

Metodik för att mäta avsättning av sprutvätska på golv i växthus

Procedure to measure deposition of spray liquid on greenhouse floors

Sven Axel Svensson¹, Klara Löfkvist² och Torbjörn Hansson³

- 1) Område Jordbruk – odlingssystem, teknik och produktkvalitet, SLU Alnarp
- 2) HIR Malmöhus AB, Borgeby
- 3) Grön Kompetens AB, Alnarp

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap

Rapport 2010:30

ISSN 1654-5427

ISBN 978-91-86373-37-5

Alnarp 2010



LANDSKAP TRÄDGÅRD JORDBRUK

Rapportserie

Metodik för att mäta avsättning av sprutvätska på golv i växthus

*Procedure to measure deposition
of spray liquid on greenhouse floors*

Sven Axel Svensson¹, Klara Löfkvist² och Torbjörn Hansson³

- 1) Område Jordbruk – odlingssystem, teknik och produktkvalitet, SLU Alnarp
- 2) HIR Malmöhus AB, Borgeby
- 3) Grön Kompetens AB, Alnarp

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap

Rapport 2010:30

ISSN 1654-5427

ISBN 978-91-86373-37-5

Alnarp 2010

Innehåll

Innehåll.....	1
Förord.....	3
Sammanfattning	5
Summary	5
Inledning och bakgrund.....	7
Syfte	8
Metodbeskrivning.....	8
Resultat.....	15
Diskussion	19
Slutsatser	24
Referenser.....	24
Personlig information.....	25

Omslagsbild: Efter sprutning tvättades respektive ram av genom att den sprayades med avjoniserat vatten med en handspruta, en behållare placerades under ramen, folien punkterades över mätbehållaren och med en fönsterskrapa fördes tvättvattnet till behållaren.
Foto: Philip Ekelund

Förord

Denna rapport tar upp frågeställningar inom ämnesområdet 'Växthusodlingens läckage av bekämpningsmedel till omgivande mark och vatten'. Det är viktigt att känna till bakgrundsfaktorer för att kunna prioritera forskningsinsatser och lagliga åtgärder. KompetensCentrum för Kemiska Bekämpningsmedel (CKB) har uppdragit åt Område Jordbruk, SLU Alnarp, att föreslå ett förfarande för att mäta avsättningen av sprutvätska på golv i växthus. Endast uppskattningar har tidigare gjorts. Ett förslag till mätmetodik presenteras i denna rapport.

Vi vill tacka Jan-Eric Englund som har svarat för den statistiska analysen och som varit ett viktigt stöd i experimentplaneringen. Trädgårdslaboratoriet, SLU Alnarp, har beredvilligt ställt lokaler till förfogande. Vehbo Hut och Maria Grudén har deltagit i mätningarbetet. Dessutom vill vi tacka LMI AB, Helsingborg, som har lämnat rabatt på analyserna.

Det är vår förhoppning att kunskaperna skall kunna utnyttjas för att ge ett reellt underlag till prioritering av forskningsinsatser, rådgivning och regelverk rörande bekämpning i växthusodlingen.

Uppsala och Alnarp mars 2010

Jenny Kreuger

Erik Steen Jensen

Föreståndare CKB

Områdeschef Område Jordbruk

SLU Ultuna

SLU Alnarp

Sammanfattning

Växthusens miljöpåverkande roll, vad gäller kemiska bekämpningsmedel, har kommit i rampljuset under den senaste tiden. Storleken på det eventuella läckaget samt läckagevägar har diskuterats. En viktig baskunskap är hur mycket av sprutvätskan som hamnar på golvet. Det har hittills inte funnits någon etablerad metod för att mäta detta. Syftet med detta projekt har varit att utveckla en sådan metod och ett sådant förfarande.

Den föreslagna metoden bygger på att helt normala bladgödslingsämnen (metallföreningar innehållande zink, koppar, magnesium, mangan, etc) tillsätts som spårämnen till sprutvätskan med eller utan bekämpningsmedel, före sprutning. Sprutvätskan samlas upp på uppfångningsramar med plastfolie, som tvättas av. Tvättvätskan analyseras med hjälp av en relativt billig standard vattenanalys. Med de förutsättningar som förelåg i projektet, uppnåddes en noggrannhet på $\pm 1\%$. Det understryks att de resultat i form av värden på golvsättning som redovisas har speciella experimentella förutsättningar och inte kan användas som utgångspunkt för regelverk och liknande.

Användning av traditionella bladgödslingsämnen innebär att metoden kan användas i växande grödor, med minimala risker för skador eller resthalter. Metoden är främst utvecklad för krukväxtodling på bord, men hänsyn har tagits till grönsaksodlingens och golvodlingens förutsättningar.

Summary

Concern about the influence of greenhouse pesticides on the environment has come into focus during the last years. The size and paths of possible leakages have been discussed among authorities, industry and research. A basic consideration is to know how much of the spray liquid ends up on the greenhouse floor. Until now, no established method was available to measure this. The purpose of this project was to develop such a method and procedure.

The suggested method is based on using normal leaf fertilizer substances (metal compounds containing zinc, copper, magnesium, manganese, etc) as tracers. They were added to the spray liquid (with or without pesticides) before spraying. The spray liquid was collected on plastic sheets, stretched over a frame, and was then washed off. The wash liquid was analyzed with a relatively low cost, standard water analysis procedure. With the conditions used in this project, the accuracy was $\pm 1\%$. It is underlined that obtained values of floor deposition have specific conditions and could not be used as a starting point for rules and regulations.

The use of traditional fertilizers implies that the method could be used in growing crops, with minimal risks for plant damage or residues. The method was primarily developed for pot plant production on tables, but conditions for vegetable greenhouse production and floor produced pot plants were taken into account.

Inledning och bakgrund

Växthusens miljöpåverkan genom användning av kemiska bekämpningsmedel har tidigare inte varit i fokus. Den viktigaste anledningen har förmodligen varit att arealen under glas kunnat betraktas som relativt försumbar, jämfört med fältodlingen. Dessutom har produktionen som sker inom en byggnad uppfattats som slutna och isolerad från omgivningen.

Nyligen utgivna rapporter från Norge och Nederländerna, som också under 2006 – 2010 följdes upp i Sverige, har dock påvisat att växthus inte är slutna och kemikalieläckage har mätts upp på flera ställen (Roseth, 2007; Roseth *et al.*, 2009; Linden, 2009; Stanghellini, 2009; Löfkvist *et al.*, 2009; Kreuger *et al.*, 2009). Den del som gäller hantering av bekämpningsmedel och riskerna för punktkällor i samband med bekämpningsarbetet har utretts (Svensson & Löfkvist, 2007) och det visade sig att det fanns en hel del situationer som kunde innebära risker för punktutsläpp. Arbetet visade också att det saknades anpassat informationsmaterial till såväl rådgivningsinsatser som behörighetsutbildningar, eftersom kunskapen om åtgärder och insatser mestadels dominerades av fältodlingens förutsättningar.

