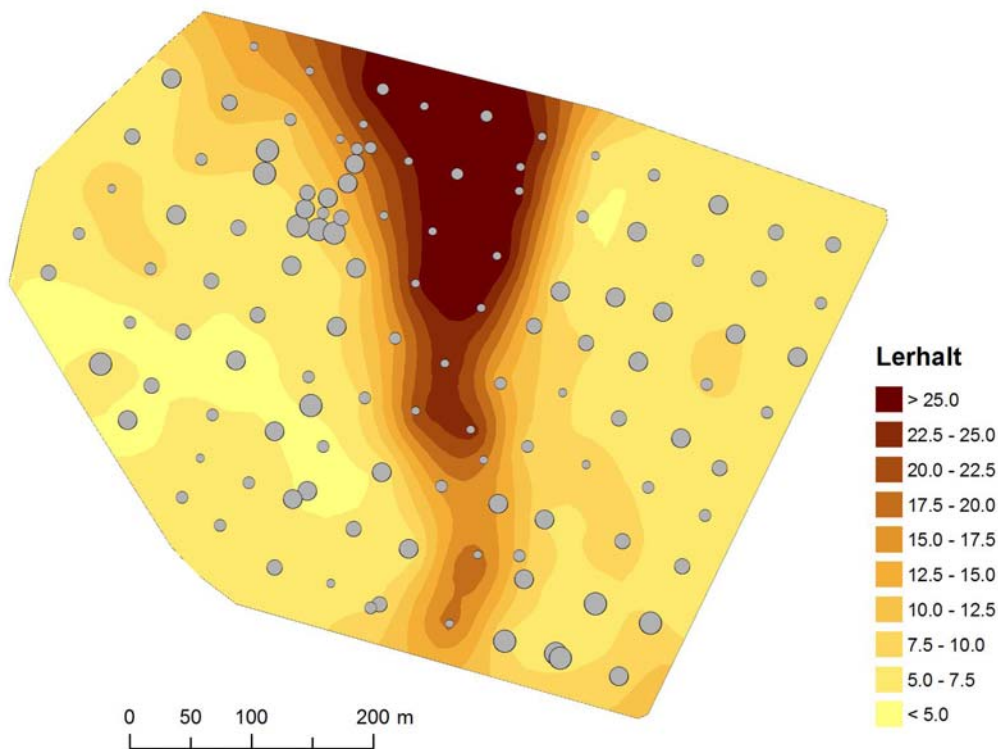
HS-räkningar stämde också väl överens med bildanalysalgoritmen (Figur 15, Tabell 3). Korrelationen mellan HS-räkningar och bildanalys var $0,87$ och ungefär lika många ogräs hittades med båda metoderna. Det var också tydligt att den optimala sprutdosen skilde sig mycket mellan försöken som förlagts i områden med låg respektive hög ogrästäthet (Figur 15, Tabell 4).



Figur 15. Inomfältvariation för antalet ogräs per m² beräknat med hjälp av bildanalys på skifte 10 2006.



Figur 16. Flygbild från UAV över ett område på skifte 10 i närheten av försöksblock III i figur 15,



Figur 17. Lerhaltsvariationen på skifte 10 med variationen i ogrästäthet illustrerad med grå cirklar där större cirkel anger högre ogrästäthet.

Tyvärrens bekämpningarna av någon anledning mycket liten effekt och därför är det inte meningsfullt att redovisa resultaten från hela sprutserien. Däremot var skillnaden mellan obesprutat led och fältets normala bekämpning tydligt avhängigt av mängden ogräs på respektive plats på skifte 10 (Tabell 4).

Tabell 3. Ogräsantal och ogräsvikter per m² som kontrollräknats av HS 23/5 2006 på skifte 10 respektive 15.

Rutnummer	Skifte 10		Skifte 15	
	antal	vikt (g)	antal	Vikt (g)
1	1232	51	300	9
2	864	30	308	13
3	848	38	216	8
4	624	40	212	10
5	912	38	156	10
6	928	26	228	10
7	736	34	232	6
8	112	2	184	8
9	64	0	28	0
10	96	2	16	0
11	272	10	24	0
12	192	5	68	2
13	896	35	48	1
14			224	9

Tabell 4. Ogräsantal och vikt per m² graderat av HS 26/6 2006 och skörd (kg/ha) i obekämpade led och normalbekämpat område utanför respektive försöksblock på skifte 10 och 15.

BLOCK	LED	Skifte 10			Skifte 15		
		Antal	Vikt (g)	Skörd	Antal	Vikt (g)	Skörd
I	Obekämpat	106	81	2856	51	35	4210
I	Normal dos	11	5	3497	19	5	4074
II	Obekämpat	33	5	4893	57	120	3794
II	Normal dos	25	5	4134	14	8	3824
III	Obekämpat	227	167	3550	22	26	4273
III	Normal dos	8	1	4539	4	0	4537

Skifte 15

Här var sambandet mellan antalet ogräs som kontrollräknats av HS och bildanalysens resultat mycket bra. Korrelationen för antalet ogräs beräknade med bildanalysen och den manuella räkningen av ogräs var 0,91. Likaså var korrelationen mellan andelen pixlar bedömda som ogräs och ogräsvikten 0,91. Antalet ogräs per ytenhet var ganska lika, i medeltal 160 ogräs/m² enligt HS medan bildanalysen hittade 200 ogräs/m². Mönstret med en tydlig koppling till jordart och lägre ogräsmängder i områden med högre lerhalt upprepades från föregående år. Liksom 2005 erhöles också den skarpaste gradienten i ogräsantal inom rutan där förtätad provtagning utfördes 2005. Även detta år var då ett av de dominerande ogräsen i det nordvästliga hörnet av fältet (se Tabell 15 i Bilaga 3).

2007

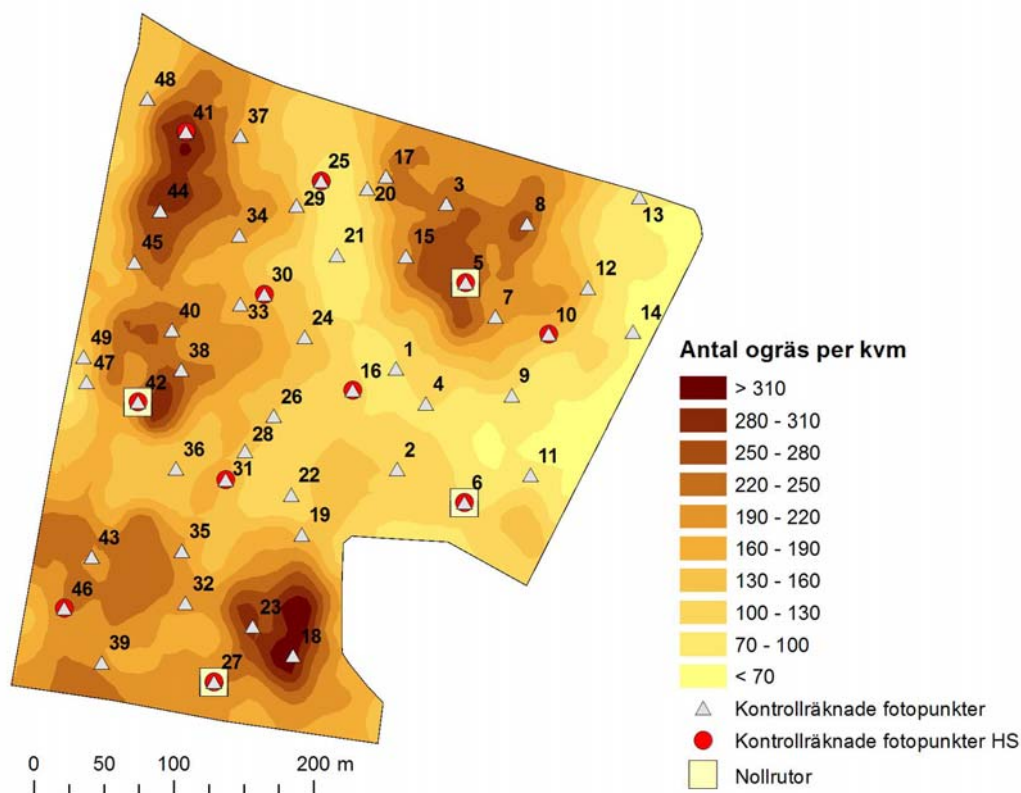
Inomfältsvariationer

Västergötland

Inomfältsvariationen för ogräsantal bedömd med bildanalys var stor även detta år och med något större sammanhängande områden med större ogräsantal (Figur 18).

Korrelationen mellan de olika måtten ogräsarea och antalet ogräs var även detta år hög, 0,77 och en svag positiv korrelation noterades mellan ogräsarea och grödarea (0,33). Både ogräsarea och grödarea är tydligt högre mot västra kanten på fältet.

Kartor och variogramresultat för bildanalysdata finns i bilaga 1 och 2. Variationen påverkas dels av en väst-östlig trend (med framförallt hög andel bladyta och grödandel i väster) och dels stora jordartskillnader som främst syns i fördelningen av ogräsantal (jämför figur 9 och figur 18). Nuggetvariansen uppgår till hela 50 % av C₀+C (bilaga 1) vilket visar att bildanalysdata från intilliggande bilder kan vara ganska olika, även om variationen i stort följer de beskrivna geografiska trenderna.



Figur 18. Fördelning av antalet ogräs bedömd med bildanalysen på skifte 11 på Bjertorp 2007 med placering av kontrollräknade rutor och nollrutor inlagda.

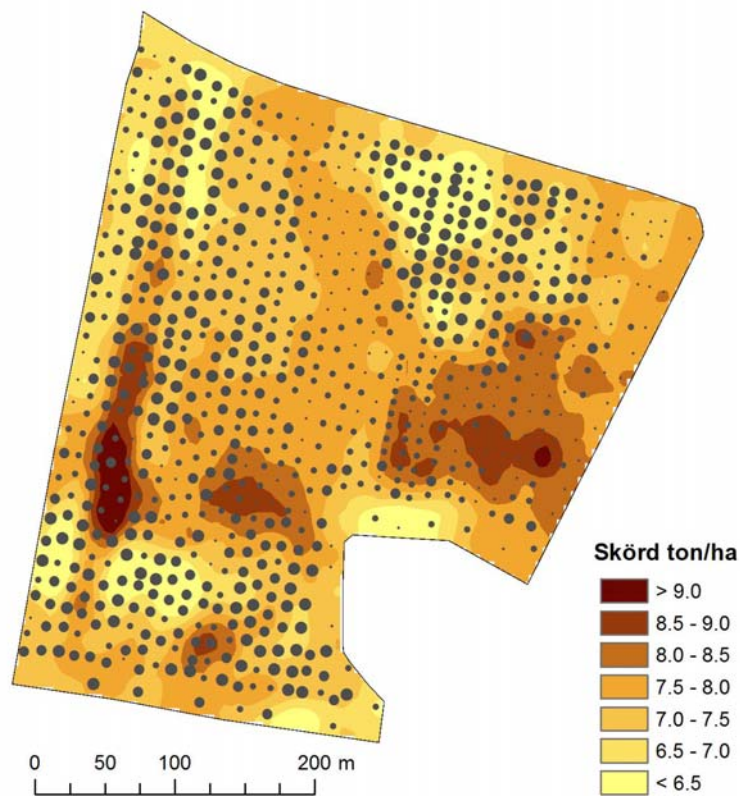
Antalet ogräs beräknade med bildanalys stämmer ganska väl överens med de manuella räkningar utförda av projektgruppen ($r = 0,65$ för samtliga punkter och $r = 0,74$ om punkter med extremt mycket ogräs tas bort). Bildanalysen detekterade färre ogräs än de manuella räkningarna, vilket indikerar något sen provtagningstidpunkt liksom var fallet 2005. Överensstämmelsen mellan våra och HS räkningar var god, $r = 0,90$. Bildanalysens bedömning av andelen av ytan som täcks av ogräs och vägning av ogräs stämde bra överens ($r = 0,81$),

Även detta år var det skillnad i spruteffekt mellan fältdelar med mycket respektive lite ogräsmängd. Dock är det svårare att utvärdera då dosen inte varit densamma över hela skiftet. Trots detta var skillnaden mellan obekämpad ruta och normalbekämpat område utanför mindre i områden med lite ogräs än i områden med mycket ogräs (Tabell 4, Figur 18). Dominerande ogräsarter var viol och sparvnäva (se Tabell 16 i Bilaga 3). Detta kan tolkas som att variationen i sprutdos kunde varit ännu större vilket hade gett en ännu större besparing av bekämpningsmedel.

