



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Målinger af fordampning af pesticider fra jord og planter efter sprøjtning

Faglig rapport fra DMU, nr. 587

[Tom side]



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

Målinger af fordampning af pesticider fra jord og planter efter sprøjtning

Faglig rapport fra DMU, nr. 587
2006

Helle Vibeke Andersen
Rossana Bossi
Niels Otto Jensen
Peter Borgen Sørensen
Danmarks Miljøundersøgelser

Niels Henrik Spliid
Danmarks Jorbrugsforskning

Peter Kryger Jensen
Forskningscenter Risø

Datablad

Titel:	Målinger af fordampning af pesticider fra jord og planter efter sprøjtning
Forfattere:	Helle Vibeke Andersen ¹ , Rossana Bossi ¹ , Niels Otto Jensen ⁴ , Peter Borgen Sørensen ² , Niels Henrik Spliid ³ , Peter Kryger Jensen ³
Afdelinger:	¹ DMU, Afdeling for Atmosfærisk Miljø, ² DMU, Afdeling for Systemanalyse, ³ Danmarks Jorbrugsforskning, ⁴ Forskningscenter Risø
Serietitel og nummer:	Faglig rapport nr. 587
Udgiver:	Danmarks Miljøundersøgelser© Miljøministeriet
URL:	http://www.dmu.dk
Udgivelsestidspunkt:	Juni 2006
Faglig kommentering:	Carsten Ambelas Skjøth
Finansiel støtte:	Aktstykke 156. Miljø og sundhedsmæssige konsekvenser af pesticidanvendelse. Fordampning og atmosfærisk kemisk omdannelse.
Bedes citeret:	Andersen, H.V., Bossi, R., Jensen, N.O., Sørensen, P.B., Spliid, N.H. & Jensen, P.K. 2006: Målinger af fordampning af pesticider fra jord og planter efter sprøjtning, Danmarks Miljøundersøgelser. 98s. –Faglig rapport fra DMU nr. 587. http://fagligrapport.dmu.dk
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
Sammenfatning:	Rapporten omhandler bestemmelse af fordampningen af pesticider fra en mark efter sprøjtning samt undersøgelse af tørdepositionen i nærheden af det sprøjtede areal under og efter sprøjtning. Der er udført to feltforsøg, det første i september 2002 på bar jord og det andet på mark med afgrøde i maj 2003. Der blev sprøjtet med en blanding af fem pesticider. Fra bar jord blev der målt en akkumuleret fordampning over den første uge efter sprøjtning på 0,1-10% af den sprøjtede mængde af pesticider, mens der fra mark med afgrøde blev målt 5-28%’s tab. Fordampningen fra både jord og planter kan forklares ved stoffernes fysiske-kemiske egenskaber. Fordampningen fra mark med afgrøde steg med øget turbulens, varmeffluks m.v. Efter sprøjtning var tørdepositionen i 5 m’s afstand fra sprøjtesporet for nogle af stofferne kvantitativt sammenlignelige med afdriften under sprøjtningen. Resultaterne for fordampning er brugt til modelvalidering, der er rapporteret særskilt.
Emneord:	Pesticider, fordampning, flukse, tørdeposition, pirimicarb, propachlor, ethofumesat, pyrimethanil, mechlorprop-p.
Layout:	Majbritt Ulrich
ISBN:	978-87-7772-939-3
ISSN (elektronisk):	1600-0048
Sideantal:	98
Internet-version:	Rapporten findes kun som PDF-fil på DMU’s hjemmeside http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR587.pdf
Købes hos:	Miljøministeriet Frontlinien Rentemestervej 8 2400 København NV Tel. 70 12 02 11 frontlinien@frontlinien.dk www.frontlinien.dk

