

Skyddszoners effekt för minskad ytavrinning och erosion av växtskyddsmedel

Sammanfattning

Förlusterna av växtskyddsmedel via ytavrinning har studerats i ett nyligen anlagt fältförsök med skyddszoner (Krusenberg, Uppsala). Försöket består av 12 försöksrutor på ett jämnt sluttande lerjordfält. Försöksfältet besprutades under våren 2012, 2013 och 2014 med sex olika substanser med olika rörlighet och bindningsförmåga till marken. Glyfosat sprutades före höstplöjning i oktober 2013 och 2014. Ytavrinning från fältet i Krusenberg skedde endast när markytan var frusen eller när strukturen vid markytan förstörts genom kompaktering. Resultaten från projektet visar att ytavrinning i traktorspår skedde endast vid tre tillfällen med höga regnintensiteter under växtsäsongen 2012. Ytavrinningen innehöll relativt höga koncentrationer ($\mu\text{g l}^{-1}$ nivåer) av samtliga ämnen som sprutats på fältet. De relativa förlusterna var dock mycket små ($\leq 0,0012$ - $0,0091$ %). Under vintern och våren 2013 och 2014 samlades avrinningen av yt- och dräneringsvatten från samtliga 12 skyddszoner in för analys av glyfosat och de vårapplicerade substanserna. Koncentrationerna av glyfosat och nedbrytningsprodukten AMPA var förhöjda (upp till 7,4 respektive 2,1 $\mu\text{g l}^{-1}$ i ytavrinning och 2,6 respektive 0,97 $\mu\text{g l}^{-1}$ i dräneringsvatten). Samtliga vårapplicerade substanser detekterades i något av dessa prover men koncentrationerna var ca 20 gånger lägre än för proverna tagna under växtsäsongen. Mätningar med tensionsinfiltrometer visar att den hydrauliska konduktiviteten generellt sett minskar med tid från harvning. Data som genererats under projektet kommer nu att utgöra ett värdefullt underlag för utveckling av ytavrinningsberäkningarna i MACRO-modellen.

Bakgrund och syfte

Ytavrinning är en av de spridningsvägar genom vilka växtskyddsmedel kan transporteras från det besprutade fältet till omgivande vattendrag. En åtgärd som används för att minska transporten via ytavrinning är skyddszoner som anläggs längs diken och vattendrag och som dessutom berättigar till miljöstöd från EU (SCB et al., 2007). Det finns dock fortfarande stora kunskapsluckor kring vad som styr yttransport av växtskyddsmedel och hur transporten ser ut för olika sorters substanser och markförhållanden, samt var i landskapet transporten sker. Det är därför osäkert hur stor effekt skyddszoner med olika utformning har för att minska förlusterna av växtskyddsmedel. Dessa kunskapsluckor kan i värsta fall innebära konflikter mellan markägare och myndigheter.

Detta projekt har utförts i samarbete med ett pågående SLF-projekt där effekterna av skyddszoner på transporten av fosfor studeras. Olika växtskyddsmedel har olika spridningsmönster och transport. De skiljer sig också i de flesta fall från fosfors, och det är därför viktigt att studera vilka likheter och skillnader som finns för att kunna optimera

skyddszonerna så att de kan minska uttransport av både växtskyddsmedel och fosfor effektivt.

Syftet med projektet var *i)* att kvantifiera förlusterna av växtskyddsmedel via ytavrinning och dräneringsrör och att bestämma de väder- och markförhållanden som leder till ytavrinning och *ii)* att kvantifiera effekterna av gräsbevuxna skyddszoner på de totala förlusterna av de undersökta växtskyddsmedlen via yt- och dräneringsvatten.

Teori och metod

SLU driver ett projekt finansierat av SLF (God skötsel av kantzoner för effektivare fosforretention (t.o.m. hösten 2016)) som går ut på att utvärdera hur effektiv den nu vanliga formen av skyddszoner (dvs. kantzoner längs vattendrag) är för att minska fosfortransporten i jämförelse med fält utan kantzoner. Tack vare det projektet finns ett försöksfält vid Krusenbergs strax söder om Uppsala tillgängligt för studier av växtskyddsmedelsförluster via ytavrinning och dränering med och utan skyddszoner. Försöksfältet är beläget på ett lerjordfält med drygt 1 % lutning. Fältet, förutom de gräsbevuxna skyddszonerna, odlas med vårkorn efter att det höstplöjts på konventionellt sätt.

