

# Jämnhet vid spridning av konstgödsel i praktiken – traditionella mätmetoder och bildanalys

*Anna Rydberg & Gunnar Lundin, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik*

## Bakgrund

Dagens intensiva jordbruksproduktion ställer höga krav på att rätt mängd växtnäring hamnar på den position det är ämnat för. En korrekt utförd spridning förbättrar både avkastning och produktkvalitet samt ger minskat växtnäringsläckage.

Faktorer som påverkar spridningsresultatet är bland annat maskinernas skick och skötsel, förarens intresse och fallenhet samt hur enkelt det är att ställa in spridaren korrekt. En viktig komponent för kvalitén på utfört spridningsarbete är även gödselmedlets fysikaliska egenskaper. Bland annat inverkar parametrarna massflöde och volymvikt på utmatad mängd per tidsenhet från spridaren, d.v.s. givans storlek. Spridningsjämnheten styrs i hög grad av gödselmedlets kornstorleksfördelning och hållfasthet. I synnerhet gäller detta i kombination med centrifugalspridare där kastlängden är avhängig gödselkornens aerodynamiska egenskaper. Exempelvis bör gödselkornen klara en belastning av i storleksordningen 3-4 kg för att inte riskera att falla samman som damm bakom spridaren.

För att kontrollera spridningsjämnheten i fält är man idag hänvisad till att samla upp gödselmedel i ett antal tråg i kombination med efterföljande mängdbestämning. Konceptet är tämligen arbetskrävande och tillämpas därför endast i begränsad omfattning.

Generella mätningar av jämnheten som utförts vid praktiskt spridningsarbete under den senaste tjugoförperioden har visat på ganska dåliga resultat jämfört med motsvarande inomhusprovningar (Lundin m.fl., 1997; Neuman & Thorsén, 2003). Utvecklingen under senare tid avseende bl.a. maskinstorlekar och priser på inköpt växtnäring har ånyo aktualiserat betydelsen av jämn spridning.

Syftet med projektet var dels att undersöka hur väl konstgödsel och kalk sprids i praktiken, dels att utveckla en metodik som på ett enklare sätt än dagens kan mäta spridningsjämnheten i fält.

## Material och metoder

Projektet bestod av två delar som båda fokuserade på spridningsjämnhet vid konstgödselspridning enligt nedanstående.

Del 1. Mätning med traditionella mätmetoder (uppsamlingstråg) vid praktiskt spridningsarbete.

Del 2. Utveckling av en mätmetod baserad på bildanalys.

### Del 1: Praktiskt spridningsarbete, traditionell mätmetod

Fältstudier utfördes i Västergötland (Länsstyrelsen), Skåne (HS Malmöhus) samt Uppland (JTI). Under växtodlingssäsongerna 2003-2005 följdes spridning av konstgödsel med sammanlagt trettio uppsättningar maskiner - gödselmedel. Mätningar vid spridning av kalk utfördes vid två tillfällen.

### Spridning av konstgödsel

I studien provades både centrifugalspridare och rampspridare, figur 1. I båda fallen eftersträvades maskiner med stora arbetsbredder och med tekniska lösningar som var allmänt förekommande på den svenska marknaden. Vidare eftersträvades nyare maskiner i gott skick så att inte brukarskillnader i omvårdnad skulle få stort genomslag. De testade rampspridarna var tillverkade vid Överum, Sverige. Centrifugalspridarna var, med undantag för en maskin från Bredal, antingen av fabrikat Bogballe eller Amazone.

Spridningsprovet inleddes med att ställa in maskinen i enlighet med instruktionsbokens anvisningar för att åstadkomma ett så bra spridningsresultat som möjligt. Så långt möjligt undveks "störningsfaktorer" i fält som exempelvis kraftig vind, omfattande lutning/markojämnheter, fuktiga förhållanden etc.

För att mäta spridningsjämnheten utnyttjades den metod som utvecklats inom dåvarande Norsk Hydro (1979). Uppsamlingsstråg med storleken 50 x 50 cm placerades utmed hela arbetsbredden, figur 2. Trågen placerades så plant som möjligt och med inbördes c-c avstånd en meter eller, vid stora arbetsbredder, två meter. Spridarekipaget kördes över trågen och mängden uppsamlad konstgödsel i respektive tråg bestämdes. Proceduren upprepades i regel så att sammanlagt två till tre mätningar med identiska maskininställningar utfördes.



Figur 1. Undersökningen omfattade prov med 20 centrifugalspridare och 10 rampspridare. Rosendal, Ramsta respektive Sätuna, Björklinge, april 2004.



Figur 2. Uppsamlingsstrågens läge kontrolleras innan spridning med vattenpass och efter spridning kvantitetsbestäms uppsamlad konstgödsel. Västergötland 2003.