Indholdsfortegnelse

Forord	5
Dansk sammendrag	7
English abstract	9
1 Indledning	11
1.1 Baggrund for projektet	11
1.2 Formål med projektet	11
2 Litteraturundersøgelser	13
2.1 Felt- og vindtunneleksperimenter	13
3 Metoder	15
3.1 Feltforsøg	15
3.2 Fordampningsbestemmelse ved luft- og mikro-meteorologiske målinger	18
3.3 Kemiske analyser af luft prøver	22
3.4 Forsøg med passive dosimetre	23
4 Resultater	29
4.1 Måling af flukse af pesticider	29
4.2 Meteorologiske forhold	33
4.3 Kemiske analyser af luftprøver	38
4.4 Baggrundsmålinger	39
4.5 Fordampningsflukse	42
4.6 Fordampningsflukse i relation til meteorologiske forhold	47
4.7 Fordampning i forhold til pesticidernes fysisk-kemiske egenskaber	51
4.8 Målinger med passive dosimetre	56
5 Diskussion	59
5.1 Metode til fordampningsbestemmelse	59
5.2 Meteorologiske forhold	59
5.3 Baggrundsmålinger	60
5.4 Fordampningsflukse fra jord	60
5.5 Fordampningsflukse fra plantedække	62
5.6 Fordampningsflukse fra jord/plantedække	63
5.7 Fordampningsflukse max/akkumuleret	63
5.8 Målinger med passive dosimetre	64
6 Konklusioner	67
6.1 Metode til fordampningsbestemmelse	67
6.2 Meteorologiske forhold	67

6.3	Baggrundsmålinger	67
6.4	Fordampningsflukse	67
6.5	Målinger med passive dosimetre	69
6.6	Administrative konsekvenser	70
	Referencer	71
	Bilag 1	73
	Bilag 2	75
	Bilag 3	77
	Bilag 4	86
	Bilag 5	92

Forord

Med Finansudvalgets vedtagelse af aktstykke 156 blev der skabt finansieringsgrundlag for projektet om fordampning og atmosfærekemisk omdannelse af pesticider i forbindelse med realiseringen af Regeringens Pesticid-handlingsplan II. Af aktstykket fremgår, at der skal iværksættes et arbejde, med det formål dels, at udvikle de nødvendige modeller til at beskrive pesticiders opførsel i atmosfæren, dels at opstille dokumentationskrav til producenterne af pesticiderne samt metoder til vurdering af dokumentationen fra producenterne. Projektet er gennemført af Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) i samarbejde med Danmarks Jordbrugsforskning (DJF) og Forskningscenter Risø. Projektet startede i 2000 og sluttede i 2003. Det er valgt at rapportere feltmålinger og modelberegninger i to separate rapporter og denne rapport omhandler feltmålingerne.

Feltundersøgelserne er udført på Forskningscenter Flakkebjerg (DJF), hvor DMU har stået for atmosfæriske målinger, DJF for sprøjtning med pesticider og atmosfærisk deposition og Risø for de meteorologiske målinger.

Feltundersøgelser og analyse af prøver er udført af teknikerne fra DJF og Risø samt Bjarne Jensen, Inga Jensen og Mary Ann Chrillesen fra DMU. Alle ovenstående personer takkes for hjælp og godt samarbejde.

Projektet har haft en styringsgruppe med repræsentanter fra Miljøstyrelsen (MST): Kaj Juul Madsen, Jørn Kirkegaard og Jens Mossin. Alle de involverede parter takkes for samarbejdet.

Dansk sammendrag

Pesticider introduceres til atmosfæren gennem sprøjtning på marker, enten direkte under sprøjtningen som sprøjtetåge (spraydrift) eller indirekte gennem fordampning fra jord og planter. Afhængigt af nedbrydningshastigheden for pesticidet samt dets fysisk-kemiske egenskaber vil det spredes over forskellige afstande og atter afsættes til overfladen, det være sig vegetation, jord eller vand. Den afsætning, der sker under selve sprøjtningen i forbindelse med spraydrift, kaldes også primær deposition, mens den afsætning, der sker senere, kaldes sekundær deposition. Den sekundære deposition er pesticid, der fordampes fra det sprøjtede areal. Et af formålene med nærværende projekt har været at måle fordampningen af pesticid. Et andet af projektets formål har været at bestemme og sammenligne størrelsen af primær og sekundær deposition nær det sprøjtede areal. Den målte fordampning af pesticider er i projektet sammenholdt til pesticidernes fysisk-kemiske egenskaber samt de meteorologiske forhold under forsøgene. Dette er gjort med henblik på at anvende data til validering af en model til beregning af fordampningen af pesticider. Modelresultaterne er rapporteret i en separat rapport.