Försöksplatsen består av fyra upprepningar (fyra block) av varje led. I försöket ingår tre led: A) försöksrutor utan kantzon (referens) B) försöksrutor med kantzon (gräsvall) utan avslagning C) försöksrutor med kantzon (gräsvall, vallen skördas minst en gång per år). Hela försöksfältet är 60 m x 84 m. Skyddszonsdelen är anlagd som ett randomiserat blockförsök om fyra block med 12 stycken 6 m långa och 6 m breda rutor med eller utan skyddszon. Varje ruta med eller utan skyddszon tar emot ytvatten 25 m uppströms. Mellan varje ruta avskiljs ytvattnet med 20 cm höga (10 cm i marken) skivor. Varje försöksruta avgränsas dessutom av byggplast till 1 m djup för att inget vatten genom lateral transport ska kunna passera till intilliggande ruta. För insamling av ytvatten finns grunda öppna diken (rännor) för varje ruta varifrån vattnet leds till mätstationen. Under varje skyddszonsdel finns i mitten sex m långa dräneringsledning på 90 cm djup som leder till en mätstation för insamling av dräneringsvatten från kantzonen. Vattenflödet registreras med vippkärl samtidigt som flödesproportionella vattenprover samlas in automatiskt.

Mätningar från det första försöksåret (2012) visade att markens infiltrationskapacitet generellt är mycket hög under sommaren. Under realistiska regnintensiteter så överskrids markens infiltrationskapacitet endast i hjulspår där marken packats och markytans struktur förstörts. Det var alltså bara i hjulspåren som ytavrinning bildades. För att mäta hur mycket växtskyddsmedel som följer med ytavrinningen i hjulspåren modifierades därför försöksupplägget inför växtsäsongen 2012. Under växtsäsongerna 2013 och 2014 använde vi oss av samma upplägg. Vid appliceringen av växtskyddsmedel kördes sprutan rakt ut från varje skyddszon för att skapa spår som ledde ytavrinningen mot skyddszonerna. För att hindra infiltration i skyddszonen leddes ytavrinningen via en ränna till mät- och provtagningsstationen. Detta gjordes för 4 upprepningar. Fältet besprutades i juni 2012 och 2013 och i maj 2014 med Ariane S (aktiva substanser MCPA, fluroxipyr och klopyralid), Diflanil (aktiv substans diflufenikan), Proline (aktiv substans protiokonazol) och Pirimor (aktiv substans pirimikarb). Dessa produkter valdes för att de ingående substanserna har olika rörlighet och bindningsförmåga i jorden.

Resultat från det pågående SLF-finansierade projektet visade betydande ytavrinning i samband med snösmältningen när mängden vatten är stor och markens infiltrationskapacitet är begränsad av tjäle. Glyfosat applicerades därför före plöjning under hösten 2012 och 2013. Under vintern och våren 2013 och 2014 togs prover av yt- och dräneringsvatten från samtliga 12 skyddszoner. I dessa prover mättes koncentrationerna av glyfosat och AMPA (nedbrytningsprodukt från glyfosat) både i lösning och bundet till partiklar och de substanser som applicerats under våren 2012 och 2013. Analyserna av samtliga växtskyddsmedel genomfördes vid pesticidlaboratoriet vid SLU.

Mätningar med tensionsinfiltrometer gjordes vid ett tillfälle under växtsäsongen 2012 och vid upprepade tillfällen under 2013 och 2014 både i och utanför hjulspåren.

MACRO-modellen (Larsbo et al., 2005) är en mekanistisk modell över vattenflöden och transport av lösta ämnen som används i flera verktyg för riskbedömning i Sverige och i EU. Modellen beräknar läckage genom dräneringsflöden och genom ytavrinning. En ny modellansats för att beräkna ytavrinning som tar hänsyn till om marken är frusen eller kompakterad är under utveckling. Data som genererats under projektet kommer att användas för utvärdering och utveckling av ytavrinningsberäkningarna i MACRO-modellen.

Resultat

Resultaten som presenteras här är från tre år och skall därför tolkas med försiktighet eftersom väderförhållanden har mycket stor påverkan på förluster via ytavrinning.

