



THE SWEDISH INSTITUTE FOR FOOD AND BIOTECHNOLOGY



Sveriges
lantbruksuniversitet



SIK-rapport
Nr 781 2009

Användning och beroende av bekämpningsmedel i vattenskyddsområden

M Wivstad, C Cederberg, U Sonesson

SIK-rapport

Nr 781 2009

Användning och beroende av bekämpningsmedel i vattenskyddsområden

Maria Wivstad¹

Christel Cederberg²

Ulf Sonesson²

Simuleringar av läckagerisk av bekämpningsmedel med verktyget MACRO_GV har utförts av *Lars Törner³*

Ekonomiska beräkningar har utförts av *Håkan Rosenkvist¹*

¹ Institutionen för växtproduktionsekologi, SLU, Uppsala

² SIK (Institutet för livsmedel och bioteknik), Göteborg

³ Odlings i Balans, Vallåkra

SR 781

ISBN 978-91-7290-274-9

Sammanfattning

Införandet av EG:s ramdirektiv för vatten som trädde i kraft år 2000 innebar att vattenskyddsområden (VSO) för dricksvatten skall inrättas. Inom dessa områden behöver lantbrukare söka tillstånd för användning av bekämpningsmedel och myndigheterna har rätt att reglera användningen genom bestämmelser för att skydda vattentäkter från förorening. Det kan handla om totalt förbud mot användning av bekämpningsmedel inom delar av VSO, att förbjuda vissa substanser, att sänka doserna och/eller att särskilda skyddsåtgärder måste vidtas av lantbrukarna.

Målsättningen med detta projekt var att med hjälp av tre fallstudier på gårdar inom VSO i olika delar av landet finna lösningar på hur användningen av kemiska växtskyddsmedel kan ske samtidigt som man beaktar kraven i vattendirektivet. Projektet utfördes i nära samarbete med lantbruket och olika myndigheter och finansierades av MISTRA och Stiftelsen Lantbruksforskning.

Tre fallstudiegårdar valdes ut med ambitionen att täcka in olika typer av växtodling, växtskydd, jordar och klimat, i) Trelleborgsgården med en typisk skånsk växtodling, moränlättilera, grundvattentäkt, ii) Halmstadgården med potatisodling på lätt jord, grundvattentäkt, iii) Örebrogården med spannmålsdominerad växtodling på lerjord samt potatis på mulljord, ytvattentäkt. Till varje fallstudie knöts en dialoggrupp bestående av representanter för olika intressen i frågan. Dialoggruppen skulle vara det nav kring vilket vårt övriga projektarbete kretsade, frågeformulering, probleminventering samt diskussion om åtgärder för att minska riskerna med användning av bekämpningsmedel inom VSO.

Arbetet genomfördes i olika steg med sammanlagt tre dialoggruppsmöten i varje fallstudie. I ett första steg analyserades läget vad gäller användning av bekämpningsmedel på gården/i området samt riskbilden för läckage till vattentäkten där förutsättningarna i området beaktades såsom jordarter och klimat. Som bas för riskanalysen användes bland annat Naturvårdsverkets allmänna råd för skyddsbestämmelser samt en till råden knuten lista, upprättad av Kemikalieinspektionen, som anger ämnen med hög rörlighet i mark. I de allmänna råden finns ett beslutsschema att användas vid myndigheternas tillståndsgivning inom VSO där hänsyn ska tas till markegenskaper, bekämpningsmedlens lättörlighet och växtodlingens kemikalieintensitet.

Vår analys visade att riskerna i huvudsak var förknippade med användningen av ogräsmedel. Förslag togs fram av projektgruppen i samarbete med dialoggrupperna till en förändrad användning av kemiska ogräsmedel. Dessa förändrade växtskyddsstrategier utvärderades och jämfördes med nuläget avseende läckagerisk, ekonomiskt resultat, energianvändning och utsläpp av klimatpåverkande gaser. Alternativen omfattade dels byte till mindre läckagebenägna kemiska substanser och dels mekanisk ogräskontroll. Läckerisken utvärderades med ett gårdsbaserat simuleringsverktyg, MACRO-GV, som beräknar läckage av bekämpningsmedel genom markprofilen ner till 1 m's djup.

Generellt visade alternativen med mindre lättörliga preparat också en lägre läckagerisk i våra simuleringar. Undantag fanns dock, både att lättörliga ämnen inte visade läckage och att ej rörliga ämnen visade läckage. Orsaken var framförallt att jordart och mullhalt hade en mycket stor betydelse för det simulerade läckaget. På mulljorden i Örebroområdet var läckagerisken lika med noll, även för de lättörliga ogräsmedlen. Vidare uppskattades riskerna vara större på jordarna med högre lerhalt än på Halmstadsgårdens mojord. Detta resultat stämmer inte överrens med rekommendationerna i Naturvårdsverkets allmänna råd där de lätta grovtexturerade jordarna anges som mest läckagebenägna. Orsaken till lerjordarnas högre läckage i simuleringarna är dessa jordars sprickbildning som kan medföra en snabb nedtransport av vatten och bekämpningsmedel genom markprofilen.

För Trelleborgsgården gjordes en utvidgad analys av olika bekämpningsstrategier mot ogräs i höstraps och för Halmstadgården bekämpningsalternativ i potatis. För Örebrogården analyserades ogrässtrategier för en sexårig växtföljd dominerad av höstvetete. Analysen av bekämpning i höstraps visade på goda möjligheter att reducera användningen av kemiska ogräsmedel och istället reglera ogräsen med radhackning, samtidigt som ekonomin och andra miljöeffekter påverkades i liten utsträckning. Även i potatis visade ett mekaniskt alternativ med en så kallad 'turbokupare' bra resultat. En viktig synpunkt är dock att odlingssäkerheten kan sjunka vid mekanisk ogräsbekämpning på grund av ökad väderkänslighet. Mekaniska metoder har också generellt sämre effekt vid riklig förekomst av ogräs. Bedömningen gjordes till exempel att mekanisk ogräsreglering i potatis på mulljord, såsom på Örebrogården, skulle vara mycket problematisk. För spannmålsväxtföljden på Örebrogården, där reducerad jordbearbetning tillämpades i nuläget, analyserades ett alternativ med en begränsad kemisk ogräsbekämpning i kombination med ogräsharvning och intensivare jordbearbetning. Detta medförde en betydande riskminskning vad gäller läckage av bekämpningsmedel. Samtidigt försämrades det ekonomiska resultatet och även utsläppen av växthusgaser ökade, både på grund av en högre dieselförbrukning och av att vi uppskattade en lägre skörd i det mekanisk-kemiska alternativet.

Vi identifierade vissa speciellt problematiska växtskyddsfrågor där vi bedömde det svårt att finna alternativ till läckagebenägna bekämpningsmedel. Det gällde främst ogräsbekämpningen i sockerbetor och även bekämpning av åkertistel i olika grödor. Vi gjorde också bedömningen att det skulle krävas relativt stora förändringar vad gäller produktionsinriktning/grödfördelning på dagens växtodlingsgårdar för att möjliggöra en betydande reduktion av användningen och ett lägre beroende av bekämpningsmedel, trots att det finns konkurrenskraftiga icke-kemiska alternativ i vissa grödor.

I dialoggrupperna fördes en diskussion under hela projektets gång kring användbarheten av Naturvårdsverkets allmänna råd som beslutsunderlag för tillståndsgivning inom VSO. Vi har dragit slutsatsen att råden tillsammans med listan över rörliga ämnen inte räcker för att rätt bedöma riskerna för läckage av bekämpningsmedel inom ett VSO. Bland annat kan råden gällande läckagebenägna jordarter ifrågasättas. Samordnade simuleringar med MACRO inom ett VSO skulle kunna användas som en del i ett större beslutsunderlag vid tillståndsprövningen om användning av bekämpningsmedel.

Det ska noteras att projektet enbart fokuserade på risken för bekämpningsmedelsläckage till dricksvatten. Övriga effekter av bekämpningsmedel, som ekologiska effekter och ytvattenpåverkan har inte ingått i projektet även om dessa faktorer är mycket viktiga för att bedöma riskerna med bekämpningsmedelsanvändning generellt.

Innehållsförteckning

1 INLEDNING	1
1.1 PROJEKTETS MÅL OCH FRÅGESTÄLLNINGAR	1
2 BAKGRUND	3
2.1 VATTENFÖRSÖRJNINGEN I SVERIGE	3
2.2 EG DIREKTIV FÖR VATTEN	3
2.3 VATTENSKYDDSSOMRÅDEN	3
2.4 SKYDDSBESTÄMMELSER INOM VSO	4
2.5 RISKER MED BEKÄMPNINGSMEDEL	4
2.5.1 Bekämpningsmedelsrester i vatten	6
2.5.2 Bekämpningsmedelsrester i vatten i fallstudieområdena	6
2.5.3 Giftighet för organismer i vatten	8
2.6 DEFINITIONER AV BEKÄMPNINGSMEDELSANVÄNDNING	9
2.7 MÖJLIGHETER TILL MINSKAT BEROENDE AV BEKÄMPNINGSMEDEL	10
2.8 RISKMODELLER SOM BESLUTSSTÖD	10
2.8.1 Simuleringsverktyget <i>MACRO</i>	11
2.9 DELTAGARDRIVEN FORSKNING - DIALOG	11
3 MATERIAL OCH METODER	13
3.1 FALLSTUDIER	13
3.1.1 Fallstudie Vattenskyddsområde i Trelleborgs kommun	13
3.1.2 Fallstudie Vattenskyddsområde i Halmstads kommun	14
3.1.3 Fallstudie: Vattenskyddsområde i Örebro kommun	14
3.2 DIALOGGRUPPER	15
3.3 IDENTIFIERING AV RISKER	15
3.4 IDENTIFIERING AV ALTERNATIVA VÄXTSKYDDSTRATEGIER	16
3.5 KONSEKVENSANALYSER	16
3.5.1 <i>MACRO</i>	16
3.5.2 Ekonomiska analyser	17
3.5.3 <i>LCA</i>	17
4 RESULTAT	18
4.1 FALLSTUDIE TRELLEBORG	18
4.1.1 Växtodling och nuvarande användning av bekämpningsmedel	18
4.1.2 Identifiering av risker	19
4.1.3 Möjliga förändringar	19
4.1.4 Utvärdering av risker för läckage till vatten med <i>MACRO</i> -modellen	21
4.1.5 Olika strategier för ogräsbekämpning i höstraps	22
4.1.6 Konsekvenser för ekonomi, energianvändning och utsläpp av växthusgaser	24
4.2 FALLSTUDIE HALMSTAD	27
4.2.1 Växtodling och nuvarande användning av bekämpningsmedel	27
4.2.2 Identifiering av risker	28
4.2.3 Möjliga förändringar	28
4.2.4 Utvärdering av risker för läckage till vatten med <i>MACRO</i> -modellen	29
4.2.5 Olika strategier för ogräsbekämpning i potatis	32
4.2.6 Konsekvenser för energianvändning, ekonomi och utsläpp av växthusgaser	32
4.3 FALLSTUDIE ÖREBRO	34
4.3.1 Växtodling och nuvarande användning av bekämpningsmedel	34
4.3.2 Identifiering av risker	35
4.3.3 Möjliga förändringar	36
4.3.4 Utvärdering av risker för läckage till vatten med <i>MACRO</i> -modellen	38
4.3.5 Analys av olika strategier för ogräsbekämpning i en växtföljd som domineras av spannmål	40
4.3.6 Konsekvenser för ekonomin	43
4.3.7 Konsekvenser för energianvändning och klimatpåverkan	44
4.4 LÄCKAGERISKEN BEROR AV JORDART	45

5 DISKUSSION	48
5.1 OLIKA TYPER AV RISKER	48
5.2 LISTA ÖVER LÄTTRÖRLIGA ÄMNEN SOM BESLUTSUNDERLAG	49
5.3 GENERELLA KONSEKVENSER FÖR JORDBRUKET VID ”STRIKT” TILLÄMPNING AV KEMI:S LISTA	50
5.3.1 Spannmål	50
5.3.2 Oljeväxter	51
5.3.3 Sockerbetor.....	52
5.3.4 Potatis.....	52
5.4 ÅTGÄRDER FÖR ATT MINSKA RISKERNA FÖR LÄCKAGE AV BEKÄMPNINGSMEDEL TILL VATTEN	52
5.4.1 Basnivå – säker hantering	52
5.4.2 Åtgärder utan stora förändringar i produktionen	52
5.4.3 Långsiktiga åtgärder och behov av utveckling och forskning	53
6 REFERENSER	55

1 Inledning

Dagens växtodling inom jordbruket är till stor del beroende av användning av kemiska bekämpningsmedel mot ogräs, sjukdomar och skadedjur. Skördeökningar, säkrare skördar, jämnare kvalitet och lägre produktionskostnader är de viktigaste motiven till användningen. Samtidigt finns det risker i samband med användningen av de kemiska medlen, bland annat för förorening av vatten.

Målkonflikterna ställs på sin spets i vattenskyddsområden (VSO) där jordbruk bedrivs och detta projekt tar upp en rad frågeställningar kring användning och beroende av bekämpningsmedel i VSO. Projektet förväntas ge kunskaper och erfarenheter av intresse inte endast i arbetet med VSO utan också i jordbrukets strävan att nå det nationella miljökvalitetsmålet ”Giftfri miljö” (Miljömål, 2008). Detta mål ses som ett av de svåraste miljömålen att nå och ett aktivt arbete inom området bedöms dessutom som viktigt för att skapa mervärden i svensk livsmedelsproduktion och för att upprätthålla ett fortsatt högt konsumentförtroende. En övergång till ekologisk produktion minskar naturligtvis riskerna helt vad gäller kemisk bekämpning, men ökar riskerna för lägre skördar. I detta projekt har vi dock valt att arbeta med hur man inom det konventionella jordbruket kan minska de risker som är kopplade till den kemiska bekämpningen.

I rapporten används begreppen växtskyddsmedel och bekämpningsmedel synonymt och avser bekämpningsmedel som används i jordbruket.

Studien utfördes inom projektet Hållbart Växtskydd som var en del av forskningsprogrammet MAT21 (fas 2), med Institutet för Livsmedel och Bioteknik (SIK) som huvudman. Stiftelsen lantbruksforskning (SLF) och Stiftelsen för miljöstrategisk forskning (MISTRA) har finansierat studien.

Vi vill rikta ett stort tack till vår referensgrupp som varit aktiv under hela projektets gång och som bidragit med värdefulla kunskaper och synpunkter; Erika Bjurling (Lantmännen), Jan Eksvärd (LRF), Henrik Hallqvist (Jordbruksverket) och Lars Törner (föreningen Odling i Balans). De dialoggrupper som vi arbetat tillsammans med i områden kring Trelleborg, Halmstad och Örebro har också varit en viktig del i arbetet och vi vill ge alla deltagare ett stort tack för deras engagemang och delaktighet. Dialoggruppernas sammansättning och arbete beskrivs också i en annan rapport inom projektet, Dialog om växtskydd inom vattenskyddsområden — Erfarenheter från tre fallstudier (Sonesson m.fl., 2009).

1.1 Projektets mål och frågeställningar

Målsättningen med detta projekt är att med hjälp av fallstudier på gårdar inom VSO finna lösningar på hur användning av kemiska växtskyddsmedel i VSO kan ske samtidigt som man beaktar kraven i vattendirektivet. Vi har fokuserat på den diffusa spridningen av olika aktiva substanser från fältet genom markprofilen till vattenmiljön, till grundvatten och ytvatten, som hänger samman med en normal användning av de olika produkterna. Vi har således inte analyserat risker som beror på hanteringen av bekämpningsmedel vid påfyllning och rengöring, att hålla skyddsavstånd till brunnar och vattendrag och om att undvika vindavdrift. Att tillämpa en säker hantering har vi satt som en basnivå som man alltid bör sträva efter att uppfylla.

En stor del av projektet har utförts i dialoggrupper för de olika fallstudierna, i nära samarbete med lantbruket, olika organisationer och olika myndigheter (hushållningssällskap, länsstyrelser, kommuner, Jordbruksverket, LRF). Ett viktigt delmål för dialoggrupperna har varit att testa och

utveckla en modell för en arbetsprocess där lantbruk och myndigheter får en god samverkan i arbetet med att formulera och implementera skyddsbestämmelser för att skydda vattenresursen i ett VSO.

Viktiga frågeställningar i projektet har varit:

- Hur kan man identifiera platsspecifika risker med växtskyddsmedel inom ett VSO?
- Vilka metoder/alternativ finns för att minska riskerna med och behovet av kemiska växtskyddsmedel i olika typer av VSO?
- Vilka konsekvenser innebär alternativen för skyddet av dricksvattenkällan?
- Vilka konsekvenser har alternativen för lantbrukaren bland annat med avseende på ekonomi och möjlighet att odla olika grödor?
- Vilka konsekvenser har alternativen för klimatpåverkan och energianvändning?
- Kan en riskmodell för beräkning av läckage av bekämpningsmedel vara ett användbart verktyg när restriktioner för bekämpningsmedelsanvändning i ett VSO införs?
- Är nuvarande allmänna råd och föreskrifter om skyddsbestämmelser för VSO optimala?
- Vilka förändringar inom jordbruket på längre sikt skulle kunna minska riskerna med bekämpningsmedel?

2 Bakgrund

2.1 Vattenförsörjningen i Sverige

Jämfört med många andra länder är Sverige rikligt försett med färskvatten av god kvalitet, både i form av grundvatten och ytvatten (Vattenportalen, 2008). De svenska kommunala vattenverken försörjer cirka 85 % av befolkningen med dricksvatten. Enskilda brunnar är källa till resten av dricksvattenförsörjningen. Den största delen, ca 50 % av det kommunala dricksvattnet, kommer från ytvattentäkter som sjöar och vattendrag. En fjärdedel av vattnet kommer från många små vattenverk som använder naturligt grundvatten. Den sista fjärdedelen av det kommunala vattnet utgörs av konstgjort grundvatten som erhållits genom infiltration.

Råvattnet till vårt dricksvatten håller generellt en hög kvalitet vilket har gjort att reningstekniken i vattenverken är relativt enkel (SOU, 2007). Det kan dock finnas föroreningsproblem såsom exempelvis smittämnen och kemiska föroreningar. Enligt sårbarhetsutredningen (SOU, 2007) finns risk att problemen vad gäller vattenkvalitet kommer att öka som en konsekvens av klimatförändringarna. Allt fler extrema väderhändelser med skyfall och översvämningar som följd medför stor risk att föroreningar på olika sätt mobiliseras och sprids.

2.2 EG direktiv för vatten

Kommunen och länsstyrelsen fastställer föreskrifter för vattentäkter. Till grund för dessa föreskrifter ligger Miljöbalkens bestämmelser och även direktiv från EU. EGs ramdirektiv för vatten — Vattendirektivet (Directive 2000/60/EG) (SNV, 2003a; EU-kommissionen, 2008) trädde i kraft år 2000 och har kommit till för att långsiktigt skydda Europas vattenresurser. Implementeringen av Vattendirektivet med inrättande av VSO kommer att påverka jordbrukets användning av både gödselmedel och bekämpningsmedel inom dessa områden. Vägledande för arbetat med risker för läckage av bekämpningsmedel till vatten är också de föreskrifter från Livsmedelsverket (SLV, 2001) som trädde i kraft i december 2003 som baseras på Dricksvattendirektivet (98/83/EG). Dricksvatten bedöms enligt föreskrifterna som otjänligt om halten av ett enskilt bekämpningsmedel överskrider 0,1 µg/l eller om halten överskrider 0,5 µg/l för flera bekämpningsmedel tillsammans.

2.3 Vattenskyddsområden

Länsstyrelser eller kommuner får förklara ett mark- eller vattenområde som VSO. Senast år 2009 ska VSO med skyddsbestämmelser ha upprättats för alla allmänna och större enskilda vattentäkter samt reservvattentäkter. Större vattentäkter är täkter som vattenförsörjer mer än 50 personer eller distribuerar mer än 10 m³ vatten per dygn (Regeringen, 2005). I nuläget arbetar många kommuner med att revidera och fastställa nya VSO.

Implementeringen av Vattendirektivet och upprättandet av vattenskyddsområden kommer att påverka jordbruksnäringen i relativt stor omfattning. LRF uppskattar att 8 – 10 % av den svenska åkerarealen kommer att beröras och på denna areal kommer användningen av bekämpningsmedel att riskbedömas och vid behov att beläggas med restriktioner.

Enligt miljömålspropositionen 2005 kan miljökvalitetsnormer för bekämpningsmedel införas för att stärka skyddet av grundvatten och ytvatten och eventuellt även råvatten till dricksvattentäkter (Regeringen, 2005). Vidare redovisas det i miljömålsarbetet ett intresse för enskilda brunnar. I dagsläget får ca 1,2 miljoner svenskar sitt dricksvatten från enskilda brunnar och ingår därmed

inte i ”målgruppen” för Vattendirektivet. Ytterligare mål för vattenkvalitet kan komma att sättas för denna vattengrupp.

2.4 Skyddsbestämmelser inom VSO

Naturvårdsverkets föreskrifter och allmänna råd är viktiga hjälpmedel när skyddsbestämmelser fastställs inom VSO (SNV, 1997; SNV, 2000; SNV 2003b). Skyddsbestämmelserna ser olika ut i vattenskyddsområdets olika skyddszoner. För ytvatten fastställs zonerna på följande sätt: *vattentäktsson* - råvattenintaget, *primär zon* – en strandzon som omfattar alla tillflöden (åar, bäckar, diken, täckdiken) på minst 50 m rekommenderas från vilka rinntiden till uttagsområdet är beräknad till 12 timmar, *sekundär zon* - maximal rinntid på 12 timmar till primär zon/minst 100 m brett område kring vattendraget. Vid behov kan man även ha en tertiär zon. För grundvatten gäller att uppehållstiden i grundvattnet från gränsen sekundär/primär zon till vattentäktssonen (uttagsbrunnen) beräknas vara minst 100 dygn och uppehållstiden från den sekundära zonen yttre gräns till vattentäktssonen minst ett år.

Generellt anges i de allmänna råden för tillståndsprovning (SNV, 2000) att tillstånd inte bör ges för användning av bekämpningsmedel inom den primära zonen. När det gäller användning inom den sekundära zonen ska bedömningen av om tillstånd ska ges ta hänsyn till markegenskaper, bekämpningsmedlens lättörlighet och växtodlingens kemikalieintensitet. I råden rekommenderas att tillstånd inte ges om marken är genomsläpplig och har låg mullhalt, det vill säga har en lerhalt på < 15 % och en mullhalt på < 2,5 % och ett stort inslag av grus, sand och mo. Vidare finns en lista över lättörliga ämnen i de allmänna råden som man bör se särskilt restriktivt på vid tillståndsprovningen. Listan uppdateras av Kemikalieinspektionen och finns tillgänglig på internet (KemI, 2008a). Intensiteten i användningen av bekämpningsmedel påverkar också tillståndsbedömningen. Kemikalieintensiv odling rekommenderas att inte ges tillstånd och tolkas i Naturvårdsverkets allmänna råd som odling där bekämpning sker sex gånger eller mer per år.

Som tidigare nämnts skall länsstyrelser och kommuner senast år 2009 ha upprättat VSO med skyddsbestämmelser för alla allmänna och större enskilda vattentäkter. En viktig fråga i föreliggande projekt har varit om Naturvårdsverkets allmänna råd ger en bra vägledning för kommunernas tillståndsprovning vad gäller användningen av bekämpningsmedel. Det finns indikationer på varierade tolkningar av råden enligt en översikt för kommuner i Skåne (Greppa näringen, 2005). Bland annat ser några kommuner listan över lättörliga ämnen som en förbudslista medan andra gör en mer liberal tolkning och föreslår istället sänkta doser.

2.5 Risker med bekämpningsmedel

Syftet med användningen av kemiska bekämpningsmedel i jordbruket är att säkra höga och jämna skördar. Användningen innebär samtidigt flera olika typer av risker, både för människor och miljö, och ett försök att strukturera dessa framgår av Figur 1. En bra struktur vid diskussioner om risker är värdefullt eftersom användningen av bekämpningsmedel medför en mängd olika risker och det är vanligt att man pratar förbi varandra om dessa diskuteras alltför allmänt.

Det första skyddsobjektet är mänsklig hälsa och välfärd. De risker som användning av bekämpningsmedel inom detta område kan medföra är rester i livsmedel, förorening av grund- och ytvatten som skall användas som dricksvatten och hälsoaspekter vid applicering, framförallt för lantbrukaren/lantarbetaren men också för allmänheten. Denna riskgrupp kan också benämnas human-toxiska effekter. Det kan handla om förgiftningar och om hud- och ögonirritation om man kommer i direktkontakt med bekämpningsmedlen (Wivstad, 2005). I Sverige gör

Livsmedelsverket bedömningen att riskerna av resthalter i livsmedel och dricksvatten är små för konsumenter (SLV, 2008a). Resthalter av akutgiftiga bekämpningsmedel kan dock innebära en risk, speciellt för personer som äter mycket av ett livsmedel under en kort tidsperiod. Det är framförallt i frukt och grönt som rester av bekämpningsmedel hittas (SLV, 2008b). Vad gäller långsiktiga effekter av bekämpningsmedel såsom cancerrisk är de vetenskapliga bevisen svaga och i de fall man visat på samband gäller det tidigare generationer av bekämpningsmedel som exempelvis DDT, vilket förbjöds 1970 för användning inom jordbruket (Wivstad, 2005).