Vid de trettio spridningstillfällen som ingick i undersökningen användes vid alla utom ett konstgödsel med konventionell uppbyggnad, d.v.s. där de olika växtnäringsämnena ingick med bestämda proportioner i varje enskilt gödselkorn. I ett fall användes dock ett mekaniskt blandat gödselmedel med beteckningen Aburdur 17-3-14. Detta gödselmedel fördelades med centrifugalspridaren Bogballe EW Trend som ställdes in för effektiv arbetsbredd (kördragsavstånd) om 20 m. Proceduren vid insamling av gödselmedel gjordes på samma sätt som vid övriga spridningsprov. Mätningarna utfördes sammanlagt tre gånger med identiska maskininställningar.

### Analys gödselmedel

Konstgödselns fysikaliska egenskaper analyserades enligt nedanstående. Två representativa prover av gödselmedlen om vardera 1,5 liter samlades in före spridning. Proverna förpackades som regel i plastburkar med lock vilka i sin tur förpackades i täta plastpåsar. Analyser avseende kornstorlek, massflöde, volymvikt och hållfasthet utfördes vid JTI enligt metoder som bl.a. utvecklats vid institutet (Floden, 1994).

Vid försöket med mekaniskt blandad gödsel bestämdes eventuell växtnäringssmässig separation över arbetsbredden. Härvid analyserades gödselmedlet i respektive uppsamlingstråg avseende innehåll av kväve, fosfor, kalium och svavel. För att erhålla tillräckliga mängder för den kemiska analysen slogs innehållet i motsvarande tråg från de tre kördragen samman.

### **Kalkspredning**

Spridning av kalkprodukten Mesa P3 (mesakalk blandad med kalciumfosfat) genomfördes vid ett tillfälle med en tvåskivig centrifugalspridare av fabrikat Bredal. Mätning av spridningsjämnheten skedde enligt samma metodik som vid spridning av konstgödsel. Analys av kalkprodukten omfattade enbart torrsubstanshalt.

Spridningsprov genomfördes även med kalkstensmjöl 0-0,2 mm, ”Nordkalk Aktiv”. Arbetet utfördes med Bredal rörkalkspridare med rampbredden 12 meter. Samma typ av uppsamlingsstråg som i studiens övriga prov användes men uppsamlingen skedde nu med spridarekipaget stillastående. Tyvärr visade sig denna metodik inte vara tillämpbar. Den automatiska varvtalskompensationen för utmatningsskruvarna i rampen fungerade nämligen inte vid stationär drift. Fördelningen i sidled blev inte representativ varför den heller inte redovisas i detta arbete.

## **Del 2: Metodutveckling, bildanalys**

### **Bildinsamling**

För bildtagning användes en vanlig stationär digital kamera, Sony DSC-P10, 5 Mpix (2592 x 1944 pixlar), som placerades rakt över marken vinkelrätt mot jordytan på 0,9 m höjd. Detta innebar att varje bild täckte en yta som var ca 1,5 gånger större än insamlingstrågets och att gödselkorn (eller delar av gödselkorn) avbildades med mellan 30-300 pixlar.

Bilderna togs 1 m efter (med hänsyn till spridarens korrigerad riktning) varje uppsamlingstråg för att vara så nära som möjligt och därigenom få ungefär samma spridda mängd som motsvarande uppsamlingstråg, men samtidigt tillräckligt långt ifrån för att undvika att trägen fick någon inverkan på kornens fördelning i bilderna. För att undvika direkt solljus användes först ett parasoll och senare byggdes en vagn försedd med kamera och solskydd. Efter varje bildtagning togs en till bild som skulle fungera som kontrollfot från samma position. Kontrollfotet utgjordes av en 2 dm<sup>2</sup> stor kvadrat slumpvis placerad inom bildytan. Varje korn som hamnade innanför kontrollfotets ram plockades upp för hand. Det insamlade materialet vägdes för att ta reda på om uppsamlingstrågen påverkade spridningsmönstret på något sätt.

### **Referensdata**

Mätning av spridningsjämnhet uppmättes i fält på fyra platser vilka sammanföll med mätningarna i Del 1 vilka därför kunde användas som referensdata. Alla platser skilde sig åt vad det gäller tidpunkt på dagen, jordart, markfukt och förekomst av vegetation eller halmrester. De förhållanden som rådde ute i fält på de olika platserna noterades (väder, gröda, planttäthet). Gödselmedlen spreds på fält med såväl höst- som vårsådda grödor, vilket innebar skillnader i uppnådda utvecklingsstadier mellan fälten. Vidare hade den varierande lerhalten inverkan på markytans textur genom att det kunde bildas sprickor eller jordklumpar som både påverkade hur gödselkornen landade liksom möjligheten att visuellt upptäcka kornen.