Avrunna volymer

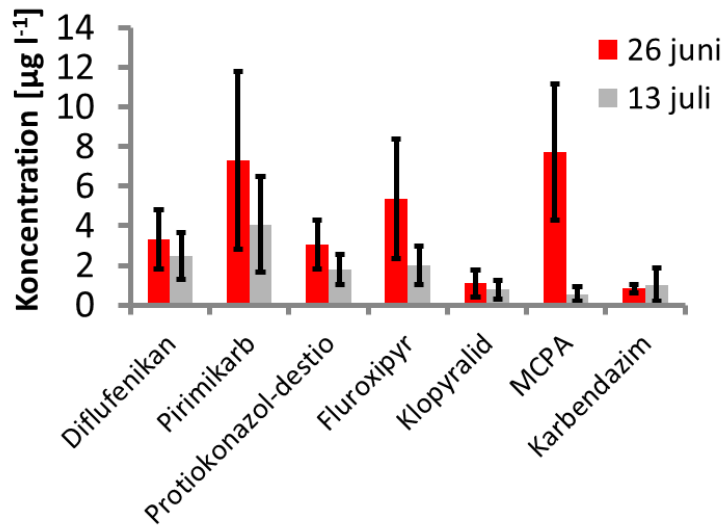
Resultaten från försöket visar att ytavrinning i traktorspåren skedde vid tre tillfällen vid höga regnintensiteter under 2012. Det första tillfället var 26 juni, mindre än en vecka efter besprutningen. De andra två tillfällena var under första halvan av juli. Samlingsprov av ytavrinningen togs 26 juni och den 13 juli. De totala avrunna volymerna vatten från hjulspåren var mellan 40 och 67 l för de tre tillfällena med ytavrinning. Dessa volymer motsvarade i medeltal endast 0,17 % av den totala nederbörden.

Växtskyddsmedel

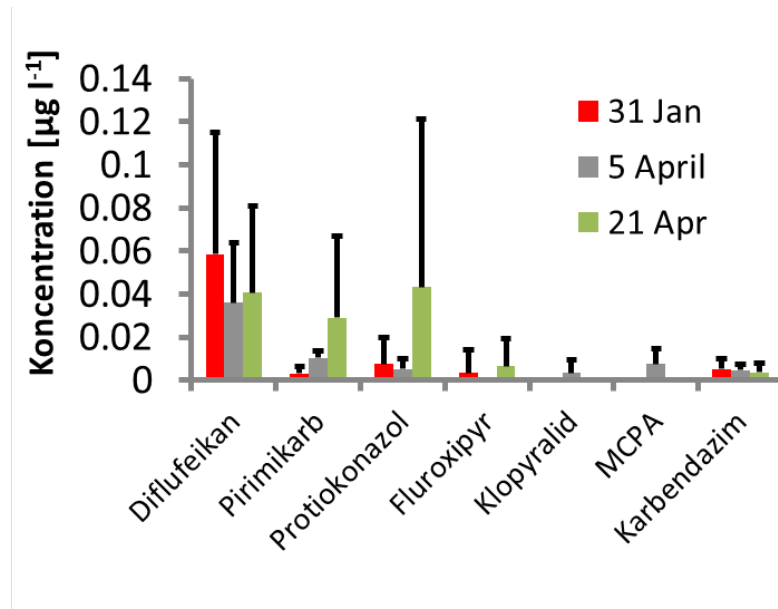
Samtliga växtskyddsmedel som sprutats hittades i ytavrinningsvattnet under växtsäsongen 2012 (Figur 1). Trots förhållandevis höga koncentrationer var de relativa förlusterna (d.v.s. förhållandet mellan läckage och applicerade mängder) av de använda växtskyddsmedlen mycket små (Tabell 1). De relativa förlusterna var minst för klopyralid och MCPA. Trots att tiofanatmetyl inte sprutats på fältet under försöket hittades dess nedbrytningsprodukt karbendazim i koncentrationer jämförbara med övriga substanser (Figur 1). Detta tyder på att karbendazim kan vara mycket persistent under rådande klimat.

Samtliga växtskyddsmedel som sprutades i juni 2012 hittades i minst ett av proven tagna under snösmältningen 2013 både i ytavrinningsvattnet (Figur 2) och i dräneringsvattnet (ej visat). Koncentrationerna i ytavrinningen var i medeltal ca 20 gånger lägre än de som

uppmättes i ytavrinningsproverna från växtsäsongen 2012. Under snösmältningen vintern 2013-2014 bildades ingen ytavrinning. Prover från dräneringsvattnet togs vid 4 tillfällen. Pirimikarb var den enda substansen som hittades vid upprepade tillfällen i kvantifierbara koncentrationer (upp till 0,11 $\mu\text{g l}^{-1}$). Det var inga signifikanta skillnader mellan de olika typerna av skyddszoner för någon substans.