Det vi vill skydda	Exempel på risker med bekämpningsmedel
1) Mänsklig hälsa/välfärd	1) Rester i mat, dricksvatten (befolkningen) Exponering av lantbrukare, sprutförare (användarna)
2) Naturmiljön Livsstödjande system och biodiversitet	2) Direkt exponering av nyttoorganismer (pollinatörer, markorganismer, fisk) Indirekta effekter (t.ex. brist på föda för fåglar som äter insekter och ogräsfrön)
3) Naturresurser	3) Förorening av vatten, ackumulering i mark
4) Människoskapad miljö Jord- och skogsbruk	4) Resistensbildning mot bekämpningsmedel

Figur 1. Struktur för att beskriva risker som förknippas med bekämpningsmedel.

Det andra skyddsobjektet är naturmiljön. Exempel på naturmiljöns livsstödjande funktioner är produktion av biomassa, klimatreglering, nybildande av jord och pollinering. Användning av insektsmedel mot skadegörare innebär risker för att även nyttoinsekter dödas, till exempel bin och humlor. De riktvärden för högsta halter i vatten som Kemikalieinspektionen tagit fram anger högst halt som inte ger någon biologisk effekt på de testade vattenorganismerna (KemI, 2008b). Regelbundet påvisas halter över denna gräns. Undersökningar som verifierar skador i våra vatten finns dock ännu i begränsad omfattning (Åkerblom, 2004). Användningen av bekämpningsmedel kan också ge indirekta effekter för den biologiska mångfalden och för ekosystemens funktion genom förändrad artsammansättning och att födan minskar för andra arter genom bekämpningen (Wivstad, 2005; SJV, 2008a). Tillgången på insekter och ogräsfrön som är föda för småfåglar kan exempelvis minska. Det tredje skyddsobjektet är naturresurser.

Exempelvis är grundvatten en abiotisk naturresurs som försämras för kommande generationer om den förorenas av bekämpningsmedelsrester. Det fjärde skyddsobjektet benämns den människoskapade miljön såsom jord- och skogsbruket. Här vill vi särskilt ta upp risken för resistensbildning hos skadegörarna vid en alltför stor och ensidig användning av bekämpningsmedel.

2.5.1 Bekämpningsmedelsrester i vatten

I detta projekt har vi risker för dricksvattnet som största fokus, även om det är nödvändigt att ta hänsyn till andra risker när man diskuterar användningen av bekämpningsmedel. Det är med andra ord viktigt att göra en helhetsbedömning.

I och med att en systematisk miljöövervakning av förekomst av kemiska bekämpningsmedel i vattendrag, regnvatten och grundvatten genomförs sedan början av 2000-talet, finns nu en relativt god kunskap om spridningen av bekämpningsmedel till vatten i några intensiva jordbruksområden, i Skåne, Halland, Västergötland och i Östergötland (bland annat Adielsson & Kreuger, 2008). Ytvatten innehåller i allmänhet högre halter och fler substanser än grundvatten. Dricksvatten är det vatten som når konsumenterna och det kan ha sitt ursprung från både yt- och grundvatten. Koncentrationerna av växtskyddssubstanser i olika typer av vatten som har påträffats de senaste åren är lägre än för 10-15 år sedan, framförallt i ytvatten. Men halter i grundvatten och dricksvatten över dricksvattennormerna, 0,1 µg/l för en enskild substans och 0,5 µg/l för flera substanser tillsammans, påträffas dock fortfarande regelbundet (SLU, 2008b) och kan ses som en indikator på substansernas lättörlighet.

Tabell 1 visar fyndfrekvensen för några av de ämnen som vid något tillfälle under 2004 – 2006 har hittats i halter över 0,1 µg/l i svenska jordbruksbäckar som ingår i de fyra områdena i den nationella miljöövervakningen (Törnquist m.fl., 2005; Adielsson m.fl., 2006 och 2007). Medtagna ämnen är de som under minst ett av åren har hittats med en fyndfrekvens där mer än 10 % av proven överskred gränsvärdet för dricksvatten.

Tabell 1. Fyndfrekvens (antalet fynd i procent av antalet analyserade prov) för ämnen som någon gång hittats i halter över 0,1 µg/l under åren 2004-2006 i 10 % eller mer av proven ett enskilt år¹.

Ämne	2004	2005	2006
	Fyndfrekvens, % >0,1 µg/l	Fyndfrekvens, % >0,1 µg/l	Fyndfrekvens, % >0,1 µg/l
Azoxystrobin	1	2	12
Bentazon	51	39	29
Fluroxipyr	17	19	11
Glyfosat	42	51	50
AMPA ²	11	9	38
Isoproturon	18	14	14
Klopyralid	16	8	8
Kvinmerak	4	9	12
MCPA	13	23	22
Metamitron	3	16	8
Metazaklor	3	6	11

¹ Källa: Törnquist m.fl., 2005; Adielsson m.fl., 2006; 2007

² AMPA är en nedbrytningsprodukt av glyfosat.

2.5.2 Bekämpningsmedelsrester i vatten i fallstudieområdena

Här redovisas uppgifter från miljöövervakningen av grundvatten för Skåne och Halland

(Törnquist m.fl., 2005; Adielsson m.fl., 2006 och 2007) eftersom grundvatten är råvattenkällan till dricksvattnet i fallstudierna Trelleborg och Halmstad. I Örebrofallet är råvattenkällan ytvattnet Svartån och här finns inga uppgifter via miljöövervakningen.

Vi redovisar här också uppgifter på länsnivå från den generella pesticiddatabasen vid SLU (SLU, 2008b), både vad gäller grundvatten och ytvatten, och från några specialundersökningar av ytvatten inom Örebroområdet (Törnquist & Kreuger, 2006; Kreuger, 2007). I pesticiddatabasen ingår prover från kommunala vattentäkter, för grundvatten även privata brunnar och för ytvatten även andra vattendrag än de kommunala vattentäkterna. Dricksvattenprov ingår med grundvattenursprung respektive ytvattenursprung. För Skåne och Hallands län redovisas rester i grundvatten och för Örebro län redovisas rester i ytvatten. Man kan inte dra slutsatser om de genomsnittliga problemen med rester i vattnen utifrån databasen eftersom provtagningen inte är slumpmässig. En del av provtagningar görs när man misstänker att förorening skett.

Grundvatten i Skåne län

I de senaste årens miljöövervakning, 2004-2006, påträffades låga halter av ogräsmedel, både av idag använda och några förbjudna, på två platser i Skåne. Endast år 2004 överskred halterna för några substanser, glyfosat och metamitron, 0,1 µg/l. Andra substanser som hittades var isoproturon, bentazon och metazaklor. I jämförelse med grundvattenproven från de andra områdena i miljöövervakningen har flest substanser hittats i Skåne.

Under 2000-talet har rester av bekämpningsmedel påträffats i 30-40 % av grundvattenproven från Skåne i pesticiddatabasen. Ett relativt stort antal prov har tagits de senaste åren, 130-230 prov/år. De flesta fynden är av bekämpningsmedel som inte längre används, men några vanliga ogräsmedel hittas också, bentazon, diklorprop, mekoprop och isoproturon. Halterna ligger relativt ofta över gränsvärdet för dricksvatten för bentazon, 0,1 µg/l, men bara i enstaka prov för de andra ogräsmedlen som används idag. BAM, som är en nedbrytningsprodukt av det förbjudna ämnet diklobenil, (preparat t.ex. Prefix, Totex strö), förekommer mest frekvent och har också flest överskridanden av gränsvärdet.

Grundvatten i Hallands län

Grundvattenproven från miljöövervakningen i Halland under 2004-2006 har innehållit låga halter av bekämpningsmedel. Under 2004 hittades inga bekämpningsmedel och de andra åren spår/låga halter av bentazon, glyfosat, metribuzin och metalaxyl, inte i något fall över 0,1 µg/l.

Resultaten från pesticiddatabasen för Halland baseras på 30-50 prov/år under 2000-talet och visar i likhet med Skåne att 30-40 % av proven innehöll rester av bekämpningsmedel. Det enda nu använda ämnet som förekom i proverna var enstaka fynd i låg halt av bentazon. Fyndmönstret för BAM var likartat som i Skåne.

Ytvatten i Örebro

Mycket få prover på ytvatten finns inrapporterade till pesticiddatabasen från Örebro län, sammanlagt 56 prov under 2000-2007, vilket gör slutsatserna osäkra. Substanserna är fler och halterna högre än i grundvatten. Flest fynd gjordes av MCPA, bentazon, fluroxypyr, klopyralid och glyfosat. MCPA och glyfosat förekom i flertalet av dessa prov i halter över 0,1 µg/l. Under 2003 togs ett större antal prov än övriga år och de flesta togs i Svartån. Av 22 prov i Svartån påträffades bekämpningsmedel i åtta prov och glyfosat hittades i två prov i halter över 0,1 µg/l (Örebro kommun, 2006).

Under 2003-2005 genomfördes en studie av förekomst av bekämpningsmedel i ett avrinningsområde i Örebro län (Törnquist & Kreuger, 2006). Området består till 70 % av

åkermark där odlingen domineras av spannmål, 65 % och potatis, 15 %. Åkermarken är till stor del invallad och huvuddelen utgörs av mulljordar. Sammanlagt har 54 prover tagits och minst en substans har hittats i samtliga prov utom ett (Tab. 2).

Tabell 2. Fynd av bekämpningsmedel inom ett avrinningsområde i Örebro län (Törnquist & Kreuger, 2006).

År	Antal prov	Antal fynd >0,1 µg/l	Högsta halt av enskild substans, µg/l	Högsta sammanlagda halt, µg/l
2003	17	2	0,34	0,66
2004	18	1	0,16	0,21
2005	19	8	0,17	0,17

Mest frekvent påträffas svampmedlet metalaxyl som ingår i bladmögelpreparatet Epok, vilken förekom i mer än 80 % av samtliga prov. Metalaxyl är också det svampmedel som oftast hittas i intensivområdena inom miljöövervakningen. För övrigt förekom oftast fynd av ogräsmedel. Några av substanserna med en fyndfrekvens på över 10 % var MCPA, metribuzin, bentazon och mekoprop. Endast metalaxyl påträffades i halter över 0,1 µg/l och inga substanser hittades i halter över ekotoxikologiska gränsvärden.

På grund av det begränsade antalet pesticidundersökningar inom Norra Östersjöns vattendistrikt gjordes under 2007 en screeningundersökning (Kreuger, 2007). Prover togs vid två tillfällen, i början och i slutet av juni, och totalt samlades 56 prover in från 28 olika vattendrag. Vattendragen avvattnar till Hjälmarén, Mälaren respektive direkt till Östersjön och två av provtagningslokalerna var i Svartån i närheten av området där vår fallstudiegård ligger. Halterna var genomgående lägre och antalet substanser färre än de som påträffas i den nationella miljöövervakningen, men värt att notera är att denna undersökning omfattade endast två momentanprov medan provtagningen i miljöövervakningen är kontinuerlig. I Svartån påträffades MCPA, bentazon, cyanazin, fluroxypyr och karfentrazon i halter under 0,05 µg/l. Fynden i Loviseholmsbäcken i Örebro län utgjorde ett undantag i undersökningen med halter över 0,1 µg/l vid flera tillfällen och en högsta halt om 1,4µg/l av ogräsmedlet cyanazin som används i raps. Ämnet är dock inte godkänt efter den 10 juni 2007. Orsaken till de höga halterna i Loviselundsbäcken kan vara att användningen av bekämpningsmedel är mer intensiv i det området eller att det har förekommit punktutsläpp i just detta område.

2.5.3 Giftighet för organismer i vatten

Bekämpningsmedelsrester i ytvatten kan leda till negativa effekter för vattenlevande organismer. År 2004 fastställde Kemikalieinspektionen riktvärden för halter av bekämpningsmedel i ytvatten (KemI, 2008b). Med utgångspunkt i dagens kunskap anger riktvärdena hur hög vattnets halt av ett ämne maximalt kan bli utan att man kan förvänta sig negativa effekter på ekosystemet. Tabell 3 visar några av de ämnen som påträffats flest gånger i halter över ekotoxikologiska riktvärden i jordbruksbäckar och åar i de senaste årens nationella miljöövervakning.

Tabell 3. Några av de ämnen som hittats mest frekvent i halter över ekotoxikologiska riktvärden i jordbruksbäckar och åar under 2005 och 2006 i den nationella miljöövervakningen (Adielsson m.fl., 2006; 2007).

Ämne	Riktvärde µg/l	2005		2006	
		Antal fynd >riktvärde	Maxhalt, µg/l	Antal fynd >riktvärde	Maxhalt, µg/l
Terbutylazin	0,02	8	0,07	-	-
Isoproturon	0,3	8	2	4	0,7
Metazaklor	0,2	3	0,4	8	10
Metamitron	1	4	5	1	2
Fenitrothion	0,009	2	spår	4	0,3
Sulfosulfuron	0,05	2	0,08	3	0,11
Metribuzin	0,2	2	0,84	3	2,6

Under 2000-talets första hälft var antalet överskridanden högst för ogräsmedlet isoproturon och även för terbutylazin som förbjöds 2003. År 2006 var första året som terbutylazin inte påträffades i halter över riktvärdet vilket tolkades som att halterna är på väg att klinga av efter förbudet (Adielsson m.fl., 2007). Ogräsmedlet metazaklor hade många överskridanden 2006. Den högsta halten uppmättes i Östergötland där det kom regn direkt efter sprutning i oljeväxter med Butisan Top där metazaklor ingår. De vanligast förekommande ämnena i ytvatten, glyfosat, bentazon och MCPA, förekommer sällan i halter över riktvärden på grund av att riktvärdena är relativt höga, 10, 40 respektive 10 µg/l.

Detektionsgränsen för vissa substanser i insektsmedel som används i låga doser (t.ex. syntetiska pyretroider) ligger över de mycket låga akvatiska riktvärdena (0,0001 µg/l-esfenvalerat; 0,0002 µg/l-deltametrin), vilket medför att effekterna är okända. Man har dock funnit spår av dessa substanser vilket tyder på att de kan överskrida riktvärdena.

2.6 Definitioner av bekämpningsmedelsanvändning

Användningen av bekämpningsmedel kan beskrivas med olika metoder och det behövs också flera metoder för att på ett rättvisande sätt kunna jämföra och beskriva trender för användning. Den applicerade *mängden aktiv substans* beräknas enkelt genom att produktens verksamma beståndsdel multipliceras med använda dosen. Denna indikator för bekämpningsmedelsanvändning är den mest använda både inom Sverige och internationellt. Inom ogräsbekämpningen introducerades de första lågdosmedlen (sulfonyleureorna) för ca 20 år sedan och deras användning har successivt ökat, enligt SCB var användningen 30 % större 2006 än 1998 (SCB, 2007). Lågdosmedlen kännetecknas av att den aktiva substansen är mycket verksamt och att det därmed behövs mycket små mängder för att få full effekt. Detta gör att indikatorn ”mängd aktiv substans” blir trubbig att använda vid jämförelser av bekämpningsmedel med olika verkningsmekanismer.

En annan indikator för att beskriva användningen av bekämpningsmedel i jordbruket är *dosyteindex, DYI*. Denna indikator är ett uttryck för intensiteten i bekämpningen och är en funktion av antalet bekämpningar, dos i relation till rekommenderad full dos samt hur stor andel av arealen som besprutats. Om DYI beräknas för en gröda i ett område är värdet 1 om hela arealen med grödan sprutats en gång med full dos. Dosyteindex kan sägas vara en bra indikator på beroendet av bekämpningsmedel. Den svenska statistiken över användningen av bekämpningsmedel anger *andel behandlad areal* och även *antalet sålda hektardoser* av bekämpningsmedlen som mått på intensiteten i användningen (se t.ex. SCB, 2007). Det

sistnämnda måttet motsvarar till stor del DYI, men beräkningen är gjord utifrån full dos.

2.7 Möjligheter till minskat beroende av bekämpningsmedel

Dagens växtodling domineras av gårdar med stora arealer och få arbetade timmar per hektar och produktionen är beroende av kemisk bekämpning. Tillgången till bekämpningsmedel och fossil energi till dragkraft och mineralgödsel har möjliggjort en specialiserad växtodling med hög intensitet och höga skördar. Möjligheten till specialisering har lett till en struktur med specialiserade växtodlingsgårdar i vissa områden och andra regioner som domineras av djurhållande gårdar. Vallen har försvunnit från slättområdena och växtföljderna är ofta ensidiga och domineras av stråsäd i stora områden. Denna struktur har inneburit ett beroende av externa insatsmedel, där de kemiska växtskyddsmedlen utgör en viktig del. En nyckelfaktor för att förbättra växtföljderna i slättbygderna i norra Götaland och Mellansverige är en ökad proteinfoderproduktion genom odling av baljväxter och oljeväxter (Cederberg m.fl., 2005a; Cederberg *et al.*, 2005b). En bättre fördelning mellan höst- och vårstråsäd är ytterligare en åtgärd av betydelse för att långsiktigt minska behovet av ogräsmedel. Växtföljden behöver användas som aktiv motor i ett förebyggande arbete mot skadegörare och ogräs för att ett minskat beroende ska kunna uppnås.

I södra Sverige är det ofta inte en ensidig spannmålsväxtföljd som är det grundläggande problemet i växtodlingen. Istället kan en kraftig specialisering på ett fåtal specialgrödor (hackgrödor) vara problematisk vad gäller beroende av bekämpningsmedel. Specialgrödorna odlas ofta i stor omfattning på det enskilda lantbruksföretaget och utgör en betydande del av företagets intäkter. Denna specialiserade gård blir känslig för restriktioner av användning av kemiska växtskyddsmedel. En analys av en allsidig skånsk växtodlingsgård visade dock att det fanns goda möjligheter att minska risker och beroende av *ogräsmedel* i de sydsvenska specialgrödorna utan att andra miljöeffekter försämrades påtagligt (Cederberg *et al.*, 2005). Däremot finns i dag ett stort beroende av *svampmedel* i grödor som potatis och lök för att säkerställa skördenivåer och produktkvalitet, och det finns ett uppenbart behov av att finna lösningar för hur dessa typer av specialgrödor skall kunna odlas inom VSO.

De klimatförändringar som förutspås med ett varmare och blötare klimat kommer sannolikt öka behovet av växtskydd radikalt (SOU, 2007). Nya arter kommer att kunna etablera sig i Sverige och dagens skadegörare och ogräs får större möjligheter att utvecklas, fler generationer av insekter hinner bildas och tidsperioden förlängs för perenna ogräs att etablera sig och växa till. Det är en stor utmaning för såväl det praktiska lantbruket som för forskningen att finna alternativa strategier till bekämpningsmedlen om klimatförändringarna inte ska leda till ett ytterligare ökat beroende av bekämpningsmedel med påföljande ökade risker.

2.8 Riskmodeller som beslutsstöd

En viktig åtgärd för att minska riskerna med kemiska växtskyddsmedel är att välja bort ämnen med sämre miljöegenskaper, exempelvis långlivade och lätttrörliga ämnen. Detta kan ske genom samhällets tillståndsprövning och av den enskilde lantbrukaren. För att lantbrukaren skall kunna göra ett sådant val behöver han/hon ett verktyg, till exempel i form av en riskmodell, som bedömer risker utifrån gårdens förutsättningar och användning av växtskyddsmedel.

Risken att ett bekämpningsmedel ska läcka till vatten är beroende av flera faktorer; markens egenskaper, klimat, odlad gröda, tidpunkt för applicering, bekämpningsmedlets egenskaper och dos. Utifrån kunskap om hur dessa faktorer påverkar risken för läckage har olika riskmodeller konstruerats. Kemikalieinspektionen har utvecklat modellen PRI (Pesticide Risk Indicator)-Farm vilken är en vidareutveckling av modellen PRI-Nation (Bergkvist, 2004) som används som

indikator i arbetet med miljö kvalitetsmålet Giftfri miljö. PRI-Farm är baserad på att faktorer för fara (persistens, bioackumulering och rörlighet) och exponering (spridningsmetod, dos, markfaktorer, spruttidpunkt) poängsätts och multipliceras för varje enskild behandling. PRI-Farm kan inte användas för att kvantifiera risker utan är istället ett verktyg för att kunna göra jämförande bedömningar mellan olika växtskyddsstrategier, identifiera problem eller visa på risktrender över tiden.

2.8.1 Simuleringsverktyget MACRO

En simuleringsmodell, MACRO in FOCUS, som utvecklats vid SLU (Jarvis *et al.*, 2003) bedömer riskerna för läckage till grundvatten och används av Kemikalieinspektionen för att bedöma substansers lättörlighet i samband med prövning för godkännande. Modellen har också använts för att ta fram listan över godkända lättörliga substanser som hänvisas till i Naturvårdsverkets allmänna råd (se sid. 9). För bestämning av ämnens rörlighet körs modellen för tre nationella scenarier som man valt för att de ska representera särskilt känsliga förhållanden avseende läckagerisk, ren sandjord respektive lättlera i Skåne och en lokal i Uppland med finsand i matjorden och lera i alven. Simuleringen sker till $\approx 1,5$ m's djup och är halten högre än $0,5 \mu\text{g/l}$ rubriceras substansen lättörlig.

Utifrån modellen MACRO in FOCUS har ett simuleringsverktyg kallat MACRO_GV utvecklats vid SLU (Stenemo *et al.*, 2005). MACRO_GV är ett gårdsbaserat simuleringsverktyg för att göra platsspecifika riskbedömningar av läckage av bekämpningsmedel. För att få erfarenhet av användning av MACRO_GV på gårdsnivå genomfördes en studie av stiftelsen Odling i balans (Törner, 2006a). För att modellen ska få trovärdighet är det viktigt att simuleringarnas resultat ligger i linje med de verkliga fynden av bekämpningsmedel i olika slags vatten. I studien av Törner (2006a) gjordes ett stort antal simuleringar för olika aktiva ämnen, grödor, jordarter, mullinnehåll och även för olika klimatzoner. Av resultaten framgår att substanser som klassats som lättörliga även visade hög läckagerisk i dessa simuleringar. Jordarten var också avgörande för läckagerisken och det gällde även för ämnen som inte klassats som lättörliga. Läckagerisken var högre för finare texturerade jordar, det vill säga risken var högre med stigande lerhalt. Detta förklaras av ökad sprickbildning och mer makroporer vid högre lerhalt. Dessa resultat strider mot Naturvårdsverkets allmänna råd där lerfattiga jordar pekats ut som de mest läckagebenägna (SNV, 2000). En ökad mullhalt minskade riskerna, men de mest läckagebenägna ogräsmedlen som MCPA och diklorprop-P visade ändå hög risk på mullrik mellanlera. På mulljord var dock risken låg även för dessa ämnen.

En tanke med verktyget MACRO_GV är att det ska kunna användas som en del i ett större beslutsunderlag vid tillståndsprövning av användning av bekämpningsmedel inom VSO (Stenemo *et al.*, 2005). Enligt vår kännedom görs detta i stort sett inte idag. Vi har dock tagit del av ett exempel från Halland under 2008 där verktyget använts lokalt med data från enskilda gårdar i samband med tillståndsansökningar för användning av bekämpningsmedel i ett VSO.

2.9 Deltagardriven forskning - dialog

Att använda deltagardriven forskning (*eng: participatory research*) som arbetssätt innebär att arbeta gränsöverskridande i grupper där deltagarna har olika bakgrund men har intresse för samma frågeställningar (Eksvärd, 2003). Deltagardriven forskning syftar till att ta fram ny kunskap och skapa verklig utveckling och förändring. Grundläggande för arbetssättet är allas delaktighet och en väl fungerande kommunikation. Delaktighet och samverkan mellan olika aktörer är ett sätt att lösa problem och hantera konflikter inom en mängd olika områden (Nitsch, 1998; Wondollek & Yaffee, 2000). Vid utformningen av föreskrifter i ett VSO är flera intressenter involverade. För att gemensamt identifiera problembilden och komma fram till

hållbara lösningar kring användningen av kemiska växtskyddsmedel i VSO som också accepteras av alla, är samverkan viktig. Samverkan ger ökad förståelse för och kunskap om varandras verksamheter. Arbetet i det föreliggande projektets dialoggrupper beskrivs mer utförligt i en annan rapport (Sonesson, m.fl., 2009).