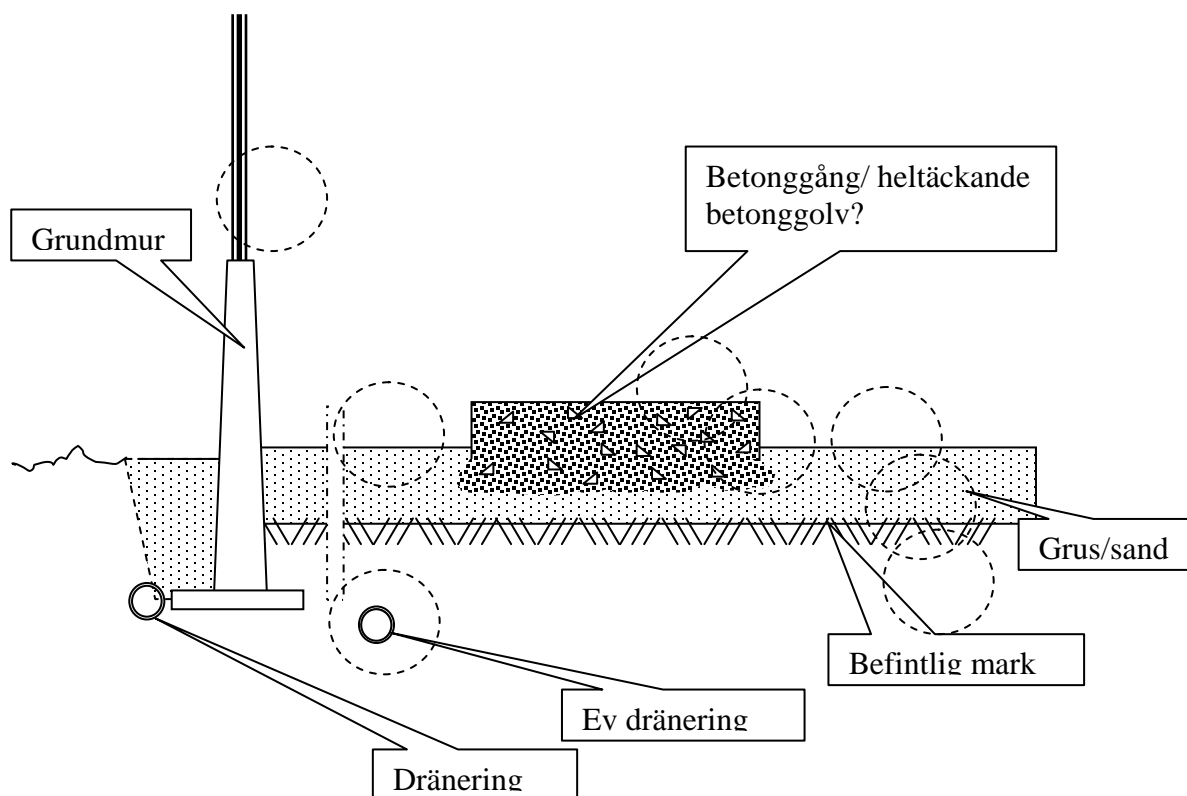
Sammantaget visade dessa mätningar och undersökningar på att det återfanns bekämpningsmedelsrester i vattendrag i växthusområden och att dessa troligen kom från användningen i växthus. Vidare konstaterades att det fanns en rad tydliga riskmoment i produktionen, varav t ex fritt utsläpp av bevattningssystem innehållande bekämpningsmedel bedömdes medföra en hög risk för läckage. En del växthusanläggningar är dock försedda med slutna/recirkulerande bevattningssystem som minskar risken för att näringsämnen och inblandat bekämpningsmedel kommer utanför anläggningen.

I samband med presentationer och möten med myndigheter, branschföreträdare och forskare har konstaterats att det saknades kunskap om ganska många delar av en övergripande modell för att göra riskbedömningar och prioriteringar. Figur 1 visar ett försök till en första renodling av möjliga läckagevägar och har sitt ursprung i Löfkvist *et al.* (2009).

Viktiga delar i denna modell gäller hur läckaget sker genom växthusets golv, men innan man börjar utreda nedbrytningsprocesser och nedträngningsförmåga och liknande, är det viktigt att ha en grundkunskap om hur mycket av sprutvätskan som verkligen når golvet och hur sprutmetoder, inredning, m.m. påverkar.

I en tidigare pilotstudie gjordes en enkel mätning (Svensson & Löfkvist, 2006). Sprutvätskan som hamnade under växthusborden samlades upp och analyserades med avseende på bekämpningsmedel. Resultatet blev oklart och i vissa fall orealistiskt. Att använda bekämpningsmedel som spårämne innebar också arbetsmiljörisker, en risk för nedbrytning av prover samt i de flesta fall kostsamma analyser. Dessutom behövdes olika analyser för olika preparat, vilket medförde svårigheter att upprepa försök, eftersom det alltid fanns risk för att experimenten kunde orsaka höga resthalter. Det är därför angeläget att utveckla en bättre mätmetod för att avgöra hur mycket av sprutvätskan som hamnar på golvet i ett växthus.

Metoden skall vara tillräckligt robust för att kunna användas i en verklig produktion, utan att påverka växterna. Den skall ha rimliga analyskostnader och vara acceptabel ur arbetsmiljösynpunkt.



Figur 1. Principskiss över ett växthus och dess kontakt med marken. Varje streckad ring visar på ett område där minst följande frågor kan ställas: a) Avsättningens storlek? b) Frekvens? c) Nedbrytningsförlopp? d) Avrinning? e) Nedträngning? f) ... Bilden är modifierad efter Löfkvist *et al.* (2009).

Syfte

Syftet med detta projekt är att utveckla en mätmetod och ett mätförfarande för att avgöra hur stor del av sprutvätskan som hamnar på växthusgolvet i olika situationer. Kraven är att mätmetoden skall vara tillförlitlig och helst bygga på relativt harmlösa spårämnen och baseras på billiga analyser. Det skall även kunna användas i pågående produktion, utan att innebära risker för att växterna skadas eller att produkterna löper risk för att bli osäljbara.

Den nu finansierade delen av projektet begränsas till krukväxtodling på bord, men förutsättningarna för odlingen av växthusgrönsaker samt odling på mark skall beaktas och kan förhoppningsvis genomföras i ett senare skede.

Metodbeskrivning

Översikt

Den föreslagna metoden bygger på att spårämnen tillsätts sprutvätskan, med eller utan bekämpningsmedel. På golvet i växthuset placeras uppfångningsramar (se Figur 4). Efter sprutning tvättas ramarna och tvättvätskan analyseras med avseende på spårämnena. Genom att använda flera spårämnen i sekvens efter varandra, kan man inkludera ett antal upprepningar i en och samma tvättning, respektive analys, något som förbilligar analyskostnaden. Metoden bygger väsentligen på en mätmetod, tidigare utvecklad för avsättningsmätning i fruktodling (Murray *et al.*, 2000).

Alla ämnen som är möjliga att analysera kan användas. I det nämnda svenska pilotprojektet användes kemiska bekämpningsmedel. Fördelen med dessa är att man kan gå in i en helt reell situation hos en odlare och göra en mätning. Nackdelarna är emellertid flera: analyserna är dyra och arbetet innebär speciella krav. Det finns vidare en risk att en nedbrytning av proverna hinner starta, om de inte behandlas korrekt. Mätningarna kan inte upprepas efter en egen plan, utan man är hänvisad till odlarens schema.

Enligt litteraturen har olika metaller använts som spårämnen. Företrädesvis har ämnen valts ut som har karaktären av mikronäringsämnen i odlingen. På detta sätt kommer man inte i konflikt med tveksamma ämnen, som t ex fluorescerande ämnen. Vissa av de senare må betraktas som harmlösa, men kan inte användas i ätliga produkter och förmodligen inte heller i prydnadsväxter. De engelska forskare som använt metaller i fruktodlingsförsök, har använt sig av chelater, marknadsförda som mikronäringsämnen, som t ex molybden, kobolt, bor, mangan, etc (Murray *et al.*, 2000).

Valda spårämnen

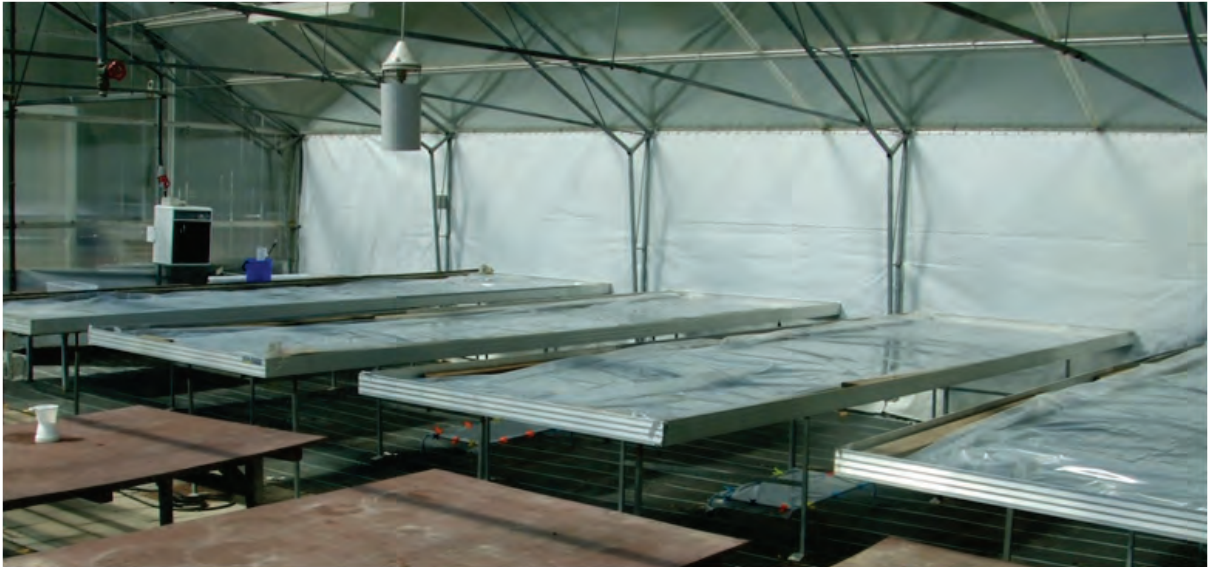
Diskussion med odlingsrådgivare, leverantör av gödselmedel och analysföretag ledde fram till ett förslag på fyra spårämnen, vanliga som mikronäringsämnen och som normalt inte förväntas ge negativa effekter på växterna. Eftersom de används för bladgödsling vid bristsituationer, påverkas inte livsmedelssäkerheten. Självklart är dosen avgörande, men för ämnena koppar-, zink- och magnesiumnitrat samt manganchelat angavs att inga växtproblem kunde förväntas, så länge metallkoncentrationen i sprutvätskan låg under 20 mg/l (Skoug, pers inf, 2009). Dessutom ingick dessa ämnen i en standardiserad vattenanalys till ett rimligt pris; 234 kr/prov (där innehållet av samtliga de använda metallerna mäts). Innehållet av respektive metall i de använda produkterna framgår av Tabell 1.