Der er gennemført to feltforsøg. Det første forsøg er udført i september 2002 på bar jord og det andet feltforsøg er udført på plantedækket jord i maj 2003. Der blev sprøjtet med en blanding af fem pesticider: pirimicarb, propachlor, ethofumesat, pyrimethanil og mechlorprop-p. Pesticiderne var bl.a. udvalgt til at dække et så bredt spektrum som muligt af de fysisk-kemiske egenskaber damptryk, vandopløselighed og absorption til organisk materiale.

Fordampningen af pesticider blev bestemt med to metoder. Ved den ene metode blev fordampningen bestemt ved at måle tabet af stof fra eksponerede overflader. Dette tab kan også skyldes nedbrydning eller optag i planten og metoden er derfor ikke entydig. Ved den anden metode blev fordampningen estimeret ud fra målinger af det stof, der var fordampet, d.v.s. andre tab fra overfladen medbestemmes ikke. Metoden er en massebalancemetode der estimerer kildestyrken og dermed fordampningen ud fra estimering af den horisontale fluks over et lodret plan nedstrøms fra kilden. Den horisontale fluks estimeres ud fra målinger i forskellige højder over jorden af pesticidkoncentrationen i luften og vindhastigheden. Denne type målinger til fordampningsbestemmelse blev foretaget gennem syv dage, med start umiddelbart efter sprøjtning.

Resultaterne med massebalancemetoden viste, at den største fluks fra bar jord forekom den første time efter sprøjtning for stoffet propachlor. Fluxen var $3,6 \text{ mg propachlor m}^{-2} \text{ time}^{-1}$, hvilket svarer til, at 1% af den sprøjtede mængde propachlor fordampede i løbet af den første time. Den akkumulerede mængde, der fordampede det første døgn af de forskellige pesticider var 0,1-8% af den udsprøjtede mængde, mens der efter én uge var fordampet fra 0,1-10% af mængden af udsprøjtet pesticid. Fordampningen fra bar jord var tildels styret af jordens evne til at binde pesticid, hvilket bl.a. relaterer til jordens fugtighed. Den indbyrdes fordeling af størrelsen af de forskellige stoffers flukse, målt over bar jord og set i forhold til behandlingsdosen, kan forklares ved stoffernes fysisk-kemiske egenskaber (damptryk, adsorption til organisk materiale og vandopløselighed).

Fordampningen fra mark med afgrøde viste sig højere end for bar jord. Resultaterne fra massebalancemetoden viste den største fluks for propachlor. Den maximale fordampning fra afgrøde varede ni timer for propachlor, hvor den kun varede en time efter sprøjtning fra bar jord. I perioden med maksimal flux var fluksen af propachlor $5,5-6,5 \text{ mg m}^{-2} \text{ time}^{-1}$, hvilket svarede til, at 16% af det sprøjtede propachlor fordampede i løbet af de første ni timer. Af de forskellige pesticider var den akkumulerede mængde, der fordampede over det første døgn 2-18%, mens der efter én uge var fordampet 5-28% af den udsprøjtede mængde af de forskellige pesticider. Fordampningen fra plantedækket viste en tydelig sammenhæng til de meteorologiske forhold. Fordampningen steg med øget turbulens, varmefluks m.v. Nedbrydning eller optag af stof i plantedækket påvirkede fordampningspotentialet, d.v.s. stoffet "forsvandt" og dermed fordampede der også relativt mindre. Fra plantedækket viste fordampningen også en sammenhæng til stoffernes fysisk-kemiske egenskaber.