3 Material och metoder

3.1 Fallstudier

Arbetet i projektet baseras på tre fallstudier på gårdsnivå. De tre gårdarnas karakteristik redovisas i Tabell 4. Gårdarna representerar olika typer av växtodling med varierande förutsättningar vad gäller klimat och jordart i tre områden av Sverige. Gårdarna har delar eller hela sin areal inom ett VSO. VSO i Skåne och Halland utgörs av grundvattentäkter och i Örebro av en ytvattentäkt som råvatten till konstgjort grundvatten. På Örebrogården finns närmast Svartån invallade områden med mulljord samt åkermark med mellanlera som också avvattnas i Svartån. Pumpstationer vid Svartån pumpar ut vatten i ån vid högvatten från öppna åkermarksdiken. Projektets frågeställningar har analyserats i var och en av de tre fallstudierna.

Tabell 4. Beskrivning av gårdarna inom vattenskyddsområden som ingår i fallstudierna.

Län och kommun	Driftsinriktning	Kommentar
Skåne, Trelleborg	Allsidig växtodling (sockerbetor, konservärt, höstraps, spannmål). Moränlättlera	Intensiv odling, relativt stor användning av bekämpningsmedel. Stor areal inom VSO
Halland, Halmstad	Potatisodling (även höstraps, sockerbetor). Sand-mojord	Läckagekänsligt, lätta jordar och hög nederbörd. Potatisjord i VSO
Örebro, Lekeberg	Växtodling (potatis, spannmål, ärter, lin) och slaktsvin. Mellanlera med hög mullhalt och mulljord	Gränsar till ytvattentäkten Svartån. Troligtvis stor areal inom VSO (VSO är dock ännu ej fastställt)

3.1.1 Fallstudie Vattenskyddsområde i Trelleborgs kommun

Vattentäkten

Vattentäkten inom vattenskyddsområdet omfattar 12 produktionsbrunnar som är anslutna till Trelleborgs vattenverk och för närvarande tas vatten ut från 10 av dessa brunnar. Brunnarna, som har en brunnsdiameter av 250 mm, anlades mellan 1949-1965 och är nedförda i kalkberggrunden till mellan 15 och 100 m djup. Trelleborgs kommun är huvudman för vattentäkten.

Berggrunden i sydvästra Skåne består av omväxlande hårda och lösa kalkstenar samt kalksandstenar med flinta i oregelbundna bankar. Det är framförallt grundvattenmagasinet i berggrunden som har betydelse för vattenförsörjningen. Jordlagren består av moränlera med inslag av fin- och grovsediment. Den täckande moränleran i området är oftast mer än 20 m och beskrivs som låggenomsläpplig, vilket innebär att den utgör ett gott skydd mot en snabb transport av föroreningar från markytan.

Nybildning av grundvattnet sker genom ett vertikalt läckage av vatten från de övre jordlagren. Grundvattenbildningen uppskattas till 3 – 4 l/sekund och km². Moränleran under plogdjup är mycket tät och det beräknas att den vertikala nettotransporthastigheten för vattnet är cirka 1

mm/dygn. Det tar en vattenpartikel ca 14 år för att nå fem meters djup. Den långa transporttiden, lerans aktiva matjordsskikt och goda buffringsegenskaper på grund av hög kalciumhalt talar för att grundvattnet är väl skyddat. Inga rester av kemiska bekämpningsmedel har påvisats i produktionsbrunnarna på åkermarken.

Vattenskyddsområde och skyddsföreskrifter

Skyddsområdet motsvarar 2000 hektar markområden och det är indelat i tre delar: brunnsområde samt primär och sekundär skyddszon. Inom brunnsområdet får endast vattentäktsverksamhet bedrivas vilket motsvarar en radie om 12 m runt brunnen. Den primära skyddszonen omfattar ett cirkulärt område runt brunnen med en radie om 100 m. Gränsen för den sekundära skyddszonen innefattar gränsen för vattentäktens praktiska påverkansområde. Skyddsområde och skyddsföreskrifter för grundvattentäkten fastställdes av Länsstyrelsen i Skåne i januari 2004. Utifrån ansökan år 2005 om tillstånd att använda kemiska bekämpningsmedel har lantbrukaren fått tillstånd att under tre år, 2005-2007, använda bekämpningsmedel, samtliga som används idag, inom VSO. Inom den primära zonen får dock endast halv dos användas.

3.1.2 Fallstudie Vattenskyddsområde i Halmstads kommun

Vattentäkten

Vattentäkten består av en brunn med vattenverk som är belägen söder om Harplinge samhälle i ett område med lätta jordar. Det är en så kallad spetsvattentäkt och används mestadels på sommaren när det är stort vattenbehov i kommunen (sommargäster). Vattentäkten har haft problem med höga nitrathalter. Inga rester av bekämpningsmedel som används i jordbruket har hittats i vattnet. I yttranden har markägarna yrkat att vattentäkten bör stängas eftersom den endast används under en begränsad del av året. SGU anser att det finns skäl för ett generell förbud mot användning av kemiska bekämpningsmedel inom den primära skyddszonen.

Vattenskyddsområde och skyddsföreskrifter

Skyddsområdet motsvarar 300 ha markområden och är indelat i tre delar: brunnsområde samt primär och sekundär skyddszon. Inom brunnsområdet får endast vattentäktsverksamhet bedrivas och detta område skall vara inhägnat. Gården har 20 hektar inom primär skyddszon och markanvändningen är här idag extensiv vall med hästhållning. Inom sekundär zon finns 40 hektar vilka utgörs av lätta jordar som är viktiga för gårdens potatisodling. Skyddsområde och skyddsföreskrifter fastställdes av Länsstyrelsen Halland under 2005 och föreskrifterna trädde i i november 2006. Lantbrukaren har ansökt om tillstånd om att använda bekämpningsmedel inom den sekundära zonen och ansökan beviljades med fem års löptid med vissa restriktioner. Butisan, som innehåller den mycket lättlörliga substansen metazaklor, får inte längre användas i raps och lantbrukaren upphör därmed att odla denna gröda inom VSO. Däremot ger tillståndet möjlighet att fortsätta med potatisodlingen med oförändrad bekämpning. Detta trots att det är en kemikalieintensiv gröda med fler än sex sprutningar per år.

3.1.3 Fallstudie Vattenskyddsområde i Örebro kommun

Arbete med fastställande av VSO och skyddsföreskrifter för Örebro kommuns ytvattentäkt Svartån pågår. Fallstudiegården ligger i den angränsande kommunen Lekeberg som också tar sitt vatten från Svartån. Gården ligger dock nedströms i förhållande till Lekeberg kommuns vattenuttag, och uppströms om vattenuttaget för Örebro, vilket gör att gården sannolikt kommer att beröras av Örebro kommuns föreskrifter om vattenskyddet för Svartån. Eftersom Svartån rinner genom flera kommuner, samordnas arbetet med vattenskyddet mellan kommunerna.

Vattentäkten

Vattentäkten omfattar Svartån som är ett vidsträckt ytvattensystem med flera biflöden. Kommunens råvatten tas ut nära Svartåns utlopp i Hjälmarens där industritomter gränsar till ån. Råvattnet infiltreras till konstgjort grundvatten. Tio procent av vattenuttaget består av grundvatten, de övriga 90 procenten utgörs av infiltrerat vatten från Svartån. Vattentäkten är ansluten till Örebro vattenverk och täkten försörjer 111 000 människor med dricksvatten. I dagsläget saknar Örebro reservvattentäkt vilket medför att ån har ett högt skyddsvärde. Grundvattenmagasinen kan förse Örebro stad med vatten under endast cirka 2 – 4 veckor (Örebro kommun, 2006).

Svartån rinner till stor del genom områden med öppen mark som främst består av jordbruksmark. Även en del industriverksamhet gränsar till Svartån och flera större vägar korsar området. Problem finns med kvaliteten på råvattnet, främst grumlighet och förekomst av organiskt material. Erosion från jord- och skogsbruksmark är en av orsakerna. Bekämpningsmedel som används inom jordbruket idag har hittats i vattenprov från Svartån (se s. 12) och vid ett par tillfällen har halterna överstigit halten som tillåts i dricksvatten, 0,1 µg/l. I utgående dricksvatten har man dock inte funnit rester av bekämpningsmedel. Hantering av bekämpningsmedel inom jord- och skogsbruket har bedömts som en av de allvarligaste riskkällorna för Svartån som råvattenkälla (Örebro kommun, 2006). En viktig orsak till den bedömningen är att bekämpningsmedel inte är behandlingsbara i nuvarande vattenberedning.

Vattenskyddsområde och skyddsföreskrifter

Gränser för VSO, primär och sekundär skyddszon, är ännu inte fastställda. Projektet Skydda Svartån startades år 2006 och runt årsskiftet 2008/2009 beräknas Länsstyrelsen besluta om utformningen av vattenskyddsområdet och skyddsbestämmelser. Beslutet har föregåtts av diskussioner med lantbruksnäringen och andra intressenter i en referensgrupp och ett förslag har gått ut på remiss under vintern 2007/2008.

Skyddsområdet kan komma att bli mycket stort eftersom både primär och sekundär zon kan komma att omfatta strandzoner utmed hela Svartån och dess biflöden och även utmed åkermarksdiken som vid högvatten avvattnas i Svartån. En stor del av åkermarken på fallstudiegården skulle beröras av restriktioner inom både primär och sekundär zon.

3.2 Dialoggrupper

Dialoggrupper har varit kopplade till de tre fallstudierna. Grupperna har bestått av olika intressenter som berörs av VSO; lantbrukare, LRF, Jordbruksverket, kommun och länsstyrelse och två av projektets forskare samt några personer från projektets referensgrupp (se Inledningen s. 6). Dialoggruppsarbetet presenteras ytterligare i Sonesson m.fl. (2009). Dialoggrupperna har träffats vid tre tillfällen under projektets gång. Grupperna har inledningsvis varit delaktiga i probleminventering vad gäller användning av bekämpningsmedel i jordbruket i relation till vattenskydd. En viktig uppgift har också varit att identifiera och diskutera möjliga lösningar för att förbättra vattenskyddet och samtidigt ge en fortsatt möjlighet för lantbruket att driva en effektiv livsmedelsproduktion. Ett viktigt syfte med dialoggrupperna var att öka förståelsen för olika intressenters synsätt och problem i samband med VSO och dessutom att få ett brett underlag vad gäller förslag på åtgärder och lösningar.

3.3 Identifiering av risker

Beroende på de naturgivna förutsättningarna i ett VSO och växtodlingen som bedrivs inom skyddsområdet, varierar riskerna för att vattentäkten skall påverkas av bekämpningsmedelsrester. Riskerna påverkas av ett flertal faktorer som klimat, jordart, de aktiva

substansernas rörlighet i mark, odlingens kemikalieintensitet, sprutningstidpunkt och iakttagande av skyddsåtgärder vid sprutning. I var och en av fallstudierna gjordes en identifiering och beskrivning av risker relevanta för respektive VSO.

3.4 Identifiering av alternativa växtskyddsstrategier

Arbetet inleddes med en beskrivning av nuvarande växtskyddsstrategier för de tre gårdarna. Alternativ för växtskyddet identifierades för var och en av gårdarna utifrån deras växtföljder, grödor och platsgivna förutsättningar. Alternativerna utformades i samarbete med lantbrukarna på fallstudiegårdarna samt lokala rådgivare och Jordbruksverkets växtskyddscentraler.

Vid utformningen av alternativ utgick vi i ett första steg från att ersätta de lätttröliga substanser som finns på KemI:s lista (KemI, 2008a). Utifrån identifierade risker valdes sedan några grödor/växtföljder på de olika fallstudiegårdarna för en mer omfattande analys av alternativa växtskyddsstrategier:

- * Höstraps i Trelleborg
- * Potatis i Halmstad
- * Spannmålsväxtföljd i Örebro

En mer radikal minskning av användningen av bekämpningsmedel skulle kräva en förändrad produktionsinriktning med andra grödor och växtföljder på fallstudiegårdarna med stora konsekvenser för lantbrukarna. Exempel på långtgående förändringar för ytterligare riskminskning tas upp i diskussionen.

3.5 Konsekvensanalyser

Olika typer av konsekvensanalyser genomfördes för nuvarande växtskydd på gårdarna i jämförelse med alternativa växtskyddsstrategier: 1) riskanalys för läckage av bekämpningsmedel till dräneringsvatten med simuleringsverktyget MACRO_GV, 2) partiella ekonomiska beräkningar på fallstudiegårdarna 3) utvärdering av miljöeffekterna energianvändning och klimatpåverkan genom partiella livscykelanalyser (LCA).

3.5.1 MACRO

Modellens uppbyggnad

MACRO_GV är ett gårdsbaserat simuleringsverktyg för att göra platsspecifika riskbedömningar av läckage av bekämpningsmedel ner till 1 m's djup (Stenemo *et al.*, 2005). Verktöget inkluderar flertalet av de faktorer som påverkar läckaget av bekämpningsmedel, jordegenskaper (textur och mullhalt), regionala klimatdata, gröda, bekämpningsmedlets egenskaper, använd dos, antal behandlingar samt behandlingstidpunkt. Modellen lägger stor vikt vid transporten av bekämpningsmedel via makroporer som torksprickor och maskkanaler. Väderdata för perioden 1970-1995 för aktuell klimatzon används i simuleringen för att fånga in klimatvariationer och årsmedelkoncentrationer i dräneringsvattnet beräknas för en 20-årsperiod (mängd utlakad substans dividerat med volymen avrinnande vatten). Det slutgiltiga resultatet från simuleringen, koncentrationen i vattnet vid 1 m's djup, är ett medelvärde för tidsserien. Detta värde multipliceras slutligen med en säkerhetsfaktor på grund av osäkerheter i simuleringen, innan simuleringsresultatet presenteras. Säkerhetsfaktorn är lägre ju högre den simulerade halten är. Modellen simulerar transporten av bekämpningsmedel genom markprofilen ned till dräneringsdjup, inte ner till aktuell grundvattennivå. Simuleringen beräknar en risk, inte ett reellt läckage till grundvattnet. Ytavrinning fångas inte heller upp i modellen.

MACRO-körningar

Simuleringar har utförts för aktiva substanser, såväl för nuvarande användning på

fallstudiegårdarna som för alternativ med mindre läckagebenägna substanser. Specifika förutsättningar för gårdarna har utgjort indata i simuleringarna: jordart (textur, mullhalt), klimat, doser, antal behandlingar samt hur ofta den aktuella grödan odlats i växtföljden.

3.5.2 Ekonomiska analyser

Odlingskalkyler upprättades för nuvarande växtskyddsstrategier på fallstudiegårdarna samt för framtagna alternativ. För fallstudien i Trelleborg gjordes kalkyler för olika strategier för ogräsbekämpning i höstraps, för fallstudien i Halmstad för ogrässtrategier i potatis och för fallstudien i Örebro för ogrässtrategier i en sexårig spannmålsdominerad växtföljd.

Kostnader har beräknats både per hektar och per kilo producerad vara. Det ekonomiska resultatet per hektar har också räknats fram. Hela maskinkostnaderna har ingått i beräkningarna och som grund har maskinringstaxor använts. Priser från 2007 har använts i beräkningarna, men vissa subjektiva bedömningar av prisnivåer har fått göras på grund av de snabba prisförändringarna under de senaste åren. I rapsberäkningarna i Trelleborgsstudien användes ett rapspris på 3,80 SEK/kg och ett kvävepris på 12,00 SEK/kg N. I potatisberäkningarna som gjordes tidigt under 2007 användes ett kvävepris på 8,00 SEK/kg och ett potatispris på 0,84 SEK/kg. Om kvävepriset justeras uppåt ändras dock relationen mycket lite mellan de alternativ vi analyserat. I analysen av spannmålsväxtföljden i Örebrostudien användes ett kvävepris på 12,00 SEK/kg och följande spannmålspriser: höstvetete 1,80 och havre 1,57 SEK/kg.

3.5.3 LCA

Livscykelanalys (LCA) är en metod som används för att göra miljöbedömningar av produkter. Användning av resurser, insatsmedel, samt emissioner från ett produktionssystem kartläggs och redovisas för olika miljöeffekter, till exempel försurning, övergödning och klimatpåverkan. I denna studie har växtskyddsstrategierna på fallstudiegårdarna utvärderats vad gäller energianvändning och klimatpåverkan. Det viktigaste syftet med dessa beräkningar är att kunna erhålla information som kan leda till att man kan minska miljöpåverkan från en viss produkt på ett effektivt sätt. En komplett livscykelanalys omfattar hela produktcykeln från uttag av resurser (t.ex. fossil olja) fram till avfallsbehandling. Ramverket för LCA-metodiken är standardiserat inom ISO-standard (ISO 14040 och 14044).

4 Resultat

4.1. Fallstudie Trelleborg

4.1.1 Växtodling och nuvarande användning av bekämpningsmedel

Fallstudiegården i Trelleborgs kommun har inga djur och använder ingen stallgödsel. Jordarten på gården domineras av något mullhaltig moränlättilera. Det är en intensiv växtodlingsgård med höga skördenivåer och en fyraårig växtföljd:

- 1) Sockerbetor
- 2) Korn (utsädesproduktion för malkorn)
- 3) Höstraps alternativt konservärt
- 4) Höstvetete (utsädesproduktion samt lite etanolvetete på uttagen areal)

I Tabell 5 presenteras en översikt av användningen av bekämpningsmedel i växtodlingen för 2005 på Trelleborgsgården, uttryckt som aktiv substans och dosyteindex (DYI). Ogrästrycket är högt i denna varierade men ”öppna” växtföljd utan vall. Särskilt i sockerbetor och höstvetete används en relativt stor mängd aktiv substans. Även i korngrödan är den tillförda aktiva substansen relativt stor vilket beror på användning av MCPA i denna gröda, men som har till syfte att reglera förekomsten av åkertistel i hela växtföljden. Svampbekämpning görs framförallt i spannmålen. Insekter bekämpas efter behov i alla grödor och 2005 var bekämpning aktuell i sockerbetor, konservärt och höstvetete. Glyfosat som används framförallt mot kvickrot finns inte med i nedanstående redovisning men i genomsnitt behandlas ca en femtedel av arealen varje år.

Tabell 5. Användning av bekämpningsmedel 2005 på Trelleborgsgården. DYI = dosyteindex.

Gröda,	Aktiva ämnen	g/ha aktiv substans	DYI
Höstvetete	<i>Ogräs</i> ¹ : isoproturon, diflufenikan, fluroxypyr, florasulam, jodsulfuronmetyl-natrium, flurtamon, tribenuronmetyl	1 380	1,66
	<i>Svamp</i> ² : protioikonazol, pyraklostrobin, propikonazol, fenpropimorf	190	0,78
	<i>Insekt</i> ³ : esfenvalerat	15	0,75
Malkorn	<i>Ogräs</i> ⁴ : klopyralid, fluroxypyr, MCPA	1 075	1,1
	<i>Svamp</i> ⁵ : azoxystrobin, cyprodinol, propikonazol	175	0,45
Höstraps	<i>Ogräs</i> ⁶ : metazaklor	915	0,5
Konservärt	<i>Ogräs</i> ⁷ : bentazon, aklonifen	950	0,42
	<i>Insekt</i> ⁸ : pirimikarb, deltametrin	80	1,35
Sockerbetor	<i>Ogräs</i> ⁹ : metamidron, fenmedifan, etofumesat, kloridazon, triflursulfuronmetyl, cykloxidim	2 540	2,3
	<i>Insekt</i> ¹⁰ : pirimikarb, triazamat	110	1,3

Produktnamn: 1)Arelon, Cougar, Starane, Primus, MCPA, Baccara, Hussar, Primus 2)Proline, Comet, Tilt top 3)Sumi-alpha 4)Ariane, MCPA 5)Amistar, Stereo 6)Butisan 7)Basagran, Fenix 8)Pirimor, Decis 9)Goltix, Betanal, Partner, Safari, Pyramin, Focus Ultra 10)Pirimor, Aztec

4.1.2 Identifiering av risker

Innan arbetet i dialoggruppen startades gjordes en första översiktlig identifiering av de största riskerna för förorening av grundvattnet (Tab. 6). Denna baserades på nuvarande användning V bekämpningsmedel på fallstudiegården, vilken är mycket typisk för användningen generellt i Skåne. Det var de lätttröliga ogräsmedlen som utgjorde problem vad gäller läckagerisk till vatten.

Tabell 6. Inledande översiktlig analys av riskerna med kemiska bekämpningsmedel i vattenskyddsområde på skånsk slättbygd.

Risk för vattenkvaliteten	Orsak till risk	Orsak till användning	Möjliga åtgärder utan större förändringar i produktionen
Isoproturon	Läckagekänsligt, sprutas på hösten, hittas ofta i ytvatten	Ogräs i höstvetete. Stor skördeförlust om man inte behandlar gräsogräs i höstvetete	Alternativa preparat
Metazaklor	Läckagekänsligt, hittas ofta i ytvatten	Ogräs i raps, dock ej så stora skördeföruster som i höstsäd vid utebliven bekämpning	Radsådd och radhackning
Bentazon	Mycket lätttröligt, hittas mycket frekvent i både yt- och grundvatten	Stora krav på renhet i ärtgrödan vid skörd, mekanisk bekämpning ger stenförekomst vilket försvårar skörd	Alternativa preparat, ogräsharvning
MCPA	Läckagekänsligt, hittas ofta i ytvatten	I stort sett enda preparat som bekämpar åkertistel effektivt, växande problem i alla grödor i växtföljden	Alternativa preparat, odlingsteknik t.ex. vårplöjning
Metamitron	Läckagekänsligt, hittas i ytvatten	Ogräs i sockerbetor, stora skördeföruster/kostnader förknippade med reducerad kemisk bekämpning	Svårt att finna alternativa preparat. Bandsprutning och kombination med radhackning reducerar dosen

4.1.3 Möjliga förändringar

Vid första dialoggruppsmötet var vi överens om att KemI:s lista över lätttröliga ämnen (KemI, 2008a) skulle vara utgångspunkten för en genomgång av gårdens bekämpningsmedelsanvändning och analys av risker för läckage (Tab. 7). Höstvetete är en viktig gröda för gården och vi diskuterade problemen med gräsogräs, särskilt vitgröe, som har ökat under senare år samt även åkerven. Ogräsförsök i Skåne har visat betydande skördeökningar i höstvetete, från plus 15 procent till dubbel skörd, vid ogräsbekämpning om gräsogräs förekommit. Fanns enbart örtogräs i försöken var skördeökningarna oftast mellan 5 och 10 procent (Skåneförsök, 2004, -05, -06, -07). Att finna alternativ till ogräsbekämpning av gräsogräs innehållande aktiva substanser med låg lätttrölighet ansågs därför viktigt. Användningen av fenoxysyran MCPA diskuterades mycket eftersom den har god effekt mot åkertistel som är ett ökande problem. Här är svårt att finna alternativa preparat och effektiv mekanisk ogräskontroll. För att komma åt tistel behöver således växtföljd och odlingsåtgärder utformas så att uppförökning av tistel hindras (SJV, 2007). Odlingsystem med fleråriga vallar har en välkänd

förebyggande effekt mot problem med tistel. Men även under sådana ”goda växtföljdsförhållanden” kan åkertisteln vara ett problem vilket är en erfarenhet från ekologisk odling.

Tabell 7. En lista med lättrorliga ämnen enligt KemI:s lista som används på gården samt diskussion om möjliga åtgärder.

Gröda	Lättrörliga ämnen som används	Nuläge	Möjliga alternativ
Spannmål	Isoproturon, sulfosulforon	Mot gräsogräs	Alternativa produkter
	Diklorprop/mecoprop, fluroxypyr, klopyralid	Används i blandning för enskilda specifika örtogräs, t.ex. snärjmåra,	Alternativa produkter
	MCPA	Mot åkertistel	Svårt, bättre växtföljd, ger effekt först på lång sikt
Höstraps	Metazaklor	Bred ogräseffekt, vanlig produkt i raps	Radhackning
Sockerbetor	Metamitron	”Basprodukt” i dagens betodling	Svårt att finna alternativ
	Etofumesat	Används i blandning mot vissa besvärliga ogräs	Bandsprutning, hackning för reducerad dos
Konservärter	Bentazon	Bred ogräseffekt, vanlig produkt i ärter	Alternativa produkter Ogräsharvning

I höstraps finns det mycket få produkter för kemisk ogräsbekämpning att tillgå och därmed få bra alternativ till metazaklor. Rådgivaren i gruppen framhöll att raps och ärter ses som små grödor i ett internationellt perspektiv med liten lönsamhet att utveckla nya bekämpningsmedel för. Istället satsar växtskydds företagen på att utveckla glyfosatresistens med GMO-teknik. Men mekanisk ogräsreglering i form av radhackning har tidigare använts mycket i rapsodlingen och ännu idag av vissa odlare och därför bestämdes att en analys av detta icke-kemiska alternativ skulle genomföras. Gårdens brukare berättade också om en plöjningsfri metod med mycket liten bearbetning och begränsad kemisk bekämpning som har börjat tillämpas i området under senare år, den så kallade Vemmerlövsmetoden. Där används inte den läckagebenägna substansen metazaklor. Även denna metod togs med i analysen.