Tabell 1. Metallinnehåll

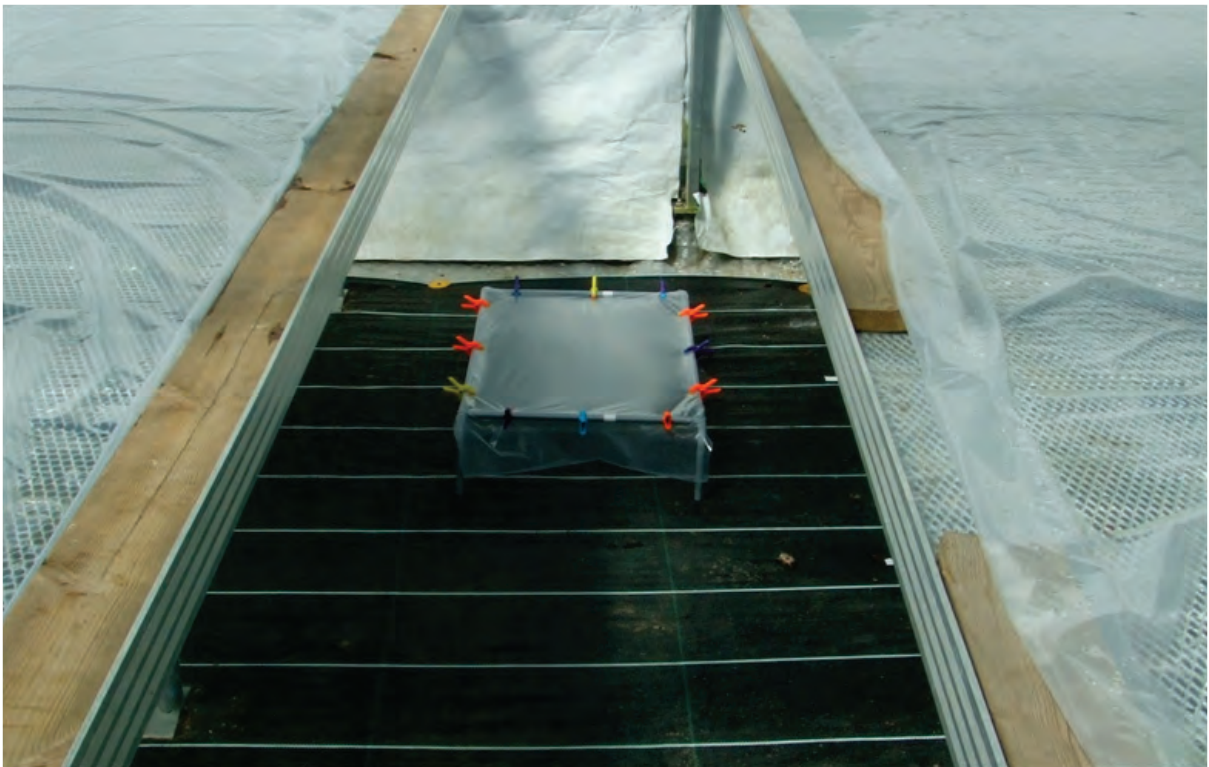
Produkt	Metallinnehåll i utgångsprodukten
Kopparnitrat	250 g/l
Zinknitrat	250 g/l
Magnesiumnitrat (pulver)	90 g/kg
Manganchelat	80 g/l

Förfarande

På golvet i växthuset placerades ett antal ramar (50 x 80 cm), försedda med plastfolie (se Figur 2, Figur 3 och Figur 4). Efter sprutning tvättades respektive ram av genom att den sprayades med avjoniserat vatten med en handspruta (ca 150 ml), en behållare placerades under ramen, folien punkterades över mätbehållaren och med en fönsterskrapa fördes tvättvattnet till behållaren, se Figur 6. Varje sprayning/skrapning upprepades tre gånger i följd. Tvättvätskan vägdes och skickades till analys.



Figur 2. Växthuset med krukväxtborden. Foto: Sven Axel Svensson



Figur 3. Uppfångningsram som placerats i gång. Foto: Sven Axel Svensson



Figur 4. Den närmaste och den bortre raman har placerats under bord, medan den mellanliggande ligger i en gång. Foto: Sven Axel Svensson

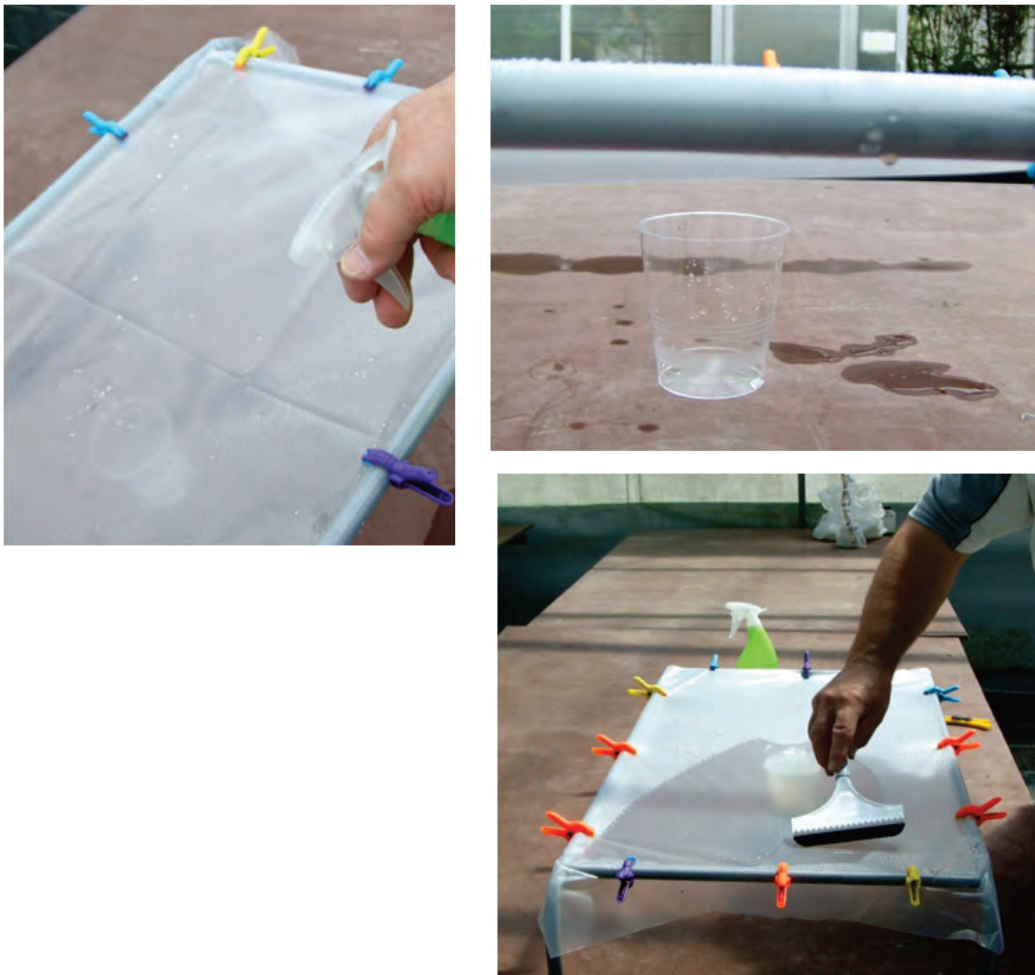


Figur 5. Rosmunstycke med fyra virvelkammarspridare. Foto: Sven Axel Svensson

Mellan varje tvättning av ram sköljdes skrapa och kniv i avjoniserat vatten. Ny uppsamlingsburk användes varje gång. Plastfolien inhandlades i bygghandel och var 2 m bred och 0,085 mm tjock. Den levererades dubbelvikt i rulle. Därigenom kunde foliearken hanteras utan att vidröras på mätsidan, förrän de lades på ramarna. Folierna fästes på ramarna med plastklämmor. Dessa tvättades och sköljdes i avjoniserat vatten före varje mätomgång. Fönsterskrapan var av en enkel typ, med minimal möjlighet att vätska stannade kvar. Bredden kapades, så att det var lättare att följa foliens buktning. Dessutom rundades ändarna, eftersom det annars fanns en risk för att vassa kanter kunde skära upp folien.