Tre typer av spridare användes, två centrifugalspridare från Bogballe och en rampspridare från Överum. Två typer av gödselmedel testades.

### **Utveckling och utvärdering av bildanalysmetod**

Till utvecklingen av bildanalysmetoden användes insamlat bildmaterial samt dataprogrammet LabView (National Instruments) med tillhörande Vision-paket. Målet med bildanalysen var

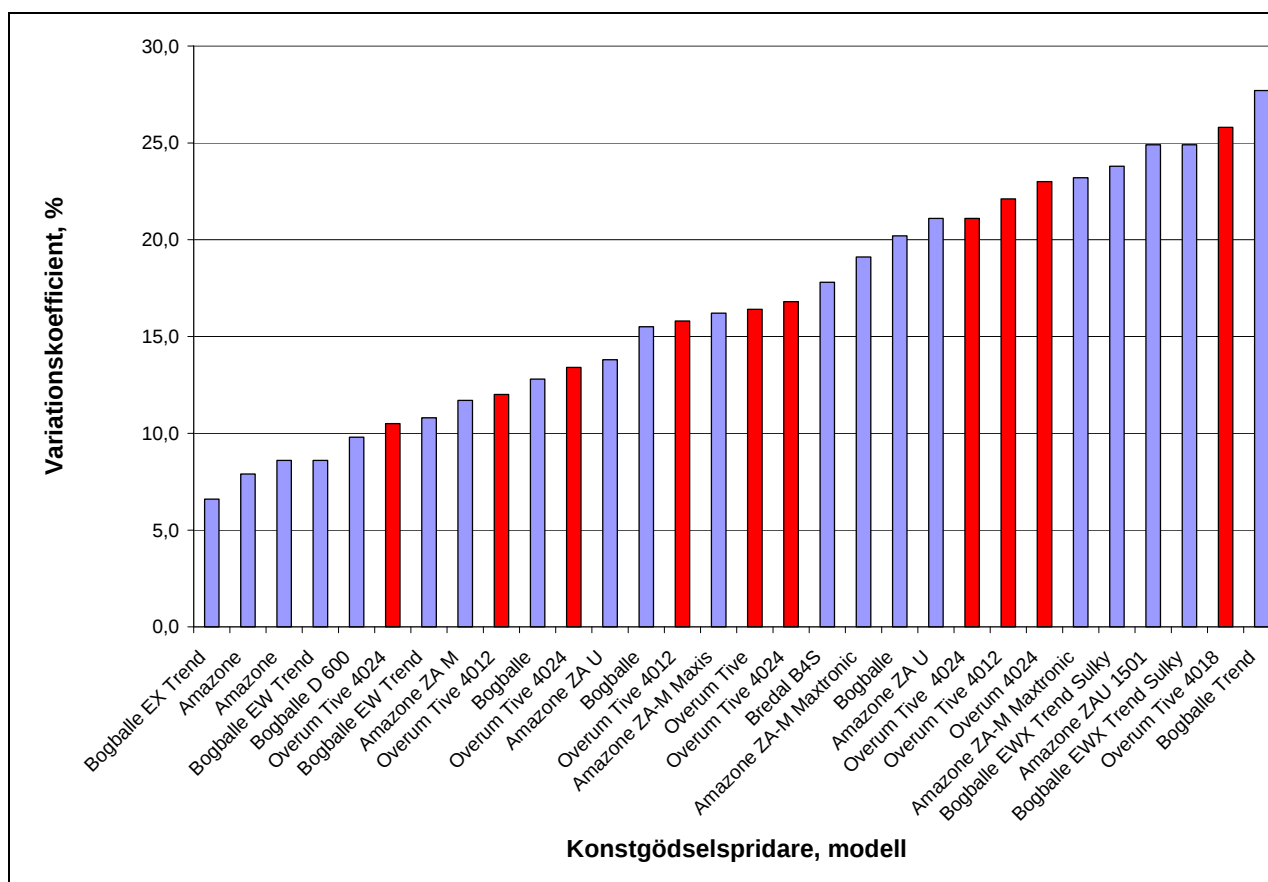
att komma fram till en så generell automatisk metod som möjligt, som fungerar under varierande förhållanden. Olika faktorerers inverkan på metodens förmåga att bestämma spridningsjämnheten (så som gödselkornens färg, form och storlek samt markens textur, växtrester och uppkommen gröda) undersöktes. Resultaten jämfördes sedan med den spridningskaraktäristika som uppmätts med uppsamlingstrågen i Del 1.

## Resultat

### Del 1: Praktiskt spridningsarbete, traditionell mätmetod

#### Konstgödsel, konventionell

I figur 3 illustreras utfallet från samtliga spridningsprov.