Sockerbetorna bedömdes som problematiska att klara utan substansen metamitron (produkt Goltix) som används i den kemiska ogräsbekämpningen idag. Betorna är en viktig del av gårdens ekonomi och idag finns ingen ekologisk produktion av betor som via ett merpris skulle kunna betala för alternativ till kemisk bekämpning. Mekanisk ogräsreglering kombinerat med handresning är mycket kostsamt i sockerbetor och bedömdes inte vara ett realistiskt alternativ i konventionell odling.

Den mycket lättrorliga substansen bentazon (produkt Basagran) återfinns mycket ofta i

vattendrag och liksom ogrässubstansen metazaklor i grödan raps, är bentazon ett aktivt ämne som har funnits länge på marknaden och det finns få andra produkter som alternativ.

4.1.4 Utvärdering av risker för läckage till vatten med MACRO-modellen

Simuleringsmodellen MACRO användes för att utvärdera dagens användning samt alternativa substanser vi föreslagit. De alternativa substanserna var av KemI betecknade som icke-rörliga. Samtliga läckagebenägna substanser var ogräsmedel. Jordartskaraktäristiken för jordprofilen med något mullhaltig moränlättilera på Trelleborgsgården som använts i simuleringen var: lerhalt 20 %, sandhalt, 50 % och mo-mjåla (silt), 30 % i samtliga skikt, 0-30, 30-60 och 60-90 cm. Resultaten av läckagerisk, som anger simulerad medelhalt av olika substanser i markvattnet på 1 m's djup, visade att de flesta av de ämnen som angetts av KemI som läckagekänsliga också visade hög risk i MACRO-simuleringarna för Trelleborgsgården (Tab. 8). Ett viktigt undantag är isoproturon som pekats ut som ett problemämne. Orsaker till att isoproturon är ett problemämne är att det sprutas på hösten då risken för läckage är förhöjd och att det påträffats i stor utsträckning i miljöövervakningen, ibland i halter över det ekotoxikologiska riktvärdet (Adielsson *et al.*, 2007). Körningar med glyfosat har inte utförts eftersom ämnet inte ingår i MACRO-modellen.

Tabell 8. Läckagerisk av användning av bekämpningsmedel i en skånsk växtföljd på en något mullhaltig moränlättilera, A nuläge, B alternativ behandling med lägre läckagebenägenhet. Simulerad medelhalt i vatten på 1 m's djup med MACRO-GV. Fetmarkerade substanser finns med på KemI:s lista över lätttrörliga ämnen (KemI, 2008a).

A NULÄGE	Substanser och simulerad koncentration i vatten, µg/l				Substans med simulerad, koncentration >0,1 µg/l
Höstvete ¹	isoproturon 0,0004	diflufenikan 0,000	fluroxypyr 0,211	florasulam ⁵ 0,000	fluroxypyr
Höstraps ²	metazaklor 0,124	kvinmerak 2,428			kvinmerak, metazaklor
Sockerbetor ³	metamitron 0,178	fenmedifan 0,000	etofumesat 0,358		etofumesat, metamitron
Korn ⁴	fluroxypyr 0,283	florasulam ⁵ 0,000	MCPA 0,326		MCPA, fluroxypyr

Produktnamn 1: Cougar, Arelon, Starane XL, 2: Butisan Top 3: Goltix+Betanal+Tramat tre ggr (simuleringar är gjorda för de olika tidpunkterna, medelvärde anges), 4: Starane, MCPA. 5: florasulam ej läckagebenägen, men nedbrytningsprodukten ASTCA är rörlig, den har dock inte simulerats.

B ALTERNATIV BEHANDLING	Substanser och simulerad koncentration i vatten µg/l					Koncentration >0,1 µg/l
Höstvete ¹	flurtamon 0,000	diflufenikan 0,000	prosulfokarb 0,000	tribenuronm. 0,054	amidosulf ⁶ 0,138	(amidosulfuron)
Höstraps ²	cykloxidim 0,062	klopyralid 0,991				klopyralid
Sockerbetor ³	metamitron 0,127	fenmedifan 0,000	triflusulfuronmetyl 0,0003			metamitron
Korn ⁴	florasulam ⁵ 0,0004	tribenuronmetyl 0,068				

Produktnamn: 1) Baccara, Boxer, Express, Gratil, 2) Focus Ultra, Matrigon, 3) Goltix (red. dos)+Betanal+Safari, 3 ggr (simuleringar är gjorda för de olika tidpunkterna, medelvärde anges), 4) Primus, Express, 5) ASTCA, som är en nedbrytningsprodukt av florasulam, är läckagebenägen. ASTCA har dock inte simulerats, 6) i simuleringen finns inte effekten av pH med, ämnet är endast rörligt vid höga pH.

MCPA är ett ämne med hög risk och det påträffas ofta i ytvatten. I alternativet användes Express som ersättningspreparat (1,5 tabletter tribenuronmetyl) med betydligt reducerad läckagerisk som följd. Även dubbel dos, 3 tabletter av Express, simulerades i korn, för att bättre komma åt tistel i alternativet. Resultatet visade då en risk för koncentrationer över 0,1 µg/l även av tribenuronmetyl. Amidosulfuron gav hög risk vid simuleringen i förhållande till bedömningen av läckagekänslighet. Substansen finns på KemI:s lista men beskrivs lättrolig endast vid höga pH, vilket inte gällde för fallstudiegården. Orsaken till utfallet är dock att modellen i sin nuvarande utformning inte tar hänsyn till hur markens pH påverkar en substans rörlighet (Jarvis N., pers. komm.). Simuleringen anger således inte den verkliga risken vad gäller amidosulfuron. Florasulam finns med på läckagelistan, men visade ingen läckagerisk. Det är dock inte ämnet i sig som utgör risk utan nedbrytningsprodukten ASTCA vilken inte simulerats på grund av brist på indata.

Den alternativa behandlingen resulterade också i risker för läckage, dock för färre ämnen och med lägre simulerade koncentrationer. I alternativet för sockerbetor behövs Goltix men med reducerad dos, 0,5 l/ha istället för 0,75 l/ha. Den mycket läckagebenägna substansen etofumesat (Tramat) används vid förekomst av vissa besvärliga ogräs (t.ex. trampört, näva, åkerbinda) och har i alternativet ersatts av triflusaluronmetyl (Safari) som vid dubbelbehandlingar är effektivt mot flertalet av de besvärliga ogräsen.

Ogräsbekämpningen i höstraps orsakade hög risk för läckage och även alternativet visade på risk. Utifrån läckagerisk och utifrån analysen av möjliga förändringar har vi genomfört en noggrannare analys av olika möjligheter för ogräsbekämpning i höstraps. Vi har valt denna gröda eftersom vi gjort bedömningen, i samverkan med dialoggrupp och referensgrupp, att en alternativ bekämpning med lägre risker för läckage till vatten är realistisk att uppnå, utan stora konsekvenser för driftsinriktningen på gården.

4.1.5 Olika strategier för ogräsbekämpning i höstraps

Tre olika strategier för ogräsbekämpning i höstraps analyserades kvantitativt avseende ekonomi, användning av energi och mark samt utsläpp av växthusgaser (Tab. 9). Analyserna gjordes för höstraps odlad i Skåne och även för Mellansverige som jämförelse.

Tabell 9. Översikt av tre olika metoder för att etablering och ogräsreglering i höstraps.

Alternativ	Metod	Kem	Kommentar
A	Bredsådd med Rapid ¹ . Traditionell ogräsbekämpning.	Ja	Mest använda metod i dagens odling.
B	Radsådd med Rapid. Två radhackningar höst, en vår.	Nej	Radsådd förekommer i liten omfattning idag, framförallt inom ekologisk produktion.
C	”Vemmerlövsmetoden”, plöjningsfri odling.	Ja	Enkel etablering, utsäde sprids direkt i stubb, därefter enklare bearbetning. Förekommer i ökande omfattning i Skåne med goda erfarenheter.

¹ Rapid är en såmaskin som kan så där det finns skörderester på markytan och som används vid reducerad bearbetning

Relevanta skördenivåer för breadsådd och radsådd hämtades från Svensk Raps odlingsförsök

(Svensk raps, 2008). Alternativ A visar dagens förhållande där oljeväxterna bredsås med en efterföljande ogräsbekämpning med Butisan Top (aktiva substanser: metazaklor, kvinmerak). Alternativ B innebär radsådd (48 cm) och mekanisk ogräsreglering genom radhackning tre gånger. Enligt försöken leder radsådd till 10 % lägre skörd i Skåne jämfört med bredsådd och Butisanbehandling medan skördenivåerna är lika för radsådd och bredsådd höstraps i Mellansverige. Alternativ C, ”Vemmerlövsmetoden”, är en etableringsmetod utan plöjning och begränsad jordbearbetning som i ökande omfattning tillämpas i södra Skåne. Inga försöksresultat vad gäller skördenivå finns för denna metod, men praktiska erfarenheter från Skåne talar för likvärdiga skördar som traditionell etablering. Vi har i beräkningarna dock antagit en avkastning som är 5 % lägre än alternativ A. Ogräsbekämpningen i C görs med Focus Ultra (substans cykloxidim) mot spillsäd och Matrigone (substans klopyralid) speciellt mot baldersbrå. Den plöjningsfria metoden i alternativ C finns det endast ringa praktiska erfarenheter av under mellansvenska förhållanden. Indata som använts i analysen av de alternativa strategierna för Skåne redovisas i tabell 9. Endast de indata som varierar mellan de tre olika alternativen visas.

Tabell 10. Indata som användes i utvärderingen av tre olika alternativ för ogräsreglering i höstraps i Skåne.

	A Bredsådd	B Radsådd	C Plöjningsfritt
Skörd, kg/ha	3 800	3 420	3 610
Kemisk ogräsbekämp, g/ha aktiv substans	750 metazaklor 250 kvinmerak	-	200 cykloxidim 190 glyfosat 60 klopyralid
Diesel, l/ha	61	73	44
Handelsgödsel, kg N/ha	180	140	170

Gödslingen med kväve är skörderelaterad och utgår från följande beräkningsmodell: 140 kg N + 30 kg N/ton kärnskörd per ha som överstiger 2,5 ton. Kvävegivan har därefter reducerats med 30 kg N/ha för alternativ B (radsådd) på grund av en beräknad ökad kväveminerisering orsakad av radhackningen. Glyfosat antas användas ett år av fem i alternativen A och B, men i C, där plöjningsfri odling antas öka behovet av glyfosat, ett år av tre. Dosen glyfosat som anges i tabell 10 är differensen mellan alternativ C och övriga. Den enkla etableringen i C medför en betydligt lägre användning av diesel jämfört med de andra strategierna. Beräkningarna visade att användningen av diesel i det mekaniska alternativet B, var över 60 procent större än i det plöjningsfria alternativet.

I tabell 11 redovisas indata som använts i analysen för mellansvenska förhållande. Utifrån försöksresultat har samma skördenivåer satts för både bredsådd och radsådd. För det plöjningsfria alternativet finns mycket få praktiska erfarenheter, vilket innebär att skördenivån för detta scenario är mycket osäker. I tabellen redovisas endast de indata som varierar mellan de tre olika alternativen. Dieselåtgång och kemisk bekämpning är lika som i analysen för Skåne.

Tabell 11. Indata som användes i utvärderingen av tre olika alternativ för ogräsreglering i höstraps i Mellansverige. För dieselåtgång och kemisk bekämpning, se tabell ovan.

	A Bredsådd	B Radsådd	C Plöjningsfritt
Skörd, kg/ha	3 400	3 400	3 230
Handelsgödsel, kg N/ha	170	140	160

4.1.6 Konsekvenser för ekonomi, energianvändning och utsläpp av växthusgaser

Beräkningarna visade att produktionskostnaden per kg rapsfrö var 12 % högre i Mellansverige jämfört med i Skåne, i genomsnitt 2,53 kr/kg jämfört med 2,23 kr/kg, vilket förklaras av den lägre skördenivån i Mellansverige och endast små skillnader i kostnader. Det är dock viktigt att påpeka att antagandena om skördenivåer i de olika alternativen rymmer osäkerheter och att förändringar i skördeutfall starkt påverkar det ekonomiska resultatet.

Tabell 12. Ekonomiskt resultat per hektar för odling av höstraps i Skåne respektive Mellansverige med olika strategier för ogräsreglering.

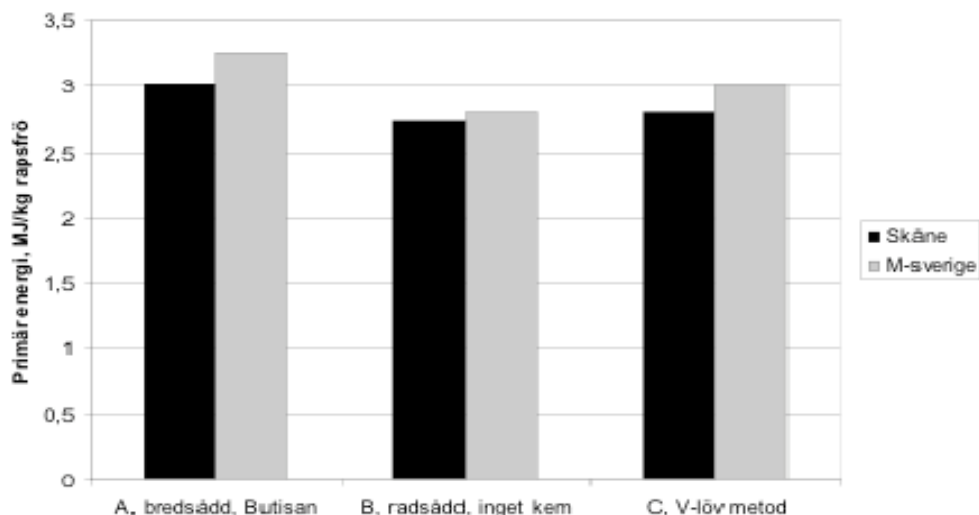
	A Bredsådd, kem	B Radsådd, mekanisk	C Plöjningsfritt, kem
Skåne			
Skörd, kg/ha	3 800	3 420	3 610
Intäkter, kr/ha	14 440	13 000	13 720
Kostnader, kr/ha	8 590	7 330	8 310
Resultat, kr/ha	5 850	5 670	5 410
Relativtal, %	100	97	92
Mellansverige			
Skörd, kg/ha	3 400	3 400	3 230
Intäkter, kr/ha	12 920	12 920	12 270
Kostnader, kr/ha	9 000	8 140	8 210
Resultat, kr/ha	3 920	4 780	4 060
Relativtal, %	100	120	104

Generellt var skillnaderna mellan de olika strategierna i ekonomiskt resultat mindre för Skåne än för Mellansverige (Tab. 12). Kostnaderna för kemisk bekämpning i både A och C var höga, 958 kr/ha respektive 1184 kr/ha. Dessa kostnader kan jämföras med kostnaden för att radhacka tre gånger som var 990 kr/ha. Den antagna 10 procent lägre skörden i alternativ B (radsådd) i Skåne kompenseras av en lägre kvävegiva, vilken möjliggjordes av en bedömd högre kväveminerisering via radhackningen, och av en lägre kostnad för utsäde. Skulle skördesänkningen inte bli fullt så stor, skulle radhackningen visa bäst resultat även i Skåne. Vemmerlövsmetoden visade den svagaste kalkylen, trots en mycket lägre kostnad för jordbearbetning och förklaras både av uppskattningen av en lägre skörd och hög utsädesmängd. Utsädesmängden kan reduceras väsentligt i en radsådd gröda, medan den behöver vara betydligt högre i det plöjningsfria alternativet, 9 kg/ha i C jämfört med 2 kg/ha i B. Det bör dock påpekas att den låga insatsen för jordbearbetning i C medför att fler hektar kan bearbetas per timma, och att lantbrukaren hinner så en större areal av höstraps i och med att tiden på hösten ofta är begränsande. Därtill kommer en positiv effekt av att tidsbesparingen vid reducerad jordbearbetning ger möjlighet att hinna genomföra en tidigare sådd. Detta innebär att en bättre övervintring och att en högre skörd kan uppnås. Detta innebär att odlingskalkylen för enbart en rapsgröda inte kan ge svar på effekter på ekonomin för hela gården.

I Mellansverige var resultatet betydligt mer positivt till radhackningens fördel än i Skåne vilket berodde på att skördenivåerna bedömdes vara lika för bred- och radsådd i Mellansverige i enlighet med försöksresultat (Svensk raps, 2008). Kemisk ogräsbekämpning i höstraps framstår således som en fördyrande odlingsåtgärd i Mellansverige.

Energianvändning

Användningen av energi för att producera ett kilogram rapsfrö beräknades för de insatsmedel som skiljde sig åt mellan de tre scenarierna, dieselförbrukning, kvävegödseltillverkning och användning av bekämpningsmedel (Tab. 10 och 11). Energianvändning har beräknats för den totala förbrukningen i livscykeln för insatsmedlen (primär energi).

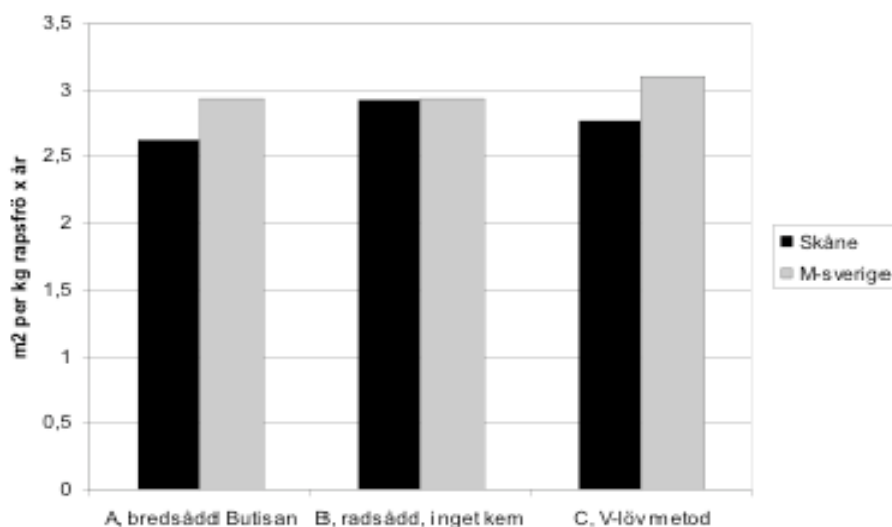


Figur 2. Energianvändning (primär) per kg rapsfrö för kvävegödsel, diesel och bekämpningsmedel för de tre scenarierna i Skåne respektive Mellansverige.

Energianvändning för att producera ett kg raps var ca 5 % högre i Mellansverige vilket framförallt förklaras av den lägre skördenivån jämfört med Skåne (Fig. 2). Referensalternativet A krävde 10 - 15 % mer energi per kg raps jämfört med alternativ B med radhackning, trots en högre dieselförbrukning i det mekaniska alternativet. Orsaken var att vi räknat med en reducerad kvävegiva i radhackningsalternativet.

Markanvändning

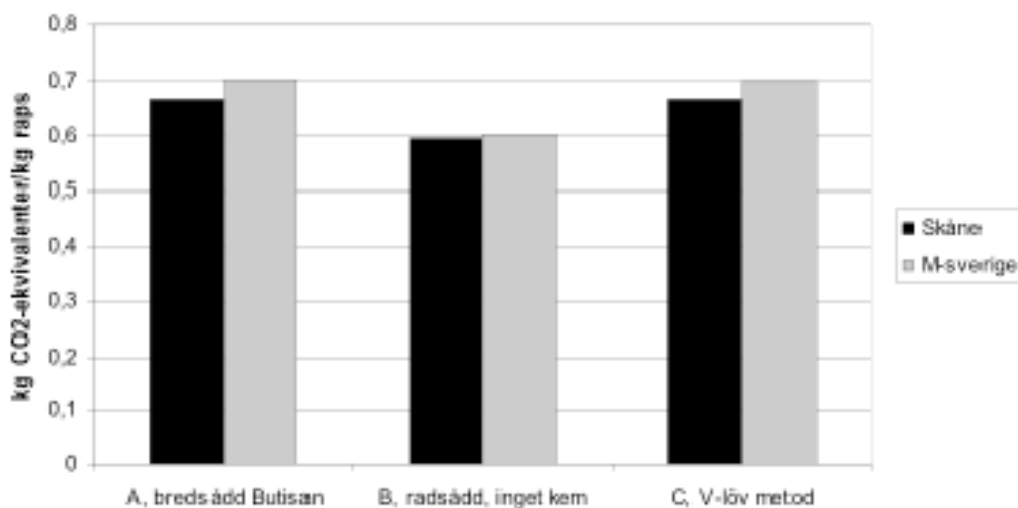
Det årliga markbehovet för att producera ett kg rapsfrö var ca 10 % högre i Mellansverige jämfört med Skåne vilket är ett direkt utslag av skillnader i skördenivå (Fig. 3). Skillnaderna i skördenivå mellan högsta skörd i alternativ A i Skåne och lägsta skörd i alternativ C i Mellansverige gav ett spann på mellan 2,6 och 3,1 m²/kg rapsfrö.



Figur 3. Markanvändning för att producera ett kg raps för de tre scenarierna i Skåne respektive Mellansverige.

Utsläpp av växthusgaser

Utsläpp av fossil koldioxid (CO₂) sker i samband med produktion och förbränning av diesel. I produktionen av handelsgödsel sker emissioner av CO₂ och lustgas (N₂O) och på grund av kvävegödsling sker direkta markemissioner av N₂O. Figur 4 visar utsläppen av växthusgaser från rapsodling orsakade av kvävegödsling och dieselanvändning i de studerade alternativen (övriga indata var lika för scenarierna och har därför inte beaktats i beräkningarna).



Figur 4. Utsläpp av växthusgaser orsakat av kvävegödsling och dieselanvändning för ett kg rapsfrö för de tre scenarierna i Skåne respektive Mellansverige. Källor för utsläppsberäkningar: CO₂ diesel Ecoinvent (2003), produktion mineralgödsel Jenzen & Kongshaug (2003), emissionsfaktorer för direkt lustgasavgång från mark IPCC (2006), 0,01 kg N₂O-N/kg N=0,0157 kg N₂O, 0,0157*310/kg N=4,9 CO₂-ekvivalenter/kg N. Beräkningarna utgick från dagens handelsgödselproduktion med utsläpp av 6,8 kg CO₂-ekvivalenter per kg N.

Utsläppen av N₂O och CO₂ orsakade av användning av diesel och kväve (produktion och gödsling) stod för 0,6 – 0,7 kg CO₂-ekvivalenter per kg rapsfrö. Jämfört med traditionell breddsådd med Butisanbekämpning, A, innebar alternativet med radhackning, B, cirka 10 % lägre växthusgasutsläpp i Skåne respektive Mellansverige och även här var det den lägre kvävegödslingen på hösten som förklarade resultatet. Utsläpp av N₂O, som är en mycket kraftig växthusgas, var lägre från alternativet med radsådd beroende på lägre utsläpp vid produktionen av kvävegödsel och lägre utsläpp från mark i samband med gödsling.

Slutsatser

I höstrapsodling finns det goda möjligheter att helt reducera användningen av kemisk ogräsbekämpning och istället reglera ogräsen med modern radhackningsutrustning. Det finns endast ett fåtal kemiska produkter att tillgå på marknaden för att bekämpa ogräs i oljevaxter och det är viktigt att finna alternativ till standardprodukten Butisan Top som innehåller de mycket lätttrörliga aktiva substanserna metazaklor och kvinmerak. Denna analys visade att ur ekonomisk synpunkt är det små skillnader mellan kemiska och mekaniska metoder att hantera ogräsen i raps och det finns inget som talar för att radsådd och mekanisk radhackning är ett sämre alternativ än traditionell kemisk ogräsbekämpning. För mellansvenska förhållanden är det snarare tvärtom.

Vid odling av radsådd höstraps innebär radhackningen att jorden luckras och dess förmåga att leverera lättlösligt kväve (kvävemineriseringen) gynnas. Vi gjorde därför bedömningen att detta leder till minskat kvävebehov. Eftersom produktion och gödsling med handelsgödselkväve innebär utsläpp av växthusgaser, särskilt N₂O, är denna effekt positiv och detta är anledningen till att radrensade oljeväxter, trots en högre dieselanvändning, inte orsakar en större energianvändning eller större växthusgasutsläpp jämfört med traditionell bredsådd.