Plats

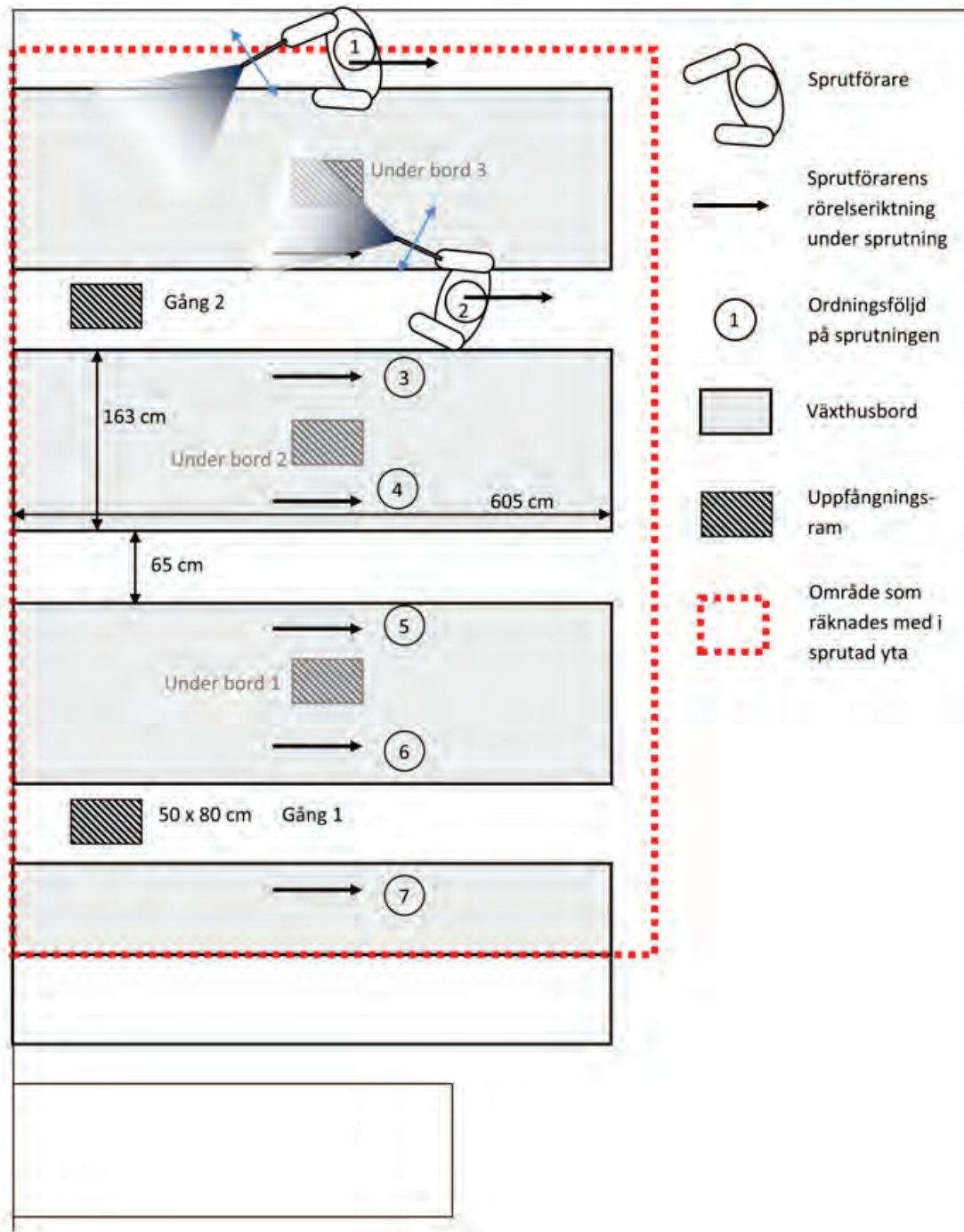
En del av ett växthus med fasta krukväxtbord användes på Trädgårdslaboratoriet vid SLU i Alnarp. Borden hade inga krukväxter. Den besprutade delen omfattade fyra gånger, eller tre och ett halvt bord (se Figur 7). Borden placerades med inbördes avstånd på 65 cm. Bordens bredd var 165 cm och 605 cm långa. Höjden var normal. Borden bestod av sträckmetall och försågs med en fast förankrad plastfolie, så att inte sprutvätskan skulle kunna passera rakt genom. Golvet var jämnt och täckt av en marktäckningsväv.



Figur 6. Sprayning med rent vatten, mätbehållare under hålet i folien, avskrapning av tvättvätskan Foto nere th: Philip Ekelund. Foton ovan Sven Axel Svensson

Spruta och sprutning

Vid sprutningen användes en traditionell växthuspruta av märket Wanjet. Spridare som användes var fyra virvelkammerspridare (fabrikat Wanjet, storlek 0,8), placerade på ett "rosmunstycke" (se Figur 5). Det använda trycket sattes till 50 bar och flödet uppmättes till 8 l/min. Sprutan var försedd med ett provtagningsuttag, som förenklade provtagning av tankblandningen.



Figur 7. Uppställning och sprutförande.

Sprutningen skedde på så sätt att sprutföraren sprutade under backning ut ur respektive gång och sprutade därigenom varje bord snett från två håll (se Figur 7). Sprutmunstycket fördes fram och tillbaka över hela bordsbredden och bordet blev därför sprutat från två håll. Metoden är hämtad från verklig produktion.

Fem ramar placerades så att två var maximalt exponerade i gångarna och tre ställdes mitt under borden, med förväntad minimal exponering (se Figur 3, Figur 4 och Figur 7).

En medelhög vätskemängd valdes; 160 liter per 1000 m² (1600 l/ha). Detta innebar att tiden för sprutning av varje bordshalva kunde beräknas till 9 sek. Sprutföraren övade in ett anpassat rörelsemönster. En person med tidtagarur styrde sprutans motor. Med ögonkontakt och tecken genomfördes sprutningen så att sprutvätskan fördelades med rätt mängd över borden.

Grundlig omröring i tanken skedde genom sprutans pump. Dessutom sprutades från munstycket ner i tanken för att undvika att det fanns kvar annan sprutvätska i den långa slangen. Effekten undersöktes i ett separat experiment med färgämne. Det tog 15 sek att tömma slangen. Under samtliga körningar skedde omröring med sprutmunstycket under minst en minut, varför vätskan i slangen blev utbytt mot den med korrekt koncentration.

Analys

Analysmetoden var en standard vattenanalys och utfördes med metoden Inductively Coupled Plasma (ICP). Nedre mätgränsen för den använda analysen angavs till ca 0,01 mg/l och noggrannheten angavs till 2 – 3 % för de aktuella mätnivåerna (Skoug, pers inf, 2009).

Förberedelser

Inledande mätningar genomfördes för att trimma in metoden och för att få rätt utrustning, m.m. Härigenom kunde också en justering av mängden spårämne i sprutvätskan göras. Spårämnena vägdes upp och blandades i en dunk med avjoniserat vatten. Sprutan kunde inte tömmas helt, eftersom det fanns vätska i pump, slangar och ledningar. Mängden spårämne justerades, så att koncentrationen i spruttanken, efter omröring, uppgick till ca 20 mg/l. Eftersom vi tog prov på sprutvätskan vid varje sprutning, var detta värde inte kritiskt.

Sprutvätskan

Två olika typer av mätsekvenser genomfördes; a) med alla fyra ämnena i spruttanken b) med fyra sprutningar med respektive spårämne i tanken. Första typen användes för att skaffa en uppfattning om metoden, inkl analys. Den andra var den metod som skulle användas för mätningar (se Tabell 2).