Figur 3. Spridningsjämnhet vid nominell arbetsbredd. De staplar som motsvarar rampspridare är markerade med röd färg medan centrifugalspridarnas är blåfärgade.

I tabell 1 sammanfattas resultaten specificerade utifrån maskintyp. Som framgår av tabellvärdena uppgick variationskoefficienten för spridningsjämnheten vid nominell arbetsbredd i genomsnitt till cirka 17 % med obetydliga skillnader mellan de båda spridartyperna. Av de 30 provade spridarna erhöles för 23 av dem jämnare spridning genom att minska avståndet mellan kördragen. Vid dessa optimala arbetsbredder reducerades de genomsnittliga variationskoefficienterna för spridningsjämnheten till 11 %. Samtidigt ökade skillnaderna i spridningsjämnhet mellan maskintyperna något till centrifugalspridarnas fördel.

Möjligheten att förbättra spridningsjämnheten genom att begränsa avstånden mellan kördragen var mest frekvent för centrifugalspridarna. Så gott som alla av dessa maskiner (18 av 20) presterade jämnare spridning vid reducerat kördraagsavstånd. I regel erhöles optimum

genom att köra centrifugalspridarna med ett kördraagsavstånd lika med 2/3 av det nominella, d.v.s. 16 m istället för 24 m respektive 8 m istället för 12 m. Även för hälften av rampspridarna blev arbetsresultatet bättre vid minskat kördraagsavstånd. För dessa erhöles den jämnaste spridningen genom att reducera avstånden med alltifrån någon meter ned till 1/3 av rampbredden.

Tabell 1. Uppnådda spridningsjämnheter för respektive spridartyp.

| Spridare, typ | Spridningsjämnhet vid nominell arbetsbredd vk, % |            | Spridningsjämnhet vid optimal arbetsbredd vk, % |            |
|---------------|--------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------|------------|
|               | variation                                        | medelvärde | variation                                       | medelvärde |
| Centrifugal   | 6,6-27,7                                         | 16,3       | 4,1-24,9                                        | 10,5       |
| Ramp          | 10,5-25,8                                        | 17,7       | 6,2-22,1                                        | 13,2       |

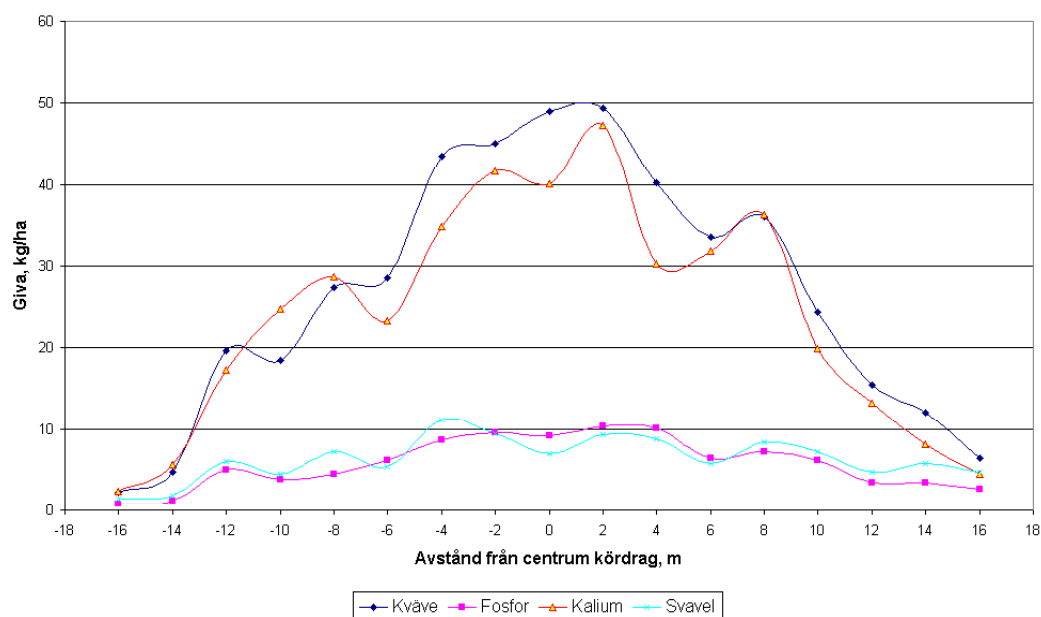
I tabell 2 sammanfattas resultaten för analyserna av konstgödselns fysikaliska egenskaper. För att klarlägga huruvida arbetsresultaten påverkats av gödselmedlens kvalitet studerades sambanden mellan spridningsjämnheten vid nominell arbetsbredd och respektive fysikalisk egenskap. Inga sådana samband kunde emellertid hittas. Regressionskoefficienten vid de linjära regressionerna uppgick som högst till 0,02.