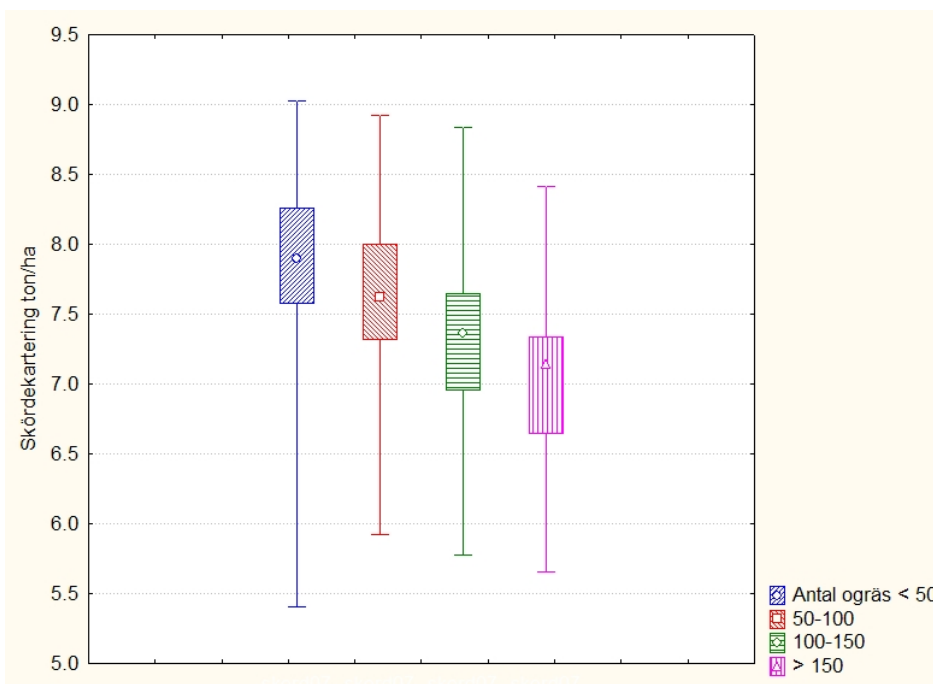
En jämförelse av skördekarteringen med bildanalysens bedömning av ogrästäthet visar att områden med en hög ogrästäthet är kopplad till lägre skörd (Figur 19 och 20. Det bör dock påpekas att jordartsskillnader är korrelerade till skillnader i ogrästäthet och det är områden med hög lerhalt och låg ogrästäthet som gett högst skörd.

Tabell 5. Ogräsantal och vikt per m² graderat av HS 26/6 2007 och skörd (kg/ha) i obekämpade rutor respektive normalbekämpad ytor utanför nollrutorna.

Ruta	Antal	Vikt (g)	Skörd
5 obekämpat	529	862	4672
5 normal dos	181	111	4856
6 obekämpat	179	426	5909
6 normal dos	60	53	6164
27 obekämpat	65	631	6177
27 normal dos	49	75	6688
42 obekämpat	536	1037	5312
42 normal dos	456	335	5678



Figur 19. Antalet ogräs markeras med mörka cirklar där större antal illustreras med större cirkel.



Figur 20. Antalet ogräs fördelat i kategorier jämfört med skörde-data från skördekartering för respektive kategori. Boxarna utgör 25% till 75 % av populationen i respektive kategori. Staplarna visar min- och maxvärden.

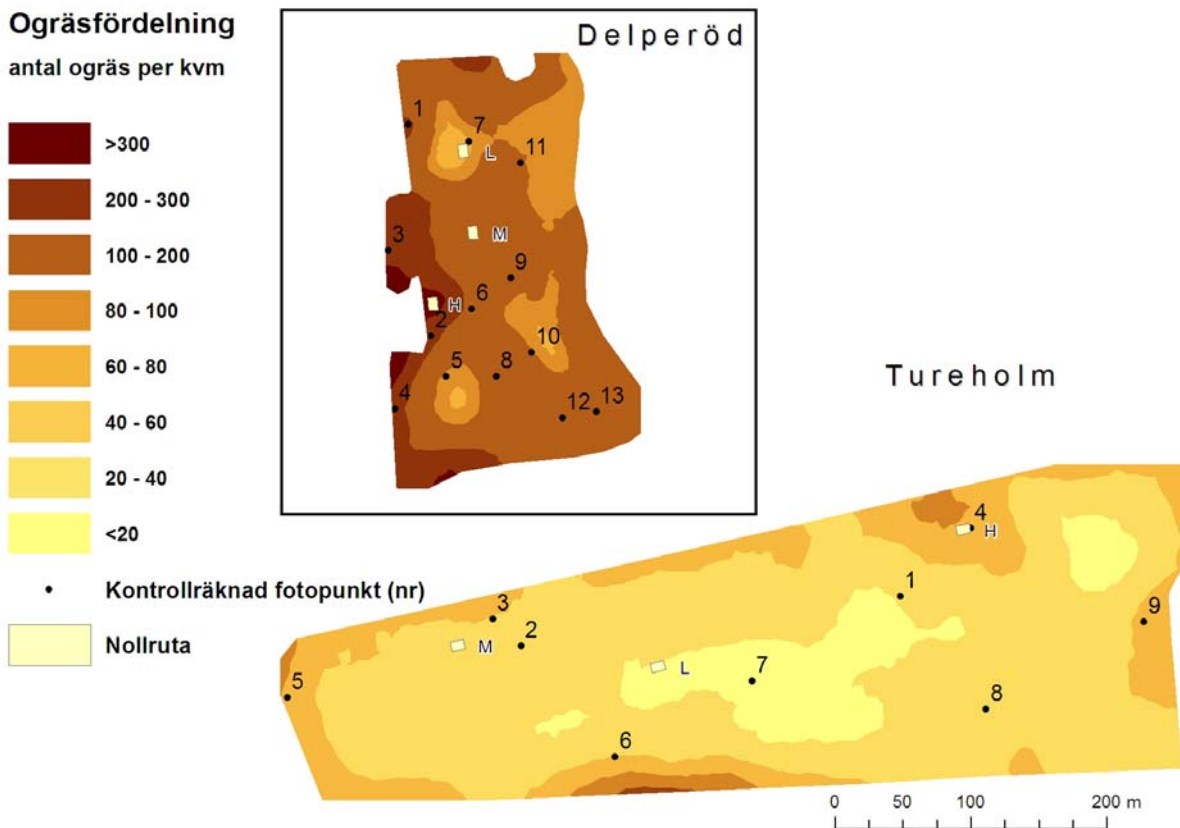
Skåne

Ogräsmängden på Tureholm var överlag låg (Figur 21). Ogräsen var små vid bekämpningstillfället, med undantag för spillraps, som förekom fläckvis och där plantorna var avsevärt större än övriga ogräs (Figur 28c, bilaga 2). Antalet ogräs per m^2 var högre utmed fältets ytterkanter men visade inget synbart samband med fältets jordartsvariationer.

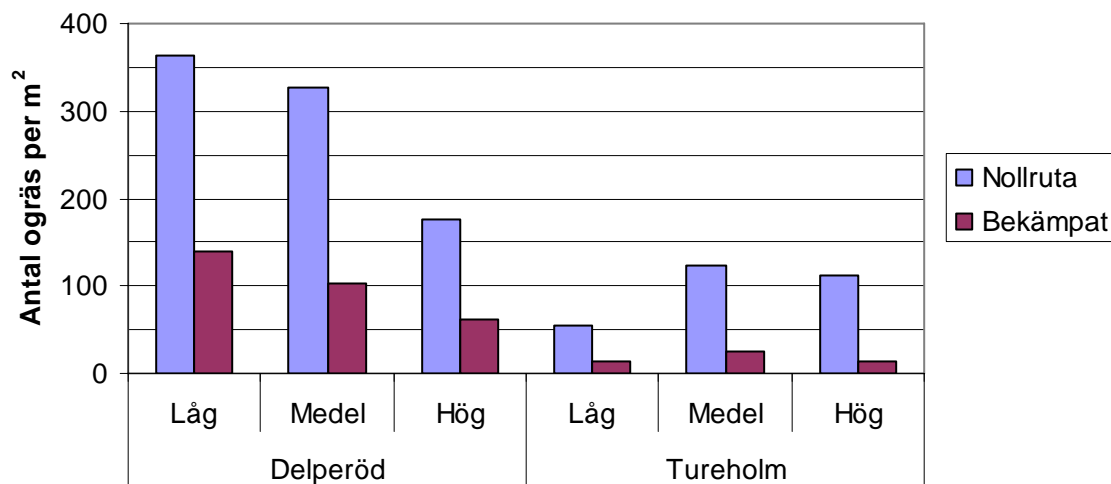
På Delperöd var ogräsförekomsten rikligare. Antal ogräs per m^2 var högre i fältets västra del, vilket tyder på samband med mätningen med EM 38 (jämför Figur 21 och Figur 10).

Ogräsräkningen i nollrutorna verifierade skillnaden i ogräsmängd mellan de två skånska fälten (Figur 19). Inom fälten följde dock inte fördelningen den ogrästäthet (antal/ m^2) som beräknades vid fotograferingen (Låg, Medel och Hög). På de bekämpade områdena var det i huvudsak åkervioler som fanns kvar. I den kontrollräknade ruta som ligger närmast nollrutan med hög ogräsmängd på Tureholm noterades vid fotograferingen att ogräsen var många men små, ca 10 mg/ogräs jämfört med ca 60 mg/ogräs som var medel för hela fältet.

