

## Spridningsmetodik för biologiska nyttodjur i jordgubbsodling



Klara Löfkvist och Per-Ander Algerbo



2015



Europeiska jordbruksfonden för  
landsbygdsutveckling: Europa  
investerar i landsbygdsområden

## Sammanfattning

Spridning av kvalster på friland går att göra tids- och kostnadseffektivt om man använder sig av rätt metoder. Maskinell spridning av kvalster är framförallt helt överlägsen då det gäller en jämn spridning i raden vilket är viktigt för så optimal effekt som möjligt. De maskiner som inom detta projekt har utvärderats är pneumatiska fallspridare och spridare med roterande doseringstrummor. Rökvalstrens vitalitet påverkades inte av de testade maskinernas utmatningssystem. Med rätt val av utmatningsvals, spridarramp och spridarorgan kunde spridningen av kvalstren i dess bärmaterial göras jämn både i arbetsbredd, körriktning och över tid. En maskinell spridning jämfört med manuell spridning har hög kapacitet och är arbetsbesparande vilket gör den kostnadseffektiv. Spridningsjämnheten blir dessutom betydligt jämnare än manuell spridning. Det finns därför mycket goda förutsättningar för att öka användningen av exempelvis *Neoseiulus cucumeris* inom jordgubbsodling på friland.

# Innehållsförteckning

## Innehåll

Sammanfattning.....	2
Innehållsförteckning.....	3
Bakgrund .....	4
Syfte och målsättning.....	4
Rovkvalster .....	4
Material och metod.....	5
Kartläggning av på marknaden lämpliga maskiner och tekniker .....	5
Pneumatiska fallspridare .....	5
Roterande doseringstrummor, Rotabug W – Koppert.....	9
Utmatningstester .....	11
Utmatningsjämnhet över tid .....	11
Testmetod .....	12
Genomförande av spridartest .....	13
Kvalsteröverlevnad och fördelning.....	14
Resultat av spridartest och kvalsteröverlevnad .....	14
Utmatning.....	14
Tvärs körriktningen.....	14
Längs körriktningen .....	16
Kvalsteröverlevnad och fördelning .....	17
Maskinekonomi .....	17
Fältkapacitet .....	17
Kostnader för spridning.....	17
Lönsam mekanisering.....	18
Diskussion.....	18
Slutsatser .....	19
Referenser .....	19

## Bakgrund

Användning av biologiska nyttodjur kräver jämn spridning. Idag sker stor del av spridningen manuellt vilket är mycket tidskrävande och fördelningen blir inte så jämn som förväntat och som krävs. I takt med att färre kemiska växtskyddsmedel blir tillgängliga får vi ett ökat behov av väl fungerande biologiska metoder. Att använda sig av biologisk bekämpning har många fördelar såsom minskad risk för resistens och mindre risker för miljöpåverkan. För att få de biologiska växtskyddsmetoderna att fungera väl behövs en mycket god appliceringsteknik eftersom de måste träffa den plats de ska verka på. Vid spridning av markroorganismer såsom nyttodjur är nyttodjurets art av stor betydelse för hur de själva förflyttar sig. Bevingade organismer sprider sig naturligtvis över större ytor än de som är beroende av mark under fötterna. Inom växthusproduktion med begränsade ytor kan manuell applicering i viss utsträckning vara acceptabel även om odlarna uppger att det tar mycket tid. Manuell spridning i en fältgröda i större skala kan dock göras betydligt effektivare om den görs maskinellt och jämnheten blir klart överlägsen all manuell hantering. Det finns därför ett stort behov av att utveckla spridningsmetoder för nyttodjur till fältodling.

Ett problem i jordgubbsodling är jordgubbskvalstret (*Phytonemus pallidus*). En bra biologisk metod som enligt försök fungerar mycket bra och som används idag är biologisk bekämpning med rovkvalstret *Neoseiulus cucumeris* (fd. *Amyloseiulus cucumeris*) (Lindqvist 2005 och Svensson 2008). Detta rovkvalster kan även bekämpa skadegörare som spinn och trips vilka även förekommer i jordgubbsodling. Idag sker spridning av rovkvalstret (*Neoseiulus cucumeris*) till stor del via manuell spridning och kräver därför mycket stor arbetsinsats. Spridningen av rovkvalstret måste dessutom bli jämn eftersom de endast förflyttar sig mindre sträckor i fält. Genom att utveckla spridningsmetodiken för nyttodjur på friland öppnas möjligheter för en generell ökad användning av biologiska bekämpningsmedel inom frilandsgrödor.

## Syfte och målsättning

Syftet med projektet är att få en ökad användning av rovkvalster i frilandsodling.

Målsättningen är att ta fram en rationell metod för hur man ska kunna sprida rovkvalster på ett effektivt och jämnt sätt i stor skala på frilandsodling av jordgubbar.

Inom projektet har olika spridningsmetoder för rovkvalster i jordgubbsodling på friland undersökts. Fokus har legat på befintliga maskintekniker som finns tillgängliga och testerna har gjorts med aktuella kvalstermaterial.

## Rovkvalster

Produkten som ska spridas ut består av en blandning av rovkvalster (*Neoseiulus cucumeris*) matkvalster (som är mat åt rovkvalstren), kli (som mat till matkvalstren) samt i vissa fall mer eller mindre vermikulit. Andelen av kli och vermikulit i förpackningen varierar något med olika produkter men en viss andel kli finns alltid med. Detta är med andra ord ett material som lätt kan plocka upp fukt och som har en fördelning av såväl små som stora material. Kvalstren är känsliga för fysisk påverkan och behöver hanteras varsamt så att de inte skadas eller förlorar sin vitalitet. Då kvalstren rör sig i materialet är en omrörning viktig så att de finns representerade i hela materialet. Denna ska dock vara skonsam så att de inte skadas. Skakningar och höga transporthastigheter där material slås mot väggar eller spridarorgan bör undvikas.