4.2 Fallstudie Halmstad

4.2.1 Växtodling och nuvarande användning av bekämpningsmedel

Växtodlingen på Halmstadgården domineras av potatisodling och andra viktiga grödor är sockerbeter, höstraps och spannmål. Gården omfattar totalt 390 hektar och 40 av dessa ligger inom den sekundära zonen av VSO. Denna areal utgörs av lätt jord, måttligt mullhaltig lerig mo med en sandhalt på 85 %, och är viktig för gårdens potatisodling. Ingen strikt växtföljd tillämpas men potatis odlas vart fjärde år, på vissa skiften oftare om det är färsk-/sommarpotatis som skördas tidigt på säsongen. Gården har inga djur men köper in svinflytgödsel och höns gödsel, denna stallgödsel används dock inte inom VSO. I tabell 13 visas vilka grödor som odlades inom vattenskyddsområdet 2006 och användningen av bekämpningsmedel i dessa grödor.

Tabell 13. Genomsnittlig användning av bekämpningsmedel på Halmstadgården 2006 för skiften inom vattenskyddsområde. DYI = dosyteindex.

Gröda	Aktiva ämnen	Gram/ha, aktiv substans	DYI
Potatis	<i>Ogräs</i> ¹ : metribuzin	103	0,27
	<i>Svamp</i> ² : fluazinam, mankozeb, metalazyl-M, propamokarb, zoxamid	3063	6,1
	<i>Insekt</i> ³ : deltametrin, esfenvalerat	13	0,69
Korn	<i>Ogräs</i> ⁴ : jodsulfuron	50	1
	<i>Svamp</i> ⁵ : pyraklostrobin, protiokonazol	86	0,39
	<i>Insekt</i> ⁶ : tau-fluvinalat	18	0,39
Sockerbeter	<i>Ogräs</i> ⁷ : etofumesat, fenmedifan, kloridazon, metamitron	2223	1,1
	<i>Insekt</i> ⁸ : alfacypermetrin	8	0,75
Höstraps	<i>Ogräs</i> ⁹ : metazaklor, kvinmerak	1100	1

Produktnamn: 1) Sencor 2) Electis, Epok, Shirlan, Tattoo 3) Deltametrin, Sumi-alpha 4) Hussar 5) Comet, Proline, 6) Mavrick 7) Goltix, Betanal, Pyramin, Partner 8) Fastac, 9) Butisan top

Som framgår av tabell 13 är det särskilt i potatisgrödan som användningen är hög vilket helt förklaras av fungicidbehandlingarna mot bladmögel. Den tidigast skördade potatisen behandlades år 2006 vid fyra tillfällen med svampmedel (fluzinam) och fälten som skördades under sensommaren behandlades vid åtta tillfällen och med flera olika aktiva substanser. Jämfört med Trelleborgsgården var det, förutom i sockerbetsgrödan, inte ogräsbekämpning som generellt utgjorde den största användningen, både beräknat som mängd aktiv substans och som DYI, utan svampbekämpningen i potatisen. Insektsbehandling förekom i alla grödor detta år eftersom det var en varm och torr sommar med relativt stort skadegörartryck.

4.2.2 Identifiering av risker

Innan arbetet i dialoggrupperna startades gjordes en första översiktlig identifiering av de största riskerna för förorening av grundvattnet baserat på nuvarande användning av bekämpningsmedel på fallstudiegården. Gårdens kemiska bekämpning bedömdes vara representativ för växtodling med potatis på lätta jordar i södra Sverige. Riskbilden i denna fallstudie berörde dels lättrorliga ogräsmedel i potatis, sockerbetor och raps och dels den kemikalieintensiva potatisodlingen (Tab. 14).

Tabell 14. Inledande översiktlig analys av riskerna med kemiska bekämpningsmedel i vattenskyddsområde på lätt jord med potatisodling.

Risk för vattenkvalitet	Orsak	Orsak till användning	Möjliga åtgärder
Kemikalie-intensiv gröda - potatis	NFS 2000:7 anger att om behandling görs flera gånger ökar riskerna för läckage (>6 ggr/år är def. av kemikalieintensiv gröda)	Utebliven bekämpning av bladmögel i potatis kan leda till mycket stora skördeför-luster, särskilt regniga somrar. Generellt stort och ökande behov av bladmögelbekämpning i södra Sverige	Olika odlings-åtgärder, dock inget system som fullt kompenserar utebliven bekämpning
Metribuzin	Läckagekänsligt, hittas i ytvatten	Bred ogräsverkan mot både ört- och gräsogräs i potatis. Kan användas både före och efter uppkomst	Mekanisk ogräsbekämpning
Metazaklor	Läckagekänsligt, hittas ofta i ytvatten	Ogräs i raps, dock inte så stora skördeför-luster som i höstsäd vid utebliven bekämpning	Radsådd och radhackning
Metamitron	Relativt läckagekänslig, hittas i ytvatten	Ogräs i sockerbetor, stora skördeför-luster/kostnader förknippade med reducerad tillgång på kem bekämpning i sockerbetor	Svårt att finna alternativa preparat. Bandsprutning och kombination med radhackning reducerar dosen
MCPA	Läckagekänsligt, hittas ofta i ytvatten	I stort sett enda preparat som effektivt hanterar åkertistel som är ett växande problem i alla grödor i växtföljden	Alternativa preparat, odlingsteknik t.ex. vårplöjning

4.2.3 Möjliga förändringar

Vid första dialoggruppsmötet var vi liksom i Trelleborgsgruppen överens om att KemI:s lista över lättrorliga ämnen skulle vara utgångspunkten för en genomgång av gårdens bekämpningsmedelsanvändning och analys av risker för läckage (Tab. 15).

Bekämpningsmedelsanvändningen i potatis, framförallt bladmögelbekämpningen, är central för gården eftersom den medför högre skördar och större odlings säkerhet och en stor del av omsättningen kommer från potatis. Intensiteten i bladmögelbekämpning är hög, i höstpatis kan det idag förekomma upp till tolv bekämpningar per säsong. Restriktioner för bladmögelbekämpning inom VSO skulle innebära betydande problem för gårdens växtodling och potatisodlingens beroende av kemikalier var en således en viktig diskussionspunkt för

gruppen. Läckagerisk med upprepade bladmögelbehandlingar i potatis undersöktes i försök i Halland. Resultaten visade att riskerna för läckage genom jordprofilen inte var relaterade till antalet bekämpningar (Odling i Balans, 2006b). Istället spelade de aktiva ämnens egenskaper en avgörande roll. Antalet bekämpningar kan dock öka andra typer av risker såsom vindavdrift vid sprutning och risk för spill vid hanteringen av medlen. Det vanligaste ogräsmedlet i potatis utgjordes av en läckagekänslig substans, metribuzin. Rådgivaren visade på möjliga mekaniska alternativ till kemisk ogräsbekämpning och det beslutades att en djupare analys av detta skulle göras inom projektet.

Vad gäller möjligheter att minska riskerna i ogräsbekämpningen i oljeväxter, gjordes en sådan analys i fallstudien i Trelleborg, vilken även kan tillämpas i denna fallstudie. Sockerbetorna bedömdes även i Halland som en besvärlig gröda att hantera med restriktioner av användningen av kemiska ogräsmedel. Däremot finns möjligheter att minska mängden aktiv substans genom bandsprutning och att kombinera mekanisk och kemisk ogräsreglering. Liksom i Trelleborgsgruppen diskuterades också det ökande problemet med åkertistel som bekämpas enklast och till lägst kostnad i spannmålsgrödor med MCPA.

Tabell 15. Lättrörliga ämnen enligt KemI:s lista samt diskussion om möjliga alternativ.

Gröda	Lättrörliga ämnen som används	Nuläge	Möjliga alternativ
Potatis	Metribuzin	Vanlig i ogräsbekämpning i potatis	Mekanisk ogräsreglering Alternativa produkter
	Kemikalieintensitet generellt	Upprepade behandlingar i dagens potatisodling, stor ekonomisk betydelse	Prioritera produkter med lägre risker, odlingsåtgärder t.ex. resistent sorter, hur långt räcker det?
Sockerbetor	Metamitron	”Basprodukt” i dagens betodling	Svårt att finna alternativ
	Etofumesat	Används i blandning vid vissa besvärliga ogräs	Alternativa produkter, bandsprutning, hackning för reducerad dos
Spannmål	MCPA	Mot åkertistel, ”växtföljdsbekämpning”	Svårt, bättre växtföljd men detta ger effekt först på lång sikt
Höstraps	Metazaklor	Bred ogräseffekt, vanlig produkt i raps	Radhackning

4.2.4 Utvärdering av risker för läckage till vatten med MACRO-modellen

Simuleringsmodellen MACRO användes för att utvärdera dagens användning samt alternativa substanser vi föreslagit. Jordartskaraktäristiken för jordprofilen med måttligt mullhaltig lerig mo på Halmstadgården som användes i simuleringen var: lerhalt 5 %, sandhalt, 85 % och mo-mjåla (silt), 10 % i samtliga skikt, 0-30, 30-60, 60-90 cm. Resultaten av läckagerisk anger simulerad medelhalt av olika substanser i markvattnet på 1 m's djup. De flesta läckagebenägna substanser som vi utvärderade var ogräsmedel.

Till att börja med utvärderades den nuvarande kemiska bekämpningen av bladmögel i potatis på fallstudiegården vilken visade att endast ett ämne utgjorde läckagerisk (Tab. 16). Svampmedlet metalaxyl-M finns inte med på KemI:s lista men har även tidigare visat läckagebenägenhet. Ämnet hittas i miljöövervakningens jordbruksbäckar, ibland i halter över 0,1 µg/l (Adielsson m.fl, 2007; Adielsson & Kreuger, 2008) och även i andra studier på olika platser, bland annat i Halland och i Örebro län (Odling i Balans, 2006b; Törnqvist & Kreuger, 2006). Metalaxyl-M är den enda substansen som finns att tillgå som bekämpar bladmögel svampen när den har angripit potatisblasten. Således finns inga direkt motsvarande alternativ. Övriga svampmedel används för att förebygga angrepp. Utesluts metalaxyl-M blir konsekvensen sannolikt att antalet bekämpningar med övriga medel behöver öka för att skydda potatisen från bladmögelangrepp. Vad gäller ogräsmedel visade både nuläget och alternativet på läckagerisk, men det finns frågetecken för om simuleringen stämmer för alternativet rimsulfuron eftersom modellen inte tar hänsyn till effekt av pH (Tab. 17). Rimsulfuron är klassificerad av KemI som rörlig endast vid höga pH. Körningar med glyfosat har inte utförts eftersom substansen inte ingår i MACRO-modellen.

Tabell 16. Läckagerisk av användning av svampbekämpningsmedel i potatis på lätt jord i Halland, en måttligt mullhaltig lerig mo. Simulerad medelhalt i vatten på 1 m's djup med MACRO_GV. Inga av substanserna finns med på KemI:s lista över lättrörliga ämnen (KemI, 2008a).

POTATIS – svampbekämpning	Substanser och simulerad koncentration i vatten, µg/l		Substans med simulerad, koncentration >0,1 µg/l
Behandling 1 ¹	mankozeb 0,000	zoxamid 0,004	
Behandling 2 ²	mankozeb 0,000	propamokarb 0,000	
Behandling 3 ³	metalaxyl-M 0,763	fluazinam 0,001	metalaxyl-M
Behandling 4, 5, 7, 8 ⁴	fluazinam 0,001		
Behandling 6 ³	metalaxyl-M 0,710	fluazinam 0,001	metalaxyl-M

Produktnamn: 1)Electis 2)Tattoo 3)Epok, 4)Shirlan

Tabell 17. Läckagerisk av ogräsmedel i potatis på lätt jord i Halland, en måttligt mullhaltig lerig mo. Simulerad medelhalt i vatten på 1 m's djup med MACRO_GV. Fetmarkerade substanser finns med på KemI:s lista över lättrörliga ämnen (KemI, 2008a).

POTATIS – ogräsbekämpning, produktnamn	Substanser och simulerad koncentration i vatten, µg/l		Substans med simulerad, koncentration >0,1 µg/l
<i>Nuläge:</i> Sencor + Titus	metribuzin 0,221	rimsulfuron ¹ 0,356	metribuzin, rimsulfuron
<i>Alternativ:</i> Titus, behandling 1	rimsulfuron ¹ 0,358		rimsulfuron
Titus, behandling 2	rimsulfuron ¹ 0,356		

1) I simuleringen finns inte effekten av pH med, ämnet är dock klassificerat som rörligt endast vid höga pH, vilket inte är fallet på fallstudiegården.

Vid analysen av bekämpningen i övriga grödor utgjorde nuläget vanligt förekommande behandlingar i södra Sverige och inte exakt vad som användes inom VSO på Halmstadgården (Tab. 18). Raps utvärderades i Trelleborgsstudien och utelämnades därför här. Samtliga substanser som visade koncentrationer över 0,1 µg/l finns med på KemI:s lista över lätttrörliga ämnen. Samtidigt visade andra rörliga ämnen en begränsad risk, som metamidron, isoproturon och MCPA. Överrensstämningen med listan var således totalt sett inte så god. Risken för läckage av ovan nämnda ämnen var dessutom lägre på denna lätta mojord än på moränlätteren i Trelleborgsfallet (jämför s. 26). Både fluroxypyr och etofumesat visade dock högre risk på mojordens än på lätteren i Trelleborg. Resultaten visar att läckagebenägenheten är komplicerad att utvärdera och att en generell lista med en grov sortering utifrån vilka jordarter som utgör störst risk inte ger en rättvisande bedömning. Dessutom visade våra simuleringar, vilket också stöds av tidigare studier (Odling i Balans, 2006a), att det inte är de lättare jordarterna som generellt ger högre risk för läckage av bekämpningsmedel jämfört med lerjordar. I Naturvårdsverkets allmänna råd anges dock lätt jord utgöra störst risk (SNV, 2000).

Tabell 18. Läckagerisk av användningen i nuläget av bekämpningsmedel i olika grödor på en måttligt mullhaltig lerig mo i Halland. Simulerad medelhalt i vatten på 1 m's djup med MACRO_GV. Inga av substanserna finns med på KemI:s lista över lätttrörliga ämnen (KemI, 2008a).

NULÄGE	Substanser och simulerad koncentration i vatten µg/l				Koncentration >0,1 µg/l
Socketbetor, 3 behandlingar vid olika tidpunkter ¹	metamidron 0,005-0,008	fenmedifan 0,000	etofumesat 0,357-0,877		etofumesat
Höstvete ²	isoproturon 0,000	di-flufenikan 0,000	fluroxypyr 0,4394	florasulam ⁴ 0,000	fluroxypyr
Korn ³	fluroxypyr 0,536	florasulam ⁴ 0,000	MCPA 0,009		fluroxypyr

Produktnamn: 1)Goltix, Betanal, Tramet, 2)Cougar, Arelon, Starane XL, 3) Starane XL, MCPA, 4)ASTCA, som är en nedbrytningsprodukt av florasulam, är läckagebenägen. ASTCA har dock inte simulerats.

Tabell 19. Läckagerisk för alternativa substanser av bekämpningsmedel i olika grödor på en måttligt mullhaltig lerig mo i Halland. Simulerad medelhalt i vatten på 1 m's djup med MACRO_GV. Inga av substanserna finns med på KemI:s lista över lätttrörliga ämnen (KemI, 2008a).

ALTERNATIV BEHANDLING	Substanser och simulerad koncentration i vatten µg/l					Koncentration >0,1 µg/l
Socketbetor, 3 behandlingar vid olika tidpunkter ¹	metamidron 0,002-0,004	fenmedifan 0,000	triflursulfuronmetyl ⁵ 0,000			
Höstvete ²	flurtamon 0,003	di-flufenikan 0,000	prosulfokarb 0,000	tribenuron- metyl 0,1541	amidossulf ⁴ 0,2922	tribenuronmetyl (amidossulfuron)
Korn ³	florasulam ⁵ 0,000	tribenuronmetyl 0,186				tribenuronmetyl

Produktnamn: 1)Goltix, Betanal, Safari, 2) Baccara, Boxer, Express, Gratil, 3)Primus, Express, 4)I simuleringen finns inte effekten av pH med, ämnet är endast rörligt vid höga pH vilket inte är fallet på Halmstadgården, 5)florasulam är ej läckagebenägen med nebytn. produkter ASTCA är rörlig, har dock inte simulerats.

I det alternativ vi formulerat (Tab. 19) minskar riskerna betydligt. En något lägre risk uppnåddes

för met amitron på grund av lägre dos och som vi tidigare nämnt, var simuleringen av amidosulfuron osäker eftersom effekten av pH inte är inkluderad i modellen. Det mycket vanliga lågdospreparatet Express visade på en högre risk för läckage än vad vi väntat oss utifrån rörlighetsklassificeringen. Tidigare simuleringar har dock också visat en förhöjd risk för detta ämne på lerfri jord (Odling i Balans, 2006a).

Det fortsatta arbetet fokuserades kring alternativ till kemisk ogräsreglering i potatisodlingen, eftersom få alternativa kemiska produkter med lägre risker finns att tillgå.

4.2.5 Olika strategier för ogräsbekämpning i potatis

I potatis finns det goda möjligheter att använda mekaniska åtgärder för att bekämpa ogräs. Sker odlingen på mulljord är dock svårigheterna med mekanisk reglering större (se fallstudie Örebro). Det har under senare år skett en teknikutveckling och det finns goda praktiska erfarenheter av den så kallade ”turbokuparen” vad gäller arbetskapacitet och effekter på ogräsen. Med hjälp av uppgifter från en stor potatisodling på fastmarksjord i södra Halland med flera års erfarenhet av ogräsbekämpning med turbokupare gjordes en jämförelse mellan denna metod och traditionell kemisk ogräsbekämpning (Tab. 20) med avseende på ekonomi, användning av energi och utsläpp av växthusgaser.

Tabell 20. Insatser vid kemisk och mekanisk ogräsbekämpning i potatis.

Kemisk bekämpning	Mekanisk bekämpning
Två behandlingar med ogräsmedel 350 g/ha metribuzin 7,5 g/ha rimsulfuron	Två bearbetningar med turbokuparen, inga kemiska ogräsmedel
En slutkupning	En slutkupning

4.2.6 Konsekvenser för energianvändning, ekonomi och utsläpp av växthusgaser

Dragkraftsbehovet för turbokuparen är större än för ogrässprutan och medförde en 2 l/ha högre dieselförbrukning per tillfälle. Dieselanvändningen ökade därmed med 4 l/ha med mekanisk bekämpning jämfört med kemisk, vilket kan jämföras med den totala användningen som var cirka 160 l/ha diesel i potatisodlingen. Gödslingsnivåerna (150 kg N/ha, 55 kg P/ha, 250 kg K/ha) förändrades inte för de två metoderna eftersom bedömningen gjordes att skörden inte påverkas av bekämpningsmetoden. Detta innebar att energianvändningen (diesel och gödselmedel) endast var cirka 2 % högre i det mekaniska alternativet jämfört med traditionell kemisk bekämpning.

Den mekaniska strategin visade ett något bättre ekonomiskt resultat (Tab. 21). Den inbesparade kostnaden för de kemiska ogräsmedlen (450 kr/ha) är orsaken till resultatet. Samtidigt har turbokuparen en hög kapacitet och medför endast en liten ökning av kostnaderna (+125 kr/ha) jämfört med det kemiska alternativet.

Tabell 21. Jämförelse av ekonomiskt utfall (maskin- och arbetskostnader inkluderade) mellan kemisk och mekanisk ogräsbekämpning i potatis på lätt jord på Halmstadgården.

	Kemisk ogräsbekämpning	Mekanisk ogräsbekämpning
Intäkt, kr/ha	40 110	40 110
Skillnad preparatkostnad, kr/ha	+450	
Skillnad dieselåtgång, kr/ha		+125
Totala kostnader, kr/ha	31 590	31 250
Resultat tb2, kr/ha	8 550	8 860
Relativtal	100	104

Utsläppen av växthusgaser beräknades för produktion och användning av gödselmedel och dieselanvändning till ca 2,4 ton CO₂-ekvivalenter per ha i alternativet med kemisk ogräsbekämpning (Tab. 22). Den något högre förbrukningen av diesel, 4 l/ha, i det mekaniska alternativet innebär en ökad emission om ca 11 kg CO₂-ekvivalenter/ha vilket endast gav knappt 0,5 % i ökade utsläpp per hektar potatis. Produktion och användning av kvävegödsel, som var lika i de två alternativen, utgjorde en mycket stor del av potatisodlingens totala utsläpp av växthusgaser vilket innebär att skillnaden i dieselanvändning endast medförde en marginell skillnad.

Tabell 22. Utsläpp av växthusgaser från produktion och användning av diesel och handelsgödsel vid odling av ett hektar matpotatis i alternativet med kemisk bekämpning av ogräs¹.

Insatsmedel/källa till emission	Mängd	Beräknat utsläpp, kg CO ₂ -ekvivalenter
Diesel	160 l/ha	430
Handelsgödsel N	150 kg/ha	1050
Handelsgödsel P och K	55 resp 250 kg/ha	165
Direkt N ₂ O-emission från mark	0,01 kg N ₂ O-N/kg N (150 kg) ²	730
Summa		2 375

¹ Källor för utsläppsberäkningar: CO₂ diesel Ecoinvent (2003), produktion mineralgödsel Jenzen & Kongshaug (2003), beräkningarna utgick från dagens handelsgödselproduktion med utsläpp av 6,8 kg CO₂-ekvivalenter/kg N, emissionsfaktorer för direkt lustgasavgång från mark IPCC (2006)

² 0,01 kg N₂O-N/kg N=0,0157 kg N₂O, 0,0157*310=4,9 CO₂-ekvivalenter/kg N.

Slutsats

Genom mekanisk ogräsbekämpning med modern teknik med hög kapacitet kan riskerna för läckage av lätttrörliga ämnen från kemiska ogräsmedel helt undvikas med små effekter på andra miljöparametrar samtidigt som lönsamheten i potatisodlingen kan bibehållas eller till och med förbättras något. Man bör dock påpeka att odlingssäkerheten kan sjunka vid mekanisk ogräskontroll på grund av att denna metod är mer väderkänslig än en kemisk bekämpning.

4.3 Fallstudie Örebro

4.3.1 Växtodling och nuvarande användning av bekämpningsmedel

Fallstudiegården i Lekebergs kommun sydväst om Örebro är ett kombinerat växtodlings- och animalieproduktionsföretag med 116 ha åkermark samt produktion av slaktsvin. Gården gränsar till Svartån och ligger uppströms i förhållande till vattenuttaget för Örebro kommun. Flera åtgärder har genomförts på gården för att minska riskerna för spridning av växtskyddsmedel till Svartåns vatten: 6 m breda gräsbevuxna skydds-zoner har anlagts utmed öppna diken och en 20 m bred skydds-zon bevuxen med gräs och buskar finns utmed Svartån. Skydds-zonen lutar uppåt mot ån och förhindrar ytavrinning, sena höstbesprutningar undviks, skyddsavstånd till brunnar tillämpas och sprutan fylls och rengörs på en biobädd.

Av åkermarken utgörs 40 % av mulljord, resterande areal utgörs av mellanleror samt mindre områden av moig morän. Markens pH ligger mellan 6,5 och 7,0. Den del av fastmarksjorden som ligger högre och är lättare ligger på en drumlin och har högt pH, 7,2-7,3.

Gårdens växtodling domineras av odling av foder till grisarna, spannmål och foderärt. En reducerad jordbearbetning tillämpas, vilket innebär att jordarna inte plöjs utan bearbetas med kultivator. Höstvetete direktsås efter ärt och lin. Två växtföljder tillämpas. På lerjorden odlas spannmål, ärter och oljeväxter med höstvetete som dominerande gröda. På mulljorden odlas potatis vart tredje år med stråsåd resterande år. Ungefärlig växtföljd på lerjorden:

1) Höstvetete, 2) Havre, 3) Höstvetete, 4) Ärt, 5) Höstvetete, 6) Lin

I tabell 23 presenteras en översikt över användningen av bekämpningsmedel i odlade grödor under 2003-2005, uttryckt som aktiv substans och dosyteindex (DYI). Under dessa år var den genomsnittliga användningen på gården 1540 g aktiv substans/ha och år. Lerjorden på gården gränsar till invallade områden med mulljord och har en relativt hög mullhalt, 4-5 %, vilket är en av förklaringarna till en riklig förekomst av ogräs. Även den höga andelen höstsäd i kombination med reducerad jordbearbetning, medför ett högt ogrästryck av både ört- och gräsogräs och ogräsbekämpningen i spannmål var relativt hög. Lin och ärt är svaga konkurrenter som ogräs (Lundkvist & Fogelfors, 1999) och användningen av ogräsmiddel i dessa grödor var också omfattande. Mulljorden har en mycket riklig ogräsförekomst med stort behov av ogräskontroll i både spannmål och potatis. Användningen av ogräsmiddel dominerade i de flesta grödor men potatisen behandlades frekvent med svampmedel mot bladmögel. Sammanlagt DYI i potatisen var över 10. Glyfosat mot framförallt kvickrot finns inte med i nedanstående redovisning men i genomsnitt behandlades en fjärdedel av arealen varje år. I grödan lin finns dock glyfosat med i tabellen eftersom substansen används varje år som avdödning av grödan före skörd.