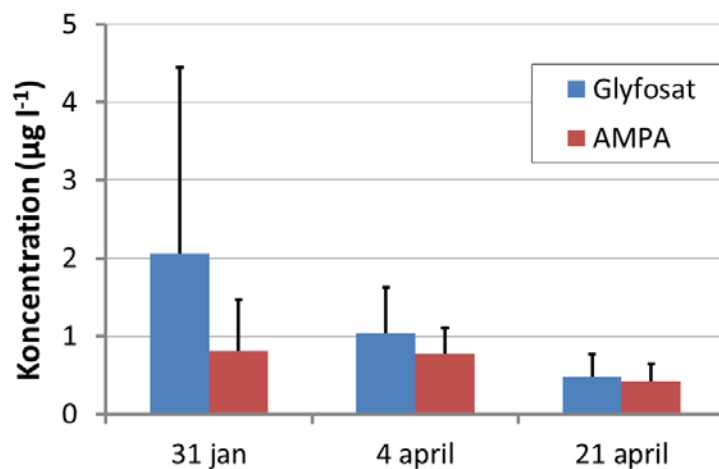


Figur 1. Medelkoncentrationer av vårapplicerade växtskyddsmedel i ytavrinning under växtsäsongen 2012.

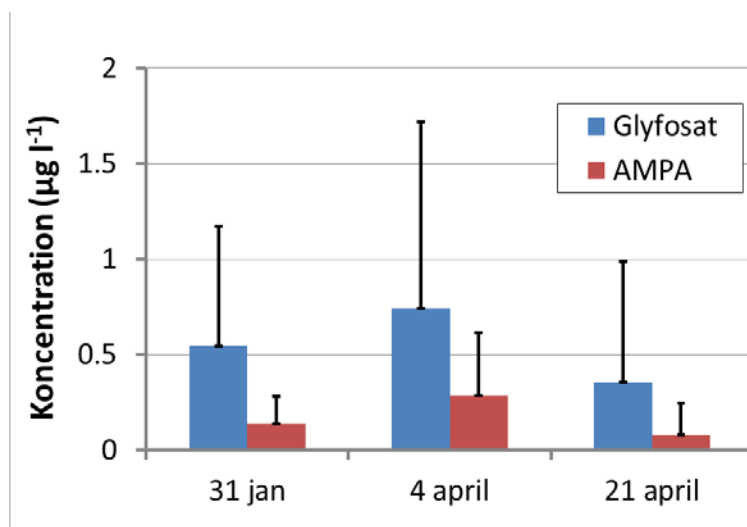


Figur 2. Medelkoncentrationer av vårapplicerade växtskyddsmedel i ytavrinning under snösmältningen 2013.

Koncentrationerna av glyfosat och nedbrytningsprodukten AMPA under snösmältningen 2013 visas i figur 3 och 4. Koncentrationerna av glyfosat och AMPA i lösning var relativt höga (upp till 7,4 respektive 2,1 $\mu\text{g l}^{-1}$ i ytavrinning och 2,6 respektive 0,97 $\mu\text{g l}^{-1}$ i dräneringsvatten). Koncentrationerna i partikelbunden fas var generellt sett lägre än koncentrationerna i lösning. Koncentrationerna av glyfosat och AMPA i dräneringsproverna från snösmältningen under vintern och våren 2014 var i samma storleksordning som under 2013 (ej visat). De relativa förlusterna av glyfosat var små i förhållande till jämförbara studier (Siimes et al., 2006; Tabell 1). Tyvärr kunde inte förlusterna beräknas för proverna tagna 4 april eftersom data över avrunna volymer förlorades. Det var inga signifikanta skillnader i AMPA- och glyfosatkoncentrationer mellan de olika typerna av skyddszoner.



Figur 3. Medelkoncentrationer av glyfosat och AMPA i lösning i ytavrinning under snösmältningen 2013.