För att erhålla en jämn spridning och rätt mängd av kvalster i raderna över hela fältet bör ett antal parametrar uppfyllas. Kli och Vermikulit har fysikaliska egenskaper som skiljer sig åt. Kli har något större fraktionsdelar och är mer flakliknande. Generellt har det också högre skrymdensitet och har högre inre och yttre friktionsvinkel. Det gör att det i praktiken inte rinner ut lika lätt och kräver något större utmatningsöppning och cellhjulsvolym.

## Material och metod

### Kartläggning av på marknaden lämpliga maskiner och tekniker

En kartläggning av lämpliga befintliga spridningsutrustningar har gjorts. Stor vikt har lagts vid att spridningen ska vara skonsam för nyttodjuret. En utgångspunkt har varit att testa befintliga metoder och ingen ny teknik har utvecklats. Tre typer av utrustning har stegvis testats och utvärderats och succesivt. Utvärderingen har skett med hänseende på att sprida av rovkvalster i dess befintliga bärrmedium. Olika typer av såmaskiner eller maskiner som kan hantera och sprida granulat, pellets, kross, pulver eller mjöl har kartlagts utifrån dess spridaregenskaper skonsamhet och möjligheter att sprida olika mängder. Tre typer av spridningsutrustning har valts ut. Spridningsmetoden som undersöks måste, för kvalitets skull, vara både jämn och skonsam eftersom de är känsliga för fysisk påverkan.

Den manuella spridningen som sker idag görs från en flaska eller ett rör beroende på produkt och strös upp i raderna. Det är med andra ord en precisionsmetod. Maskinell spridning av kvalster i växthus finns sedan flera år tillbaka. De metoder som finns för växthusspridning baseras i första hand på luftassisterad spridning eftersom bredspridning över odlingsytorna är att föredra. Kopperts "Airbug" och "Rovkvalsterblåsaren" från Biobest är exempel på denna spridningsmetodik. Dessa metoder lämpar sig bra för växthusytor där plantorna har kontakt med varandra och kvaliteten kan gå mellan plantorna.

För jordgubbsodling är en spridning i raden mera optimal då så stor del av kvaliteten som möjligt bör träffa plantorna. En jämn spridning inom raden är också viktig eftersom kvaliteten kan röra sig mer eller mindre begränsat beroende på tillgång på mat, hur klimatet (temperatur och fuktighet) är.

Inom ramen för projektet har tre spridningstekniker som vid utvärderingen ansågs vara lämpliga för att sprida kvaliteten och dess bärrmaterial valts ut. Fallspridare med pneumatiskt transportsystem med två olika utmatnings- och fördelningsprinciper testades liksom en nyligen utvecklad spridare speciellt utformad för bärrmaterial kli alternativt Vermikulite. Urvalet av tekniken gjordes utifrån dess skonsamhet för kvaliteten, exakthet i utmatningen, att givan var enkel att justera och att arbetsbredd som kan varieras. De maskinella metoder som finns utarbetade och till viss del redan används utvärderades också.

### Pneumatiska fallspridare

#### *Luftassisterad modifierad ryggspruta, Rovkvalsterblåsare, Biobasiq*

Den första typen av spridarteknik som provades var en metod som används vid spridning i växthus.

Den specifika ryggspruta som har använt finns hos Biobasiq och kallas av dem "Rovkvalsterblåsare". Detta är en luftassisterad ryggspruta som har modifierats för att kunna sprida kvalstren. Den har en bra spridningsradie för bredspridning i växthus där den fungerar bra, och är effektiv och skonsam. Eftersom metoden är särskilt utvecklad för kvalsterspridning och fungerar väl i växthus bedömdes denna metod vara intressant att utvärdera även för spridning i fält. En fläkt är direkt driven av en förbränningsmotor och luftflödet påverkas direkt av motorvarvtalet. En behållare för materialet placerat ovanför luftkanalen öppnas med ett spjäll. Med självfall och injektorverkan faller/sugs materialet med i luftströmmen och fördelas med ett rörligt utlopp. Spridaren monterades på en trädgårdstraktor som redskapsbärare. På detta sätt kunde en enkel spridare för en rad, med möjlighet att dela upp flödet i två eller fler utlopp, testas.



Bild 1. En "rovkvalsterblåsare" som är en luftassisterad ryggspruta placerad på en trädgårdstraktor för spridning i rader.

Ytterligare ett alternativ för utmatningen för att kunna sprida kvalstren i rader provades. Ett vertikalt stigarrör med en fördelare och sex rörledning som leder ut materialet i raderna lånades från en försöksåmaskin för parcellodlingar. Det är en vanligt förekommande spridarteknik för såmaskiner. Tekniken kräver dock lite högre lufthastigheter. Ett motsvarande alternativ hade varit exempelvis Väderstad frösåmaskin med valsutmatning.

### ***Pneumatisk fallspridare med valsutmatning(APV)***

Frösåmaskiner är vanligt förekommande i lantbruket för att monteras på konventionella såmaskiner, bearbetningsredskap eller olika typer av fordon. Vanligen sås raps eller fånggröda alternativt sprids snigelgift med frösåmaskinerna. De är framtagna för att kunna hantera och sprida en stor variation av material med hög kapacitet och god precision. Dessa finns i olika varianter med vissa skillnader vad gäller funktion men med i stort sett samma resultat ur sådd/spridningsresultat.