Fordampningen blev også bestemt ved at bestemme tab af stof. Tabet blev bestemt ved at indsamle en tidsserie af prøver bestående af bakker med glasplader og jord samt planter, der var eksponeret med pesticid i forbindelse med sprøjtningen. De forskellige pesticider forsvandt fra bakkerne med en indbyrdes fordeling, der svarede til størrelsesfordelingen af damptrykkene. Stoffet pirimicarb forsvandt hurtigere end damptrykket kunne begrunde, hvilket indikerede, at stoffet blev nedbrudt.

Den primære og sekundære deposition blev undersøgt ved indsamling af bakker, der var placeret i eksponentielt stigende afstand væk fra sprøjtezo- nen i vindretningen. Den primære deposition, d.v.s. afsætning af sprøjtetå- ge, i 5 meters afstand fra det sprøjtede område, var op til 0,26% af den ud- sprøjtede pesticidmængde. Den efterfølgende fordampning fra det sprøjte- de areal gav en sekundær deposition i 5 meters afstand på op til 0,34% af markdosen, stærkt afhængig de aktuelle stofegenskaber.

English abstract

Pesticides are introduced to the atmosphere during application through spray drift and after application by volatilization. Depending on degradation rate and physical-chemical properties of the pesticide, the compound is transported various distances, before it is deposited again. This report describes measurements of post application volatilization of pesticides from soil and plants. Further, results on dry deposition of pesticides nearby the sprayed field, during and after application are described. One of the purposes of the experiments was to produce data for validation of a model describing volatilization. The model and its validation are reported separately.

Two field experiments have been performed. The first field experiment was carried out in September 2002 on bare soil and the second field experiment was carried out in May 2003 on soil covered with plants. A mixture containing five pesticides (pirimicarb, ethofumesate, propachlor, pyrimethanil and mecoprop-P) was applied. The pesticides have been chosen to cover a wide range of the physical-chemical properties vapor pressure, water solubility and adsorption to organic matter.

The volatilization of pesticides has been estimated in two ways. Volatilization was determined by analyzing the loss of compound from different exposed surfaces. The method is influenced by other losses such as degradation and therefore, the method is not necessarily specific. The volatilization was also determined by a mass balance method. The method estimates the emission rate on the basis of measurements of horizontal fluxes across a perpendicular plane downwind the source. The horizontal flux is obtained by measuring pesticide concentrations in the air and wind speed at different heights above the soil surface. Sampling of airborne pesticides has been done during seven days after application.

The results from the mass balance method showed, that the volatilization from bare soil was low and partly governed by the adsorption of pesticide to the soil, which is influenced by the moisture content of the topsoil. The maximum flux was determined for propachlor the first hour after application. The flux was $3,6 \text{ mg propachlor m}^{-2} \text{ hour}^{-1}$, corresponding to a volatilization of 1% of the sprayed amount. The accumulated amount of pesticide volatilized within the first 24 hours after application amounted 0,1-8% of the dose of the different pesticides. After one week the accumulated volatilization of the pesticides was 0,1-10% of the dose. The size distribution of the fluxes, relative to the dose, related to physical-chemical properties of the pesticides.

Volatilization from soil covered with plants revealed higher fluxes than from bare soil. The results obtained by the mass balance method showed a maximum flux of $5,5\text{-}6,5 \text{ mg m}^{-2} \text{ hour}^{-1}$ for propachlor for the first nine hours after application. This amounts 16% of the applied dose. Within the first 24 hours 2-18% of the applied dose of the different pesticides volatilized. Within the first week the accumulated volatilization amounted 5-28% of the applied dose of the different compounds. The fluxes related to meteorological conditions, i.e. increased fluxes followed increased turbulence, heat flux etc. The potential for volatilization from plants seemed affected by

transformation/uptake of the pesticides. The amount of volatilization of the pesticides, relative to the dose of treatment, related to their physical-chemical properties.

Volatilization was also determined by analyzing a time series of trays with glass and soil and plants exposed to application and sampled at different times after application. The different pesticides disappeared from the exposed surfaces at a rate comparable to the size of their vapour pressure, although pirimicarb disappeared faster than volatilization could explain, probably due to degradation.