Tabell 2. De tre olika experimenten, med tilläggs-mätningar

Experiment	Typ	Syfte	Extra
1	Alla spårämnena i tanken	Provtagning o analys	Eftertvätt av folie
2	Spårämnena tankvis	Avsättning	
3	Spårämnena tankvis	Avsättning	Tvätt av ren folie Analys av tvättvatten

Praktiskt genomförande

- A. Tillsätt spårämne nr 1 i sprutvätskan. Blanda noggrant. Se till att innehållet i slangen har samma koncentration som tanken, genom rundpumpning i minst en minut. Fäst folie på uppfångningsramarna. Placera ramarna och markera deras läge. Genomför sprutningen, så att rätt mängd sprutvätska fördelas över bordet. Tag ett tankprov. Töm ur tanken. Skölj ur sprutan upprepade gånger och låt varje gång pumpen gå med rent vatten. Spruta ut så att slangen blir tömd.
- B. Blanda ny sprutvätska med spårämne nr 2. Blanda noggrant. Genomför en ny sprutning. Tag prov på sprutvätskan i tanken. Töm ur, skölj, osv.
- C. Blanda ny sprutvätska med spårämne nr 3. Blanda noggrant. Genomför en ny sprutning. Tag prov på sprutvätskan i tanken. Töm ur, skölj, osv.
- D. Blanda ny sprutvätska med spårämne nr 4. Blanda noggrant. Genomför en ny sprutning. Tag prov på sprutvätskan i tanken. Töm ur, skölj, osv.
- E. Samla in proverna/ramarna. Sätt en burk mitt under ramen. Punktera folien över burken. Spraya plastfolien i tre omgångar med rent (avjoniserat) vatten. Skrapa mellan varje omgång med en mjuk skrapa (se Figur 6). Samla upp tvättvätskan för analys. Cirka 350 ml/m² ram är tillräckligt (dvs 140 ml för en ram om 0,4 m²).
- F. På detta sätt erhöles i varje prov resultatet från fyra upprepningar, utan att provytan rubbades. Tvättprocessen har också varit en och samma.

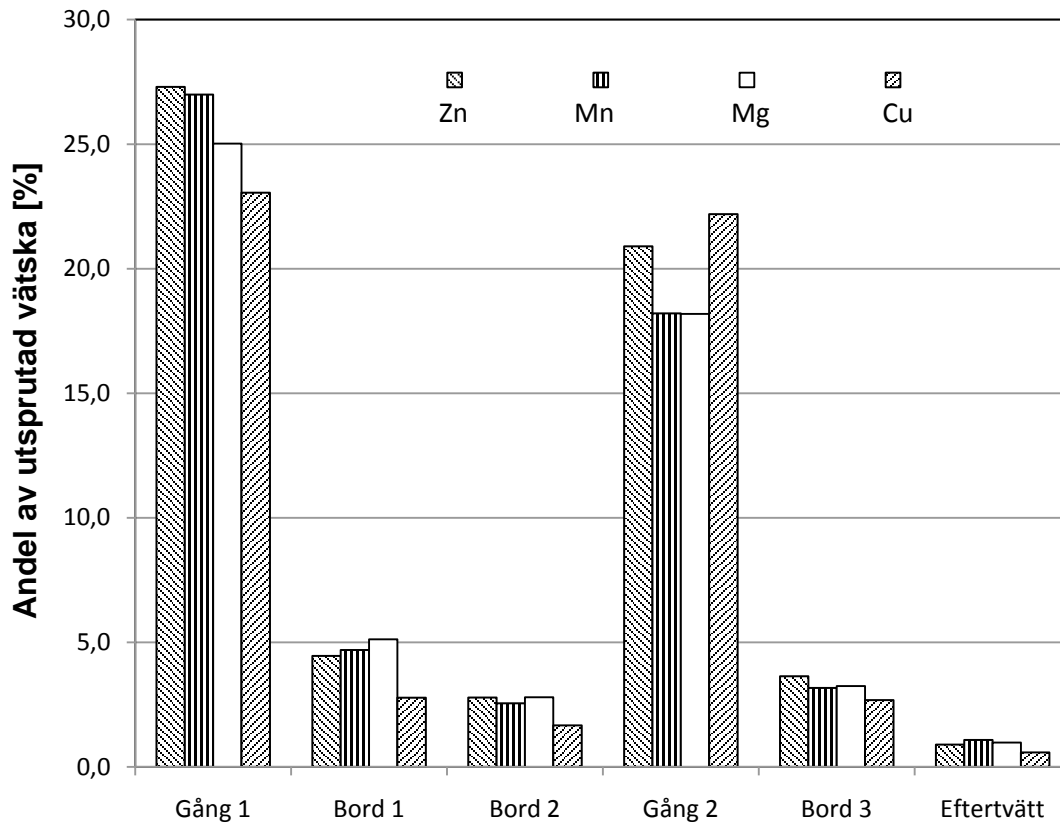
Resultat

Experiment 1, som omfattade ett experiment med alla ämnena i tanken samtidigt, visar på en skillnad mellan de olika spårämnena och en betydligt större skillnad mellan de olika positionerna som ramarna representerade (se Figur 8). En variansanalys med rampositionerna som block och spårämnena som behandling resulterade inte i någon signifikant skillnad mellan spårämnena ($p = 0,510$).

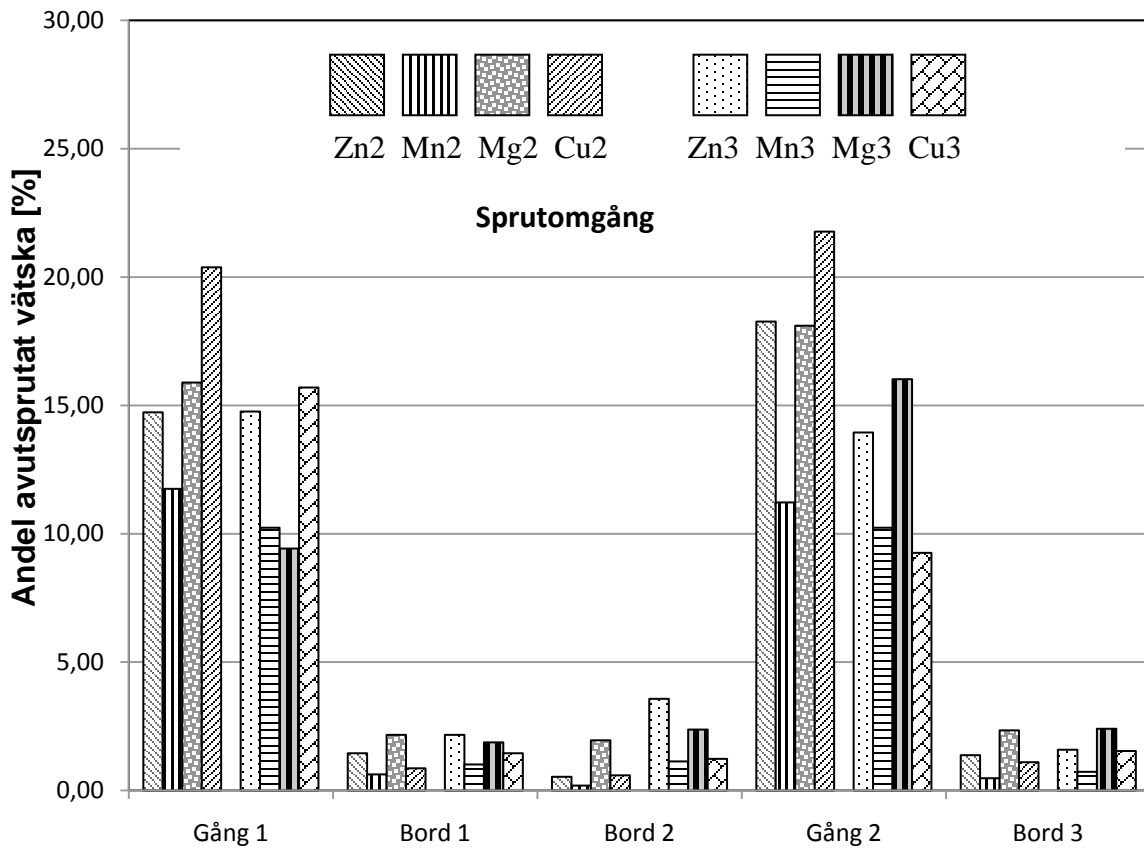
Experiment 2 och 3 hade karaktären av realistiska mätserier, med upprepningar i form av sprutning med de fyra metallerna. Dessa två experiment motsvarar vardera fyra upprepningar. Genom att det dessutom fanns flera likvärdiga positioner, dels exponerad i gång (Gång 1 – 2), dels skyddade under bord (Bord 1 – 3), ökade underlaget. Spridningen mellan de olika behandlingarna är stora, dessutom är skillnaderna mellan de olika rampositionerna stora (se Figur 9).