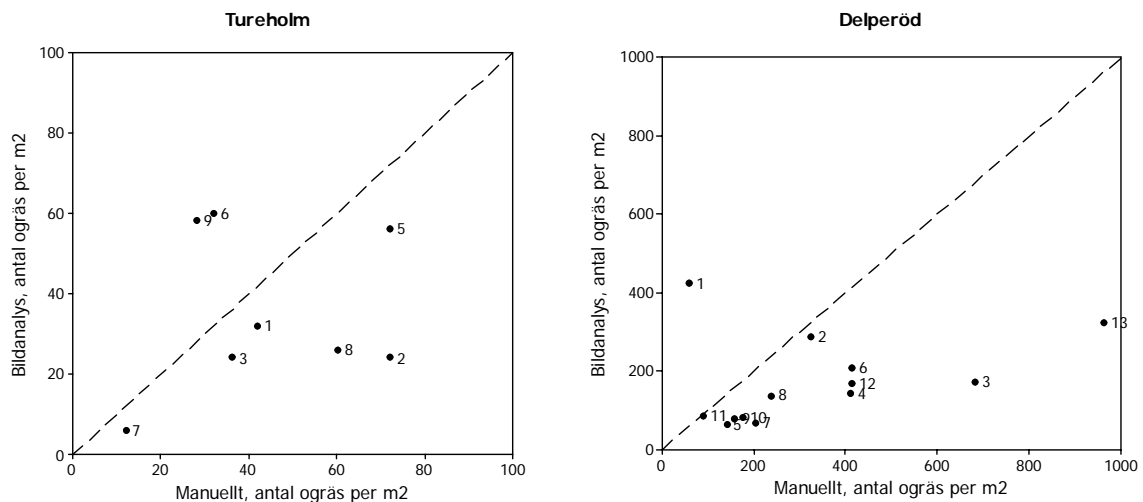
Korrelationen mellan antalet ogräs som detekterats med hjälp av bildanalysen och den manuella kontrollräkningen var inte bra (Figur 23). Generellt så verkar algoritmen underskatta antalet ogräs. Dock är antalet kontrollpunkter får lågt för att säkerställa denna avvikelser.



Figur 21. Fördelning av antalet ogräs per m² beräknat med bildanalys i skånska försöksfält. Nollrutor har försetts med bokstavsbezeichnungarna H = hög, M = medel och L = låg ogräsmängd (Jämför figur 22)



Figur 22. Resultat från ogräsräkning i och strax utanför nollrutorna på de skånska fälten.



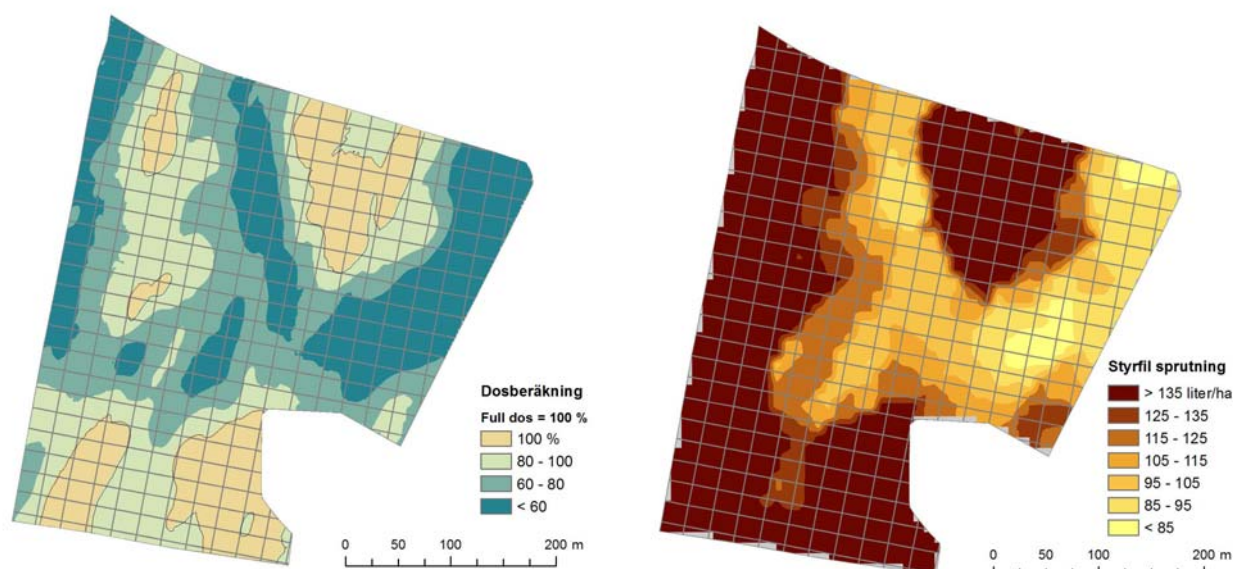
Figur 23. Korrelation mellan manuell räkning och bildanalys på de skånska försöksfälten.

Styrfiler

För varje fotopunkt beräknades dosen i form av vätskemängd (liter per hektar). Utifrån dessa punkter skapades, genom interpolation, ett raster med samma cellstorlek som sprutans arbetsbredd (24 m). Rutnätet anpassades till de körspår som skulle användas vid sprutningen. Filformatet som användes var polygoner i ESRI shapeformat i koordinatsystemet WGS 84. I Skåne användes mjukvaran Fieldware Office (Teejet) för att konvertera styrfilen för att passa sprutdatorn och ytterligare en fil med fältets gränser och nollrutorna skapades. I Västergötland användes PrecisionWizard (Söderström, 2006) för att konvertera styrfilen till sprutans styrsystem. Här användes Yara N-Sensor (Yara AB) som styrdator.

Sprutning Västergötland

I Västergötland användes en Hardi Commander Twin Force med en Hardi Nova styrenhet. Denna var kopplad till en Yara N-Sensors styrdator som reglerade vattenmängden utifrån styrfilen. De munstycken som användes var vanliga spaltspridare (Hardi F 110-02). Sprutvätskans preparatkoncentration var konstant och därför varierades dosen genom ändrad vätskemängd, vilken i sin tur reglerades av kontrollsystemet genom att spruttrycket ändrades. Körhastigheten varierades manuellt av föraren för att spruttrycket skulle hållas inom, för munstyckena, lämpligt intervall (1,5 – 4,0 bar). Kontrollsystemet lagrade sprutans position och vätskemängd en gång per sekund i en loggfil. Platserna för obesprutade nollrutor bestämdes utifrån kartan. Nollrutornas storlek och placering definierades i en digital karta. Dosen varierades mellan 0,67 och 1,13 tablett Express 50T (reg.nr. 3845) per hektar vilket motsvarar vätskemängder mellan 80 och 140 liter per hektar (Figur 24b). Den högre dosen var den som brukaren skulle använt i normalfallet. Detta skulle ha medfört en förbrukad vätskemängd på 2135 liter. Sprutningen enligt den anpassade dosen förbrukade 1895 liter som är en reduktion på drygt 11 % jämfört med normaldosen. Minskningen hade dock blivit större om den ursprungliga dosberäkningen följts (figur 24a). Jordbrukaren ville t.ex. ge full dos längs den västra fältgränsen och endast minska dosen enligt bildanalysen på de ogräsfattiga, leriga centrala och östra delarna av skifte 11 (jämför Figur 24a och b). Dosen reducerades till slut på knappt halva arealen av fältet, lokalt med som mest upp till 40 %.

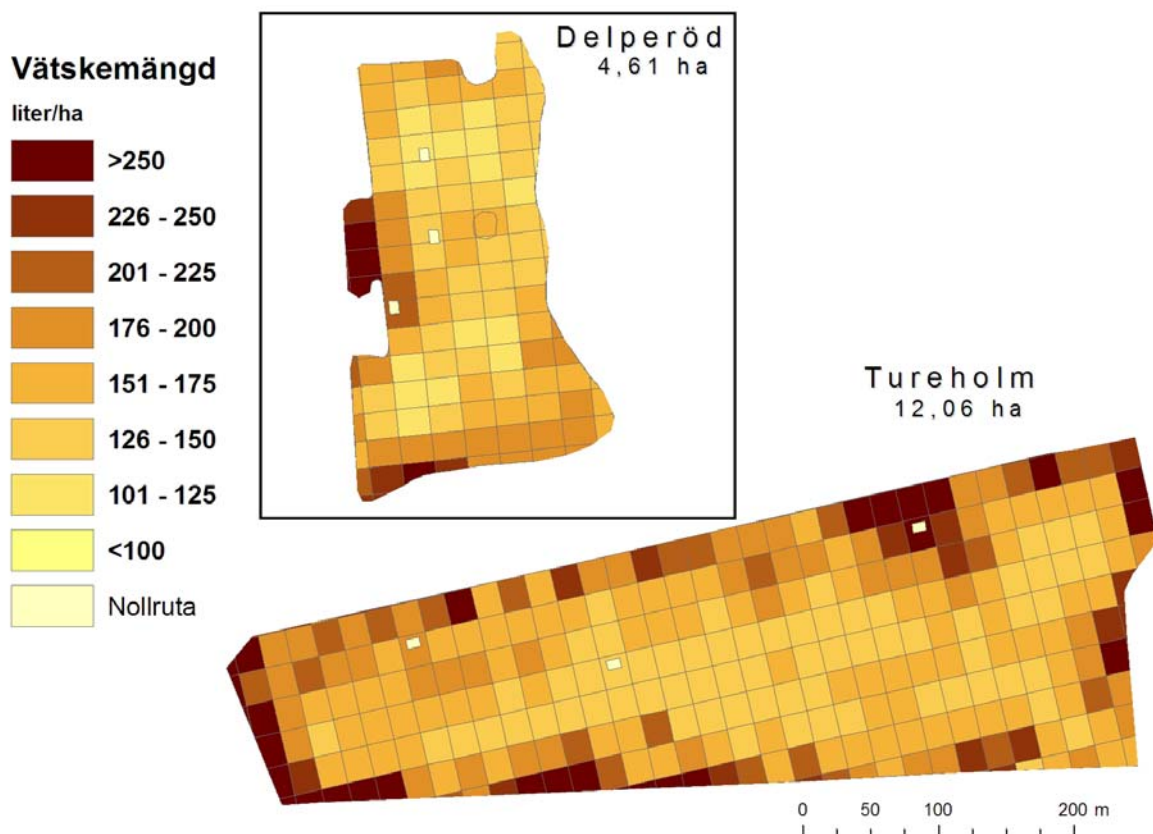


Figur 24. a) Dosberäkning enligt beräkningsmodellen baserad på bildanalysdata på skifte 11 på Bjertorp. b) Styrfil för sprutning efter modifiering av dosberäkningen enligt brukarens önskemål och omräkning till vätskemängd.

Sprutning i Skåne

En konventionell lantbruksspruta (Lindströms i Lomma BSP 3600) med 24 meter bred ramp användes för besprutningen, som utfördes på Tureholm och Delperöd den 17 resp 18 maj. Munstycken som användes var spaltspridare AXI 110-03 (Albuz). Kontrollsystemet som användes var Legacy 6000 (Teejet) som gav möjlighet att använda styrfiler för automatisk variation av doseringen. Även med denna spruta varierades doseringen genom att ändra vätskemängden, som, precis som i Västergötland, varierades genom automatisk tryckreglering och manuell hastighetsreglering. Vid sprutning användes en AgGPS 332 GPS-mottagare från Trimble med Sjöfartsverkets korrektionssignal. Fördelningen i liter per hektar framgår av figur 25.

Bekämpningstidpunkten i Skåne blev framskjuten några dagar jämfört med lantbrukarens föreslagna tidpunkt p.g.a. tekniska problem med sprutan. Lantbrukarens val för konventionell bekämpning blev därför i nivå med preparatetikettens angivelse (för vårsäd med förekomst av tistel) (Tabell 5). Mangannitrat tankblandades med preparatet och spreds samtidigt med ogräsbekämpningen.



Figur 25. Fördelning av vätskemängd på försöksfält i Skåne.

Tabell 5. Preparat och koncentration i sprutvätskan som användes för platsspecifik bekämpning i Skåne, jämfört med lantbrukarens val av preparat och dos om konventionell sprutning hade tillämpats.