*Bild 2. Pneumatisk fallspridare APV. Spridaren är försedd med elektriskt kontrollerad utmatningsvals och elektriskt kontrollerad fläkt för transport av frö, gödsel, etc från behållare till spridarorgan. Vanligen monteras den på redskap som kultivatorer, vältar, såmaskiner, mm. Foto APV Österrike.*

Den maskin som testades kommer från APV (APV - Technische Produkte GmbH, Österrike) och tillhandahålls av Kornbo Maskin AB. Den är en av flera likande maskiner med tämligen likartad uppbyggnad och funktion. Maskinen, bild 2, har en behållare för materialet placerad över en utmatningsvals. Valsen består av en eller flera cellhjul för respektive rad. Med antalet cellhjul per rad, varvtal på vals, och genom att anpassa en spjällöppning, kan volymen utmatat material regleras per tidsenhet, i stort sett oberoende av materialets fysikaliska egenskaper. Materialet matas ut direkt i en slang som med luftflödet förs ut till spridarorganet över raden. Radavståndet är variabelt och kan enkelt avpassas efter behov. Uppbyggnaden av maskinen ger en skonsam hantering av kvalstren, från det att maskinen fylls till dess materialet når plantorna. I och med att materialet endast förflyttas nedåt på vägen från behållare till planta är det endast små luftflöden som krävs för att föra kvalstren genom spridarören.



*Bild 3. APV Spridare. Spridaren består av en behållare med en elektrisk styrd utmatningsvals. En fläkt skapar ett luftflöde som för materialet till spridarorganet över raden. Materialet är skyddat för vindpåverkan hela vägen från behållaren till dess det når plantan genom ramprören och utsläppsorganen, en för varje rad.*

På APV används normalt slangar för materialtransporten från utmatningen till spridarorganet som kan vara en spridarplatta, såbill, eller dylikt. Slangarna visade sig dock vid en första test ha för stor inre friktion för att materialet skulle kunna transporteras längre sträckor utan att avsättas i slangarna, med de luftflöden vi önskade. För att sprida materialet i jordgubbsodlingen behövs en spridarramp som fördelar materialet ut till raderna. Det finns idag ingen lämplig spridarramp till APVn. För detta ändamål har därför en enkel rampprototyp konstruerats, bild 4. Maskinen i testet har åtta rader och rampen kan enkelt anpassas till enkel eller dubbelrader. Vanliga vvs artiklar användes. Spridarrören hade en diameter på 40 mm medan spridarorganet hade en utsläppsdiameter på 100 mm. Lämplig appliceringsbredd bestämdes utifrån planträdens bredd. Med en större diameter i spridarorganet reduceras lufthastigheten och materialet får en mycket låg vertikal hastighet vid appliceringen. Luftflödet på APV såmaskinen kan justeras med en elfläkt och lägsta erforderliga lufthastighet provas ut. Med en ramp byggd på detta sätt är spridningen dessutom okänslig för vindpåverkan. Appliceringen kan ske på bladen, i bladverket, eller nere bland stjälkarna beroende på var man önskar avsättning av materialet.





*Bild 4. APV spridartest frontmonterad. Spridaren monterad på ett demonstrationsstativ som i sin tur var fastbultad i en lastpall för att bäras i frontlastaren eller på pallgafflar i trepunktslyften. I detta fall var 6 ramprör monterade rader för spridningstestet. I tillhandahåller inte maskintillverkarna spridarramper till frösåmaskinerna.*

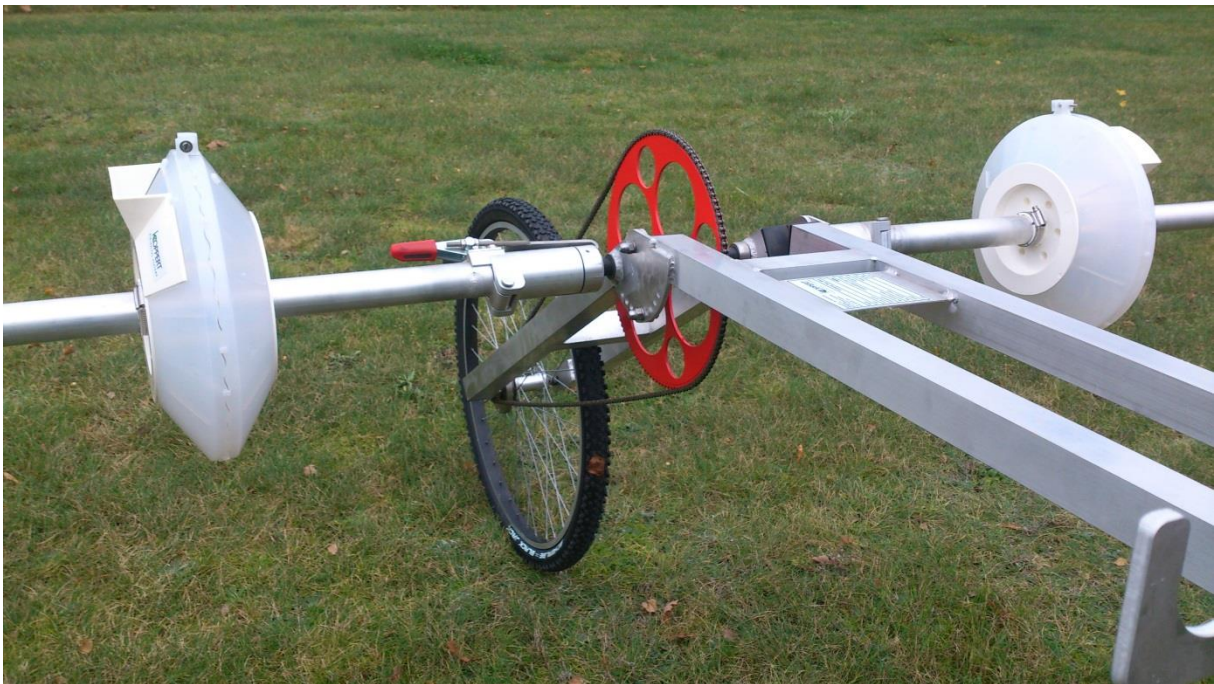
#### **Roterande doseringstrummor, Rotabug W – Koppert**