För att få ett resulterande värde som gäller hela växthusytans golv kan man mäta ytan hos gångar och bord. Relationen mellan ytorna används därefter för att fördela avsättningen till ett totalvärde.

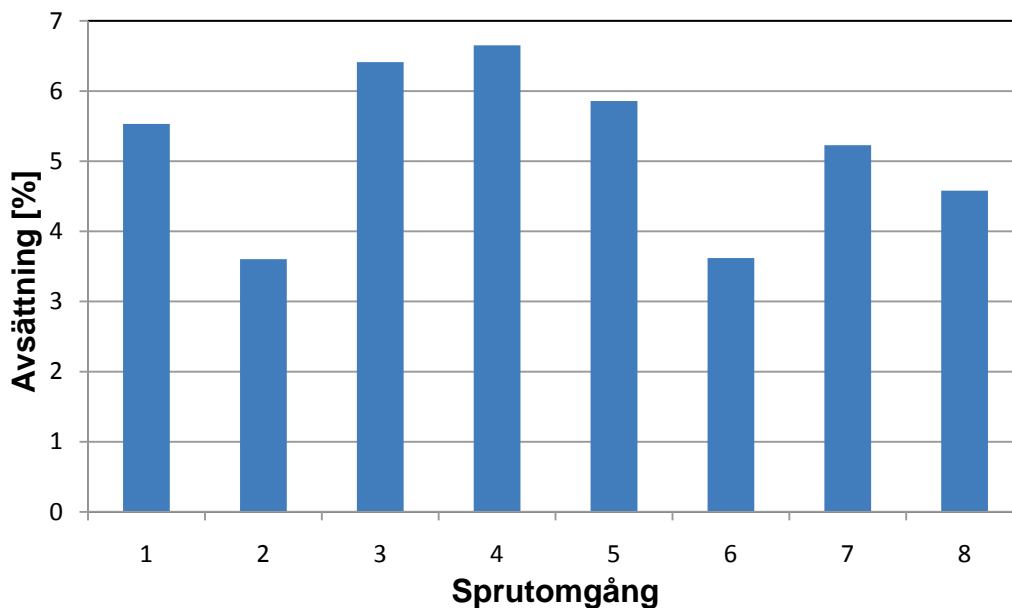
I det använda växthuset utgjorde bordsytan 71 % av hela den sprutade ytan. Avsättningen i experimenten 2 och 3 var i medeltal 1,45 % under bord och 14,48 % i gångar. Slutresultatet blir $0,71 \times 1,45 + 0,29 \times 14,48 = 5,2$ %, som därigenom representerar avsättningens totalresultat på golvet.



Figur 8. Avsättning av sprutvätska, relaterad till förväntad mängd av respektive metall samt korrigerad för mängd tvättvätska och koncentration i sprutvätskan [%]. Alla metallerna i en och samma tank.



Figur 9. Experiment 2 och 3. Avsättning av sprutvätska, relaterad till förväntad mängd för respektive spårämne samt korrigerad för mängd tvättvätska och koncentration i sprutvätskan [%]. Spårämnena sprutades i sekvens. 'Gång 1', osv, är mätpositioner enligt Figur 7. Sprutomgång står för de olika sprutningarna, där Zn2 – Cu2 tillhör experiment nummer 2, och Zn3 – Cu3 tillhör nr 3.



Figur 10. Avsättningen, omräknad till ett medelvärde beräknad för hela växthuset.

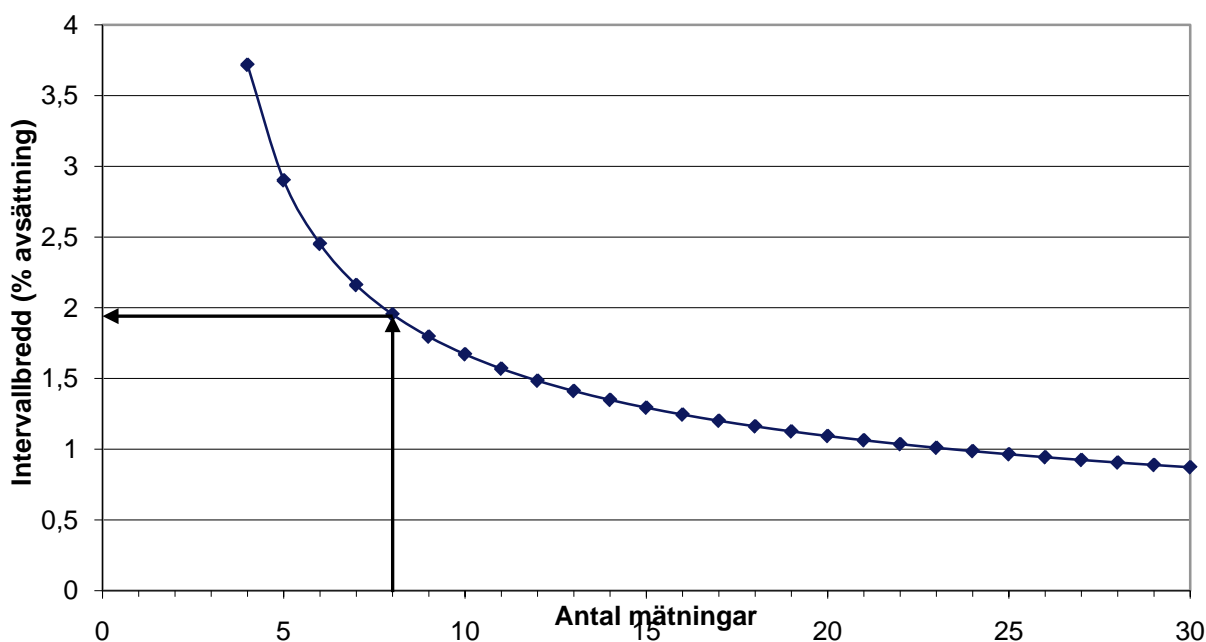
Använder man värdena från experiment 2 och 3 (vi bortser från att det skulle vara någon speciell skillnad mellan tillfällena) och beräknar den totala avsättningen för växthuset enligt ovan, får man ett resultat som presenteras i Figur 10.

Dessa värden ger en standardavvikelse på 1,168 och ett konfidensintervall (med 95 % konfidensgrad) på $\pm 0,975$. Det går att konstruera ett samband som visar hur precisionen i slutresultatet kan ökas, genom att förändra antalet ramar under bord och i gångar samt antalet upprepningar. Det går dessutom att göra en bild av hur konfidensintervallets bredd beror på antalet upprepningar. Förutsättningen är två ramar i gång och tre under bord. I Figur 11 har markerats åtta upprepningar och resultatet 1,95 (motsvarar $\pm 0,975$).

I Tabell 3 visas de resultat som erhöles vid ytterligare avtvättning av en av folierna, efter att den tvättats de normala tre omgångarna. Uppfångningsramens läge är position Gång 2, som ursprungligen hade en avsättning på ca 17 %, alltså ett högt värde. Vidare redovisas resultatet av tvättning av en helt oanvänd folie (resultatet i detta fall anges som om den hade varit utsatt för samma besprutning som den eftertvättade ramen).

Tabell 3. Avsättning av sprutvätska, relaterad till förväntad mängd för respektive spårämne samt korrigerad för mängd tvättvätska och koncentration i sprutvätskan [%]

	Spårämne			
	Zn	Mn	Mg	Cu
Eftertvätt	1,1	1,3	1,2	0,7
Ren folie	0,17	0,09	1,07	0,17



Figur 11. Konfidensintervallets bredd som funktion av antalet mätningar (upprepningar). I figuren har markerats det sammanslagna resultatet av experiment 2 och 3 (åtta upprepningar)

Diskussion

Kvalitet i mätmetoden

För resultatet från experiment nr 1, när samtliga spårämnen var blandade i en och samma tank, var det mest intressant att studera skillnaderna inom respektive mätposition/ram (se Figur 8). Man kunde förväntat sig att de olika ämnena gav exakt samma provsvar, men det finns avvikelser mellan spårämnena i resp mätposition. En variansanalys stödjer påståendet att skillnaderna inte är systematiska. Detta innebär att avvikelserna inte beror på vilket spårämne som användes.