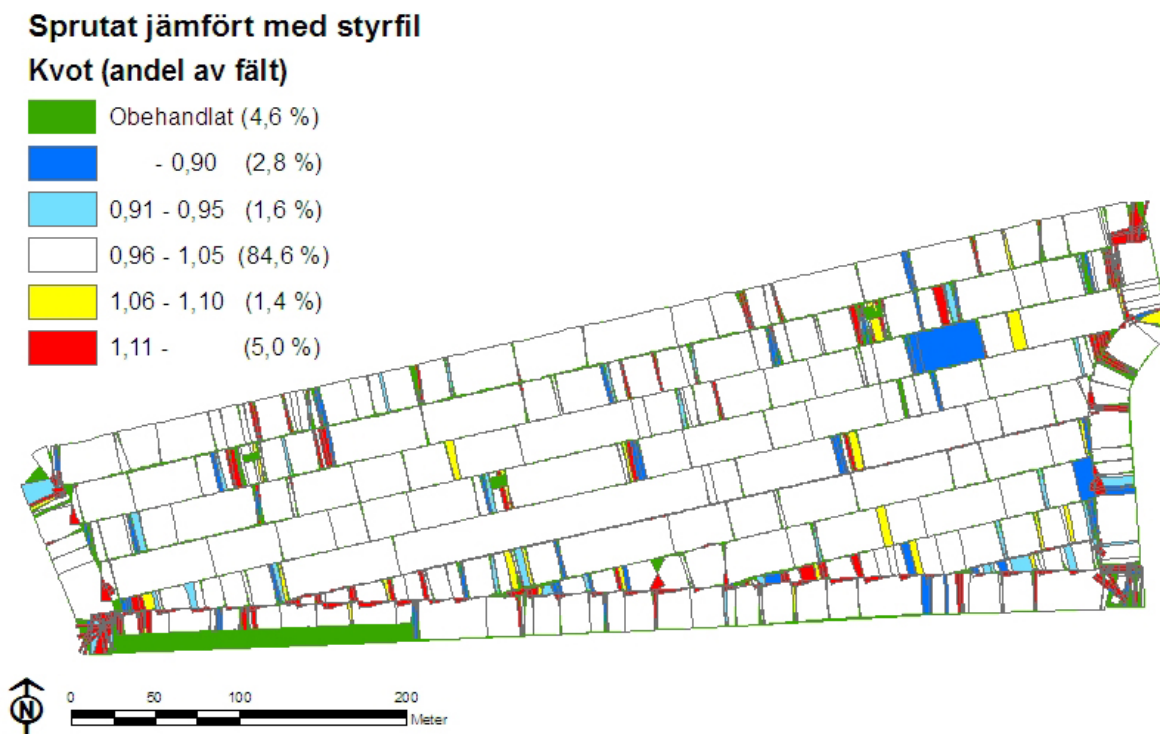
	Platsspecifikt	Konventionellt val
Vätskemängd	Enligt styrfil	200 l/ha
Ariane S (reg.nr. 3856)	0,8 %	1 % (2 l/ha)
Nufarm MCPA 750 (reg.nr. 3236)	0,4 %	0,5 % (1 l/ha)
Mangannitrat	0,6 %	0,75 % (1,5 l/ha)

Styrfilerna gav uppgift om total mängd sprutvätska som behövdes till respektive fält. Utifrån denna uppgift och bestämd koncentration (Tabell 6) kunde den totala preparatmängden beräknas och fyllas i sprutan (Tabell 7). Skillnaden i preparatförbrukning mellan den platsspecifika bekämpningen och lantbrukarens konventionella val beräknades.

Tabell 6. Preparatåtgång vid platsspecifik bekämpning, jämfört med konventionell dvs jämn dosering enligt Tabell 5 över hela fältet

Fält	Tureholm		Delperöd	
Areal (ha)	12,06		4,61	
Total mängd, liter	Platsspecifikt	Konventionellt	Platsspecifikt	Konventionellt
Vätskemängd	2150	2410	700	920
Ariane S	17,2	24,1	5,6	9,2
Nufarm MCPA 750	8,6	12,1	2,8	4,6
Mangannitrat	12,9	18,1	4,2	6,9
Reduktion	29 %		39 %	

I Skåne registrerades även skillnaden mellan faktiskt utsprutad dos jämfört med styrfilens inställning (Figur 26).



Figur 26. Loggfilen från sprutning visar vilka områden som behandlats och vilken dos som har sprutats ut, här visat som andel av önskad dosering enligt styrfilen. I sydvästra hörnet har en skyddszon för grannens betfält lämnats obesprutad.

Diskussion

I arbetet användes till slutligen ”excess green” som är 2G-R-B för bakgrundssegmentering. Denna fungerade bra i de allra flesta fall om det inte var för kraftiga skuggor eller för lite belysning. Dock så går smala växtdelar och vridna stråsådsblad av vid segmentering ibland, men detta utgör ett mindre problem. Bakgrundsegmenteringen skulle kunna förbättras med konstant artificiell belysning eller med komplettering med andra våglängder. Det är dock fördelaktigt om en så enkel och billig utrustning som möjligt kan användas vilket var en målsättning.

Det svåraste problemet är att segmentera ogräs och stråsåd. Eftersom stråsåden sås i rader så utgår all stråsåd från själva såraden, vilket betyder att allt som växer emellan stråsådesraderna måste vara ogräs. Stråsådesraderna detekterades med Houghtransform. Houghtransformen utnyttjar att raderna är parallella vilket ökar säkerheten i raddetekteringen. Raddetekteringen fungerade utmärkt. Dessutom så lades en extra funktionalitet in i programmet vilken möjliggör förskjutning av varannan rad vilket ofta är ett problem vid användning av sliten utrustning. De enda tillfällena när raddetekteringen inte fungerade var när man hade korsande rader eller vid mycket dålig bakgrundssegmentering.

Generellt så beror funktionen av algoritmen på mängden plantmaterial och mängden ogräs, se tabellen nedan.

	<i>Lite plantor</i>	<i>Medium</i>	<i>Mycket plantor</i>
<i>Lite ogräs (<25)</i>	Bra	Överestimerar lite	Dåligt
<i>Medium</i>	Bra	Bra	Dåligt
<i>Mycket ogräs (>150)</i>	Underestimerar lite	Underestimerar lite	Dåligt

Om mängden plantor är litet eller medium så fungerar algoritmen bra i de flesta fall. Den tenderar dock att underestimera antalet ogräs när det är många ogräs. Detta behöver inte vara något problem eftersom algoritmen ändå ser att det är mycket ogräs och besprutning ändå är nödvändig. Om det är mycket plantor d.v.s. en stor del av bilden är täckt av växtmaterial så fungerar algoritmen dåligt. Den avgörande svårigheten är om ogräs och stråsåd är sammanväxta. Den nuvarande algoritmen bygger mycket på den rumsliga placeringen av stråsådesraden och ogräset samt skillnaden i form och storlek mellan ogräs och stråsåd. Det är därför viktigt att ta bilderna vid rätt växtstadium. Sammanfattningsvis så kan man säga att algoritmen fungerar tillräckligt bra om mängden plantor inte är för stort.

De morfologiska operationerna kan även dessa utvecklas vidare. Det största problemet är att hitta ogräs som är täckta av många grödblader eller buntar av grödblader som sticker ut utanför grödraden. Detta kan delvis lösas genom att analysera skelettstatistik hos objekten. Denna approach är helt ny och har inte använts tidigare. Vidare kan kurvaturen användas för att skilja ogräs och gröda åt som har vuxit samman. I Norge har gjorts enstaka lyckade försök med detta angreppssätt.

Bildinsamlingen och efterföljande bildanalysen kunde göras snabbt och effektivt samtidigt som samstämmigheten med manuella provtagningar var god i de flesta fall. I de fall

samstämmigheten inte vara bra berodde det oftast på att bilderna togs vid för sent stadium då grödan hunnit bli för stor.

Värdena på *range* (R) från variogramanalysen (tabeller i bilaga 1) tolkas vanligen som en indikator på hur tätt man behöver provta för att kunna beskriva den rumsliga variationen. Skillnaden i värden på R är stor mellan fälten när det gäller andelen bladyta och gröda, något mindre för andel och antal ogräs. Halva R används som en tumregel för hur täta observationer man behöver vid en regelbunden provtagning., vilket skulle tyda på att 40 m mellan prover skulle vara tillräckligt i vissa fall. Man bör dock tänka på att värdena på *nugget* (C_0) för antal ogräs utgör 20-30% av värdet på *sill* (C_0+C) vilket visar den del av variationen som inte förklaras av provtagningen är betydande, även då vi har tillgång till betydligt tätare provtagning. Orsakerna till detta kan vara att bildanalysen inte är helt stabil och/eller att den yta som bilden täcker (kallas provets *support*) är så liten att små skillnader i fotopunktens placering ger skillnader i bildanalysvärden. Att R är så pass lång i många fall beror sannolikt på att ogräsvariationen i stort till stor del följer jordartsvariationen.

Inomfältsvariationerna i antalet ogräs som kunde uppskattas med hjälp av bildanalysen var stora. Ett samband mellan ogräsmängd och jordart, framförallt lerhalt förekom på de flesta undersökta fälten. Exempelvis var sambandet mellan liten ogräsmängd, hög lerhalt och hög skörd var tydligt på skifte 11 på Bjertorp 2007. Dock tycks variationerna inom ett område med relativt homogen jordart också kunna vara stora. Detta framkom på skifte 10 på Bjertorp 2006.

Om man vill optimera antalet fotopunkter torde man kunna styra fotograferingen efter detaljerad jordartsinformation, t.ex. genom en EM38-kartering. I de fall ogräsförekomsten är mer fläckvis kan det emellertid vara otillräckligt. Man borde dock manuellt kunna styra fotografering eller markera sådana områden på kartan eller kanske använda UAV-foto för att hitta sådana fläckar (se vidare Rydberg m.fl., 2007).

Försöken med obekämpade nollrutor och platsanpassad bekämpning 2007 visade att det även under svenska förhållanden är fullt realistiskt att spara 30% av bekämpningsmedel genom en platsvis anpassning av dosen. Exempelvis utgör de områden på skifte 10 på Bjertorp som är tillräckligt ogräsfria för att en bekämpning skulle vara överflödigt minst 30% av ytan, Detsamma tycks gälla för skifte 11 på Bjertorp och på de båda undersökta fälten i Skåne.

Med tanke på att provtagningsfrekvensen behöver vara minst ungefär var fjortonde meter, bör analys tiden snabbas upp jämfört med vad vi klarar idag (ca 20 sekunder per bild) för att on-line sprutning skall kunna tillämpas. Detta skulle kunna åstadkommas genom att skriva hela koden i programspråket C++. Vidare så behöver kamera, GPS, bildanalyssystem och styrning av besprutningsutrustning integreras. Dessutom bör strategier och metoder som bygger på körmönster, tidigare års ogräsförekomst samt markdata utvecklas för att få en stabil och bra on-line besprutning. Felet hos bildanalysalgoritmen bör även sänkas under 20%.

Man bör också studera om en enklare kamerautrustning skulle kunna användas, exempelvis den typ som finns i mobiltelefoner. Metoden skulle då kunna få en större spridning t.ex. vid utvärdering av försök och för rådgivning.