Under sommaren 2014 släppte Koppert, som också är det företag som producerar kvalstren, en ny appliceringsutrustning för rovkvalster i jordgubbsodling. Utmatningsorganen består av två diskar som skapar en behållare. Avståndet mellan diskarna som sluter mot varandra avgör hur mycket material som rinner ut ur behållaren. Påfyllningen sker genom en lucka på en av de båda diskarna. Justering görs med skruvmejsel och öppningen är graderad från 1 till 6, bild 5. Varje utmatningsorgan måste individuellt kalibreras för det material som ska spridas. Under spridningen roterar diskarna och utmatningen sker i huvudsak både i framkant och i bakkant i nivå med materialets yta. Spridaren består av upp till sex doseringstrummor monterade på en roterande axel. Axeln drivs av ett markhjul och utmatningen är därför är markberoende och doseringen blir i stort sett den samma oberoende av framföringshastigheten, bild 6.

Rotabug finns i två utformningar en som drivs manuellt och en som kan monteras på en liten traktor eller annan redskapsbärare. Utrustningen är fortfarande under utveckling och vissa justeringar kan komma att göras. Den utrustning som har testats inom projektet har varit den manuella varianten.



*Bild 5. Koppert Spridare. Koppert spridare sedd bakifrån. Fyra utmatningsorgan är för närvarande monterade. Ytterligare en axel-längd kan monteras i vardera änden, vilket medger fler utmatningsorgan. Totalt sex utmatningsorgan medföljer.*



*Bild 6. Koppert drivning av utmatningsorgan. Drivningen av axlarna för spridningen sker med hjälp av bärhjulet. Utväxlingen är fast varvid utmatningsorganen roterar sju varv per 100 m. Höjd över marken kan regleras genom att ställa in vinkeln mellan bärramen och hjulramen.*



*Bild 7. Inställnings av giva. På spridarorganet är ytterkanten på respektive disk är vågig och bildar små öppningar som materialet kommer emellan. Genom att rotera diskarna sinsemellan ökas eller minskas öppningarna mellan diskarna varvid givan kan ökas respektive minskas. Givan justeras med en plattmejsel och öppningen är graderad i en skala mellan 1 och 6.*

## Utmatningstester

De tre utvalda metoderna har testats i flera steg. Första steget var att kunna radsprida kvalstren på ett skonsamt sätt. Målbilden var en radspridning så att kvalstren hamnar mitt i jordgubbsraderna med så lite spridning utanför raden som möjligt. I detta första steg användes ren vermikulit som material och spridningen bedömdes okulärt.

De metoder som klarade det första steget utvärderades vidare i steg två. I steg två testades utmatningsjämnheten både tvärs- och längs korriktningen. Spridningsjämnheten kan variera beroende på spridarens utmatningssystem och fördelare samt materialets fysikaliska egenskaper. Materialet ska kunna placeras på rätt plats, höjd och bredd, i raden. Spridningen ska dessutom vara okänslig för vindpåverkan med tanke på materialets höga skrymdensitet. Målet är att kvalster ska kunna placeras på eller inne i bladverket, alternativt mot stjälkarna, så att kvalstren enkelt ska kunna ta sig till rätt plats. Kvalstrens hastighet vid appliceringen i raden bör därmed vara så låg som möjligt.