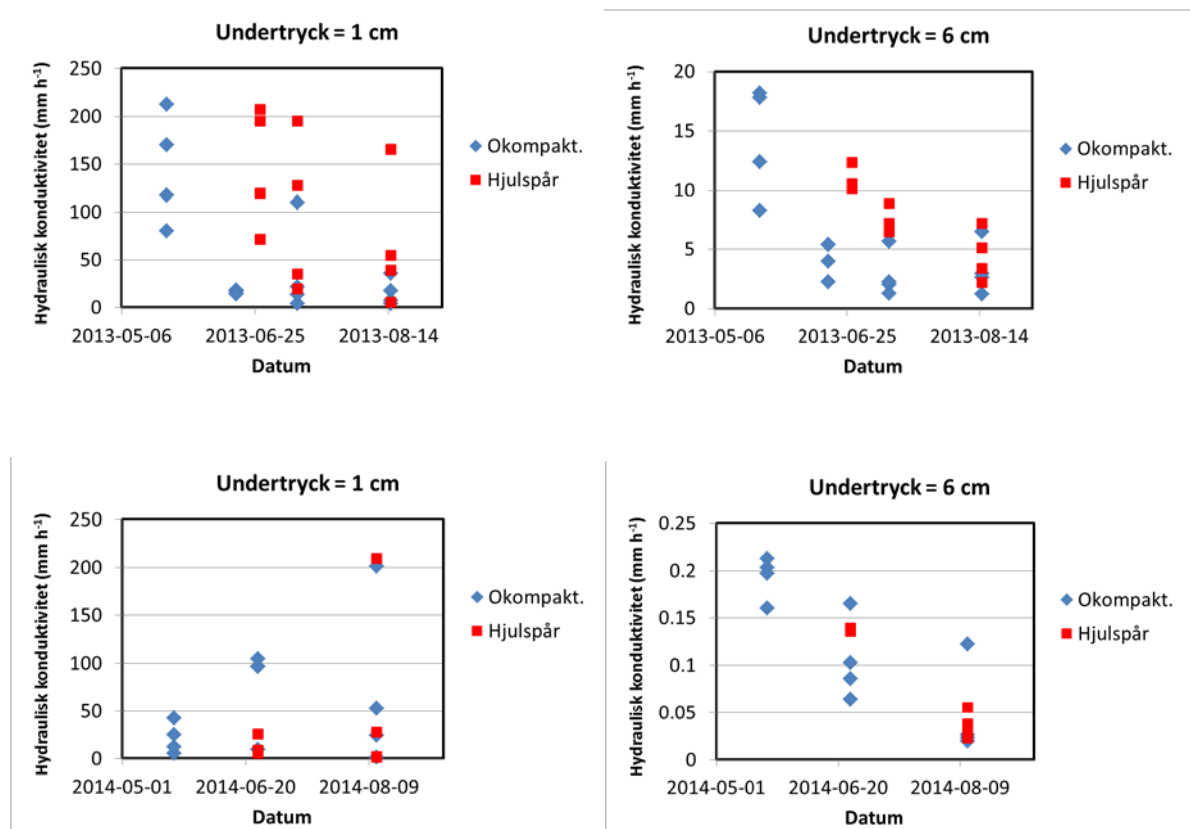
Figur 4. Medelkoncentrationer av glyfosat och AMPA i partikelbunden fraktion i ytavrinning under snösmältningen 2013.

Tabell 1. Relativa förluster av växtskyddsmedel i ytavrinning (%) efter applicering i juni 2012, respektive hösten 2012 för glyfosat och AMPA

Datum	Klopyralid	MCPA	Fluroxypyr	Diflufenikan	Protioconazol	Pirimikarb	Glyfosat i lösning	AMPA	Glyfosat partikelbundet	AMPA
2012-06-26	0,0016	0,0011	0,0037	0,0013	0,0011	0,0027	NA	NA	NA	NA
2012-07-13	0,0014	0,00092	0,0018	0,0015	0,00086	0,0021	NA	NA	NA	NA
Summa	0,0030	0,0012	0,0055	0,0028	0,0020	0,0048	NA	NA	NA	NA
2013-01-31	0	0	0,00032	0,0018	0,00028	0,000077	0,0054	0,0074	0,0015	0,0003
2013-04-05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013-04-21	0	0	0,0014	0,0045	0,0047	0,0029	0,0030	0,0014	0,0019	0,0005
Summa	0	0	0,0017	0,0062	0,0050	0,0030	0,0084	0,0088	0,0034	0,0008
Total summa	0,0030	0,0012	0,0072	0,0091	0,0070	0,0078	0,0084	0,0088	0,0034	0,0008