Tabell 23. Användning av bekämpningsmedel 2003-2005 på Örebrogården. *DYI=dosyteindex.*

Gröda	Aktiva ämnen	g/ha aktiv substans 2003, 2004, 2005	Medel år 2003-05 DYI
Höstvete	<i>Ogräs</i> ¹ : tifensulfuronmetyl, tribenuronmetyl, fluroxypyr, florasulam, MCPA, klopyralid, sulfosulfuron, isotroturon (används inte längre), diflufenikan	60-330, medel 220	1,3
	<i>Svamp</i> ² : protiokonazol, azoxystrobin, pyraklostrobin, prokloraz	0-270, medel 140	0,5
	<i>Insekt</i> ³ : deltametrin	0-7, medel 2	0,2
Havre	<i>Ogräs</i> ⁴ : tifensulfuronmetyl, tribenuronmetyl, fluroxypyr, florasulam, klopyralid, MCPA	40-370, medel 160	1,2
Korn	<i>Ogräs</i> ⁵ : tifensulfuronmetyl, tribenuronmetyl, fluroxypyr, florasulam, MCPA	70-200, medel 130	1,4
Foderärt	<i>Ogräs</i> ⁶ : basagran, aklonifen, kletodim	1040-1070, medel 1060	1,6
Oljelin	<i>Ogräs</i> ⁷ : kletodim, metsulfuronmetyl, amidosulfuron, MCPA, glyfosat	1720-1810, medel 1760 varav 1440 glyfosat	2,0
	<i>Insekt</i> ⁸ : esfenvalerat		0,5
Matpotatis	<i>Ogräs</i> ⁹ : metribuzin, rimsulfuron	300-470, medel 435	2,3
	<i>Blastdödning</i> ¹⁰ : dikvatbromid, karfentrazonetyl	250-800, medel 550	1,1
	<i>Svamp</i> ¹¹ : mankozeb, propamokarb, fluazinam, metalaxyl-M, cyazofamid	4630-7730, medel 6690	7,1

Produktnamn: 1)Harmony Plus 50T, Starane 180, (XL), Primus, Ariane S, MCPA, Monitor, Cougar, 2)Proline EC 250, Amistar, Comet, Sportak EW, 3)Decis 4)Harmony Plus 50T, Starane 180 (XL), Primus, Matrigon, MCPA, 5)Harmony Plus 50T, Starane 180 (XL), Primus, MCPA, 6)Basagran SG, Fenix, Select, 7)Select, Ally20DF, Gratil75GW, MCPA, Roundup Bio 8)Sumi-alpha 5WF, 9)Sencor, Titus, 10)Reglone, Spotlight, 11)Tattoo, Epok, Ranman

4.3.2 Identifiering av risker

Innan arbetet i dialoggruppen startades gjordes en första översiktlig identifiering av de största riskerna för läckage till ytvattnet Svartån (Tab. 24). Denna baserades på nuvarande användning av bekämpningsmedel på fallstudiegården, vilken är typisk för användningen generellt i Örebroområdet med liknande produktion och reducerad jordbearbetning. Det var framförallt de lätttrörliga ogräsmedlen som utgjorde problem vad gäller läckagerisk till vatten. De många bekämpningarna med svampmedel i potatis bedömdes också som en potentiell risk. Vi frågade oss också i vilken grad mulljorden, som är biologiskt mycket aktiv, minskar risken för läckage.

Tabell 24. Inledande översiktlig analys av riskerna med kemiska bekämpningsmedel i vattenskyddsområde för ytvatten och möjliga åtgärder utan större förändringar i produktionssystemet.

Risk för vattenkvaliteten	Orsak till risk	Orsak till användning	Möjliga åtgärder
Kemikalieintensiv gröda — potatis	Många behandlingar ökar antalet tillfällen för oavsiktilig spridning, t.ex. via vindavdrift, se också tabell 14	Utebliven bekämpning av bladmögel kan leda till stora skördeföruster	Bladmögelprogno­ser, resistent sort, större radavstånd, men åtgärderna kompenserar inte för utebliven kemisk bekämpning
Metribuzin	Läckagekänsligt, hittas i ytvatten	Ogräs i potatis, mycket högt ogräs­tryck på mulljorden	Svårt. Mekanisk ogräsreglering på mulljord problematisk, kräver handrensning
Monitor, flyroxypyr m.fl.	Läckagekänsliga ämnen, hittas i ytvatten	Ogräs i framförallt höstvetete, inte minst gräsogräs. Stor ekonomisk kostnad av inte spruta höstvetete	Alternativa preparat, minskad andel höstvetete i växtföljden, ökad jordbearbetning
Bentazon	Mycket lätt­rörligt, hittas mycket frekvent i ytvatten	Ogräs i ärt som konkurrerar dåligt mot ogräs	Alternativa preparat, ogräsharvning
MCPA	Läckagekänsligt, hittas ofta i ytvatten	Ämnet bekämpar åkertistel effektivt, växande problem med tistel	Alternativa preparat, odlingsteknik t.ex. vårplöjning

4.3.3 Möjliga förändringar

Vid det första dialoggruppsmötet diskuterades behovet av bekämpningsmedel utifrån lantbrukets perspektiv på fallstudiegården och i området i stort. Konsekvenser av olika slags begränsningar togs också upp. Det konstaterades att det finns risk att alltför generella begränsningar slår hårt mot lantbruket och att man skulle kunna uppnå i stort sett samma riskminskning vad gäller läckage till vatten genom att analysera specifika förhållanden och specifika risker i ett VSO vad gäller preparat och användning. Begränsningarna skulle då kunna bli mer riktade mot den användning som medför störst risk. I projektet var inriktningen att minska riskerna för det diffusa läckaget av bekämpningsmedel vid normal användning och säker hantering. Men flera deltagare menade att det fortfarande finns mycket kvar att göra för att förbättra själva hanteringen av bekämpningsmedel på gårdarna, såsom påfyllning, sprutrensning, funktion hos sprutan, för att minska punktutsläppen. Fallstudiegården tillämpar dock redan idag en säker hantering. Som nämnts ovan finns gräsbevuxna skydds­zoner som inte sprutas utmed diken och även i stor utsträckning i hela området, vilket är en åtgärd för att minska ytavrinning och vindavdrift.

Vid det första dialoggruppsmötet var vi överens om att KemI:s lista över lätt­rörliga ämnen (KemI, 2008a) skulle vara utgångspunkten för en genomgång av gårdens användning av bekämpningsmedel och analys av risker för läckage (Tab. 25). Först diskuterades möjliga

förändringar på mulljorden där lättrorliga ämnen används i både spannmål (MCPA) och potatis (metribuzin). Flera deltagare menade att det är oerhört svårt att odla på mulljord utan kemiska ogräsmedel, eftersom ogrässtrycket är mycket stort. Det är exempelvis svårt att klara en potatisgröda med enbart mekanisk ogräsreglering utan det skulle också krävas omfattande handrensingsinsatser för att inte få en 'skog av ogräs' istället för potatis. Det finns sedan tidigare, via simuleringar av läckage med MACRO-modellen, indikationer på att läckaget även av rörliga substanser är mycket lågt på mulljordar (Odling i Balans, 2006a). Därför beslöt vi att avvakta med att formulera alternativ för odlingen på mulljord tills vi gjort nya simuleringar med MACRO för mulljorden.

På gårdens lerjordar var höstveten en viktig gröda och vi diskuterade problemen med gräsogräs, bland annat vitgröe, som har ökat under senare år. Problemet fanns också med vissa svårbekämpade örtogräs som snärjmära, viol och veronika. Valet av preparat styrdes av dessa problem, till exempel användning av Starane och Monitor. Ogräsförsök under 2005-2007 i Mellansverige visade väsentligt högre skördeökningar i höstveten, från 15 upp till 40 %, vid ogräsbekämpning med förekomst av gräsogräs jämfört med om enbart örtogräs förekom (Fältforsk, 2005, -06, -07). På försöksplatser med endast förekomst av örtogräs var skördeökningarna ofta små, från enstaka procent upp till cirka 10 % jämfört med obehandlat höstveten. Ogräsbekämpning i höstveten var således ett viktigt problemområde. I gruppen gjordes bedömningen att jordbearbetningen på gården skulle behöva förändras radikalt, med intensivare stubbearbetning och plöjning vissa år för att uppnå en betydande minskning av användningen av ogräsmedel i den spannmålsdominerade växtföljden. Även i denna dialoggrupp diskuterades användningen av fenoxisyran MCPA som används mot åkertistel. Vid byte till mindre rörliga preparat som har sämre tisteffekt behöver bekämpningen kompletteras med andra åtgärder, till exempel kraftfullare jordbearbetning som vårplöjning, och fånggrödor som kan konkurrera med tisteln efter spannmålsskörden. Ogräsharvning i vårspannmål och ärt skulle kunna vara ett alternativ till den kemiska bekämpningen för att reglera ettåriga örtogräs. Vid rätta betingelser (inte för fuktigt och regnigt) hävdar sig ogräsharvning bra både ekonomiskt och vad gäller effekt på ogräsen (Lovang, T. pers. komm.). Harvningen är dock en osäkrare strategi där timingen i åtgärden är mycket viktig (Lundkvist och Fogelfors, 1999), det vill säga att harvningen måste ske när ogräsen är som mest känsliga.

Tabell 25. Lättrörliga ämnen som används på gården på lerjorden och diskussion om möjliga åtgärder.

Gröda	Lättrörliga ämnen som används	Kommentar	Möjliga alternativ
Spannmål, lerjord	Fluroxypyr, florasulam, klopuralid, MCPA, sulfosulfuron	Preparat mot både gräs- och örtogräs	Alternativa preparat, ogräsharvning i vårsäd, ökad jordbearbetning i hela växtföljden inkl. plöjning
Ärt	Bentazon		Alternativa preparat, ogräsharvning
Lin	Metsulfuronmetyl, MCPA	Öppen gröda som konkurrerar dåligt med ogräs	Inga alternativ formulerades

4.3.4 Utvärdering av risker för läckage till vatten med MACRO-modellen

Utformningen av alternativen med byte av substanser gjordes i nära samarbete med lantbrukaren på fallstudiegården samt områdets växtodlingsrådgivare efter det första dialoggruppsmötet. De alternativa substanserna var av KemI betecknade som icke-rörliga. Alla läckagebenägna substanser som användes i nuläget var ogräsmedel utom substansen metalaxyl-M som användes mot bladmögel i potatis. Odlingen på mulljorden, potatis och spannmål, utvärderades först. Resultaten visade 0-risk, det vill säga simuleringen visade att inga substanser fanns i dräneringsvattnet på 1 m's djup. Det gällde även ämnen med hög rörlighet som ogrässubstanserna MCPA, fluroxypyr och metribuzin samt svampmedlet metalaxyl-M. Detta resultat medförde att vi inte formulerade några alternativ för den kemiska bekämpningen på mulljorden.

För grödorna på lerjorden utvärderades både nuvarande bekämpningsstrategi och alternativa substanser. Bekämpningen i grödan lin har dock inte utvärderats. Dessutom har inte körningar med glyfosat utförts eftersom substansen inte ingår i MACRO-modellen. Jordartskaraktäristiken för jordprofilen med måttligt mullhaltig mellanlera på Örebrogården som använts i simuleringen var:

	Nivå 0-30 cm	30-90 cm
lerhalt, %	34	37
sandhalt, %	10	10
mo-mjåla (silt), %	56	53

Resultaten av läckagerisk visade att de ämnen som angetts av KemI som läckagekänsliga också visade hög risk i körningarna för Örebro (Tab. 26). MCPA och fluroxypyr påträffas också i stor utsträckning i miljöövervakningen av jordbruksbäckar. Halterna har ibland legat över gränsvärdet för dricksvatten, 0,1 µg/l (Adielsson et al., 2007).

Tabell 26. Läckagerisk av användning av bekämpningsmedel i en mellensvensk växtföljd på en måttligt mullhaltig mellanlera (lin har inte analyserats), A nuläge, B alternativ behandling med ämnen med lägre läckagebenägenhet. Simulerad medelhalt i vatten på 1 m's djup med MACRO-GV. Fetmarkerade substanser finns med på KemI:s lista över lättlörliga ämnen (KemI, 2008a).

A NULÄGE	Substanser och simulerad koncentration i vatten, µg/l			Substans med simulerad koncentration >0,1 µg/l	
Höstvete ¹	tribenuronmetyl 0,082	tifensulfuronmetyl 0,036	sulfosulfuron 1,705	sulfosulfuron	
Havre ²	tribenuronmetyl 0,036	tifensulfuronmetyl 0,024	fluroxypyr 0,575	MCPA 3,354	fluroxypyr, MCPA
Höstvete ³	tribenuronmetyl 0,082	tifensulfuronmetyl 0,036	fluroxypyr 0,580	fluroxypyr	
Ärt ⁴	bentazon 1,475	aklonifen 0,002	kletodim 0,082	bentazon	
Höstvete ¹	tribenuronmetyl 0,082	tifensulfuronmetyl 0,036	sulfosulfuron 1,705	sulfosulfuron	
Lin	-	-	-	-	-

Produktnamn: 1) Harmony Plus50T, Monitor, 2) Harmony Plus50T, Starane 180, MCPA, Top 3) Harmony Plus50T, Starane 180, 4) Basagran, Fenix, Select.

Fortsättning Tabell 26.

B ALTERNATIV BEHANDLING	Substanser och simulerad koncentration i vatten, µg/l				Substans med simulerad kon- centration >0,1 µg/l
Höstvete ¹	tribenuronmetyl 0,082	tifensulfuronmetyl 0,036	fenoxaprop-P 0,003	amidosulfuron ⁵ 0,428	(amidosulfuron)
Havre ²	tribenuronmetyl 0,036	tifensulfuronmetyl 0,024	amidosulfuron ⁵ 0,192		(amidosulfuron)
Höstvete ³	tribenuronmetyl 0,082	tifensulfuronmetyl 0,036			
Ärt ⁴	aklonifen 1 0,008	aklonifen 2 0,002	kletodim 0,082		
Höstvete ¹	tribenuronmetyl 0,082	tifensulfuronmetyl 0,036	fenoxaprop-P 0,003	amidosulfuron ⁵ 0,428	(amidosulfuron)
Lin	-	-	-	-	-

Produktnamn 1: Harmony Plus50T, Monitor, 2: Harmony Plus50T, Starane 180, MCPA, Top 3: Harmony Plus50T, Starane 180, 4: Basagran, Fenix, Select, 5: i simuleringen finns inte effekten av pH med, ämnet är endast rörligt vid höga pH.

I vårt alternativ minskar riskerna för vattenkvaliteten betydligt, speciellt som den simulerade halten av amidosulfuron (Gratil) kan vara en artefakt på grund av att effekten av pH inte är inkluderad i MACRO. Den höga rörligheten för sulfosulfuron exemplifieras av att den simulerade halten var hög trots att det är ett lågdosämne, endast 15 g/ha tillförs. De minskade riskerna innebär samtidigt sannolikt en försämrad ogräseffekt eftersom de alternativa substanserna inte är lika effektiva mot de specifika ogräs som gården har problem med. Sulfosulfuron (Monitor) som används mot kvickrot och även mot andra gräsogräs i växande höstvete har vi ersatt med fenoxaprop-P (Event Super). Fenoxaprop-P är dock inte effektiv mot kvickrot, vilket innebär att behovet av användning av glyfosat ökar i vårt alternativ (se vidare avsnitt 4.3.5 nedan). Som nämnts ovan finns inte data för glyfosat med i MACRO-GV modellen och eventuell risk har inte kunnat utvärderas. I alternativet har vi lagt till amidosulfuron (Gratil) som ersättning för fluroxypyr (Starane) på grund av problem med snärjmåra. MCPA mot framförallt tistel är, som vi tidigare nämnt, svår att ersätta, och är samtidigt ett av de ogräsmedel som utgör störst risk för vattenkvaliteten. Det mycket läckagekänsliga bentazon ersattes med ytterligare en sprutning med aklonifen (Fenix). Detta medförde en körning extra med ogräsmedel i ärt, det vill säga tre körningar på våren.

I sökandet efter alternativa preparat mot gräsogräs utvärderades även höstsprutning med några preparat, Baccara (aktiva substanser flurtamon och diflufenikan), och Boxer (aktiv substans prosulfokarb), vad gäller läckagerisk. De finns inte upptagna på KemI:s risklista (KemI, 2008a), men visade ändå på risk för kraftigt förhöjda halter i dräneringsvattnet. Ett byte till dessa substanser medförde inte lägre risk jämfört med användning av de lätttrörliga ämnen som spreds på våren i Nulägesalternativet. Dessa resultat visar att höstbekämpningar medför hög risk för läckage på lerjordar, även för ämnen som inte är klassade som lätttrörliga.

Utifrån resultaten av läckagerisk och samtidigt svårigheten att finna lämpliga alternativa preparat gick vi vidare med en mer utförlig analys av olika strategier för ogräsbekämpning för spannmålsväxtföljden på Örebrogården.

4.3.5 Analys av olika strategier för ogräsbekämpning i en växtföljd som domineras av spannmål

Tre strategier för kontroll av ogräs i en stråsådesdominerad växtföljd analyserades kvantitativt avseende odlingsekonomi, användning av energi samt potentiella utsläpp av växthusgaser. Analysen är gjord utifrån förutsättningarna på gården i Örebro med jordarten mellanlera. De största skillnaderna mellan alternativen består av hur kvickrot regleras. Data för A Nuläge har till stor del hämtats från fallstudiegården sydväst om Örebro. Utgångspunkten för B Byte preparat var att ersätta läckagebenägna substanser med alternativ vilka beskrivs i avsnitt 4.3.4. ovan. I det tredje alternativet, C Mekanisk, gjordes större förändringar där en del av den kemiska ogräskontrollen ersattes med mekanisk bekämpning.

A Nuläge	Plöjningsfri odling med reducerad bearbetning och kemisk kontroll av annuella och perenna ogräs. Kvickroten bekämpas med Monitor två år av sex och Roundup ett år av sex.
B Byte preparat	Plöjningsfri odling med reducerad bearbetning och kemisk kontroll av annuella och perenna ogräs. Läckagebenägna substanser har ersatts med mindre läckagebenägna. Kvickroten bekämpas med enbart Roundup.
C Mekanisk	System med en kombination av plöjning och reducerad bearbetning, samt en kombination av kemisk och mekanisk ogräskontroll. Plöjning, stubbearbetning och ogräsharvning ersätter en stor del av den kemiska bekämpningen. En bekämpning mot kvickrot med Roundup görs i den sexåriga växtföljden.

För att göra konsekvensanalyser vad gäller odlingsekonomi och miljöpåverkan av de olika ogrässtrategierna behöver effekter på skördenivåerna uppskattas. Vi utgick från befintliga genomsnittsskördar på fallstudiegården i A Nuläge och jämförde det ekonomiska resultatet för alternativen både med oförändrad skörd och med antaganden om en 5 procent lägre skörd i B Byte preparat på grund av mindre effektiva preparat, samt en genomsnittligt 10 procent lägre skörd i C Mekanisk framförallt på grund av en högre ogräsförekomst. Antagandena är dock mycket osäkra och effekten på skörden beror mycket på platsspecifika förutsättningar vad gäller till exempel jordart och ogräsflora.

Av tabell 27 framgår de indata som använts i analyserna. I A utförs en kraftigt reducerad jordbearbetning i linje med fallstudiegårdens maskinkedja. I B har endast de kemiska ogräsmedlen bytts ut till andra preparat, medan vi har skissat på en övergång till mekanisk ogräsreglering i flera grödor samt introduktion av plöjning under fyra år av sex i det mekaniska alternativet. Gödslingen med växttillgängligt kväve, både svinflytgödsel och mineralgödsel, är skörderelaterad och utgår från följande beräkningsmodell för höstvet: 20 kg N + 20 kg N/ton kärnskörd per ha; för havre: 20 kg N + 15 kg N/ton kärnskörd per ha. För lin utgick vi från ett behov av 90 kg N för 2 500 kg/ha fröskörd samt tillägg eller avdrag med 3 kg N/100 kg frö som avvek från 2 500 kg.

Tabell 27. Uppgifter om växtodlingen i olika alternativ för ogräskontroll på fallstudiegården som använts i ekonomiska och miljömässiga konsekvensanalyser. Grunden för data i nuläget A har hämtats från fallstudiegården i Örebro.

A NULÄGE

Gröda	Skörd kg/ha	Ogräskontroll	g aktiv substans/ha	Jordbearbetning, antal körningar, redskap	Gödsel-N kg/ha	Diesel l/ha
Höstvete	6 500	2,2 Harmony Plus 50T + 18,75 Monitor	8+15	½ tallriksharv	150	50
Havre	5 500	1,8 Harmony Plus 50T + 0,3 Starane 180 + 1,5 MCPA	7+54+1125	2 tallriksharv	103	59
Höstvete	6 500	2,2 Harmony Plus 50T + 0,5 Starane 180	8+90	2 tallriksharv	150	56
Ärt	4 700	1:a 0,4 Basagran SG + 1 Fenix, 2:a 0,5 Select	522+600+1 20	2 tallriksharv	0	47
Höstvete	6 800	2,2 Harmony Plus 50T + 18,75 Monitor	8+15	1,5 tallriksharv	135 ¹	56
Lin	2 700	1:a 0,5 Select, 2:a 1 Ally 50ST + 10 Gratil + 0,33 MCPA, 3:e 4 Roundup Bio	120+2+8+ 250+1440	2 tallriksharv	96	45

Medeltal för kemisk ogräsbekämpning i växtföljden: 730 g/ha aktiv substans, DYI 1,9.

1: Den skörderelaterade givan har sänkts på grund av en förfruktseffekt av ärt motsvarande 20 kg N/ha.

B BYTE PREPARAT

Gröda	Skörd kg/ha (-5 %)	Ogräskontroll	g aktiv substans/ ha	Jordbearbetning, antal körningar, redskap	Gödsel-N kg/ha	Diesel l/ha
Höstvete	6 175	2,2 Harmony Plus + 1 Event Super + 15 Gratil	8+70+11	½ tallriksharv	144	50
Havre	5 225	1,8 Harmony Plus + 15 Gratil	7+11	2 tallriksharv	98	59
Höstvete	6 175	2,2 Harmony Plus + 4 Roundup Bio	8+1440	2 tallriksharv	144	56
Ärt	4 465	1:a 2 Fenix, 2:a 2 Fenix, 3:e 0,5 Select	1200, 600, 120	2 tallriksharv	0	47
Höstvete	6 460	2,2 Harmony Plus + 1 Event Super + 15 Gratil	8+70+11	1,5 tallriksharv	130 ¹	56
Lin	2 565	1:a 0,5 Select, 2:a 1 Ally 50ST + 10 Gratil + 0,33 MCPA, 3:e 4 Roundup Bio	120, 2+8+ 250, 1440	2 tallriksharv	92	45

Medeltal kemisk ogräsbekämpning i växtföljden: 890 g/ha aktivsubstans, DYI 2,5.

1: Den skörderelaterade givan har sänkts på grund av en förfrukteffekt av ärt motsvarande 20 kg N/ha.

C MEKANISK

Gröda	Skörd kg/ha (-10%)	Ogräskontroll	g aktiv substans /ha	Jordbearbetning, antal körningar, redskap	Gödsel-N kg/ha	Diesel l/ha
Höstvete	5 850	1 ogräsharvning tidig vår	-	½ tallriksharv	137	50
Havre	4 950	1 blindharvning, 1 ogräsharvning	-	1 stubbearb, plöjning	94	76
Höstvete	5 850	2,2 Harmony Plus	8	plöjning	137	71
Ärt	4 230	1 blindharvning, 1 ogräsharvning	-	1 stubbearb, plöjning	-	67
Höstvete	6 120	2,2 Harmony Plus + 15 Gratil	8+11	1,5 tallriksharv	122 ¹	55
Lin	2 430	0,5 Select, 1 ogräsharvn, 4 Roundup Bio	120+1440	1 stubbearb, plöjning	90	74

Medeltal kemisk ogräsbekämpning i växtföljden: 260 g/ha aktivsubstans, DYI 0,8.

1: Den skörderelaterade givan har sänkts på grund av en förfrukteffekt av ärt motsvarande 20 kg N/ha.

I B medför bytet av preparat en ökad användning av mängden kemiska ogräsmedel, till en del orsakad av en ökad användning av glyfosat. Denna substans används i högre dos, 1 440 g/ha, jämfört med lågdosämnet sulfusulfuron (Monitor), 15 g/ha, som används mot kvickrot i nuläget.

Men, som nämnts tidigare är använd mängd substans ett trubbigt verktyg för att bedöma olika slags risk, som läckagebenägenhet och ekologiska effekter i miljön (Åkerblom, 2004; SJV 2008a).