Vägen mellan bildanalysens resultat och de styrfiler som lantbrukaren kan använda vid bekämpning påverkas av flera olika faktorer. Förutom de variabler som beräknats av bildanalysen behöver man ta hänsyn till sprutans konstruktion, användningsföreskrifter för preparatet, samt inte minst lantbrukarens erfarenheter av ogräsbekämpning på det aktuella fältet. Algoritmen för beräkning av dos (ekv. 1 och Figur 14) visar principen för hur man kan sammanfoga flera variabler till ett värde: dos (eller i det här fallet: vätskemängd). Beräkningarna bygger på linjär, kontinuerlig, variation av dosen med avseende på de enskilda variablerna, inom bestämda intervall. Flera forskare har tidigare använt logaritmiska

funktioner för att beskriva dos-respons för herbicider (exempelvis Streibig m.fl., 1993), vilket tyder på att den linjära modellen kan ifrågasättas. Vid tidigare arbete om platsspecifik ogräsbekämpning (Oebel, 2006) har man, istället för att använda en kontinuerlig skala för doseringen, använt kategorier för att bestämma dosen. Möjligen blir det då enklare att använda befintliga bekämpningströsklar, men det kan ge svårigheter att ta hänsyn till flera variabler samtidigt. Dessutom är det troligt att en kontinuerlig modell är mer realistisk i vårt fall, eftersom ingångsparametrarna från bildanalysen är kontinuerliga. Sammanfattningsvis är det viktigt att poängtera att den föreslagna algoritmen i huvudsak ska ses som ett koncept för att utforma styrfiler och att finns det fortfarande utrymme att diskutera vilka variabler och gränser som är mest lämpade att använda.

Tidigare arbeten inom variabel dosering vid sprutning har poängterat att det med en konventionell spruta inte är möjligt/lämpligt att variera vätskemängden mer än +/- 25% (exempelvis Secher m.fl., 2000). Detta antagande har gjorts eftersom munstyckenas tryckintervall inte tillåter större variation av flödet. Men i praktiken är det möjligt att manuellt justera hastigheten för att öka intervallet för variation av vätskemängd och dosering, vilket också gjordes i projektet under 2007. Figur 23 visar skillnaden mellan utsprutad dos, jämfört med styrfil. För detta skifte (Tureholm) var den önskade vätskemängdvariationen mellan 100 och 270 liter per hektar (+/- 46 %). Största delen av fältet har fått önskad dosering, vilket innebär att det är fullt möjligt att variera doseringen inom större intervall än man tidigare har trott, med acceptabelt resultat. Den manuella justeringen av körhastigheten underlättas om kontrollsystemet varnar föraren för över, respektive underdosering, vilket flera system på marknaden klarar.

Slutsatser

- Framtagen bildanalysalgoritm korrelerar i de flesta fall bra mot manuella avläsningar om bilderna tas i tillräckligt tidigt stadium.
- Variationerna i ogräsförekomst tycks i stort sett följa jordartsvariationerna, men avvikelser förekommer.
- Inomfältvariationerna är tillräckligt stora för att motivera platsanpassad bekämpning och mängden bekämpningsmedel kan då sänkas betydligt.
- Bildanalysalgoritmen behöver snabbas upp något för att on-line sprutning skall vara realistisk med tanke på nödvändig provtagningsfrekvens.
- Konventionella sprutor kan användas för platsspecifik ogräsbekämpning

Referenser

- Clark, I. 1987. Practical Geostatistics. Elsevier Applied Science, London. 129 s.
- Damner, K. H., Böttger, H. och Ehleert, D. 2003. Sensor controlled variable rate real-time application of herbicides and fungicides. Proc. 4th European Conference on Precision Agriculture, Stafford, J and Werner, A (eds). Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands. pp. 129-134..
- Gerhards, R. och Oebel, H. 2006. Practical experiences with a system for site specific weed control in arable crops using real-time image analysis and GPS-controlled patch spraying. Weed Res. 46, 85-193.
- Hough, P. 1962. Methods and means for recognizing complex patterns. Dec. 18. US Patent 3069654.
- Jordbruksverket. 2007. Kemisk ogräsbekämpning. Växtskyddscentralen i Alnarp/Linköping.
- Jordbruksverket. 2008. Växtskyddsmedel och miljöeffekter. Rapport 2008:3
- Kemikalieinspektionen. 2001-2007. Årliga rapporter från Kemikalieinspektionen: "Försålda kvantiteter av bekämpningsmedel" från år 2001 till 2007.
- Marchant, J.A. 1996. Tracking of row structure in three crops using image analysis. Comp. Electronics in Agriculture. 15, 161-179.
- Oebel, H. och Gerhards, R. 2005. Site-specific weed control using digital image analysis and georeferenced application maps: On-farm experiences. Proc. 5th European Conference on Precision Agriculture, Stafford, J (ed). Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands. pp. 131-138.
- Oebel, H. 2006. Teilschlagspezifische Unkrautbekämpfung durch raumbezogene Bildverarbeitung im Offline- (und Online-) Verfahren (TURBO). Dissertation Universität Hohenheim.
- Rydberg, A., Hagner, O., Söderström, M. och Börjesson, T. 2007. Obemannad flygfarkost (UAV) övervakar grödorna. Institutet för jordbruks- och miljöteknik. JTI rapport, Lantbruk och Industri 358.
- Samor, L. 2005. Georeferering av digitala foton. Luleå tekniska universitet, Institutionen för samhällsbyggnad, Avdelningen för Geografisk informationsteknik, D-Uppsats, 2005:38 ISSN 1402-1552
- Secher, B., Bjerre, K. & Seierø, M. 2000. Site specific control of pest and diseases – a challenge and an opportunity. In: The BCPC Conferens – Pest & Diseases 2000, conference proceedings.
- Statistiska centralbyrån, 2007. Jordbruksstatistisk årsbok 2007 med data om livsmedel. Sveriges officiella statistik, Jordbruksverket, Statistiska centralbyrån.
- Streibig, J.C., Rudemo, M. & Jensen, J.E. 1993. Dose-response curves and statistical models. In: Streibig, J.C., Kudsk, P., eds Herbicide Bioassay. Florida CRC Press, 29 - 55
- Söderström, M. 2006. PrecisionWizard - Gör styrfiler till FarmSiteMate och Yara N-sensor. Avdelningen för precisionsodling, Sveriges Lantbruksuniversitet. POS Teknisk rapport nr 6.
- Sögaard, H.T. och Heisel, T. 2002. Weed classification by active shape models. AgEng2002 International Conference on Agricultural Engineering, Budapest, Hungary, June-July 2002. Paper no. 02-AE-004.

Woebbecke, D.M., Meyer, G.E., von Bargaen, K. och Mortensen, D.A. 1992. Plant species identification, size and enumeration using machine vision techniques on near binary images. SPIE Optics in Agriculture and Forestry. 1836, 208-219.

Bilaga 1. Sammanfattande statistik av data från bild- och variogramanalys

Här redovisas en sammanfattning av resultaten från bildanalysen för de platser (tabell 7) där fotograferingen genomförts på ett sådant sätt (tillräckligt många foto och en tillräcklig geografisk spridning av fotopunkterna) att det varit möjligt att skapa kartbilder och analysera den rumsliga (spatiala) variationen av analyserade parametrar.

I tabell 8-11 anges dels medel, median, min, max och standardavvikelse för resultaten från bildanalysen för respektive fält, samt variogramparametrar för det modellvariogram som bäst passat i det aktuella fallet. En förklaring finns i figur 4.

Tabell 7. Uppgifter om fotograferingen

Plats	Namn	Fotodatum	Areal (ha)	Foto-antal	Foto/ha
D	Delperöd, Skåne	07-04-30	4,61	358	77,66
T	Tureholm, Skåne	07-04-30	12,05	816	67,72
10	Skifte 10, Bjertorp, Västergötland	06-05-22/23	27,07	121	4,47
11	Skifte 11, Bjertorp, Västergötland	07-05-09	15,27	811	53,11
15	Skifte 15, Bjertorp, Västergötland	05-05-25	1,44	63	43,75

Tabell 8. Fraktion av bilden täckt av blad (AFLeaf).

	Medel	Median	Min	Max	Stdavv	Modell ^c	C ₀ ^a	C ₀ +C ^a	R
D	0,148	0,149	0,026	0,247	0,034	Exp	0,615	1,240	120
T	0,170	0,171	0,059	0,263	0,030	Exp	0,300	0,800	27
10	0,205	0,199	0,108	0,346	0,044	Sph	0,65	2,10	140
11	0,315	0,300	0,036	0,706	0,137	Exp ^b	1,30	6,00	130
15	0,424	0,435	0,297	0,587	0,061	Sph	1,60	4,10	65

a) Data x 10⁻³

b) Linjär trend borttagen

c) Anpassat modellvariogram: Exp = exponentiell; Sph = sfärisk

Tabell 9. Fraktion av bilden täckt av gröda

	Medel	Median	Min	Max	Stdavv	Modell ^c	C ₀ ^a	C ₀ +C ^a	R
D	0,143	0,144	0,025	0,240	0,034	Exp	0,364	1,160	45
T	0,168	0,169	0,059	0,262	0,030	Exp	0,400	0,800	27
10	0,191	0,185	0,092	0,330	0,042	Sph	0,77	1,90	135
11	0,301	0,283	0,034	0,697	0,134	Exp ^b	1,61	6,30	167
15	0,420	0,432	0,294	0,585	0,061	Sph	1,90	4,1	66

a) Data x 10⁻³

b) Linjär trend borttagen

c) Anpassat modellvariogram: Exp = exponentiell; Sph = sfärisk

Tabell 10. Fraktion av bilden täckt av ogräs

	Medel	Median	Min	Max	Stdavv	Modell ^c	C ₀ ^a	C ₀ +C ^a	R
D	0,0051	0,0041	0,000	0,036	0,0042	Exp	0,004	0,018	70
T	0,0016	0,0011	0,000	0,020	0,0019	Exp	0,001	0,003	36
10	0,0139	0,0130	0,002	0,037	0,0062	Sph	0,000	0,040	85
11	0,0148	0,0136	0,001	0,048	0,0073	Exp ^b	0,021	0,042	184
15	0,0037	0,0031	0,001	0,011	0,0020	Sph	0,000	0,015	81

a) Data x 10⁻³

b) Linjär trend borttagen

c) Anpassat modellvariogram: Exp = exponentiell; Sph = sfärisk

Tabell 11. Antal ogräs i bilden^c

	Medel	Median	Min	Max	Stdavv	Modell ^a	C ₀	C ₀ +C	R
D	121	105	12	557	74,1	Exp	900	5500	90
T	16	13	1	79	10,6	Exp	73,5	287,2	96
10	165	148	29	497	92,1	Sph	2000	8800	80
11	169	158	12	504	83,3	Exp ^b	2260	6757	143
15	84	77	32	159	31,0	Sph	218	1049	85

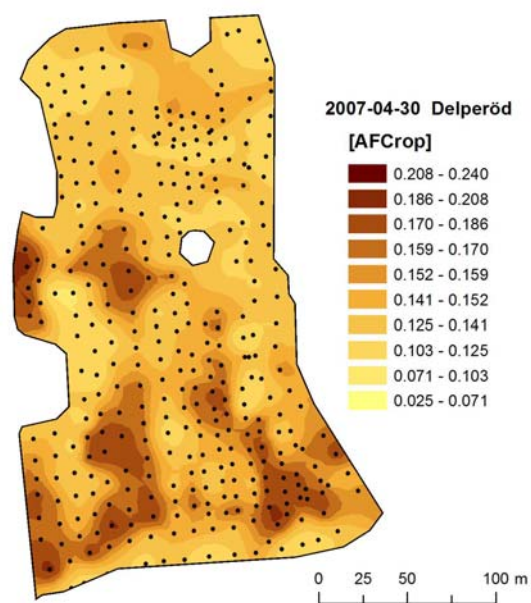
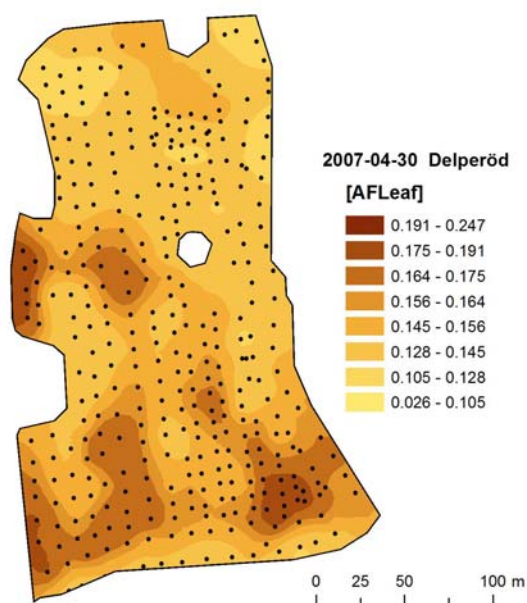
a) Anpassat modellvariogram: Exp = exponentiell; Sph = sfärisk

b) Linjär trend borttagen

c) Multipliserat med 10⁷ och delat med totala antalet pixlar i bilden (ej lika med antal ogräs/m²)