Hydraulisk konduktivitet nära mätnad

Resultaten från mätningarna med tensionsinfiltrometer är komplexa men några generella trender är urskiljbara (Figur 5). Hydrauliska konduktiviteten minskar med tid från harvning. Denna minskning är tydligast för 6 cm undertryck. Resultaten från mätningarna med tensionsinfiltrometer visar att det är av avgörande betydelse när marken kompakteras i förhållande till när kraftiga regnskurar infaller. Under 2013 var konduktiviteten högre i hjulspåren än i den okompakterade jorden under stora delar av säsongen. Det beror på att de största regnmängderna föll innan hjulspåren skapats. När hjulspåren sedan skapades i samband med applicering av växtskyddsmedel så förstördes den skorpa som bildats av regnet och den hydrauliska konduktiviteten ökade därmed.



Figur 5. Hydraulisk konduktivitet under växtsäsongerna 2013 och 2014.

Samband mellan hydraulisk konduktivitet och tillfällen med ytavrinning

Tyvärr genomfördes inga mätningar under perioden där ytavrinning bildades under växtsäsongen. Den lägsta hydrauliska konduktiviteten nära mätnad uppmättes i augusti 2012. Regnintensiteten under perioden med ytavrinning överskred den hydrauliska konduktiviteten uppmätt i hjulspåren i augusti vid ett flertal tillfällen. Under växtsäsongerna 2013 och 2014 när ingen ytavrinning bildades var den hydrauliska konduktiviteten nära mätnad i hjulspåren generellt sett högre och regnintensiteten var lägre.

Ytavrinning bildades under snösmältningen 2013 efter en kall vinter när tjälen nått djupt och begränsade infiltrationskapaciteten. Medeltemperaturen under den efterföljande vintern 2013-2014 var 5,5 °C högre än vintern 2012-2013. Under snösmältningen 2014 bildades ingen ytavrinning.

Modellering

Arbetet med parameterisering av den nya delmodellen för jordbearbetning och konsolidering av marken har påbörjats. Data från mätningarna med tensionsinfiltrimeter och data över tillfällena med ytavrinning och dränering används i arbetet med att utveckla ytavrinningsberäkningarna i MACRO-modellen.

Slutsatser

Ytavrinning från fältet i Krusenberg sker endast när markytan är frusen eller kompakterad. Resultaten visar relativt höga koncentrationer ($\mu\text{g l}^{-1}$ nivåer) av vårapplicerade växtskyddsmedel i ytavrinning från traktorspår under växtsäsongen. Ytavrinningen under snösmältning innehöll förhöjda koncentrationer ($\mu\text{g l}^{-1}$ nivåer) av glyfosat och nedbrytningsprodukten AMPA. Eftersom de avrunna volymerna vatten var små så var också de relativa förlusterna av växtskyddsmedel totalt sett små (0,0012-0,0091 % för vårapplicerade växtskyddsmedel respektive 0,021 % för glyfosat och AMPA). Resultaten visar att ytavrinning av växtskyddsmedel sker under svenska förhållanden. Det är dock oklart hur viktig denna transportväg är för förlusterna av växtskyddsmedel för andra typer av jordar och andra väderförhållanden. För att generalisera resultaten från projektet behövs modeller som inkluderar effekterna av jordbearbetning och frysning på markens infiltrationskapacitet. Detta arbete kommer därför att användas vid utveckling av ytavrinningsberäkningarna inom MACRO-modellen.

Publikationer

En vetenskaplig artikel som beskriver resultaten från växtskyddsstudien och mätningarna med tensionsinfiltrimeter håller på att färdigställas. En andra vetenskaplig artikel med fokus på förändringar i markens makroporsystem under växtsäsongen har påbörjats.

Referenser

- Larsbo, M., Roulier, S., Stenemo, F., Kasteel, R., Jarvis, N.J., 2005. An improved dual permeability model of water flow and solute transport in the vadose zone. *Vadose Zone Journal* 4, 398–406.
- Siimes, K., S. Ramo, L. Welling, U. Nikunen, and P. Laitinen (2006), Comparison of the behaviour of three herbicides in a field experiment under bare soil conditions, *Agricultural Water Management*, 84(1-2), 53-64.
- SCB, Jordbruksverket, Naturvårdsverket & LRF. 2007. Hållbarhet i svenskt jordbruk 2007. <http://www.scb.se> MI9999_2007A01_BR_MI72OP0701.pdf.