Förändringarna i C är stora och bekämpningsåtgärderna rymmer en större osäkerhet vad gäller effekt än en rent kemisk ogräsbekämpning. Arbetstidsåtgången för växtodlingen i C skiljer sig också kraftigt från nuläget. En ändrad jordbearbetning är sannolikt nödvändig för att klara ogräsen vid en så pass låg användning av kemisk bekämpning (Rydberg, T. pers.komm.).

4.3.6 Konsekvenser för ekonomin

Räknar man med att de olika ogrässtrategierna inte påverkar skörden, vilket inte är särskilt troligt, var skillnaderna liten mellan de olika alternativen. Resultatet sjönk med cirka 350 kr/ha i det mekaniska alternativet jämfört med nuläget (Tab. 28).

Tabell 28. Ekonomiskt resultat (tb 2) per hektar för en spannmålsdominerad växtföljd i Örebro-området med olika strategier för ogräsreglering. Kalkylerna bygger på antagandet att skörden är lika i de olika alternativen (se Tab. 27, skörd i A Nuläge).

OFÖRÄNDRAD SKÖRD	Ekonomiskt resultat, kr/ha		
	A Nuläge	B Byte preparat	C Mekanisk
Gröda			
Höstvete	4 640	4 330	5 230
Havre	2 450	2 490	1 880
Höstvete	4 590	4 670	3 930
Ärt	3 330	3 010	3 140
Höstvete	4 910	4 590	5 140
Lin	1 530	1 480	610
Medel	3 580	3 430	3 320
Relativtal, %	100	96	93

Orsaken till skillnaderna i resultat vid oförändrad skörd ligger i lägre kostnader för preparat i alternativ C jämfört med A och B. Å andra sidan är de högre maskinkostnaderna, + 600 kg/ha, i C jämfört med nuläget utslagsgivande för det totala resultatet. Resultaten bör ses över växtföljden som helhet eftersom jordbearbetningen är en växtföljdsstrategi och inte en åtgärd enbart för årets gröda. Det är naturligt nog i de grödor i växtföljden där jordbearbetningen ökas med stubbearbetning och plöjning, som resultatet sjunker. I två av höstvetegrödorna, efter lin och ärt, tillämpades samma reducerade jordbearbetning i C som i A Nuläge och resultatet för dessa grödor är högre i C på grund av sparade kostnader för bekämpning.

Räknar man med en minskad skörd för alternativen förändras resultatet väsentligt, det sjunker med 1 000 kr/ha för C jämfört med A varav 350 kr är beroende på ökade kostnader och 650 kr på lägre intäkter via skörd (Tab. 29). Resultatet är således starkt beroende av om skördenivån kan hållas uppe vid alternativa ogrässtrategier.

Tabell 29. Ekonomiskt resultat (tb 2) per hektar för en spannmålsdominerad växtföljd i Örebro-området med olika strategier för ogräsreglering. Kalkylerna bygger på antaganden om lägre skörd i B Byte preparat och i C Mekanisk.

FÖRÄNDRAD SKÖRD	Ekonomiskt resultat, kr/ha		
	A Nuläge	B Byte preparat 5 % lägre skörd	C Mekanisk 10 % lägre skörd
Gröda			
Höstvete	4 640	3 900	4 380
Havre	2 450	2 180	1 250
Höstvete	4 590	4 250	3 075
Ärt	3 330	2 640	2 390
Höstvete	4 910	4 150	4 250
Lin	1 530	1 210	70
Medel	3 580	3 050	2 570
Relativtal, %	100	85	72

4.3.7 Konsekvenser för energianvändning och klimatpåverkan

Vid beräkningen av energianvändning och potentiella climateffekter har en genomsnittsskörd för alla grödor i den sexåriga växtföljden använts. Användningen av energi för att producera ett kg gröda beräknades för de insatsmedel som skiljde sig åt mellan de tre alternativen, dieselförbrukning, kvävegödsling och användning av kemiska ogräsmedel. Energianvändningen har beräknats för den totala förbrukningen av primär energi i hela livscykeln för insatsmedlen. Användningen av energi för att producera ett kg gröda var 18 % högre i C Mekanisk (Tab. 30) jämfört med A Nuläget, vilket främst orsakas av den högre dieselanvändningen per hektar, 66 l/ha respektive 52 l/ha i genomsnitt för hela växtföljden, men även i stor utsträckning av den lägre skörden eftersom beräkningen är gjord per kg produkt. Eftersom utsläpp av växthusgaser inte är en lokal miljöeffekt utan påverkan är global, är det relevant att beräkna miljöeffekterna per kg producerad vara.

Tabell 30. Användning av primär energi samt utsläpp av växthusgaser per kg gröda i genomsnitt över den sexåriga växtföljden i Örebro-fallstudien orsakade av användning av kvävegödsel, diesel och bekämpningsmedel i A Nuläge, och C Mekanisk vad gäller ogräskontroll.

MILJÖEFFEKT	Medel för sexårig växtföljd		
	A Nuläge	C Mekanisk -10 % skörd	Förändring %
Energianvändning, MJ/kg gröda	1,2	1,42	+18
Klimatpåverkan, Global Warming Potential, kg CO ₂ -ekv/kg gröda ¹	0,267	0,287	+ 7

¹ Källor för utsläppsberäkningar: CO₂ diesel Ecoinvent (2003), produktion av mineralgödsel Jensen & Kongshaug (2003), beräkningarna utgick från dagens handelsgödselproduktion med utsläpp av 6,8 kg CO₂-ekvivalenter/kg N, emissionsfaktor för direkt lustgasavgång från mark IPCC (2006).

Utsläppen av N₂O, som är en mycket kraftig växthusgas (310 ggr effekten av CO₂), och CO₂

som orsakas av användning av diesel och kväve resulterade i en emission av 0,3 kg CO₂-ekvivalenter per kg gröda. Resultatet visade något högre sammanlagd emission för det mekaniska alternativet. Orsaken var den högre dieselanvändning och den lägre skörden. Utsläppen per hektar av N₂O var cirka dock 5 % lägre i C än i nuläget A på grund av lägre kvävegödselgivor, men den lägre skörden medförde att utsläppen av N₂O var något högre per kg produkt i C. Med vår metod att beräkna skörderelaterad gödsling (se s. 45) blev kväveeffektiviteten något lägre i scenarierna med lägre skörd än i nuläget, vilket orsakar detta resultat. Men samtidigt utgör emissionerna från dieselanvändningen den större delen av utsläppsskillnaderna.

Slutsatser

Vid en oförändrad spannmålsdominerad växtföljd som hög andel höstsäd kan alternativ med lägre risker för att bekämpningsmedel ska läcka till omgivande vattendrag få relativt stora konsekvenser för brukarens ekonomi och även för odlingens energianvändning och klimatpåverkan. Resultaten är dock platsspecifika och beror bland annat på hur kraftig förekomsten av ogräs är. En nyckelfaktor är möjligheten att hålla uppe skörden även vid de alternativa ogrässtrategierna. En övergång till ogräskontroll med mekaniska metoder medför att arbetsmoment där exakt timing är avgörande för resultatet kan var svåra att hinna med vid optimal tidpunkt. Ett resultat av detta kan bli att lantbrukaren inte kan odla en lika stor areal i alternativ C som i nuläget. Växtföljden med 2/3 spannmål och halva arealen med höstsäd riskerar att uppföröka ogräs och leda till ett starkt beroende av kemiska ogräsmedel. Kombinationen med reducerad bearbetning ökar sannolikt ytterligare behovet av kemisk bekämpning. En framgångsrik mekanisk ogrässtrategi skulle sannolikt i högre grad kunna uppfyllas om både jordbearbetning (som vi föreslagit i alternativ C) och växtföljd modifierades, till exempel genom att minska andelen höstvet.

4.4 Läckagerisken beror av jordart

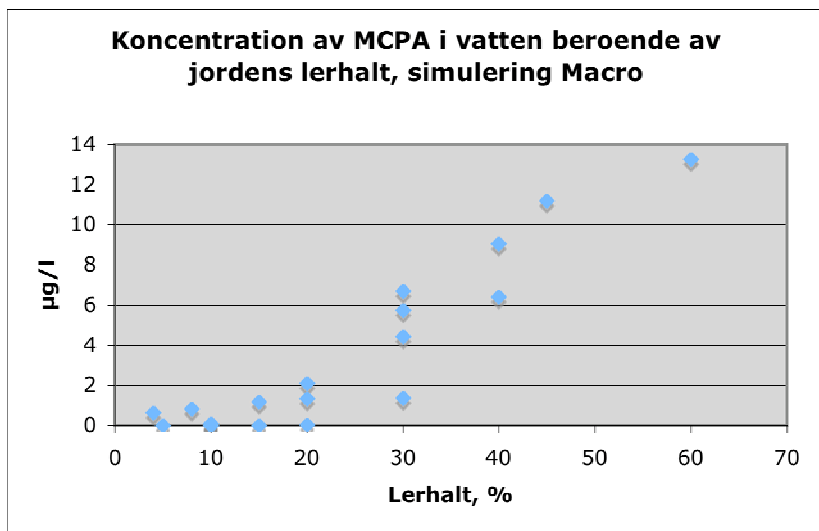
Utvärderingen av läckagerisk av bekämpningsmedel i de olika fallstudierna visade jordartens mycket stora betydelse för resultatet. Exempelvis visade MCPA betydligt högre läckagerisk på mellanleran i Örebro jämfört med på lättleran i Skåne och ännu mindre var den simulerade risken på den mycket lätta mojord i Halland. Detta exempel visade att läckagerisken inte generellt är högre på lätta så kallade genomsläppliga jordar, vilket anges som generell riktlinje för restriktioner i användning i Naturvårdsverkets allmänna råd (SNV, 2000). Det ska dock påpekas att andra ämnen som exempelvis fluroxypyr, visade relativt likartad risk för både den lätta jorden och mellanleran. Även i tidigare simuleringar har lerjord visat högre risk för läckage än lerfri jord för flera aktiva substanser (Odling i Balans, 2006a). Detta hänger samman med att läckagerisken är stor vid hög förekomst av makroporer i jordprofilen, och makroporflödena är särskilt stora på sprickbildande lerjordar (Stenemo, 2007). Även jordens mullhalt spelar en avgörande roll för läckagerisken, med lägre risk vid höga mullhalter (Odling i Balans, 2006a). Örebro-fallstudien visade ingen risk alls för läckage på mulljorden trots användning av rörliga ogräsmedel eller av kemikalieintensiv bekämpning i potatis.

Som komplettering till våra simuleringar i fallstudierna utförde vi simuleringar för ett set med 20 olika jordarter som väl representerar förekommande jordarter i Sverige. Urvalet gjordes utifrån en representativ databas där över 3000 matjordstyper beskrivs (Eriksson, 1999; Stenemo *et al.*, 2007). Jordarna klassificerades som något mullhaltiga och simuleringarna gjordes för ett genomsnittligt klimat i Västergötland. Vi utförde simuleringarna för två olika aktiva substanser, en rörlig – MCPA, och en som inte klassificeras som rörlig, florasulam. Resultaten visade tydligt att risken för läckage av MCPA kraftigt översteg risken med florasulam (Tab. 31). Den icke-läckagebenägna substansen florasulam visade en simulerad halt på över 0,1 µg/l endast vid de

högsta lerhalterna. Detta resultat är i linje med Stenemo (2007) som visade att det var framförallt för orörliga substanser som makroporflödet på lerjordar medförde stort läckage. Det bör dock påpekas att florasulam finns på KemI:s lista över rörliga ämnen, på grund av att en nedbrytningsprodukt är rörlig, ASTCA, (KemI, 2008a), vilket innebär att man måste simulera läckaget även för nedbrytningsprodukten för att rätt bedöma risken vid användning av substansen florasulam. Generellt ökade läckagerisken betydligt för bägge substanserna med stigande lerhalt (Tab. 31, Fig. 5), men samtidigt gav samma lerhalt en ganska stor spridning i beräknad halt av bekämpningsmedel i vattnet. Risken visade sig vara kopplad både till de olika bekämpningsmedlens egenskaper och till den *genomsnittliga* kornstorleken, med högre risk på en mer fintexturerad jord. Vid samma lerhalt, var således risken högre för jordtyper med hög halt av mo-mjåla och låg sandhalt (Tab. 31). Undantaget från den regeln var de riktigt lätta jordtyperna med 90 procent sand som visade högre risk för läckage av MCPA än flera av jordarna med högre lerhalt.

Tabell 31. Simulerad halt i vatten vid 1 m's djup för MCPA och florasulam för jordarter med olika kornstorleksfördelning.

Jordarter, fördelning mellan olika fraktioner			Simulerad halt av aktiv substans	
Lerhalt, %	Mo-mjålahalt, %	Sandhalt, %	MCPA µg/l	florasulam µg/l
4	6	90	0,635	0,000
5	25	70	0,007	0,000
8	2	90	0,825	0,000
10	70	20	0,107	0,000
10	60	30	0,003	0,000
10	40	50	0,000	0,000
10	20	70	0,000	0,000
15	75	10	1,176	0,002
15	15	70	0,000	0,000
20	60	20	2,117	0,013
20	50	30	1,342	0,007
20	30	50	0,035	0,000
30	60	10	6,712	0,061
30	50	20	5,727	0,087
30	40	30	4,447	0,037
30	20	50	1,376	0,010
40	40	20	9,061	0,087
40	30	30	6,395	0,073
45	45	10	11,208	0,110
60	30	10	13,257	0,135



Figur 5. Simulerad koncentration av MCPA i dräneringsvatten vid olika lerhalt.

5 Diskussion

Dagens växtodling inom jordbruket kan sägas vara beroendet av kemiska bekämpningsmedel mot ogräs, sjukdomar och skadedjur. Användningen har i stort sett legat på samma nivå sedan i mitten av 1990-talet (KemI, 2008c). Vår bedömning är att beroendet inte minskat trots att de använda mängderna minskat. I 2008 års förslag till handlingsprogram för en hållbar användning av bekämpningsmedel (SJV, 2008b) beskrivs att de ekonomiska konsekvenserna skulle bli mycket omfattande om användningen kraftigt skulle begränsas och att nuvarande produktionssystem inte skulle kunna behållas. Vissa bekämpningsintensiva grödor skulle påverkas extra kraftigt såsom potatis och sockerbetor. Det finns också en risk att kommande klimatförändringar och större problem med resistensbildning kommer att leda till ett ökat beroende. Även högre produktpriser ger incitament för en intensivare odling med större insatser av kemisk bekämpning.

Samtidigt är samhällets målsättning att skydda våra vattentäkter från förorening av bland annat kemiska bekämpningsmedel av hög prioritet. Målkonflikterna ställs på sin spets i vattenskyddsområden där jordbruk bedrivs.

5.1 Olika typer av risker

Användning av bekämpningsmedel i jordbruket innebär flera olika typer av risker, både för människa och miljö. I Sverige har ett hälso- och miljöriskindex, pesticide risk index (PRI) använts för att utvärdera förändringen av riskerna. Indexet visar summan av samtliga verksamma ämnens miljö- respektive hälsoriskindikatorer multiplicerat med antalet hektardoser av ämnena som använts under ett år. Antalet hektardoser, det vill säga antalet behandlingar med full dos, har inte minskat sedan slutet av 1980-talet, men både miljöriskindex och hälsoindex baserat på PRI har minskat med 30 respektive 70 procent. Minskningarna skedde fram till 1995 och därefter har indexen varit relativt oförändrade (SJV, 2008a). PRI ger dock inte någon kvantitativ uppskattning av specifika risker utan används för uppföljning av förändringar.

I vårt arbete har vi utvärderat risker för läckage till vatten med fokus på vatten för dricksvattenframställning och därmed utgått från en generellt gränsvärde som gäller för dricksvatten, 0,1 µg/l, oberoende av substansernas miljö- och hälsorisker. Simuleringsmodellen MACRO-GV som använts i detta projekt gör, till skillnad från PRI, en kvantitativ simulering av risken vid en specifik användning av kemiska bekämpningsmedel. Det är enbart risken för läckage av bekämpningsmedel genom markprofilen som utvärderas i modellen. I VSO finns behov av att göra en sådan kvantitativ uppskattning för att utvärdera risken för högre halter än gränsvärdet för dricksvatten.

Vi vill dock betona att det är viktigt att komplettera det generella gränsvärdet för dricksvatten med ekotoxikologiska gränsvärden för vatten. Sådana värden finns framtagna för ett stort antal ämnen (KemI, 2008b) och gränsvärdena varierar starkt, med värden som ligger mycket under respektive över 0,1 µg/l. När man byter ut preparat för att minska risken för läckage kan det förekomma att mindre läckagebenägna ämnen föreslås, men som har mycket låga ekotoxikologiska gränsvärden, det vill säga har hög giftighet för vattenlevande organismer (Odling i Balans, 2006a). Detta kan exemplifieras i vår studie av utbytet av den mycket läckagebenägna substansen bentazon (Basagran) i årt mot den mindre rörliga aklonifen (Fenix). Bentazon har ett ekotoxikologiskt gränsvärde på 40 µg/l medan motsvarande värde för akloniofen endast är 0,2 µg/l. Man uppnår då en lägre läckagrisk som samtidigt kan medföra en större risk för vattnets organismer. Arbetet med att minska läckagerisken får naturligtvis inte

heller medföra högre hälsorisker för lantbrukarna/sprutförarna. Dessa målkonflikter behöver uppmärksammas i vattenskyddsarbetet.

5.2 Lista över lättrorliga ämnen som beslutsunderlag

Naturvårdsverkets allmänna råd är ett viktigt hjälpmedel när skyddsbestämmelser fastställs inom ett VSO (SNV, 2000). Där finns en lista över lättrorliga ämnen, som uppdateras av KemI (KemI, 2008a), som man ska se särskilt restriktivt på vid tillståndsprövningen. I praktiken används listan ofta som en förbudslista, vilket inte varit intentionen från KemI (Asp, J. pers. komm.). En annan viktig faktor i SNV:s allmänna råd är jordarten. I ett beslutsschema i råden anges att användning av bekämpningsmedel inte bör tillåtas på "genomsläpplig mark" vilket definieras som mullfattiga grovtexturerade jordar med en mullhalt på < 2,5 % och en lerhalt på < 15 %. Vidare sägs att sprickbildningar, rotkanaler och markgångar kan leda till snabb nedtransport av ämnen även i lerjordar, men denna oklara riktlinje finns inte med i beslutsschemat. En grupp vid Naturvårdsverket tillsammans med forskare vid markvetenskap vid SLU utarbetade underlaget till denna jordartsbeskrivning och KemI deltog inte i arbetet (Asp, J. pers. komm.). Den aktuella listan över läckagebenägna substanser baseras på simuleringar med MACRO avseende risk för läckage till grundvatten på marktyper som anses som mest läckagekänsliga och de speglar *inte* genomsnittet av svenska jordbruksjordar.

Utifrån fallstudierna i detta projekt kan vi starkt ifrågasätta beslutsschemat som lämpligt underlag för tillståndsgivning för användning av bekämpningsmedel inom vattenskyddsområden. Flera av de substanser som användes i fallstudieområdena visade en högre läckagerisk på lerjorden i Örebroområdet än på lättjorden i Halmstad. Resultaten ligger i linje med andra studier (Stenemo, 2007; Törner, 2006a) som vi diskuterat i ovanstående avsnitt i rapporten. Våra resultat visade också att vissa rörliga ämnen inte utgjorde läckagerisk under de specifika förhållanden som rådde i fallstudierna. Exempel på detta var låg risk för "högriskämnet" isoproturon i Trelleborgsfallet och även låg risk för läckage av MCPA på den lätta sand-mojorden i Halmstadsfallet. En faktor som kan ha spelat in i Halmstad är att jorden där var måttligt mullhaltig (3-6 % mull, anges till 4,2 % mull i MACRO-modellen), det vill säga hade en mullhalt som var > än 2,5 % som anges som gräns i de allmänna råden. Odling i Balans (2006a) visade att läckagerisken simulerad med MACRO bara var hälften så stor för isoproturon för en måttligt mullhaltig lättlera (3-6 % mull) jämfört med en något mullhaltig lättlera (2-3 % mull). Av vårt arbete framgår dock att kunskapen om mullhaltens starka betydelse för läckagerisken var låg hos aktörer inom VSO och att information om mullhaltsförhållanden kanske därför inte vägs in vid beslut om tillstånd.

I projektets dialoggrupper har vi livligt diskuterat olika alternativ till beslutsschemat enligt de allmänna råden och lämpligheten att tillämpa KemI:s lista över rörliga ämnen som en förbudslista inom den primära vattenskyddszonen. Samtliga har varit överens om att nya metoder för riskanalys av bekämpningsmedel inom VSO behövs. Synpunkter har framförts att listan med läckagebenägna ämnen är för stelbent, åt bägge hållen, risken kan både kraftigt överskattas och underskattas. Att man inte använder substanser som finns med på listan är inte någon garanti för att användningen är riskfri. Många rådgivare och lantbrukare poängterar också vikten av att inte ta till schablonlösningar, utan att verkligen göra en bedömning av aktuell risk inom ett VSO. Konsekvensen kan annars bli kostsamma restriktioner utan ett garanterat gott skydd av vattnet.

Vårt projekt har tagit sin utgångspunkt i utvärdering med hjälp av simuleringsmodellen MACRO, och vi tror, i likhet med Stenemo m.fl., (2005), att simuleringar skulle kunna användas som en del i ett större beslutsunderlag vid tillståndsprövningen. Rådgivarorganisationer eller

LRF i samverkan med kommun och länsstyrelse skulle kunna ta ansvar för samordning av MACRO-simuleringar inom ett VSO. Dessa simuleringar skulle sedan kunna användas av berörda lantbrukare vid tillståndsprövningen.

En generell svårighet vid användning av MACRO-simuleringar för hela VSO är naturligtvis att jordbruksmarken varierar starkt, ibland även inom korta avstånd, både vad gäller jordart och mullhalt. Därför måste kännedom om dominerande markförhållanden, och även viktiga avvikelser, bli ett viktigt kunskapsunderlag för skyddsbestämmelser inom VSO. Vi menar att detta är viktigt eftersom jordkaraktäristiken är en avgörande faktor vid riskbedömningen.

Det är också viktigt att ha i åtanke att en simuleringsmodell inte visar verkligheten utan är just en modell. En sådan är alltid en förenkling av den mycket komplexa verkligheten och rymmer osäkerheter (Stenemo, 2007). När det gäller exempelvis jordartens kraftiga påverkan på risken för läckage behövs ytterligare verifieringar av modellen, detta gäller inte minst för lerjordar med stora makroporflöden.

Resultaten från miljöövervakningen skulle kunna tolkas så att de ger stöd för påståendet att risken för läckage är högre på lerjordar än på lättare jordtyper, men en mängd andra faktorer påverkar naturligtvis också förekomsten av bekämpningsmedel i de undersökta jordbruksbäckarna, såsom hanteringen av bekämpningsmedlen. I typområdet i Skåne med jordarten moränlättilera användes under 2006 i medeltal 1,7 kg aktiv substans ogräsmedel per hektar medan 0,6 kg/ha användes i typområdet med mellanlera i Västergötland (Adielsson m.fl., 2007). När det gäller fynd av bekämpningsmedel var dock skillnaderna mellan områdena liten. Andelen fynd med halter över 0,1 µg/l var 3 % i Skåne och 2 % i Västergötland trots den stora skillnaden i användning.

5.3 Generella konsekvenser för jordbruket vid "strikt" tillämpning av KemI:s lista

En av de första analyserna vi gjorde i fallstudierna var att diskutera konsekvenser och möjliga alternativ till de rörliga ämnen som finns upptagna på KemI:s lista (KemI, 2008a). Vi analyserade användning av bekämpningsmedel i enskilda grödor inom de olika odlingsystem som fanns representerade i vår studie. Samtidigt diskuterades betydelsen av växtföljden och åtgärder i hela odlingsystemet. Från lantbrukets sida framhölls ofta i dialoggrupperna att bekämpningen måste analyseras för hela produktionssystemet. Man kan ha problem med vissa ogräs i hela växtföljden, men väljer att bekämpa dem i den gröda där det är mest lönsamt eller där man har bäst effekt. Det betyder således att det inte är just denna gröda som orsakar ett visst ogräsproblem utan att det är hela odlingsystemet och de naturliga förutsättningarna som påverkar ogräsförekomsten och bekämpningsbehovet.

5.3.1 Spannmål

Höstspannmål

Ett stort antal rörliga ogräsmedel används i höstspannmål. I fallstudierna har vi visat att det finns ett antal möjligheter till mindre rörliga alternativ. Det kan dock uppstå problem om vissa mer svårbekämpade ogräs förekommer där effektiva alternativa preparat saknas. Generellt medför också en användning av få substanser en ökad risk för herbicidresistens. Speciella problem finns vad gäller höstgroende gräsogräs i höstspannmål där en tillämpning av listan skulle kunna leda till en ökning av höstbekämpningen. MACRO simuleringarna för lerjorden i Örebrostudien visade att höstbekämpning av gräsogräs med icke-rörliga ämnen medförde lika hög risk för läckage som vårbekämpning med det rörliga ämnet sulfosulfuron (Monitor). Detta är ett tydligt exempel på risken med att schablonmässigt använda KemI:s lista.