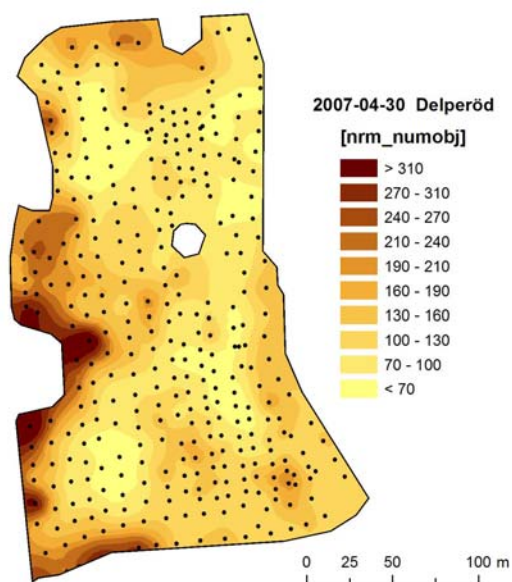
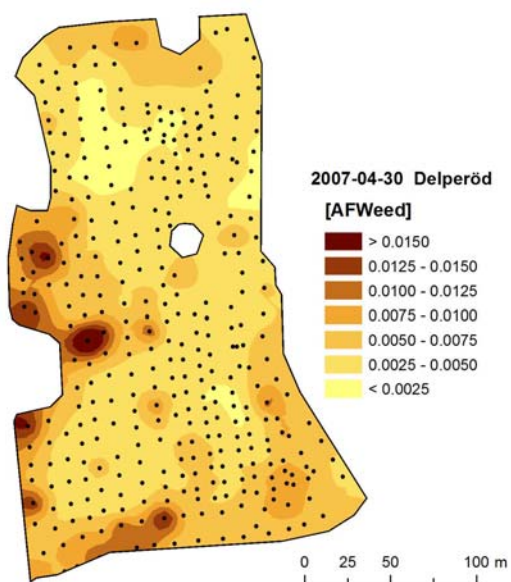
Bilaga 2. Kartor över analyserade variabler i bildanalysen

Delperöd



Figur 27a. Fraktion av bilden täckt av blad

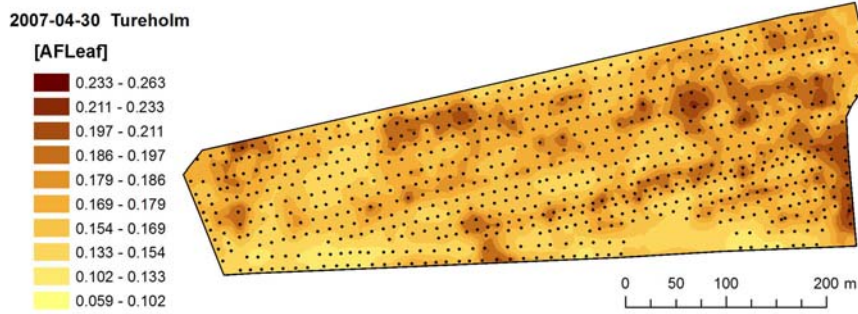
Figur 27b. Fraktion av bilden täckt av gröda



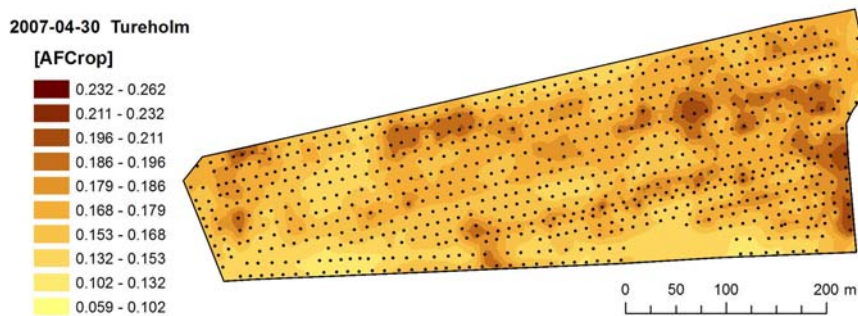
Figur 27c. Fraktion av bilden täckt av ogräs

Figur 27d. Antal ogräs i bilden

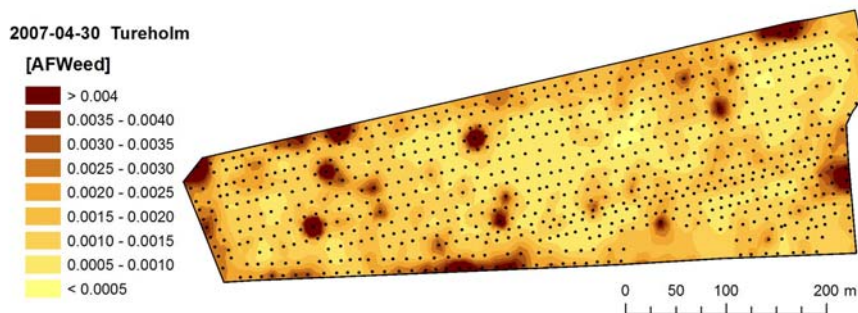
Tureholm



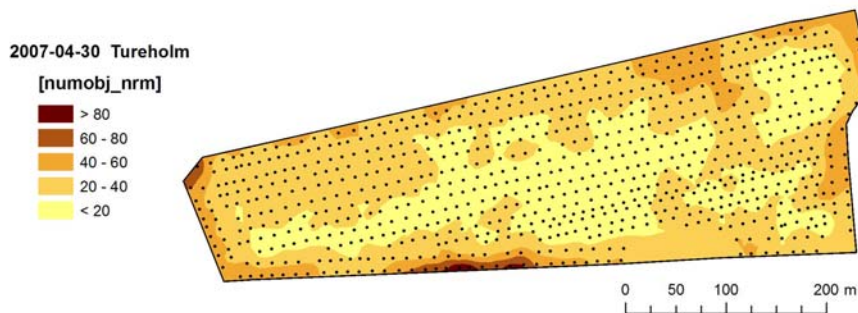
Figur 28a. Fraktion av bilden täckt av blad



Figur 28b. Fraktion av bilden täckt av gröda

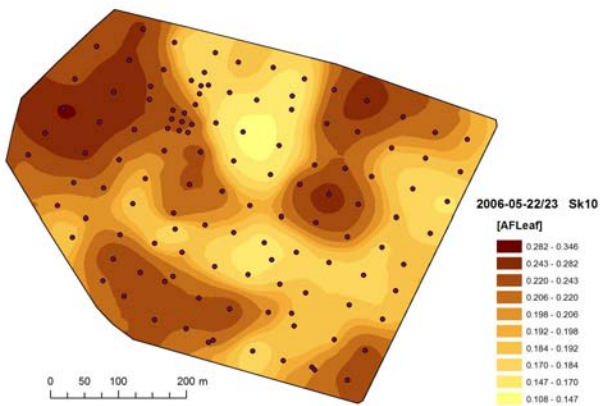


Figur 28c. Fraktion av bilden täckt av ogräs

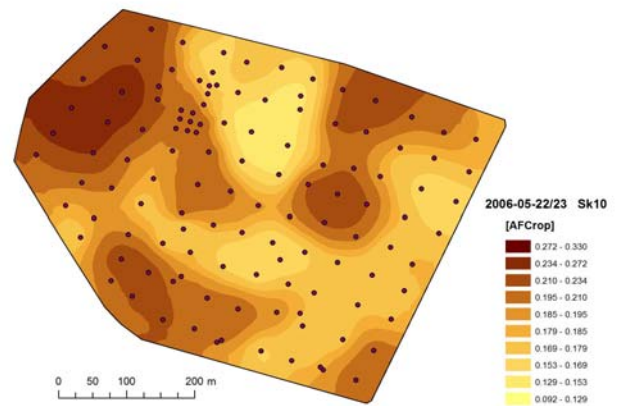


Figur 28d. Antal ogräs i bilden

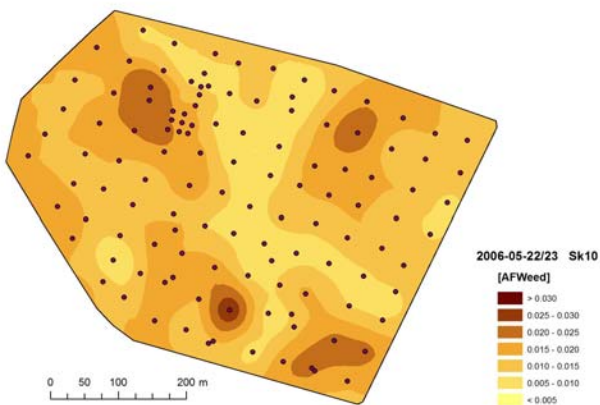
Bjertorp skifte 10



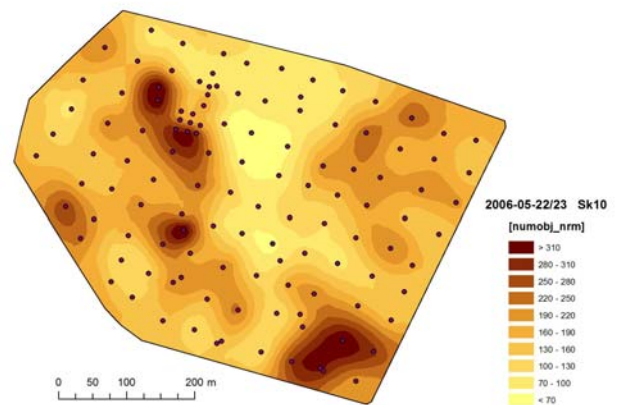
Figur 29a. Fraktion av bilden täckt av blad