Tabell 2. Konstgödselns fysikaliska egenskaper, sammanfattning.

| Egenskap                     | Variation | Medelvärde |
|------------------------------|-----------|------------|
| Kornstorlek, $D_{50}$ , m.m. | 2,2-3,7   | 2,9        |
| Hållfasthet, kg              | 0,3-12,8  | 5,2        |
| Volymvikt g/l                | 960-1160  | 1040       |
| Massflöde, g/s               | 104-163   | 126        |

## Mekaniskt blandad konstgödsel

I figur 4 redovisas hur de enskilda växtnäringsämnenas fördelades över kastvidden.



Figur 4. Spridningsbild för respektive växtnäringsämne. Exempel från ett av tre kördrag med det mekaniskt blandade gödselmedlet Aburdur 17-3-14.

Beräkning av spridningsjämnheten, tabell 3, visade på viss växtnäringsmässig separation över arbetsbredden. Jämfört med gödselmedlet som helhet fördelades nämligen de kvävehaltiga partiklarna i regel aningen jämnare, d.v.s. hade lägre variationskoefficient, medan övriga växtnäringsämnen var något mer ojämnt fördelade.

*Tabell 3. Spridningsjämnhet för det mekaniskt blandade gödselmedlet som helhet och för respektive växtnäringsämne vid olika kördragssavstånd. Variationskoefficient, %. Exempel från ett av tre kördrag (samma kördrag som i figur 4).*

| Fraktion            | Effektiv arbetsbredd (kördragssavstånd) , m |      |      |
|---------------------|---------------------------------------------|------|------|
|                     | 16                                          | 20   | 24   |
| Gödselmedlet totalt | 7,1                                         | 10,4 | 15,3 |
| Kväve               | 6,7                                         | 8,5  | 18,4 |
| Fosfor              | 10,5                                        | 14,3 | 19,3 |
| Kalium              | 9,0                                         | 14,4 | 17,6 |
| Svavel              | 11,4                                        | 24,5 | 24,9 |

### Spridning av kalk

Mesakalkens torrsubstanshalt uppgick vid provtillfället till cirka 80 %. Resultaten från mätningarna av spridningsjämnhet ges i tabell 4. Av tabellvärdena framgår att skillnaderna i såväl optimal arbetsbredd som spridningsjämnhet mellan proven var betydande.

*Tabell 4. Spridningsjämnhet vid optimal arbetsbredd. Spridning av Mesa P3 med tvåskivig kalk-spridare av fabrikat Bredal.*

| Kördrag nr        | Optimal arbetsbredd, m | Spridningsjämnhet vk, % |
|-------------------|------------------------|-------------------------|
| 1                 | 8,0                    | 17,7                    |
| 2                 | 8,0                    | 10,8                    |
| 3                 | 11,5                   | 31,4                    |
| 4                 | 14,0                   | 37,7                    |
| 5                 | 8,0                    | 28,3                    |
| <b>Medelvärde</b> | <b>10,0</b>            | <b>25,2</b>             |

## Del 2: Metodutveckling, bildanalys

### Bildanalys

Den bildanalysalgoritm som togs fram i projektet identifierade och markerade enskilda konstgödselkorn i bildmaterialet. Inga parametrar behövde ändras i programmet när det kördes på olika bilder. Information om area, längd och bredd för varje objekt sparades till en fil och räknades om till en approximativ cirkel med samma yta som det detekterade objektet. Radien på den approximativa cirkeln användes sedan för att beräkna en approximativ volym för varje objekt.

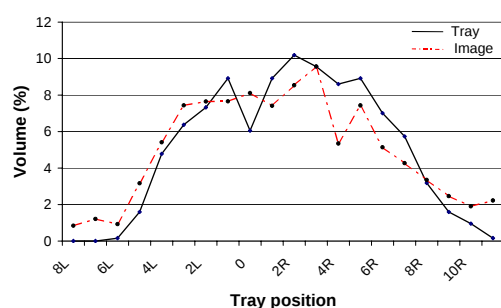
De volymer och vikter som bestämts från uppsamlingstrågen jämfördes med de volymer som beräknats med hjälp av bildanalys och de vikter som bestämts från referensytan (tabell 5). Massan av de gödselkorn som landade i referensytan jämfördes med den volym som hittades inom samma område med hjälp av bildanalysen.  $R^2$  för den uppmätta volymen och referensvikten var liten (mellan 0,53 till 0,78). Den senare höga korrelationen hängde dock samman med en punkt och när den avlägsnades ut materialet sjönk korrelationen till 0,46. Däremot kunde en högre korrelation uppmätas mellan uppmätt volym och beräknad volym, där korrelationen var något lägre på de platser där rampspridare använts än där centrifugalspridare använts.