Ramarna i gångarna kan träffas av sprutvätska mest från de två sprutningarna i samma gång, men även från sprutningen i gångarna på ömse sidor. Ramen i gång 1 har endast utsatts för sprutning från tre av möjliga fyra riktningar. Detta syns inte ha haft någon märkbar inverkan.

Mätpunkterna med de lägsta värdena uppvisade de största relativa felen, vilket tydde på att felen rimligen härrörde från någon form av slumpmässig förorening under arbetet. Det konstaterades i och för sig att koppar uppvisade störst avvikelser i denna typ av mätning. Man kan tänka sig att föroreningarna uppstod genom att skrapa, kniv och klämmor överförde metaller mellan ramarna, eller att folien i sig själv var förorenad. Olika delexperiment har försökt få svar på dessa frågor.

'Eftertvätt' innebar att ramen tvättades ytterligare en omgång (tre successiva sprutningar med rent vatten och mellanliggande skrapningar) för att se hur mycket som fanns kvar efter den reguljära tvättningen. Resultatet (som ingår i experiment 1) visade att det fanns kvar mer av spårämnena efter tvätt. I absoluta tal var mängderna små, men i förhållande till de lägsta

mätvärdena var de ändå noterbara. Det hade varit intressant att veta hur den successiva avtvättningen utvecklades. Detta skulle kunna ske genom att ta prov efter en, två, tre osv deltvättar. Därigenom hade man fått ett bättre underlag till att bestämma hur många gånger tvättmomentet behövde upprepas.

En annan felfaktor kan vara om folien i utgångsläget innehöll metaller som kunde tvättas av. Ett prov i experiment 3 omfattade ett test, som innebar att en helt ny folie placerades på en ram och tvättades av under en normal tvättsekvens. Resultatet visade att denna felkälla är tveksam, eftersom mätvärdena låg på ca en tiondedel av resultaten från den ovan nämnda 'Eftertvätt' och i de flesta fall i närheten av mätgränsen för analysmetoden. Dock var värdet för magnesium lika högt som värdet från eftertvätt. Även om endast ett prov på folien undersöktes, är det knappast troligt att den skulle ha en metallförorening som skiftar över ytan. Däremot är det viktigt att göra ett grundtest på en folie innan man inleder försök. Även en råvattenanalys på det vatten som man använder i försöken bör göras så att man har ett utgångsvärde för rent vatten på respektive mätplats.

Det är låga koncentrationer av spårämnen som hanteras, samtidigt som både zink och koppar förekommer i växthusets stomme och utrustning. I växthuset har också de andra metallerna magnesium och mangan hanterats som mikronäringsämnen i produktionen och experiment. Det finns därför en risk för föroreningar, speciellt om man sprutar på växter som nyligen har bladgödslats med motsvarande ämne.

Det konstaterades att halten av natrium i både sprutvätska och mätprover var ganska hög. Vi hoppades på att detta spontana inslag skulle kunna utnyttjas som en ytterligare kontrollåtgärd. Dessvärre visade det sig att det rena, avjoniserade vattnet innehöll minst 2 mg/l Na. Halterna av de aktuella spårämnesmetallerna i det avjoniserade vattnet var knappast mätbara (Tabell 4). Dessutom föreföll halten av natrium att vara något slumpmässig. Den rimligaste anledningen till natriumförekomsten bör vara att normalt kranvatten inom området innehåller varierande halter av bl a natrium. Spruttanken sköljdes mellan de olika omgångarna med vanligt vatten. Detta innebar att natrium har kommit in i sprutvätskan den vägen. Denna förorening påverkar inte resultatet.

Tabell 4. Koncentration av spårämne [mg/l]

Spårämne	Zn	Mn	Mg	Cu
Rent tvättvatten	0,008	0,006	0,084	0,006

De två experimenten 2 och 3 efterliknar en normal procedur för att bestämma hur mycket av sprutvätskan som hamnar på golvet. Intressant är att jämföra resultaten inom respektive ram, eftersom det visar på skillnad mellan upprepningarna. Den andra aspekten är relationerna mellan ramarna, eftersom det visar skillnaden mellan de olika positionerna.

I resultatdelen visas hur man genom att använda relationen mellan bord och gångar kan räkna fram ett medelvärde som gäller hela växthusytan. I det använda växthuset utgjorde bordsytan 71 % av hela den sprutade ytan. Avsättningen i experimenten 2 och 3 var i medeltal 1,45 % under bord och 14,48 % i gångar. Spridningsmått för dessa värden har analyserats vidare och slutresultatet kan därför anges till $0,71 \times 1,45 + 0,29 \times 14,48 = 5,2$ med konfidensintervall ± 1 %.

För att sänka felet till $\pm 0,5\%$ skulle man behöva närmare 20 upprepningar. Det visar sig, förvånande nog, att en ökning av antalet ramar inte radikalt ökar precisionen. Med 6 ramar i gångar och 9 under bord, skulle det fortfarande krävas 17 upprepningar.

En noggrannhet på $\pm 1\%$ måste anses vara fullt tillräcklig. Detta baseras på de skillnader som uppnåtts i de gjorda experimenten och kunskapen om svårigheterna att arbeta under helt rena förhållanden i ett växthus i produktion.

Förfarande

Sprutningen följde ett mönster som dokumenterats hos odlare. Det finns naturligtvis många tänkbara och olika procedurer och de kan påverka avsättningsfördelningen på olika sätt. Det är viktigt vid framtida mätningar att beskriva hur sprutningen har gått till, för att kunna förklara ev avvikande värden.

Det är lämpligast att den ordinarie sprutföraren genomför sprutningen. För att få ett värde på den verkliga givan (liter/1000 m²), måste såväl flöde som tid för sprutning mätas. En lämplig metod för flödesmätning är att fylla tanken till bredden och spruta ut vätska under en viss tid. Efterfyllning av tanken ger värdet på flödet/sek. Eftersom höga tryck ofta användes, är inte metoden med uppsamling i mätglas lämplig. Normalt sker inte sprutningen i en enda oavbruten sekvens, utan stopp görs vid byte av gångar, förflyttning tillbaka in i gång och på huvudgång. Tidtagning måste därför ske av effektiv spruttid, så att en korrekt giva kan beräknas.

Val av spårämnen

Zink, mangan, magnesium och koppar valdes som spårämnen. Det finns fler tänkbara ämnen, t ex bor, kalcium, järn, molybden, svavel, fosfor, kalium, etc. Bor användes ganska ofta för bladgödsling, men användningen är något riskabel om man inte känner plantornas status. Kraftiga skador kan uppkomma direkt man kommer över en risknivå (Skoug, pers inf, 2009). Rådgivare har beskrivit användningen av vanliga bladgödslingsmedel som manganchelat, magnesiumsulfat, kopparchelat och borsyra (Johansson, pers inf, 2009). Erfarenheterna av detta är störst inom grönsaksodlingen och minst inom prydnadsväxtodling. Risken för fläckar på krukväxternas bladverk är en viktig faktor att ta hänsyn till. Provsprutning i tveksamma fall rekommenderas.

Det används inom appliceringsteknik andra ämnen, som t ex olika fluorescerande ämnen. De är inte registrerade för att användas i ätliga produkter. För prydnadsväxter finns risken att denna typ av ämnen ger fläckar, missfärgning eller andra symptom, som påverkar saluvärdet. Därigenom blir de inte användbara i detta sammanhang, eftersom det finns risk att odlaren kan ställa skadeståndskrav.

Vid mätningar hos odlare måste kontrolleras om någon bladgödsling skett med något av de föreslagna spårämnena. I så fall bör man byta ut det spårämnet eller göra en sprutning med rent vatten för att få uppfattning om det finns risk att få med det ämnet i provet.

Val av folie

Den valda folien kan inte påstås vara speciellt utvald, utan vi förutsatte att den inte borde vara förorenad. Mätningen på en helt ren folie visade att det fanns spår av magnesium, som motsvarar den nivå som vid sprutning erhöles för 1 % av förväntad nivå, dvs i närheten av vad som uppmättes under bord (med de givna förutsättningarna). Detta betyder att man bör göra

bakgrundsmätningar av folien och därigenom skaffa ett så bra underlag att man kan kompensera mätvärdena för halten på folierna.

Ramarna och deras storlek

Ramarna var tillverkade av 10 mm tunnväggiga järnrör, som svetsats samman till en ram med ca 120 mm höga ben. Ramarna var lätta och rördiametern gjorde det enkelt att fästa plastklämmor.

I den tidigare pilotstudien användes ramar av storleken 1 x 1 m. Dessa var otympliga att hantera, framför allt när de skulle hämtas från sina positioner under borden. Det fanns risk för att droppar av sprutvätskan kunde rinna av. Likaledes var det risk för att ramarna förorenades vid utplacering.