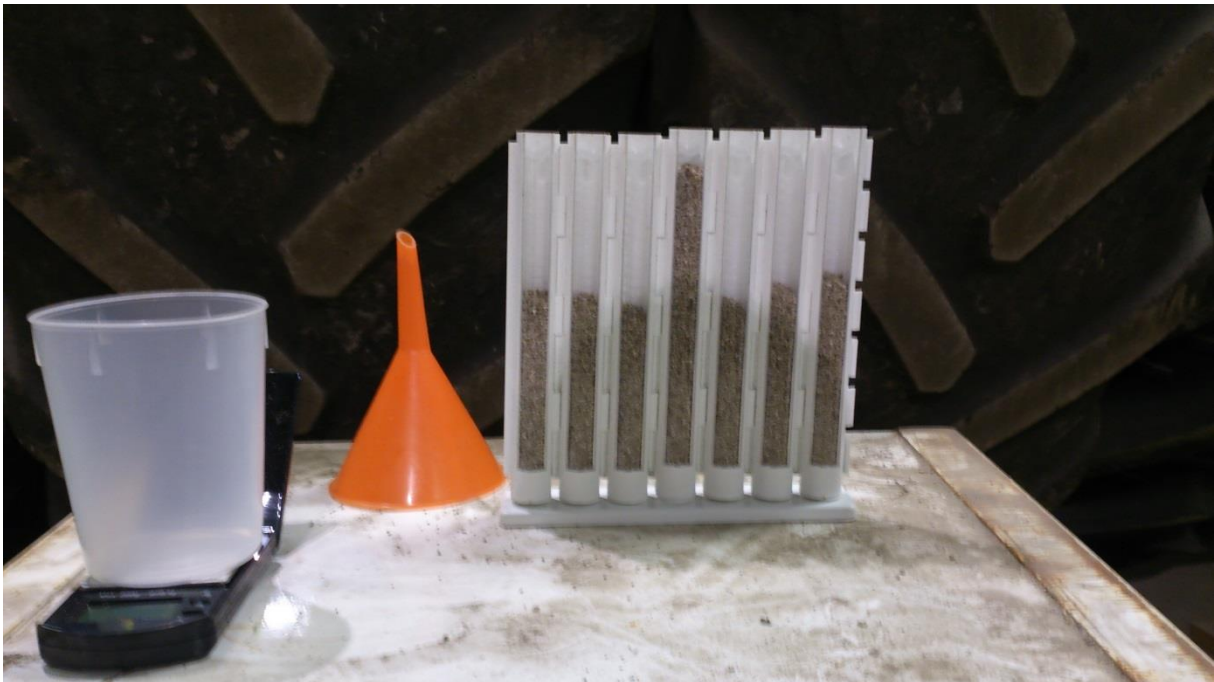
## Utmatningsjämnhet över tid

Det som i störst grad styr utmatningsjämnheten över tiden, dvs spridningsjämnheten i korriktningen, är materialets fysikaliska egenskaper. Partikelstorlek, storleksfördelning, hållfasthet, etc. Vid hanteringen av materialet sker en separering och materialet blir inhomogent fördelat i spridarens behållare innan det når utmatningsorganet. Denna separering förstärks i och med att materialet bör blandas om för att jämna ut fördelningen av kvalster inom materialet. Vid rotation av en behållare ansamlas större partiklar närmre centrum. Men för en jämn fördelning av kvalstren i bararmaterialet måste det enligt tillverkarna blandas om kontinuerligt.

## Testmetod

Spridningsjämnheten bestäms genom en standardiserad testmetod där försöksbackar sätts ut på en yta och variationskoefficienten (VK) för spridningsjämnheten beräknas. Här undersöks exempelvis hur känslig spridningen är och om maskinen klarar en jämn fördelning vid olika spridningsmängder. Metoden togs fram för att testa spridningsjämnheten hos konstgödselspridare i fält. Med metoden kan spridningsjämnhet längs- och tvärs körriktningen bestämmas.

Testutrustningen består av 7 testbackar med storleken  $0.5 * 0.5$  m och 7 mätrör för volymsbestämning. Mätrören kan ersättas med våg för viktbestämning istället. Beroende på antalet rader eller hur många backar man vill utnyttja längs kördragen kan ett eller flera testutrustningar användas. I den EU standard som används för att bestämma spridningsjämnheten på konstgödselspridare inomhus är backarna också  $0.5 * 0.5$  m.



*Bild 8. Testutrustning för att mäta/kontrollera spridningsjämnhet. Mätrör för att bestämma volymfördelningen och våg för att bestämma viktfördelningen. Vågens upplösning är 0.1 gram. I mittersta röret har mängden från två backar slagits ihop.*



*Bild 9. Uppsamlingsbackar. Två uppsamlingsbackar med material efter spridning. Backarnas storlek är 0,50 \* 0,50 m.*

Spridningsjämnheten uttrycks i form av variationskoefficient,  $V_k$ . Denna variationskoefficient beräknas ur formeln:

$$V_k = 100 * s / m$$

där

$s$  = standardavvikelsen

$m$  = medelvärde för alla proven

Vid spridning av konstgödsel, övergödning av fältet, görs också en värdering på acceptabel spridningsjämnhet. Detta baserar sig på kvävetets rörelse i marken. Det kan dock vara viss skillnad på kvalitets rörelse på och mellan plantorna efter spridningen.

<b><math>V_k</math></b>	<b>Resultat</b>
< 10%	God fördelning
10 - 15%	Tillfredsställande
15 - 20%	Ej tillfredsställande
> 20%	Dålig

### **Genomförande av spridartest**

Spridningsjämnheten för Rotabug har testats på två sätt. Dels stationärt med 3 spridarorgan i bredd samtidigt. Dels operativt med 4 spridarorgan monterade varav mätningen genomfördes vid ett av spridarorganen i körriktningen.

Under respektive utmatningsställe placerades backar (beskriv standardiserade metoden för gödselspridning som har använts). Utmatningen under 5 sek, 10 sek, och 1 min mättes i såväl vikt som i volym och upprepades. Backar ställdes sedan ut i längdled i rad och maskinen kördes över dem för att se hur utmatningen så ut i längdled.

Mängden material som ska matas ut i raderna för att få rätt dos är små och mängden material som matades ut per uppsamlingsback var därför tämligen liten. Materialet volymbestämdes och vägdes. Då volymerna var så små så ska testet längs kördraget ses som en indikation på jämnhet. Förutom

vikt och volymmätningar gjordes även okulära besiktningar. Den visuella bilden av mängden i backarna ger en bra förståelse på jämnheten.

### **Kvalsteröverlevnad och fördelning**

Kvalstrens överlevnad samt fördelningen över tid var den slutliga faktorn som utvärderades. För att spridningsmetoden ska fungera i praktiken är det viktigt att det kommer ut rätt dos kvalster över spridningsbredden och över tid. Därför har antalet och vitaliteten hos kvalstren efter utmatning bedömts. En spann rovkvalster med känt antal kvalster (250 000 st rovkvalster) fylldes i APV:n och matades ut med den valshastighet som bedömdes vara lämplig för att sprida ut rätt en förebyggande dos som ligger på 500 000 kvalster per ha. Utmatningshastigheten anpassades till en körhastighet på 5,4 km/h. Prov på materialet togs ut efter omblandning innan det lades i maskinen och sedan togs prover ut efter spridning genom maskinen var 30 sekund till dess att maskinen var tömd på material vilket i detta fall tog drygt 6 min. Proverna från utmatningen studerades sedan med hänseende på kvalstrens förekomst och vitalitet under en stereolupp med 20 gångers förstoring. Då vitaliteten hos kvalstren var i fokus studerades de levande och ett exakt antal räknades därför inte. Däremot bedömdes antalet efter en skala från 1-5 där siffrorna motsvarade följande: 5 - mycket gott om aktiva kvalster, 4 - om aktiva kvalster, 3 - aktiva kvalster, 2 - få aktiva kvalster och 1 - mycket få aktiva kvalster eller negativt påverkade kvalster. Bedömningen gjordes separat för matkvalstren respektive rovkvalstren. Dessa utförligare tester utfördes endast för ATV:n. För "Rotabugen" kontrollerades kvalstervitaliteten löpande under testerna för att ha koll på att vitaliteten inte avvek.