Figur 29b. Fraktion av bilden täckt av gröda

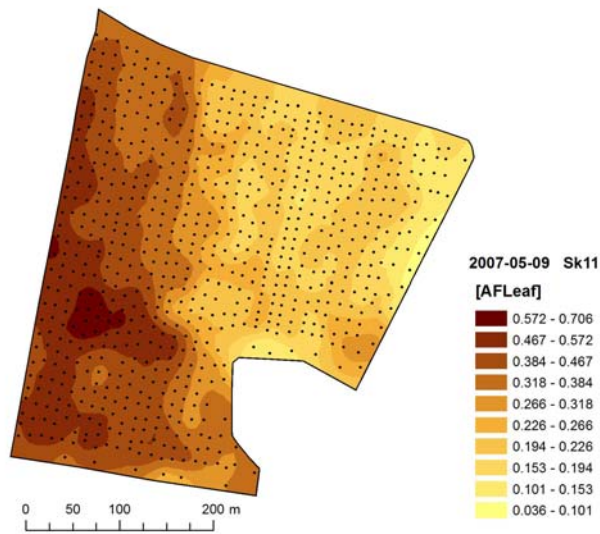


Figur 29c. Fraktion av bilden täckt av ogräs

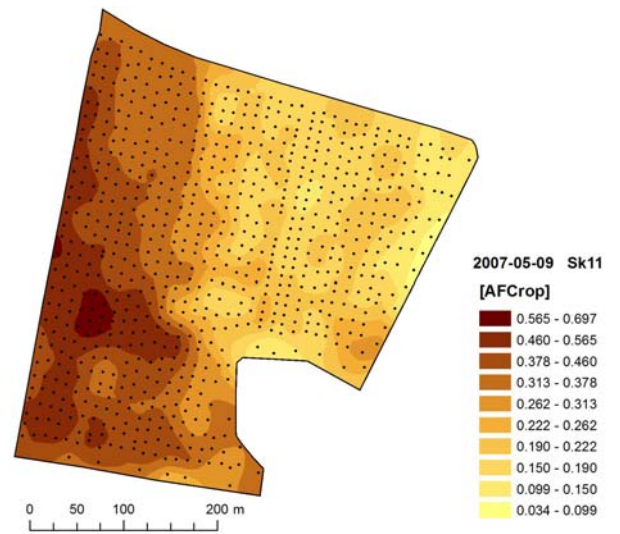


Figur 29d. Antal ogräs i bilden

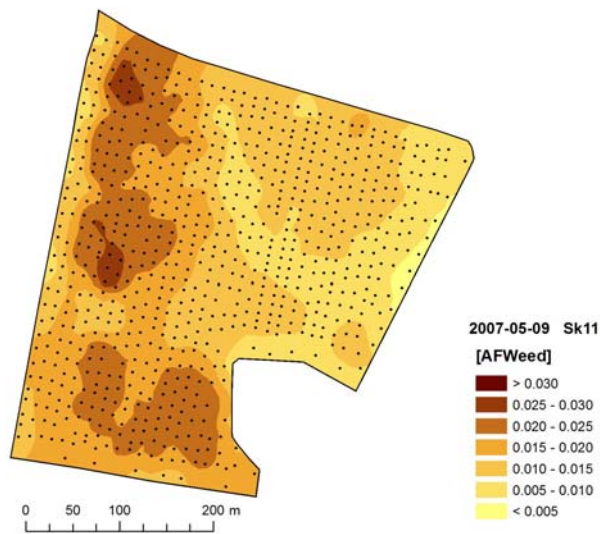
Bjertorp skifte 11



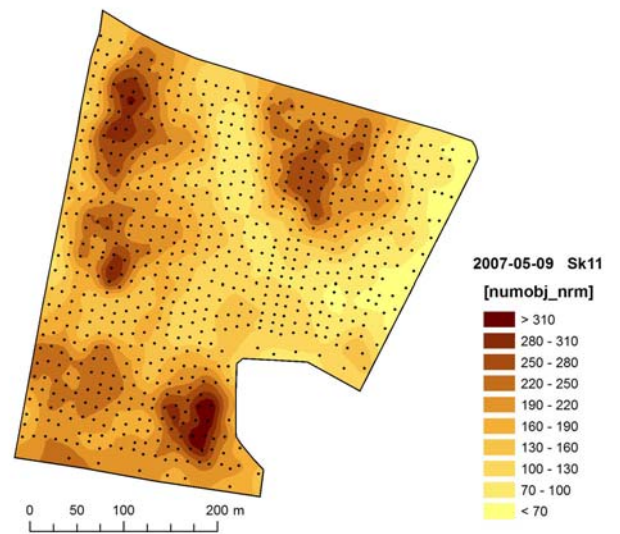
Figur 30a. Fraktion av bilden täckt av blad



Figur 30b. Fraktion av bilden täckt av gröda

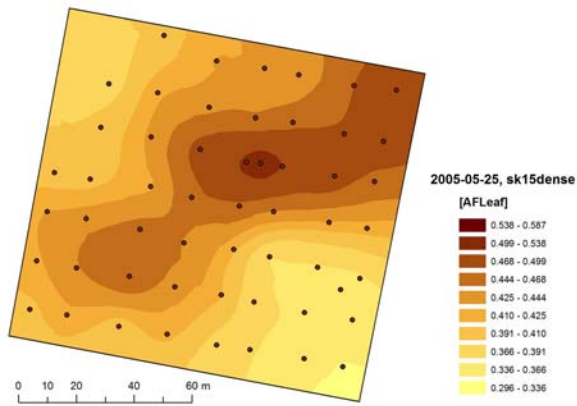


Figur 30c. Fraktion av bilden täckt av ogräs

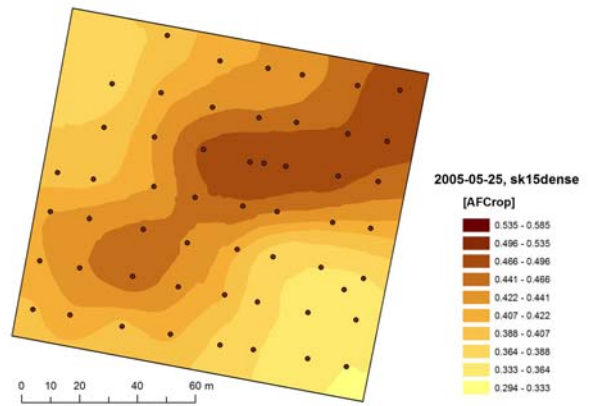


Figur 30d. Antal ogräs i bilden

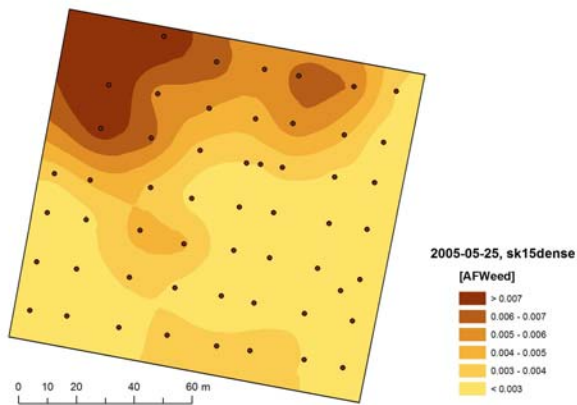
Bjertorp skifte 15



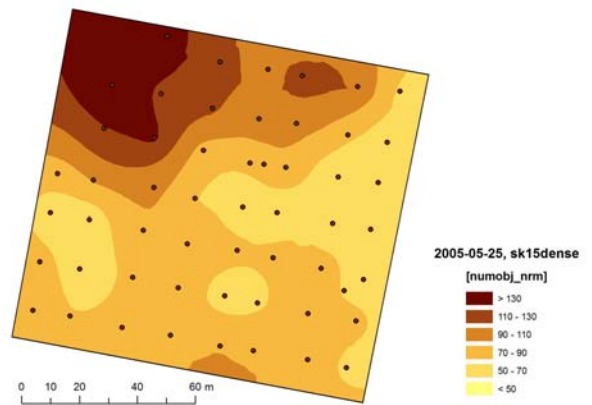
Figur 31a. Fraktion av bilden täckt av blad



Figur 31b. Fraktion av bilden täckt av gröda



Figur 31c. Fraktion av bilden täckt av ogräs



Figur 31d. Antal ogräs i bilden

Bilaga 3. Artvisa kontrollräkningar och vägningar av ogräs.

Antal och vikter anges per kvadratmeter.

Tabell 12. Skifte 34 2005, antal och vikt* av olika ogräsarter.

Ruta	Åkersenap		Åkerbinda		Revormstörel		Svinmålla		Dån ospec.		Jordrök		Trampört		Pilört		Snärjmåra		Åkertistel	
	Antal	Vikt g	Antal	Vikt g	Antal	Vikt g	Antal	Vikt g	Antal	Vikt g	Antal	Vikt g	Antal	Vikt g	Antal	Vikt g	Antal	Vikt g	Antal	Vikt g
398	231	110	8	1,4	13	1	5	1,8	2	0,3	6	1,9	24	1,6	2	1,5	2	0,5	8	34
400	410	207	6	1,6	7	0,9	25	2,3	6	1,4	17	4,3	19	2,8	0	0	0	0	0	0
401	53	33	12	2,3	3	0,2	60	7,7	1	0,3	9	1,5	1	0,1	0	0	2	0,3	0	0
408	268	152	3	1,1	17	1,7	20	3,8	7	1,3	1	0,5	36	9,3	0	0	0	0	0	0
1384	74	43	2	0,5	9	0,6	31	4,1	3	1	0	0	22	3,6	0	0	1	0,1	2	4
1385	118	72	0	0	7	0,7	8	1,4	2	0,4	1	0,1	4	0,2	20	4,2	0	0	0	0
1386	270	142	3	0,7	27	2,5	23	3,2	5	0,5	1	0,2	30	3,1	0	0	0	0	0	0
1398	322	178	3	0,5	0	0	16	2,3	1	0,2	2	0,5	63	5,8	2	1	0	0	0	0
1399	116	63	4	0,6	5	0,4	12	1,9	1	0,1	0	0	0	0	12	1,9	0	0	7	8,5
1400	183	116	18	2,2	2	0,1	36	4,4	3	0,5	6	1,7	2	0,1	0	0	3	0,6	1	0,2
1401	305	177	1	0,2	0	0	35	4,6	2	0,1	16	4	11	1	0	0	2	0,2	0	0
1402	299	219	4	0,5	7	0,6	23	3,1	2	0,5	16	3,4	1	0,2	1	0,1	3	0,2	0	0
1404	26	88	8	1	4	0,3	12	1,5	1	0,1	14	3,6	1	0,1	0	0	1	0,1	0	0
1405	136	88	22	6,9	2	0,1	27	4,5	3	0,5	10	2,6	16	2,5	0	0	0	0	3	4,2

* Vikter har avrundats till närmaste hela gram.

Tabell 13. Skifte 15 2005, antal och vikt* av olika ogräsarter.

Ruta	Baldersbrå		Snärjmåra		Raps		Peninggört		Åkerbinda		Kvickrot		Åkerfräken		Åkersenap		Våtarv	
	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt
1	0	0	0	0	0	0	20	4,1	12	6,5	0	0	0	0	2	4,8	2	0,3
2	0	0	0	0	0	0	53	21,4	3	1,1	0	0	0	0	0	0	17	6,5
3	0	0	0	0	0	0	12	3	4	1,8	0	0	0	0	5	11,9	16	7,8
4	0	0	0	0	0	0	17	9,6	9	5,4	0	0	0	0	2	7,2	38	18,7
5	1	0,1	0	0	0	0	27	26,5	4	3,9	0	0	2	1,2	1	9,6	3	1,9
6	0	0	0	0	0	0	9	5,5	30	42,7	0	0	0	0	2	1,6	4	4,4
7	7	2,4	2	1,7	0	0	43	54,6	4	3,9	0	0	0	0	1	7,7	30	38,7
8	0	0	0	0	0	0	1	0,1	0	0	0	0	0	0	2	2,4	16	8,9
9	0	0	2	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2,4	19	11
10	0	0	0	0	1	0,9	0	0	0	0	2	0,8	0	0	2	4,4	9	3,8
11	25	5,7	1	0,2	0	0	13	9,6	5	3,6	1	1	0	0	7	32	26	28,2
12	4	0,8	14	4,1	0	0	7	2,9	2	0,7	1	0,2	2	0,7	0	0	24	23,3

* Vikter har avrundats till närmaste hela gram.