The deposition of pesticides on soil and plants was investigated by placing trays at increasing distance outside the sprayed zone. The deposition of spray drift five meters from the sprayed area was up to 0,26% of the dose applied. The deposition of post application volatilized pesticide was up to 0,34% of the applied dose and related to the pesticide properties.

1 Indledning

1.1 Baggrund for projektet

Fordampning og atmosfærisk transport er to vigtige processer for spredning af visse pesticider i miljøet. Pesticider introduceres til atmosfæren gennem sprøjtning på marker, enten direkte under sprøjtningen som spraydrift eller indirekte gennem fordampning fra jord og planter. Luftbårne pesticider vil, afhængigt af nedbrydningshastighed og fysisk kemiske egenskaber, spredes over forskellige afstande og deponeres. Ved skiftevis fordampning og deposition kan pesticider med langsom nedbrydningshastighed transporteres over store afstande. Disse mere persistente pesticider kan nå de arktiske områder, hvor transporten aftager p.g.a. lave re temperaturer og dermed mindsket fordampning. Mere lokalt kan pesticider der er sprøjtet på en mark, nå eventuelle nærliggende naturområder.

For myndighederne er det nødvendigt at kende pesticidernes skæbne i miljøet, idet deres tilstedeværelse kan have negative konsekvenser for plante- og dyreliv. For at bedømme producenternes ansøgninger om godkendelse af nye pesticider er det nødvendigt, at myndighederne kan forudsige realistiske koncentrationsniveauer således, at mulige økotoxikologiske konsekvenser kan estimeres.

Emission af gasformigt pesticid til atmosfæren kan ske under selve sprøjtningen, mens dråberne befinder sig i atmosfæren inden afsætning. Under sprøjtningen kan der også forekomme en emission af pesticidholdige små dråber eller partikler, der i princippet kan transporteres over større afstande. Denne emission styres bl.a. af de fysiske og meteorologiske forhold under udsprøjtningen.

Efter afsætning af pesticider på jord eller planter kan der ske en fordampning af gasformigt pesticid fra overfladen. Fordampningen er en funktion af pesticidets egenskaber (damptryk, Henrys lov konstant, K_{oc} osv.), overfladen (temperatur, vandindhold, ruhed, absorptions- og adsorptionsforhold) og de vejræssige forhold. Nærværende projekt har fokus på fordampningen af pesticid efter sprøjtning.

1.2 Formål med projektet

Projektets hovedformål har været at identificere hvilke egenskaber, der er bestemmende for fordampningen af pesticider. Dette er gjort med henblik på dokumentationskrav til producenterne og etablering af metoder til vurdering af dokumentationen fra producenterne. Følgende elementer har indgået i projektet:

- a) Identifikation af vigtige forhold, der har betydning for pesticiders emission til luften efter udsprøjtning.
- b) Udvikling af en simpel model, som kan forudsige nye pesticiders fordampning og overordnede betydning for nærmiljøet omkring marken.

- c) Undersøgelse af, hvorvidt tørdeposition i nærheden af sprøjtede marker, er så stor, at der skal tages hensyn til det ved godkendelse af pesticider.

2 Litteraturundersøgelser

2.1 Felt- og vindtunneleksperimenter

Der er foretaget et litteraturstudie om felt- og vindtunnelforsøg til bestemmelse af fordampning efter sprøjtning af pesticider fra bar jord og planter. Der er publiceret mange feltstudier af emission af pesticider fra jord, hvorimod kun få feltstudier er foretaget på plantedækket jord. De fleste af emissionsforsøgene er udført i USA og kun få stoffer er undersøgt. Ofte er trifluralin og triallate undersøgt p.g.a. disse stoffers høje fordampning og store forbrug. En omfattende oversigt over referencer for feltstudier er angivet i et review af *Bedos et al. (2002, a)*.