Tabell 5. Volymen som uppmätts med uppsamlingstråg jämfört med vikten från uppsamlingstrågen, vikten från referensproverna samt volymen beräknad ur bildmaterialet. Varianskoefficienten (CV) har beräknats på arbetsbredderna \*\*12 m, \*20 m, and 24 m, där överlappningen från intilliggande kördrag ingår i beräkningen.

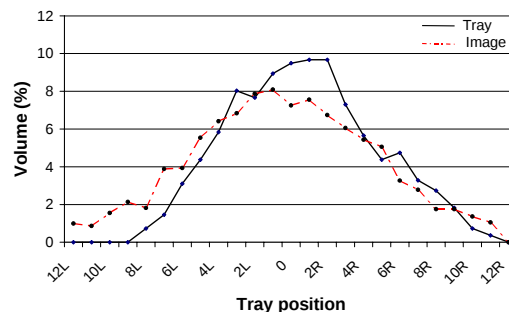
| Plats | R <sup>2</sup> (volym mot vikt) | R <sup>2</sup> (volym mot referensvikt) | R <sup>2</sup> (volym mot bildvolym) | CV tråg | CV bildanalys |
|-------|---------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|---------|---------------|
| F1    | 0,99                            | 0,54                                    | 0,86                                 | 27,7**  | 17,9**        |
| F2    | 0,99                            | 0,78 (0,46)                             | 0,89                                 | 11*     | 6,3*          |
| F3    | –                               | –                                       | 0,62                                 | 28,3    | 29,5          |
| F4    | 0,93 (0,99)                     | 0,53                                    | 0,77                                 | 22,1    | 20,7          |

Antal korn räknades också för att jämföras med antalet detekterade korn i bildmaterialet. Resultatet antyder att det var fler korn som inte hittades i bildmaterialet trots att de fanns där än det var korn som felaktigt upptäcktes i bilderna utan att finnas i verkligheten. Detta faktum verkade dock vara proportionerligt och gälla för alla bilder över arbetsbredden vilket innebar att själva spridningsmönstret inte påverkades i samma utsträckning.

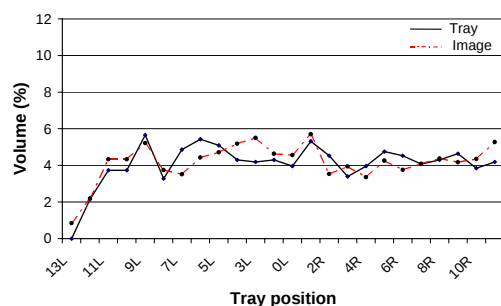
I diagrammet i figur 5 har den från uppsamlingstråg uppmätta och normaliserade volymen för varje tråg ritats upp mot den med bildanalys beräknade och normaliserade volymen för respektive provningsplats. Det dominerande fördelningsmönstret från de normaliserade bildberäknade volymerna följde i grova drag samma fördelningsmönster som de normaliserade volymerna uppmätta med uppsamlingstråg. Variationskoefficienten för spridningsjämnheten som beräknats från bildmaterialet var lägre än uppmätta variationen på alla platser utom plats F3 (se även tabell 5).



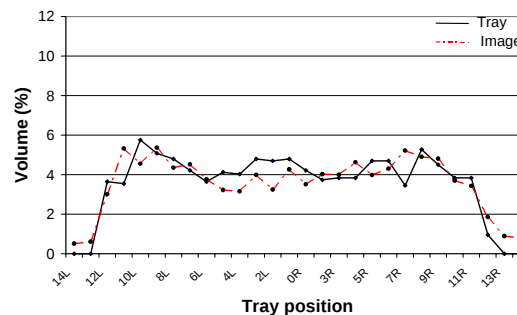
F1



F2



F3



F4

Figur 5. Normaliserade spridningsbilder uppmätta med uppsamlingstråg (hel linje) och med bildanalys (streckad linje). Trågen var placerade med 2 meters mellanrum för F1 och F2 och varje meter för F3 och F4 till vänster (L) och höger (R) om körspåret. F1 och F2 redovisar spridning med centrifugal-spridare, medan rampspridare användes vid F3 och F4.

## Diskussion

### Del 1: Praktiskt spridningsarbete, traditionell mätmetod

När konstgödsel spreds uppgick variationskoefficienten för spridningsjämnheten vid nominell arbetsbredd i genomsnitt till cirka 17 %. Vid den optimala arbetsbredden blev motsvarande värde så lågt som 11 %. Sammantaget visar detta på ett gott spridningsresultat. Det är bl.a. väsentligt bättre än de utvärderingar av praktiskt spridningsarbete under svenska förhållanden som gjorts under den närmast föregående tjugoårsperioden.