Ruta	Trampört		Dån**		Förgätmigej		Jordrök		Åkertistel		Lomme		Svinmålla		Viol**		Plister**	
	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt
1	1	0,4	1	0,3	0	0	1	0,1	1	1	10	1,6	110	36,8	45	5,6	0	0
2	17	4,2	1	0,4	0	0	4	0,7	0	0	19	3,4	61	16,1	37	5,2	0	0
3	18	2,8	2	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	27	7,2	3	0,3	0	0
4	17	4,3	9	5,6	1	0,2	0	0	0	0	0	0	11	3,2	6	0,9	1	0,1
5	5	4	42	61,9	0	0	1	0,4	0	0	26	12,4	30	23	23	7,4	0	0
6	15	5,5	48	48,6	1	0,3	0	0	0	0	10	4,9	34	12	24	6,2	0	0
7	5	2	21	36,4	1	0,4	2	0,9	1	1,4	17	7,1	29	11,6	10	1,7	21	9,3
8	4	0,5	2	1,5	0	0	9	2,9	0	0	0	0	6	1,6	0	0	1	0,1
9	2	0,5	1	0,6	0	0	6	2,3	0	0	0	0	3	1,5	0	0	2	0,2
10	1	0,6	2	0,9	0	0	2	0,7	0	0	0	0	10	3,8	1	0,1	0	0
11	45	16,5	3	1,9	0	0	0	0	0	0	1	0,2	14	7,5	1	0,2	1	0,4
12	11	2,7	2	1,6	0	0	0	0	0	0	0	0	21	8,7	3	0,6	4	0,7

* Vikter har avrundats till närmaste hela gram; ** Ospec.

Tabell 14. Skifte 10 2006, antal och vikt* av olika ogräsarter.

Ruta	Viol		Våtarv		Penningört		Trampört		Åkerbinda		Raps		Övriga	
	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt
1	24	0,4	28	0	4	0	36	0,8	0	0	0	0	12	0,4
2	116	3,2	0	0	0	0	12	0,4	12	1,2	8	2	88	4,4
3	40	0,4	0	0	20	0,4	24	0,8	192	16,8	28	10,8	80	2,8
4	252	5,6	0	0	4	0	28	1,2	64	7,6	0	0	116	6,4
5	128	1,6	0	0	8	0,4	36	1,6	268	24	12	4,4	76	1,6
6	32	0,8	40	2	12	1,2	0	0	36	1,2	20	1,6	0	0
7	0	0	8	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
9	0	0	32	1,2	4	0	12	0,4	0	0	12	3,6	20	0,4
10	72	1,6	0	0	12	0,4	20	1,2	52	5,6	0	0	28	0,4
11	184	2,8	0	0	36	0,8	124	5,6	40	4	20	4,8	32	0,4
12	8	0	16	0,4	0	0	0	0	4	0,4	8	0,4	0	0
13	112	2,4	0	0	48	0,8	212	9,2	312	21,2	4	2	48	0,8

* Vikter har avrundats till närmaste hela gram.

Tabell 15. Skifte 15 2006, antal och vikt* av olika ogräsarter.

Ruta	Målla		Viol		Lomme		Penningört		Dån		Våtarv		Övriga	
	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt
1	96	5,2	188	2,8	8	0	0	0	0	0	0	0	8	0,8
2	120	5,6	0	0	40	0,8	44	2,8	4	0,4	0	0	100	3,2
3	56	1,6	0	0	0	0	8	0	8	0,8	88	4,4	56	0,8
4	56	2	0	0	0	0	24	1,2	16	1,2	80	4,4	36	0,8
5	20	1,6	12	0,4	0	0	20	0,8	52	6,4	8	0	44	0,8
6	16	0,8	12	0,4	0	0	24	1,2	40	4,4	20	1,2	116	1,6
7	4	0	100	2	0	0	16	0,8	24	1,6	52	1,6	36	0,4
8	8	0,4	12	0,4	0	0	12	0,4	20	2,4	64	3,2	68	1,6
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0,4	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	12	0
11	16	0,4	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	2	4	0,4
13	0	0	20	0,4	0	0	4	0	0	0	8	0,4	16	0,4
14	48	2	48	0,8	28	1,2	32	2,8	0	0	20	0,8	48	1,2

* Vikter har avrundats till närmaste hela gram.

Tabell 16. Skifte 11 2007, antal och vikt* av olika ogräsarter.

Ruta	Skatnäva		Förgätmigej		Viol		Åkerbinda		Sparvnäva		Lomme		Raps		Pilört		Plister		Snärjmåra		Övrigt	
	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt	Antal	Vikt
5a	4	0	0	0	48	0	52	8	0	0	216	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5b	4	0	0	0	44	0	76	8	0	0	180	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5c	0	0	0	0	28	0	44	4	4	0	52	4	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0
6a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	4	0	12	0	72	0	0	0	4	0
6b	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	32	0	16	12	0	0	64	0	0	0	12	0
6c	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	16	0	16	4	0	0	40	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	16	4	4	0	212	8	0	0	0	0	0	0	0	0	36	4
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112	16	8	12	0	0	100	8	40	8	8	0
18	0	0	0	0	128	8	4	4	320	280	380	44	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	24	12	4	0	0	0	0	0	20	4
27a	0	0	0	0	68	8	0	0	320	32	168	28	8	12	0	0	0	0	0	0	0	0
27b	0	0	0	0	92	8	0	0	280	28	172	16	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0
27c	0	0	0	0	52	8	0	0	340	40	204	20	0	0	0	0	0	0	0	0	4	8
30	0	0	0	0	136	8	8	4	0	0	232	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	136	12	4	0	4	0	640	148	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
42a	0	0	0	0	400	40	24	12	188	24	508	84	0	0	0	0	0	0	0	0	28	8
42b	0	0	4	0	676	52	24	8	120	12	992	172	0	0	0	0	0	0	0	0	80	44
42c	0	0	0	0	420	40	20	8	8	0	1120	176	0	0	0	0	0	0	0	0	40	16
41	220	40	72	36	320	16	120	12	20	0	412	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	24	4	0	0	228	20	0	0	392	48	440	88	4	8	0	0	0	0	0	0	12	4

* Vikter har avrundats till närmaste hela gram.

Tabell 17. Delperöd 2007 (ej specificerade efter art)

Samtliga		
Ruta	Antal	Vikt g
1	59	0,2
2	324	
3	680	9,8
4	408	
5	140	0,5
6	412	
7	204	
8	236	
9	156	0,5
10	176	
11	88	
12	412	2,6
13	960	11,4

Tabell 18. Tureholm 2007 (ej specificerade efter art)

Samtliga		
Ruta	Antal	Vikt g
1	42	1,2
2	72	1,8
3	36	1,6
4	196	1,9
5	72	2,1
6	32	5,0
7	12	0,9
8	60	2,8
9	28	2,6

Förteckning över rapporter utgivna av Avdelningen för precisionsodling i serien *Precisionsodling Sverige, Tekniska rapporter*:

1. Nyberg, A., Börjesson, T. och Gustavsson, A-M., 2004. Bildanalys för bedömning av klöverandel i vallar – Utvärdering av TrefoilAnalysis
2. Börjesson, T., Åstrand, B., Engström, L. och Lindén, B., 2005. Bildanalys för att beskriva beståndsstatus i höstraps och höstvetete och ogräsförekomst i vårsäd
3. Delin, S. 2005. Verksamhetsberättelse för Precisionsodling Sverige (POS) 2003-2004.
4. Delin, S.(red.), 2006. Verksamhetsberättelse för Precisionsodling Sverige, POS, 2005
5. Delin, S.(red.), 2006. Dokumentation från seminariet ”Precisionsodling - avstämning av verksamhet och vision hos olika aktörer”, Skara den 19 april 2006
6. Söderström, M., 2006. PrecisionWizard - Gör styrfiler till FarmSiteMate och Yara N-sensor
7. Söderström, M., och Nissen, K., 2006. Insamling av GIS-data och navigering med GPS
8. Engström, L., Börjesson, T och Lindén, B. 2007. Beståndstäthet tidigt på våren i höstvetete – samband med skörd, topografi, förrådskalium och biomassa (Yara N-sensor- och NIR-mätningar)
9. Delin, S.(red.), 2007. Verksamhet i AGROVÄST-projektet Precisionsodling Sverige, POS, 2006.
10. Söderström, M., Wijkmark, L., Martinsson, J. och Nissen, K., 2008. Avstånd mellan körspår – en jämförelse mellan traditionell spårmarkör och autostyrning med GPS.
11. Söderström, M., Gruvaeus, I. och Wijkmark, L., 2008. Gammastrålningsmätning för detaljerad kartering av jordarter inom fält.
12. Söderström, M., 2008. PrecisionWizard 3 – hantera precisionsodlingsdata och gör egna styrfiler till Farm Site Mate och Yara N-Sensor

Förteckning över rapporter utgivna av Institutionen för jordbruksvetenskap Skara i serien *Precisionsodling Sverige, Tekniska rapporter* (ISSN:1651-2804):

1. Börjesson, T, Ivarsson, K., Engquist, A., Wikström, L. 2002. Kvalitetsprognoser för brödvete och malkorn med reflektansmätning i växande gröda.
2. Börjesson, T., Nyberg, A., Stenberg, M. och Wetterlind, J. 2002. Handburen Hydro sensor i vall -prediktering av torrsubstansavkastning och kvalitetsegenskaper.
3. Söderström, M. (red.). 2003. Precisionsodling Sverige 2002, Verksamhetsberättelse från arbetsgrupperna.
4. Jonsson, A. och Söderström, M. 2003. Precisionsodling - vad är det?
5. Nyberg, A., Lindén, B., Wetterlind, J. och Börjesson, T. 2003. Precisionsodling av vall: Mätningar med en handburensensor i vallförsök med nötflytgödsel på Tubbetorp i Västergötland, 2002.
6. Nyberg, A., Stenberg, M., Börjesson, T. och Stenberg, B. 2003. Precisionsodling av vall: Mätningar i växande vall med ett bärbart NIR-instrument – en pilotstudie.

Förteckning över rapporter utgivna av Institutionen för jordbruksvetenskap Skara i serien *Precisionsodling i Väst, Tekniska rapporter*:

1. Rapport från en studieresa till norra Tyskland.
2. Thylén, L & Algerbo, P-A. Teknik för växtplatsanpassad odling.
3. Seminarium och utställning i Skara den 10 mars 1998.
4. Delin, S. 2000. Hantering av geografiska data inom ett jordbruksfält.
5. Lundström, C. Delin, S. och Nissen, K. 2000. Precisionsodling - teknik och möjligheter.

AGROVÄST-projektet *Precisionsodling Sverige* syftar till att utveckla och tillämpa användbara metoder inom precisionsodlingen till nytta för det praktiska jordbruket.

I projektet arbetas med precisionsodling i form av utvärdering och tolkning av samt teknik för markkartering, kalkning, gödsling, bestämning av mark- och grödegenskaper, växtskydd samt miljöeffekter av precisionsodling.

Projektet genomförs i ett samarbete mellan bl.a. Svenska Lantmännen, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Svalöf Weibull AB, Yara AB, hushållningssällskap, Nordkalk AB och Institutet för jordbruks- och miljöteknik (JTI).

Distribution:

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för Markvetenskap
Avdelningen för Precisionsodling
Box 234
532 23 Skara
Tel. 0511-670 00
Internet: <http://po-mv.slu.se>
<http://www.agrovast.se/precision>