I vårt dialoggrupparbete framkom att det finns ett ökande problem med gräsogräs i den höstsådda spannmålen. Viktiga orsaker till detta är sannolikt en ökande andel höstspannmål i växtföljden, tillämpning av reducerad jordbearbetning samt även möjligtvis varmare och fuktigare höstar de senaste åren. Det sistnämnda leder till ett fuktigare mikroklimat i botten av täta höstvetebestånd, vilket bland annat gynnar vitgröe. Vid stor förekomst av gräsogräs är det svårt att finna alternativ till kemisk bekämpning och det är svårt att uppnå en effektiv ogräsbekämpning med mekaniska metoder. Istället krävs mer radikala förändringar såsom förändrad växtföljd, intensivare jordbearbetning och lägre kväveintensitet. Utebliven kemisk ogräsbekämpning i dagens odlingssystem med höstsäd skulle enligt försök medföra mycket stora skördesänkningar, ofta mer än 40 procent. Man bör dock påpeka att i dessa försök jämförs resultaten av bekämpning med led där man inte gjort någon åtgärd.

Vårspannmål

För vårspannmål medför restriktioner troligtvis mindre problem än inskränkningar för bekämpning i höstsäd. Detta beror till stor del på att gräsogräsen utgör ett mindre problem i vårsäd. Under vissa förutsättningar är dock bekämpningsbehovet stort även i vårspannmål, exempelvis på mulljord där ogräsförekomsten är stor. Mekaniska alternativ såsom blindharvning och ogräsharvning är väl fungerande alternativ vid liten till måttlig förekomst av ogräs och är också kostnadseffektiva. I försök har man dock funnit en större negativ skördepåverkan av ogräsharvning jämfört med kemisk bekämpning. Planeringssituationen förändras sannolikt också vid övergång till mekanisk ogräskontroll. Timingen vad gäller rätt tillfälle för att uppnå en god bekämpningseffekt är mer känslig och därmed finns en ökad risk för att inte hinna utföra bekämpningen vid rätt tid jämfört med kemisk bekämpning. Vidare finns praktisk erfarenhet av att ogräsharvningen är något känsligare för väderpåverkan för att uppnå fullgod effekt. Slutsatsen av resonemanget blir att en övergång till mekanisk ogräskontroll i vårsäd sannolikt skulle leda till ett något sämre ekonomiskt resultat. En kombinerad mekanisk-kemisk strategi för ogräskontroll skulle kunna vara ett bra alternativ utan stora konsekvenser där man har möjlighet till kemisk bekämpning om förutsättningen för mekanisk ogräsbekämpning är ogynnsam.

5.3.2 Oljeväxter

De mest aktuella substanserna av ogräsmedel som används i oljeväxtodlingen är rörliga och finns på KemI:s lista. Butisan Top innehåller två rörliga substanser, metazaklor och kvinmerak, och är ett baspreparat i dagens oljeväxtodling. Besprutningen utförs på hösten vilket ytterligare ökar risken för läckage till vattnet. Ett annat preparat som används på våren mot örtogräs i oljeväxter är Matrigon (klopyralid), men även det ämnet är rörligt och vår analys av Trelleborgsgården visade risk för halter i dräneringsvattnet på över 0,1 µg/l av klopyralid. Riskerna med dessa substanser bekräftas i miljöövervakningen. I övervakningen under 2006 av jordbruksbäcken i typområdet i Östergötland där oljeväxtodlingen är relativt omfattande hittades substanserna i Butisan i höga halter under hösten, upp till 7 respektive 10 µg/l av kvinmerak och metazaklor och strax över 0,1 µg/l av klopyralid (Adielsson m.fl., 2007). Metazaklor har även ett lågt ekotoxikologiskt gränsvärde, 0,2 µg/l, vilket överskreds upprepade gånger under september och oktober månad.

Det finns således starka motiv till att finna andra lösningar än kemisk ogräsbekämpning i oljeväxter och radhackning framstår som ett fungerande alternativ i både Skåne och Mellansverige. Det finns dock ytterligare aspekter vad gäller den mekaniska ogräsbekämpningen i likhet med resonemanget ovan om ogräsharvning i vårspannmål, till exempel att radhackningen är mer väderberoende än den kemiska bekämpningen och att tid måste finnas tillgänglig för radhackning vid rätt tidpunkt.

5.3.3 Sockerbetor

Såsom vi tidigare konstaterat skulle ogräsbekämpningen i sockerbetor bli problematisk vid restriktioner vad gäller de rörliga ogräsmedlen på KemI:s lista. Riskerna kan reduceras genom bandsprutning av betorna och att den kemiska bekämpningen kombineras med mekanisk ogräsreglering såsom radhackning. Utifrån erfarenheter av ekologisk odling av sockerbetor innefattar icke-kemiska alternativ en relativt omfattande handrensning. Eftersom detta är kostsamt skulle en merbetalning krävas jämfört med dagens prisnivå för att uppnå en lönsam sockerbetsodling.

5.3.4 Potatis

Potatis omfattas i de flesta fall av Naturvårdsverkets definition av en kemikalieintensiv gröda, det vill säga fler än sex bekämpningar per säsong. I fallstudierna har vi utfört MACRO-simuleringar av läckaget genom jordprofilen ner till dräneringsdjup av substanserna som används för bladmögelsbekämpning och för ogräsbekämpning. Resultatet visade att det aktiva ämnets egenskaper och jordartförhållanden hade stor påverkan på läckaget, snarare än antalet bekämpningar. Beräkningarna visade noll-läckage på mulljorden i Örebro. På lättjorden i Halmstad visade det rörliga ogräsmedlet Sencor (metribuzin) risk för läckage samt en av fungiciderna, Epok (metalaxyl-M). Eftersom metalaxyl-M är det enda svampmedlet som har en kurerande verkan är det svårt att finna alternativ. Konsekvenserna vid omfattande restriktioner vad gäller svampbekämpning skulle därför sannolikt bli stora. Erfarenheter från ekologisk odling av potatis visar att skördarna är betydligt lägre än i konventionell odling och att det kan vara svårt att odla ekologisk potatis överhuvudtaget i vissa områden på grund av högt smittotryck av bladmögel. Vad gäller ogräsbekämpning däremot kan man i många situationer klara den med mekaniska metoder med oförändrad lönsamhet, undantaget på mulljord. Under våta år kan dock den mekaniska ogräskontrollen bli svår att utföra effektivt på flera jordtyper vilket medför en ökad odlingsosäkerhet.

5.4 Åtgärder för att minska riskerna för läckage av bekämpningsmedel till vatten

5.4.1 Basnivå – säker hantering

En säker hantering av bekämpningsmedlen är en viktig förutsättning för att undvika punktutsläpp av bekämpningsmedel. Inom projektet Säkert växtskydd har man i många år arbetat med informationsspridning till lantbruket om viktiga åtgärden på gården för att förhindra spridning av växtskyddsmedel till vatten (Säkert växtskydd, 2006). En säker hantering är en första basnivå som har mycket stor betydelse för riskerna för läckage. Trots att kunskaperna finns om vikten av olika säkerhetsåtgärder finns det fortfarande brister vad gäller hanteringen, till exempel visar undersökningar att en stor del av lantbrukarna inte lämnar skyddsavstånd till brunnar och vattendrag (Säkert växtskydd, 2006). Det kan räcka att en ogrässprutas spridare går ut över ett mindre vattendrag under några sekunder för att halten av bekämpningsmedel i vattnet ska komma att överstiga 0,1 µg/l.

I projektets dialoggrupper framfördes också synpunkten att det fortfarande finns behov av rådgivningsinsatser för att förbättra hanteringen av bekämpningsmedel.

5.4.2 Åtgärder utan stora förändringar i produktionen

De åtgärdsförslag vi arbetat med i fallstudierna ligger inom denna nivå. Vi har sökt lösningar inom ramen för gårdarnas nuvarande produktionsinriktning. Ett första steg har varit att undersöka möjligheter till och konsekvenser av att byta ut bekämpningsmedel med hög rörlighet till mindre rörliga ämnen. Eftersom det framförallt är ogräsmedel som är rörliga har vårt arbete

till stor del handlat om ogräsbekämpning. Sammanfattningsvis kan vi konstatera att det inte är lätt att hitta alternativa preparat som har likvärdig effekt. Det handlar inte heller enbart om att byta ut medel utan konsekvensen blir också sannolikt en ökad användning av de preparat man har tillstånd att använda. Det är välkänt att detta medför ökade risker för att resistens utvecklas hos skadegörare och ogräs mot dessa medel.

Ovanstående synpunkter har medfört att vi också analyserat lösningar där den kemiska ogräsbekämpningen helt ersatts av mekanisk reglering. Under rätt förutsättningar med bland annat ett måttligt ogrästryck och en inte alltför mullrik jord kan mekanisk ogräsreglering med hackning i höstraps, kupning i potatis och ogräsharvning i ärt och vårspannmål vara konkurrenskraftiga alternativ till den kemiska bekämpningen. I andra grödor, som exempelvis sockerbeter, är bedömningen en annan. Konsekvenserna för skördeutbyte och lönsamhet skulle bli stora vid övergång till mekanisk ogräsreglering. Vi har också poängterat att riskerna kan minska genom att i högre grad än idag kombinera kemisk och mekanisk bekämpning.

En annan åtgärd som tillämpades på Örebrogården var att anlägga gräsbevuxna skyddszoner utmed vattendrag och diken. Ju mer mark lutar mot vattendraget desto bredare skyddszon behövs. Ett vanligt rekommenderat avstånd är 6-10 m (Länsstyrelsen Örebro län, 2004). Det är viktigt att vegetationen på skyddszonen är tät för att den ska stoppa upp ytvatten. Då finns större chans att de kemiska substanserna bryts ner i den biologiskt aktiva zonen. Skyddszonen utgör även ett skydd mot vindavdrift i och med att man inte sprutar nära vattendraget. I dagsläget finns inte vetenskapligt underlag för att kunna kvantifiera betydelsen av skyddszoner. Att de har en effekt är dock belagt. I norska studier fann man att partikelbinda bekämpningsmedel med låg rörlighet, till exempel glyfosat, till hög procent fångades upp av skyddszonen och medförde en reduktion av spridningen på mellan 30 och 70 procent (Syversen & Bechman, 2004). Inom VSO skulle krav på skyddszoner kunna vara en åtgärd för att få tillstånd att använda bekämpningsmedel.

5.4.3 Långsiktiga åtgärder och behov av utveckling och forskning

För att möjliggöra en betydande minskad användning krävs en utveckling av odlingssystem som till större del än idag bygger växtskyddet på andra åtgärder än användning av kemiska bekämpningsmedel. Det handlar om såväl direkta bekämpningsåtgärder som biologisk kontroll av skadegörare eller mekanisk ogräsbekämpning, som om odlingsteknik och växtföljder som förebygger problem med ogräs och skadegörare.

En möjlighet till bättre växtföljder är samverkan mellan gårdar, exempelvis mellan gårdar med djurhållning och vall i växtföljden och gårdar med enbart växtproduktion. Vallen i växtföljden är ett kraftfullt verktyg för reglering av både ettåriga och vissa fleråriga ogräs, som exempelvis åkertistel. På växtodlingsgårdar kan man kanske i framtiden finna andra avsättningsmöjligheter för vallen än som foder, till exempel som råvara för framställning av biogas. Lämpliga fånggrödor/bottengrödor som kan konkurrera mot ogräs, både under grödans växtperiod och under hösten efter skörden av årets gröda, är ytterligare en åtgärd som skulle kunna utvecklas ytterligare.

Ekologisk produktion medför naturligtvis att man helt undviker risken för läckage av bekämpningsmedel. Under rätt förutsättningar har praktiken visat att man kan uppnå en fungerande kontroll av både ogräs och skadegörare i ekologisk produktion. Gårdar med enbart växtodling som har växtföljder utan fleråriga vallar har dock betydligt svårare att klara framförallt de fleråriga ogräsen än till exempel ekologiska mjölkgårdar med en hög andel vall i växtföljden. Det saknas också effektiva bekämpningsmetoder i vissa grödor som exempelvis mot

bladmögel i potatis och metoder för ogräsreglering på jordar med stor förekomst av ogräs såsom mulljordar.

En stor satsning inom forskning och utveckling på alternativa växtskyddsmetoder skulle kunna förbättra möjligheterna till ett minskat beroende av kemisk bekämpning. Vi bedömer det också sannolikt att många alternativa metoder är mer kostnadskrävande än de kemiska, vilket medför behov av ökade intäkter för lantbrukaren, såsom miljöstöd eller högre produktpriser.

6 Referenser

- Adielsson S & Kreuger J. 2008. Bekämpningsmedel (växtskyddsmedel) i vatten och sediment från typområden och åar sam i nederbörd under 2007. Ekohydrologi 104, Avd. för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Adielsson S, Törnquist M & Kreuger J. 2006. Bekämpningsmedel i vatten och sediment från typområden och åar samt i nederbörd under 2005. Ekohydrologi 94, Avd. för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Adielsson S, Törnquist M & Kreuger J. 2007. Bekämpningsmedel (växtskyddsmedel) i vatten och sediment från typområden och åar samt i nederbörd under 2006. Ekohydrologi 99, Avd. för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Asp J. 2008. Personlig kommentar. Kemikalieinspektionen, Sundbyberg.
- Bergkvist P. 2004. Pesticide risk indicators at national and farm level – A Swedish approach. PM 6:2004. KEmikaieinspektionen.
http://www.kemi.se/upload/Trycksaker/Pdf/PM/PM6_04.pdf, 2009-02-13.
- Cederberg C, Wivstad M, Bergkvist P, Mattsson B & Ivarsson K. 2005a. Hållbart växtskydd - Analys av olika strategier för att minska riskerna med kemiska växtskyddsmedel. Rapport MAT21 Nr 6, SLU Service/Repro, Uppsala.
- Cederberg C, Wivstad M, Bergkvist P, Mattsson B & Ivarsson K. 2005b. Environmental assessment of plant protection strategies using scenarios for pig feed production. AMBIO 34, 408-413.
- EC, 2002. The use of plant protection products in the European Union. Data 1992-1999. Office for the Official Publications of European Communities, Luxembourg. <<http://europa.eu.int>>, 2008-12-01.
- EC, 2005. Agricultural Statistics. Data 1999-2003. Office for the Official Publications of European Communities, Luxembourg. <<http://europa.eu.int>>, 2008-12-01.
- Ecoinvent. 2003. Ecoinvent data v1.3. Final reports ecoinvent 2000 No. 1-15. Ecoinvent Centre. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Dübendorf.
- Eksvärd K. 2003. Tillsammans kan vi lära och förändra — deltagardriven forskning för svenskt lantbruk. Centrum för uthålligt lantbruk, SLU, Uppsala.
- Eriksson J, Andersson A & Andersson R. 1999. Åkermarkens matjordstyper. Rapport 4955, Naturvårdsverket.
- EU-kommissionen, 2008. The EU Water Framework Directive, http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html, 2008-07-08.
- Fältforsk, 2005, 2006, 2007. Fältforsk hemsida, <<http://www.ffe.slu.se>>, se Försöksresultat 2005-07 för ogräsförsök i höstvetete i ABC, E och D län, 2008-10-23.
- Greppa näringen, 2005. Kunskapsunderlag för rådgivningsmodul 13C - Vattenskyddsområde. Greppa Näringen. <<http://www.greppa.nu>>, 2008-07-08.
- Jarvis N, Hanze K, Larsbo M, Stenemo F, Persson L, Roulier S, Alavi G, Gärdenäs A & Rönngren J. 2003. Scenario development and parameterization for pesticide exposure assessments for Swedish groundwater. Emergo 2003:4, Report Dep. of Soil Sciences, Div. of Environmental Physics, SLU, Uppsala.
- Jenssen T K & Kongshaug G. 2003. Energy consumption and greenhouse gas emissions in fertiliser production. Proceedings 509. International Fertiliser Society, York, UK. 1-28 pp.
- IPCC. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, Chapter 11. www.ipcc.ch
- ISO 14040:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. ISO 14040:2006(E). International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland.
- ISO 14044:2006: Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and

- guidelines. ISO 14044:2006(E). International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland.
- Jarvis, N. 2008. Personlig kommentar. Inst. för mark och miljö, SLU, Uppsala.
- KemI, 2006. Försålda kvantiteter av bekämpningsmedel 2005. Kemikalieinspektionen, Sundbyberg.
- KemI, 2007. Försålda kvantiteter av bekämpningsmedel 2006: Kemikalieinspektionen, Sundbyberg.
- KemI, 2008a. Lättrörliga ämnen i växtskyddsmedel. Kemikalieinspektionen, februari 2007. <http://www.kemi.se>. 2008-07-09.
- KemI, 2008b. Växtskyddsmedel i Sverige/Riktvärden för ytvatten, Kemikalieinspektionen. <<http://www.kemi.se>>, 2008-07-09.
- KemI, 2008c. Försålda kvantiteter av bekämpningsmedel 2007: Kemikalieinspektionen, Sundbyberg.
- Kreuger J. 2007. Screeningundersökning av pesticidförekomst inom Norra Östersjöns vattendistrikt 2007. Rapport 2007:20, Inst. för miljöanalys. SLU, Uppsala.
- Lundkvist A & Fogelfors H. 1999. Ogräsreglering på åkermark. Rapport 1, Institutionen för ekologi och växtproduktionslära, SLU, Uppsala. Distribution Jordbruksverket, Jönköping.
- Lovang, T. 2008. Personlig kommentar. Lovang Lantbrukskonsult AB.
- Länsstyrelsen Örebro län, 2004. Erfarenheter av skyddszoner. En enkätundersökning bland lantbrukare längs en sträcka av Svartån hösten 2004. Publ. nr. 2004:50
- Miljömål, 2008. <<http://www.miljomal.nu>>, 2008-07-04.
- Nitsch U. 1998. Konsten att informera om miljön. Samhälls- och landskapsplanering nr 3, Institutionen för landskapsplanering, SLU, Uppsala.
- Odling i Balans 2006a. Riskindex för kemiska bekämpningsmedel. Värdering av risken för diffust läckage via dräneringsvattnet samt åtgärder för minskad påverkan från punktutsläpp. Odling i Balans, juni 2006, Vallåkra.
- Odling i Balans 2006b. Förekomst av bekämpningsmedelsrester i dräneringsvattnet efter behandling mot bladmögel i potatis. Odling i Balans, januari 2006, Vallåkra.
- Regeringen, 2005. Regeringens proposition. 2004/05:150. Miljömålspropositionen.
- Rydberg, T. 2008. Personlig kommentar. Inst. för mark och miljö, SLU, Uppsala.
- SCB 2007. Växtskyddsmedel i jord- och skogsbruket 2006. MI 31 SM 0701 Korrigerad version. Statistiska Centralbyrån, Örebro och Jordbruksverket, Jönköping.
- SJV, 2007. Åtgärder mot åkertistel i ekologisk produktion - Råd i praktiken. Jordbruksinformation 11 — 2008. Jordbruksverket.
- SJV, 2008a. Växtskyddsmedel och miljöeffekter — rapport från projektet CAP:s miljöeffekter. Jordbruksverket, Rapport 2008:3.
- SJV, 2008b. Hållbar användning av växtskyddsmedel. Förslag till handlingsprogram. Jordbruksverket, Rapport 2008:14.
- Skåneförsök 2004. Jordbruksförsöksverksamheten Skåne län.. Försöksringarna och Hushållningssällskapen i Skåne. Meddelande nr 71.
- Skåneförsök 2005. Jordbruksförsöksverksamheten Skåne län.. Försöksringarna och Hushållningssällskapen i Skåne. Meddelande nr 72.
- Skåneförsök 2006. Jordbruksförsöksverksamheten Skåne län.. Försöksringarna och Hushållningssällskapen i Skåne. Meddelande nr 73.
- Skåneförsök 2007. Jordbruksförsöksverksamheten Skåne län.. Försöksringarna och Hushållningssällskapen i Skåne. Meddelande nr 74.
- SLV, 2001. Statens livsmedelsverks föreskrifter om dricksvatten. SLV FS 2001:30.
- SLV, 2008a. Livsmedelsverket, <http://www.slv.se>, Risker med mat, Kemiska ämnen, Bekämpningsmedel, 2009-02-13.
- SLV, 2008b. The Swedish Monitoring of Pesticide Residues in Food of Plant Origin: 2006. EC

- and National Report, A Andersson, G Jansson, A Jansson, Rapport 4 2008, Livsmedelsverket, Uppsala.
- SLU, 2008a. Kompetenscentrum för kemiska bekämpningsmedel. Information om bekämpningsmedel i miljön, <http://ckb.slu.se>, 2009-02-13.
- SLU, 2008b. Växtskyddsmedel i miljön, <<http://vaxtskyddsmedel.slu.se>>, Dricksvatten, Funna substanser, halter, 2009-02-13.
- SNV, 1997. Statens naturvårdsverks föreskrifter om spridning av kemiska bekämpningsmedel. Statens naturvårdsverks författningssamling, SNFS 1997:2
- SNV, 2000. Naturvårdsverkets allmänna råd för tillståndsprövning enligt 14 § SNFS 1997:2 rörande användning av kemiska bekämpningsmedel inom vattenskyddsområde. Naturvårdsverkets författningssamling, NFS 2000:7.
- SNV, 2003a. En basbok om Ramdirektivet för vatten, Rapport 5307, Naturvårdsverket.
- SNV, 2003b. Naturvårdsverkets allmänna råd om vattenskyddsområden. Naturvårdsverkets författningssamling, NFS 2003:1
- Sonesson U, Cederberg C & Wivstad M. 2009. Dialog om växtskydd inom vattenskyddsområden — Erfarenheter från tre fallstudier. SIK rapport Nr 780.
- SOU 2007. Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Slutbetänkande av klimat- och sårbarhetsutredningen. Statens offentliga utredningar, SOU 2007:60.
- Stenemo F, Jarvis N & Jonsson E. 2005. MACRO_GV — ett simuleringsverktyg för platsspecifika bedömningar av bekämpningsmedelsläckage till grundvatten. Emergo 2005:3, Report Dep. of Soil Sciences, Div. of Environmental Physics, SLU, Uppsala.
- Stenemo F. 2007. Vulnerability Assessment of Pesticide Leaching to Groundwater. Doctoral Thesis, Acta Universitatis Agriculturae Sueciae No. 2007:57. Faculty of Natural resources and Agricultural Sciences, SLU, Uppsala.
- Stenemo F, Lindahl AML, Gärdenäs A & Jarvis N. 2007. Meta-modeling of the pesticide fate model MACRO for groundwater exposure assessments using artificial neural networks. Journal of Contaminant Hydrology 93, 270-283.
- Svensk raps, 2008. Fältförsök med försöksbeteckningar OS 180 i Skåne och OS 181-182 i Mellansverige: <www.svenskraps.se>, 2008-12-15.
- Syversen, N. & Bechmann, M. 2004. Vegetative buffer zones as pesticide filters for simulated surface runoff. Ecological engineering 22, 175-184.
- Säkert växtskydd, 2006. Säkert växtskydd – därför skyddar vi vattnet.
- Törner, 2006a. Riskindex för kemiska bekämpningsmedel. Väredering av risker för diffust läckage via dräneringsvattnet samt åtgärder för minskad påverkan från punktutsläpp. Odling i Balans, <http://www.odlingibalans.com>, 2009-02-13.
- Törner, 2006b. Föremkomst av bekämpningsmedelsrester i dräneringsvatten efter behandling mot bladmögel i potatis – slutrapport från en undersökning på ett fält i södra Halland. Odling i Balans, <http://www.odlingibalans.com>, 2009-02-13.
- Törnquist M & Kreuger J. 2006. Bekämpningsmedelsrester i ytvatten 2003-2005, ett avrinningsområde i Örebro län. Publ.nr 2006:57, Länsstyrelsen Örebro län/Ekohydrologi 97, Avd. för vattenvårdslära, SLU.
- Törnquist M, Kreuger J, Adielsson S & Kylin H. 2005. Bekämpningsmedel i vatten och sediment från typområden och åar samt i nederbörd under 2004. Ekohydrologi 87, Inst. för markvetenskap, Avd. för vattenvårdslära, SLU/ Rapport 2005:14, Inst. för miljöanalys, SLU, Uppsala. Vattenportalen, 2008. <<http://www.vattenportalen.se>>, Fakta om vatten 2008-07-04.
- Wondollek J M & Yaffee S L 2000. Making collaboration work: Lessons from innovation in natural resource management. Island Press.
- Åkerblom N. 2004. Agricultural pesticide toxicity to aquatic organisms — a literature review. Dep. of Environmental Science, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Örebro kommun, 2006. Riskinventering Svartån, Etapp 2.