## **Resultat av spridartest och kvalsteröverlevnad**

Efter den första evalueringen av de utvalda metoderna kunde vissa uteslutas för vidare försök. För rovkvalsterblåsaren kunde fläktens hastighet inte sänkas tillräckligt mycket för att få ett lagom luftflöde och spjällöppningen var för inexact för att kunna reglera mängd material i raden. Det var också svårt att dela luftflödet med slang-/rördelare och få lika stor andel material i respektive utlopp. I och med att luftflödet var för högt och därmed mängden material blev både giva för hög och den hastighet som materialet spreds ut på raden med.

## **Utmatning**

### **Tvårs körriktningen**

Det var stor skillnad i utmatningsbredd av kvalstren. Rovkvalsterblåsaren visade sig vara alltför kraftig för att ge en preciserad spridning i raden trots att den lägsta inställningen på fläkt och motor användes. Denna metod lämpar sig därför bättre då bredspridning är att eftersträva. APV och Rotabug gav en smal radspridning. Med APV kan appliceringsbredden justeras liksom appliceringshöjden över raden. I och med att transporten till plantan sker i rör är spridningen helt skyddad från vinpåverkan.

### **Koppert**

Resultatet uppvisade skillnader i utmatad mängd då inställningen för spridarorganen var den samma. Trots att samma inställning för de tre doseringstrummorna valts på skalan för givan blev det skillnad i resultat dem emellan.

Skillnad i giva, uppåt 50 %, mellan doseringstrummorna erhöles med samma inställning enligt skalnumreringen visas i tabell 1. I tabell 2 visas resultatet då doseringstrummorna kalibrerats för lika

utmatning. Det kan krävas flera kalibreringar innan önskad giva erhålls med acceptabel avvikelse mellan spridarorganen. Det kan vara behov av en särskild anordning för att kalibrera spridarorganen innan de monteras på spridarbommen. Kalibrering direkt på spridarbommen låter sig göras om spridaren hängs upp. Stora givor kan begränsas då stora öppningar medför att material rinner ut även vid stillastående.

Tabell 1. Spridningsjämnhet tvärs kördraget, 100 m motsvarande 7 varv på spridarorganen. Spridningshastighet 3.4 km/h, utmatningsinställning 4, Vermikulite.

100 meter spridning			
Spridarorgan	1	2	3
Vikt, g	112	125	163

Tabell 2. Spridningsjämnhet tvärs kördraget, 14 m motsvarande 1 varv på spridarorganen. Spridningshastighet 3.4 km/h, utmatningsinställning 4, Vermikulite.

14 meter spridning, 1 varv			
Spridarorgan	1	2	3
Vikt, g	27.5	27.7	28.9

Under spridningen roterar diskarna och utmatningen sker i huvudsak vid materialets ut både i framkant och i bakkant. Vid stora givor, bredare öppning, tenderar materialet att spridas på hela undersidan av organet.

### APV

Spridaren visar ett bra resultat med både Vermikulite och Kliprodukten. Det gäller dock att lämplig vals väljs utifrån det material som ska spridas. Tabell 3 visar spridningsjämnheten, Vk, mellan utmatningsorganen tvärs körriktningen respektive inom raderna vid spridning av Vermikulite.

Tabell 3. Spridningsjämnhet för APV vid spridning av Vermikulite.

Utmatningstid	Vk	Vermikulite, 40% fläkt, vals med alla cellhjul per rad
1 minut	11%	Medel variationskoefficient mellan raderna, lägsta 2% valshastighet
1 minut	2%	Medel variationskoefficient inom raderna
1 minut	5%	Medel variationskoefficient mellan raderna, lägsta 20% valshastighet
1 minut	4%	Medel variationskoefficient inom raderna
Utmatningstid	Vk	Vermikulit, 40% fläkt, vals med alla cellhjul per rad
10 sekunder	3%	Medel variationskoefficient mellan raderna, 2% valshastighet
10 sekunder	3%	Medel variationskoefficient inom raderna
5 sekunder	4%	Medel variationskoefficient mellan raderna, 20% valshastighet
5 sekunder	5%	Medel variationskoefficient inom raderna

Tabell 4. visar spridningsjämnheten, Vk, mellan utmatningsorganen vid spridning av Kli med Kvalster. Spridaren testades först med utmatningsvals försedd med 1/3 cellhjul, dvs två blanka och ett cellhjul. Utmatningen blev då för ojämn oavsett klaffinställning och valshastighet. Testet genomfördes på vals med alla cellhjulen monterade.

Tabell 4 Spridningsjämnhet tvärs kördraget för APV vid spridning av Kli med kvalster.

Utmatningstid	Vk	Kli med kvalster, 40% fläkt, vals med alla cellhjul
1 minut	4%	Medel variationskoefficient mellan raderna
1 minut	2%	Medel variationskoefficient inom raderna
5 sekunder	6%	Medel variationskoefficient mellan raderna
5 sekunder	5%	Medel variationskoefficient inom raderna

### Längs körriktningen

Testerna längs körriktningen visade korta avbrott i utmatningen för Koppert s Rotabug. Materialets beskaffenhet, fyllnadsgrad, och utmatningsinställning inverkar på spridningsjämnheten. Materialet tenderar att pulsera ut beroende att rasvinkeln varierar med rotationen på diskarna. Resultatet är endast bedömt okulärt för Rotabugs fördelning av material i backarna.