Att observera är också att de uppnådda resultaten hävdar sig tämligen väl med inomhusprovningar där variationskoefficienten i regel ligger inom intervallet 5-10 %. Att de i denna studie uppnådda resultaten ligger så pass nära inomhusprovningarna är förvånande genom att man vid de senare använder väl specificerade gödselmedel samtidigt som man slipper en rad störningsfaktorer bl.a. vind och fukt samt lutningar och skakningar. Vid inomhusprovningar eliminerar man dessutom en hel del slumpmässiga variationer genom att spridarekipagen körs mycket långsamt alternativt flera gånger över uppsamlingstrågen.

De goda utfallet i föreliggande studie tyder på gynnsam samverkan mellan förare, maskiner och gödselmedel. Inverkan torde också ha haft att de provade maskinerna var i gott skick samt att de ställdes in väl före respektive provningstillfälle. Vidare att, så långt möjligt, olika störningsfaktorer i fält undveks.

Den jämna spridningen tyder också på att mätningarna utförts på ett tillfredsställande sätt. Exempelvis medför bristfälligt uppställda, lutande uppsamlingstråg att uppmätta gödselmängder ej blir representativa. I synnerhet är detta fallet när centrifugalspridare med flacka spridningsbilder provas.

Beträffande maskintyper och fabrikat kunde inga väsentliga skillnader mellan de olika spridarna noteras. Att exempelvis centrifugalspridare och rampspridare är jämförbara beträffande spridningsjämnhet har även dokumenterats i tidigare undersökningar. Genom att begränsa avstånden mellan kördragen ökade dock skillnaderna i spridningsjämnhet mellan maskintyperna något till centrifugalspridarnas fördel. Att observera är att maskinerna provats under olika förhållanden avseende förare, gödselmedel, markförhållanden etc. vilket innebär att resultaten inte är direkt jämförbara med varandra.

Av de fyra provade fysikaliska egenskaperna uppvisade hållfastheten väsentligt större variationerna mellan gödselproverna än kornstorleksfördelning, massflöde och volymvikt. Detta mönster känns igen även från tidigare studier (Flodén, 1994, Fällman, 1999)

Enligt tidigare erfarenheter bör produkter vars genomsnittliga kornstorlek ( $D_{50}$ ) understiger 2 mm inte användas i kombination med centrifugalspridare med 24 meters effektiv arbetsbredd och däröver. Inget av de 25 gödselmedel som analyserades i studien var emellertid så pass finkornigt. Produkterna med de minsta kornstorlekarna, bl.a. tre partier ammoniumnitrat (N 34), uppvisade  $D_{50}$ -värden om cirka 2,2-2,3 mm.

Analysresultaten från mätningarna av gödselkornens hållfasthet visade däremot på brister i flera fall. Av de provade gödselmedlen klarade åtta stycken ej att belastas med 3 kg utan att krossas. Sex av dessa var dessutom förhållandevis småkorniga med  $D_{50}$ -värden understigande 2,5 mm. Man skulle kunna förvänta sig att detta skulle ha resulterat i förhållandevis ojämn spridning men några sådana samband har ej hittats. I de fall de aktuella produkterna spreds med centrifugalspridare kan dock noteras att väsentliga förbättringar av arbetsresultatet erhöles genom att reducera avståndet mellan kördragen.

Att inga samband hittats mellan svaga gödselkorn och spridningsjämnhet kan även ha för-sökstekniska orsaker. Under den tid som förflöt mellan spridning och analys av respektive

gödselprov kan viss fuktupptagning ha skett vilket i så fall torde ha påverkat hållfastheten vid analystillfället negativt.

Vid spridningsprovet med mekaniskt blandad gödsel visade mängden uppsamlad gödsel i trågen på jämn spridning av gödselmedlet som helhet. Variationskoefficienten var lägre än genomsnittet av spridningsproven i undersökningen och endast något sämre än resultatet som erhöles då det aktuella spridarekipaget framfördes med konventionell konstgödsel (Hydro Opticrop) någon månad tidigare.

Samtliga växtnäringsämnen i den mekaniskt blandade gödseln fördelade sig över hela arbetsbredden även om viss separation uppstod. Det senare tyder på att de ingående gödselpartiklarna hade sinsemellan avvikande aerodynamiska egenskaper. Gynnsamt i sammanhanget var dock att kvävet, som i förhållande till fosfor och kalium har snabb inverkan på den gödslade grödans utveckling, var jämnare fördelat än gödselmedlet som helhet.

## **Del 2: Metodutveckling, bildanalys**

Det var hög korrelation mellan uppmätt volym och uppvägd vikt för de korn som samlats in i uppsamlingstrågen, vilket indikerar att bildanalys skulle kunna användas för att bestämma spridningsbilder förutsatt att kornens volym kan bestämmas relativt korrekt utifrån dess yta.