I syftet med detta projekt ingår också att beakta grönsaksodlingens förutsättningar. I regel finns det i dessa fall utrymmen på golv, mellan värmerör och under rännsystemen som medger placering av ramar som är 50 cm breda. Längden kan vara upp till 1 m. Figur 12 illustrerar en gurkodling. Här finns möjlighet att placera ramar både helt exponerat och skymda av rännor/containerar.



Figur 12. Gurkodling. De längsgående rören är värmerör, men fungerar också som räls för sprutrobot, skördevagnar, plattformar, etc. Foto: Torbjörn Hansson

Ramarnas placering

I några inledande experiment placerades ramarna i gränzonen mellan gång och bord, med samma förutsättningar, för att representera en genomsnittlig placering. Det visade sig vara mycket svårt att definiera en sådan ”genomsnittlig” placering, eftersom det var omöjligt att avgöra hur sprutduschen spred sig. I stället valdes att placera ut ramarna i två definierbara,

men helt olika positioner; mitt under bord (den mest skyddade positionen) och mitt i gången (mest exponerat).

Ytterligare påverkande faktorer

Det finns ytterligare faktorer som påverkar resultat och nivåer på mätningarna. Detektionsnivån för analysmetoden angavs till 0,01 mg/l (Skoug, pers inf, 2009). Mängden tvättvätska påverkar utspädningen i provet och med alltför stor mängd riskerar man komma under detektionsgränsen. Samtidigt måste man använda tillräckligt mycket tvättvätska och tillräckligt många skrapningar för att få med större delen av det som träffar ytan. Med den använda mängden, ungefärligen 150 ml/0,4 m² (350 ml/m²), hamnade mätvärdena i samtliga fall över detektionsgränsen.

Ramens storlek påverkar den mängd sprutvätska som kan fångas upp. Man kan tänka sig att andelen som hamnar under borden i ett verkligt fall blir lägre än i testexperimenten, t ex med ”kjolar” som hänger ner längs bordsidorna, eller med växter som samlar upp sprutvätskan och förhindrar stänk. Givan, mängd sprutvätska per ytenhet, påverkar avsättningens storlek. Slutligen påverkar koncentrationen i sprutvätskan gränserna för att kunna bestämma avsättningen ner till ca 1 % av utsprutad mängd.

Följande beräkning illustrerar sambanden och kan användas för att välja lämpliga värden på parametrarna, framför allt för att kontrollera att man ligger över detektionsgränsen i provet.

$$F = \frac{A \times B \times C \times D \times 10}{E}, \text{ där}$$

A = Koncentration av spårämnet i sprutvätskan [mg/l]

B = Giva [l/1000m²] (normal angivelse i växthussammanhang)

C = Andel av sprutvätskan som hamnar på ramen [%]

D = Ramstorlek [m²]

E = Tvättvätska [ml]

F = Koncentration av spårämne i prov [mg/l]

Med projektets förutsättningar som utgångspunkt och en risk att komma ner på en nivå där 1 % av sprutvätskan träffar golvet, får man $(20 \times 160 \times 1/100 \times 0,4)/150 = 0,09$ mg/l, vilket ligger nästan 10 ggr över detektionsgränsen. Ansatsen ’1 % av sprutvätskan’ bedöms vara en rimlig miniminivå för mätningarna, i relation till den noggrannhet som uppnåddes.

Maxgränsen för koncentrationen i sprutvätskan angavs till 20 mg/l (för de valda ämnena).

Alternativa metoder

En alternativ metod för att mäta avsättningen under växthusbord och motsvarande, skulle kunna vara att använda någon av de mätmetoder som används i gängse appliceringstekniska undersökningar. I dessa fall använder man sig av bladstora (ca 25 x 100 mm) objekt av filterpapper, som samlas in och tvättas, varefter tvättvätskan analyseras på spårämnena. Spårämnena måste dock vara de samma, för att undvika de problem med resthalter, etc, som angetts tidigare. Eftersom objekten är så små, måste ett större antal samlas samman till ett prov, för att minska en slumpinverkan. Det är tveksamt om det är möjligt att använda tillräckligt liten mängd tvättvätska och ändå få ut ett relevant prov för analys.

Slutsatser

Den beskrivna metoden med spårämnen i form av gödselmedel (metallföreningar) är användbar för att bestämma hur avsättningen av sprutvätska sker på ett växthusgolv. I de gjorda mätningarna kan medelavsättningen uppmätas $\pm 1\%$, vilket måste anses vara tillräckligt bra noggrannhet. Resultaten visar att det är viktigt att göra bakgrundsmätningar på vattnet som används i sprutvätskan, folien, tvättvattnet, etc, för att ha en säker grund att stå på.

Metoden förväntas ej innebära skador på växterna, men det är tillrådligt att undersöka detta närmare, eftersom de flesta erfarenheterna kommer från grönsaksproduktion. Kostnaden är förhållandevis låg, eftersom analys är av standardtyp för vatten. Analyskostnaden för ett experiment med fyra spårämnen och tio ramar begränsas till ca 3300 kr. Därtill kommer kostnaderna för ca fem till sju inledande mätningar av bakgrundshalter, på folier etc (uppskattningsvis 1500 kr).

Arbetsmiljökraven bedöms som rimliga, då endast normal skyddsutrustning för sprutning i växthus erfordras.

Det är mycket viktigt att understryka att mätningarna i detta projekt har syftat till att undersöka mätmetodens tillförlitlighet och användbarhet. Förutsättningarna var renodlade och i vissa fall överdrivna, för att lättare kunna göra bedömningar. Det måste påpekas att borden saknade växter, att vätska kunde stänka från plastfolien, gångarna var bredare än normalt samt att borden var fasta och ej mobila. Detta tillsammans innebär att experimentens resultat om hur stor andel av sprutvätskan som hamnar på ett växthusgolv **inte** får tas som något riktmärke för en verklig situation i odlingen.

Referenser

Kreuger, J., Graaf, S., Patring, P. & Adielsson, S. 2009. Bekämpningsmedel i vattendrag från områden med odling av trädgårdsgrödor under 2008. Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap. SLU Uppsala. Ekohydrologi 110. http://www-mv.slu.se/Vv/publ/Ekohydrologi_110.pdf

Linden, A.M.A. van der. 2009. Emissions by "other routes than air" from protected crop systems. Position paper. RIVM report letter 607050004. National Institute for Public Health and the Environment. Bilthoven, Nederländerna

Löfkvist, K., Hansson, T. & Svensson, S.A. 2009. Förluster av växtskyddsmedel till omgivande mark och vatten vid användning i svenska växthus - en genomgång av möjliga riskmoment (*Losses of pesticides to soil and water from greenhouse uses – an overview of possible risk factors*). Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap, SLU Alnarp. Rapport 2009:6. http://pub-epsilon.slu.se:8080/661/01/LTJ-rapport_2009_6.pdf

Murray, R.A., Cross, J.V. & Ridout, M.S., 2000. The measurement of multiple spray deposits by sequential application of metal chelate tracers. Ann. App. Biol. 137 (3).

Roseth, R., Ludvigsen, G.H. & Aasen, R. 2007. Forprosjekt – plantevernmidler i avrenning fra veksthus. Bioforsk Rapport, vol 2, nr 162 2007.

Roseth, R. 2009. Avrenning av plantevernmidler fra veksthus. Bioforsk Rapport, vol. 4 Nr. 9 2009.

Stanghellini, C. 2009. Emissions by aerial routes from protected crop systems (greenhouses and crops grown under cover). A position paper. Wageningen UR Greenhouse Horticulture, Wageningen, Nederländerna

Svensson, S.A. & Löfkvist, K. 2006. Säkrare och effektivare appliceringsteknik i växthusodling. Slutredovisning till Jordbruksverket. Institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik, SLU Alnarp. Opublicerat.

Svensson, S.A. & Löfkvist, K. (2007) Säkrare hantering av bekämpningsmedel i växthus (Safer handling of pesticides in greenhouses) Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap, SLU Alnarp. Rapport 2007:3. [online] Tillgänglig: http://pub-epsilon.slu.se:8080/158/01/LTJ_Rapport_3.pdf

Personlig information

Johansson, Anna-Karin, Vendel Trädgårdsrådgivning, Listebo, Vendel, 748 95
Örbyhus akj@vendelinfo.se

Skoug, Håkan, LMI AB, Långebergavägen 40, 256 69 Helsingborg hakan@lmiab.com