För APV visas resultatet i tabell 4 och i figur 9. Spridningsjämnheten, Vk, längs kördraget är osäker då mängden material i uppsamlingsbackarna är för små i förhållande till vågens upplösning. Volymavläsningen av mätrören liksom okulär bedömning av materialet i backarna visar på jämn utmatning även på små ytor och korta avstånd.

Tabell 5. Utmatningsjämnhet av Vermikulite längs kördraget för rad 5 på APV spridaren. Hastighet 4 km/h. Observera vågens upplösning som är 0.1 g i förhållande till mätvärdet.

Backnr	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	Medel	Stdav	Vk
Vikt, g	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.19	0.04	19%
Volym, cm3	1	0.9	0.8	0.9	0.9	0.8	0.8	1	1	0.9	0.9	0.8	0.8	0.9	1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.89	0.07	8%



Back nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Vikt, g	0.3	0.3	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3

Bild 9. Spridningsjämnhet längs körriktningen för APV vid spridning av Kli med kvalster. Spridningen får anses vara jämn längs kördraget enligt visuell bedömning i mätrören. Vågens upplösning var för liten för att kunna göra jämförelser.



## Kvalsteröverlevnad och fördelning

Kvalstrens överlevnad och vitalitet visade sig vara mycket god för såväl APV:n som rotabugen. I snitt hade APV:s ett vitalitetsvärde över tid på 4,3 på såväl rovkvalstren som matkvalstren och variationerna över tid var mycket små. För rotabug var vitaliteten mycket god över tid och vid varje slumpvis uttaget prov var vitaliteten 4 eller 5. Det finns därför ingen indikation på att varken rovkvalstren eller matkvalstren påverkas negativt av någon av dessa två utmatningsmetoder. Det finns inte heller några indikationer på att kvalstren matas ut ojämnt under den utmatningstid som i dessa fall har förekommit.

## Maskinekonomi

Pneumatiska fallspridare finns i flera utföranden och storlekar. Den maskinstorlek med elektrisk drivning av fläkt och utmatningsvals som vi bedömt intressant finns från 8 rader upp till 16 rader. I en kostnadsjämförelse per hektar mellan manuell- och maskinell spridning tas inte hänsyn till eventuella bekämpningseffekterberoende på spridningsjämnhet i raden då kunskap om detta saknas.

## Fältkapacitet

Exempel på fältkapacitet med en 8-radig spridare beräknas utifrån antagande om arbetshastighet, radlängd ställtid för inställning och fyllning. Antag fältlängd på 100 meter, 6 meter arbetsbredd (8 dubbelrader) och en arbetshastighet på 1.5 m/s (5,4 km/h). Spridningshastigheten i praktiken kan vara upp till 2 m/s (7.2 km/h) eller mer. Hastigheten kommer avgöras av arbetsbredd, bomkonstruktion och markens jämnhet i odlingsraderna. Fältkapaciteten vid körhastigheten 5.4 km/h beräknas till 1.3 ha/h motsvarande en spridningstid per ha på 45 minuter inklusive tiden för kalibrering, fyllning, vändning, transporter till och från fält, etc. Effektiv körtid i fält inklusive vändning är 20 minuter per ha.

Effektiv tid i fält för manuell spridning bedöms till 230 minuter vid gånghastigheten 1 m/s (3.6 km/h) och samtidig spridning i en rad. Det motsvarar 11 personer för att nå samma effektiva spridningstid för manuell spridning som för maskinell spridning, 6 personer om spridningen täcker dubbelraderna. Till det kommer ställtid för att hämta/byta burkar med kvalster mm. Vid högre maskinell spridningshastighet kan det bli upp mot 15 personer som krävs om arbetet ska göras på samma tid.

## Kostnader för spridning

Investeringskostnaden för spridaren är ca 25 000 kr. Till detta kommer kostnaden för spridarbom och upphängning i trepunktslyft. Totala investeringskostnaden skattas till 40 000 kr. Avskrivning, ränta och underhåll blir vid 10 års avskrivning och 5 % ränta 6000 kr/år.

Användningstiden är beroende på antalet hektar odling som maskinen ska användas till. Lämpligen samutnyttjas själva spridaren för konventionell odling, då utan spridarbommen, vilket sänker hektarkostnaden. Med antagande om 3 spridningstillfällen per hektar och år och totalt 10 ha odling blir användningstiden 22 timmar. Timkostnaden för maskinen blir därmed 270 kr/h. Årskostnaden blir  $22 \text{ h} * (270 \text{ kr/h} + 250 \text{ kr/h}) = 11440 \text{ kr}$  för 10 ha. Skulle maskinen samutnyttjas blir timkostnaden för maskinen 80 kr/h enligt Maskinkostnader 2014. Totalkostnaden per år minskar till 7250 kr för 10 ha.

Arbetskostnaden bedöms vara 250 kr/h för maskinföraren. För lantarbetaren bedöms den vara 200 kr/h. Spridningskostnaden för manuell spridning blir därmed  $11 \text{ pers} * 0.75 \text{ h} * 200 \text{ kr/h} * 3$  spridningstillfällen/ha = 2700 kr ha. För 10 ha blir årskostnaden 27 000 kr.