Det dominerande spridningsmönstret beräknat från normaliserade volymer beräknade ur bildanalysresultaten följer också i grova drag den spridningsfördelning som uppmätts ur normaliserade gödselvolymerna från uppsamlingstrågen.

Noggrannheten i de kvantitativa mätningarna med bildanalys minskar som befarats med till exempel ökat vegetationstäck. Felet har dock ingen effekt på det relativa spridningsmönstret så länge vegetationen inte är alltför tät eller ojämnt fördelad längs transekten. Den största orsaken till skillnaderna mellan skattningar från bilder och volym uppmätt i lådor torde dock vara det faktum att det faktiskt missas en del korn i bildmaterialet och även om fördelningen på de missade kornen är relativt jämn så har det ändå en viss inverkan på variationskoefficienten för spridningsjämnheten.

Den stora skillnaden i variationskoefficienten mellan tråg och bilder på platserna F1 och F2 skulle kunna hänföras till att man där använt centrifugalspridare. Det faktum att små korn sprids kortare sträckor än stora korn kan ha påverkat CV i kombination med att alltför små korn är svårare att upptäcka i bildmaterialet. Det spridningsmönster som visas i F1 och F2 indikerar att den beräknade volymen är mer korrekt ut mot kanterna än den är närmast traktorn på grund av den ökande kornstorleken.

Referensytornas storlek verkar vara för liten för att beräkna något egentligt spridningsmönster eller för att fastställa en eventuell inverkan av lådornas utformning.

Identifierade svårigheter för bildanalysmetoden:

- Blänk från halminslag i bilderna kan misstolkas för konstgödselkorn.
- Torra jordklumpar får ofta en så ljus färg att de kan vara svåra att skilja från gödselkornen.
- Gödselkorn som delvis skymms under blad kräver ytterligare behandling i bildmaterialet eftersom de ofta betraktas som två separata korn och det är vanligt att ena halvan faller bort.
- Gödselkorn som faller nära varandra är svårare att skilja från halmrester på marken eftersom den karaktäristiska runda formen som enskilda korn har blir svårare att identifiera i bildmaterialet.
- Gödselkorn som faller ner i sprickor i marken är svåra att identifiera då de antingen försvinner helt eller blir extra beskuggade och därmed får en mörkare färg i bilderna än övriga gödselkorn.

## Referenser

- Flodén, S., 1994. Analysmetoder för konstgödsels fysikaliska egenskaper. Rapport nr 178 från JTI. Uppsala.
- Fällman, A., 1999. Hydro bäst i gödseltest. Lantmannen nr 11.
- Lundin, G. Thylén, L. & Hoffman, M., 1997. Ökad precision vid spridning av mineralgödsel ger högre skörd. Växtpressen nr. 4. Helsingborg.
- Neuman, L. och Thorsén R. 2003. Konstgödselspridning i praktiken 2002. Länsstyrelsen Västra Götaland
- Norsk Hydro, 1979. Utrustning för provning av handelsgödselspridare i praktisk drift – beskrivning och användning. Equipment for testing mineral fertiliser spreaders – description and use. Norsk Hydro Sverige AB.

## Publikationer

- Emgardsson, P., 2004. Jämn spridning av mekaniskt blandad gödsel. Lantmannen nr 9.
- Rydberg, A., 2004. Spridningsbilder för mineralgödsel bestäms med bildanalys. Jordbrukskonferensen 2004, sid. 72. Poster.
- Rydberg, A. & G. Lundin. Measuring Distribution Accuracy of Fertiliser Using Image Analysis. Proceedings: 5<sup>th</sup> European Conference on Precision Agriculture (5ECPA), Juni 2005, Uppsala, Sweden. Muntlig presentation.

## Övrig resultatförmedling till näringen

- Webbnotis på JTI:s hemsida: Spridning av mineralgödsel studeras genom bildanalys (2004-11-08). Webbnotisen sprids förutom via hemsidan till prenumeranter och nyhetsbyråer.
- Borgeby Fältdagar 29-30 juni 2005. En demonstration av det utvecklade bildanalys-systemet för bestämning av spridningsjämnhet var tänkt att hållas direkt i fält med den vagn för kamera och solskydd som tagits fram inom projektet. De torra och dammiga sommarjordarna vid uppvisningstillfället gjorde dock att algoritmen för att hitta kornen (utvecklad för vårbruk) var tvungen att justeras innan systemet var redo för allmänheten. När väl det var gjort hade något fordon kört på vagnen som stod kvar på mässområdet under natten och demolerat den tillräckligt för att omöjliggöra några demonstrationer i fält.