### Lönsam mekanisering

Med maskinell spridning ökar spridningskapaciteten samtidigt som arbetsbehovet minskar. Totalt kan arbetsbehovet minskas med 5 till 10 personer för spridningen. Mekanisering av spridningen sparar 15 till 20 000 kr per år vid de antaganden som gjorts vad gäller arbetsbehov och kapacitet. Effekten av en ett jämnare spridningsresultat för maskinell spridning är då inte medräknad, som för konstgödselspridning i spannmål kan betyda någon procent lägre avkastning.

### Diskussion

Omblandning av materialet är enligt Kopperts varuinformation viktigt då kvalstren rör sig i materialet och därför inte finns jämnt fördelade i materialet. Kopperts egna spridningsutrustningar såsom bland andra Rotabug, har rotation av materialet och har därför naturlig omrörning. APV, saknar omrörning och det finns därför risk att kvalstren kan fördelas ojämnt i materialet över tid. Hur snabbt kvalstren rör sig i materialet påverkas av en mängd faktorer och det är inte klart under hur lång tid materialet klara sig utan omrörning. Det är viktigt att materialet omblandas mycket väl innan det fylls i maskinen. Det finns dock en viss risk för separation av materialet vid omrörning vilket kommer att påverka dess flödesegenskaper och därmed egenskaperna vid utmatning av materialet. Vad detta innebär för spridningen av kvalster är okänt och behöver undersökas.

De vitalitetsstudier som har gjorts av kvalstren efter utmatning har visat på mycket god överlevnad och kvalstren har varit mycket aktiva. Testerna har dock endast varat under kortare tider för spridning över ett hektar. Kompletterande långtidsstudier av vitaliteten över längre perioder kan behöva göras.

APV behöver kompletteras med spridningsramp och monteras på ett trepunktsfäste eller annat bärsystem. Denna finns inte utvecklad idag utan den som vi har använt i dessa försök har varit en enklare prototyp. Vid kommersiell användning behöver detta tillverkas. Maskinen har i övrigt fungerat bra, är enkel att fylla på, kalibrera och hantera. Spridningsjämnheten är god och den kan hantera material med varierande fysikaliska egenskaper väl. Maskinen har en skonsam hantering och låga lufthastigheter vid transporten av material i ramprören. Överlevnad och vitalitet befanns god för de arbetsbredder, givor och inställningar som testats i projektet. I jämförelse med spridning manuellt i raderna är kapaciteten enormt mycket högre samtidigt som spridningsjämnheten är högre. Spridartekniken uppfyller väl de krav och förväntningar som man kan ställa på en spridare för detta ändamål. Önskemålet på en ramp är att utsläppsbredden i raden på spridarorganen bör kunna regleras liksom höjden på rampen eller hela maskinen så att utsläppen kan komma helt i nivå eller nere i plantraden. Det gör att spridaren blir okänslig för vindpåverkan.

Rotabug – är smidig att använda och oberoende av motorfordon för drift och är därför mycket intressant. Den har en god omrörning av kvalstren och eftersom utmatningen är markberoende spelar gånghastigheten ingen roll. Omrörningen är också orsaken till ojämn fördelning på korta avstånd. Utmatningen är beroende av att det uppstår en rasvinkel. Istället för att materialet

tvångsutmatas, ex via utmatningsvals. Givan påverkas också av fyllnadsgraden då vinkeln mellan materialet och doseringstrumman förändras. Men ett mer granulärt och enhetligt material att sprida hade spridningsjämnheten varit bättre. För ännu bekvämare arbetsställning skulle hantagen kunna förbättras ergonomiskt. Nackdelen är att den var svår att ställa in och kalibrera. Vid kalibrering ska diskarna skruvas ihop enhälligt enligt en uppmärkt skala som är grov. Vid stora givor risekrar materialet att rinna ur spridarorganet i samband med fyllning, transport och inställning av giva. Detta kan vara ett problem då kalibreringen måste göras individuellt för samtliga spridarorgan och för aktuellt material. Fördelning en i körriktningen är lite stötvis vilket gör att enskilda plantor kommer missas. Om kvaliteten trots detta hittar dit är oklart. Spridningen blir känslig för vindpåverkan då spridarens utsläpp inte kan sänkas tillräckligt mycket för att utmatningen ska ske i nivå eller i plantraden.

En stor vinst med den maskinella spridningen är att resultatet blir jämnare.

De ekonomiska effekterna av ojämn spridning har inte studerats i detta projekt. Till vilken utsträckning kvaliteten genom sina rörelser kan kompensera för en dålig spridning är inte heller helt kända och behöver studeras vidare. Det är dock aldrig en nackdel att ha en mycket hög spridningsjämnhet.

## Slutsatser

Det finns goda förutsättningar för att skapa en effektiv och jämn spridning av kvalster på friland vilket bör locka till att fler provar och använder kvalster som bekämpningsmetod. Kvalstren har inga problem att klara den maskinella hantering som har utvärderats inom ramen för detta projekt. Spridningen har blivit både jämn och varit skonsam. Den maskinella spridningen har en mycket hög kapacitet och sparar många arbetstimmar. De är dessutom kostnadseffektiva.

## Referenser

Lindqvist I. Rovkvalster mot kvalster i växthusjordgubbe. MTT, Finland, Forskningsnytt nr 1 2005

Svensson B. Rovkvalster klarar jordgubbskvalster Viola nr 7 2008.

Svensson J.E.T, 1990. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbruksteknik, Uppsala. Institutionsmeddelande Nr: 13. Fallspridare med pneumatiskt transportsystem – Litteraturstudie.

Algerbo P-A., Engkvist M., Jansson S., Johansson C., Jonsson F. & Neumann L. 2014. Maskinkostnader 2014. Beräkningsunderlag och exempel på timkostnader för vanligen förekommande maskiner i lantbruket.