Bedos et al. (2002, a) skriver, at de rapporterede forsøg viser fordampningsperioder fra få dage til flere uger efter sprøjtning. I de første dage efter sprøjtning er fordampningen influeret af faktorer som fysisk-kemiske egenskaber ved pesticidet, meteorologiske forhold samt landbrugspraksis. Ofte ses en døgnvariation, som kobler til temperatur, indstråling og atmosfærisk stabilitet samt jordfugtighed, hvor der er sprøjtet på bar jord. *Bedos et al. (2002, a)* konkluderer endvidere, at de mange meteorologiske og jordbundsmæssige faktorer, der påvirker fordampning af pesticider, gør det svært at sammenligne resultater fra forskellige feltforsøg. Der mangler flere data på fordampning fra planter, men de rapporterede data tyder på, at fordampningen er større fra planter end fra bar jord. Det påpeges endvidere, at der kun er undersøgt fordampning af ganske få svampemidler og stort set ingen undersøgelser af fordampning af nedbrydningsprodukter af pesticider. Derudover er formuleringsstoffernes effekt på fordampningen af pesticider meget ringe undersøgt. Det anføres, at der er behov for udvikling af mekanistiske modeller til fortolkning af de observerede forskelle fundet eksperimentelt, bl.a. med henblik på at kunne klassificere pesticiderne i forhold til deres fordampningspotentiale.

Fordampning af pesticider er undersøgt i vindtunnelforsøg er rapporteret i et review af (*Van den Berg et al., (1999)*). I vindtunneler kan parametre som f.eks. vindhastighed og jordfugtighed holdes under kontrol. Fordelen ved denne type forsøg er lavere omkostninger i forhold til full-skala eksperimenter og mulighed for at regulere visse enkeltparametre som f.eks. jordfugtigheden og vindhastigheden. Dog kan mange vigtige meteorologiske faktorer, der har effekt på fordampningen, ikke reproduceres. De fleste vindtunnelforsøg er udført under isoterme forhold, hvilket betyder, at strålebalancen mellem overflade og luft ikke indgår. I virkeligheden kan der optræde vigtige non-isoterme processer i form af solindstråling i dagtimerne og en netto udstråling af varmestråler i nattetimerne. Dette kan have stor indflydelse for afdampningen både fra jordoverfladen og blade og bør derfor indgå i vindtunnelforsøgene. Nogle vindtunneler kan simulere solindstråling, men det er sværere af simulere udstråling og tilhørende dannelse af dug, der kan have betydning for afdampning fra bar jord. En vindtunnels vægge yder fysisk afgrænsning for den længdeskala som luftens turbulens kan virke med, da denne ikke kan være større end vindtunnelens dimensioner. Det kan påvirke grænselaget mellem luftmassen og jord/blad overfladen, der igen er styrende for afdampningsfluksen. Der skal derfor vises forsigtighed med at ekstrapolere resultater fra vindtunnel-

forsøg til virkelige forhold. *Bedos et al. (2002, b)* har målt fordampning af trifluralin fra bar jord under kontrollerede forhold med vindtunnelforsøg. Resultaterne viser god reproducerbarhed og resultaterne er i overensstemmelse med de tidligere publicerede data om trifluralins fordampning i vindtunnelforsøg.

3 Metoder

3.1 Feltforsøg

Der er udført to feltforsøg: Første forsøg blev gennemført i september 2002 på bar jord og andet forsøg på plantedækket jord i maj 2003. Under hvert feltforsøg blev der udført to typer eksperimenter i forbindelse med sprøjtningen. Den ene type af eksperiment er udført af DMU, hvor fordampningen blev bestemt ud fra målte luftkoncentrationer og mikrometeorologi (jvf. afsnit 3.2). Den anden type af eksperiment blev udført af DJF, der bestemte emission og deposition v.h.a. passive opsamlere samt indsamling af planter (jvf. afsnit 3.4).

Kriterierne for udvælgelse af de pesticider, som blev brugt i eksperimenterne:

- de skal kunne opsamles og analyseres kemisk med rimelig præcision
- de skal dække et bredt spektrum af de fysisk-kemiske egenskaber damptryk, vandopløselighed og adsorption til organisk materiale (udtrykt ved K_a , se tabel 3.1)
- der må ikke være fotokemisk nedbrydning af betydning
- der må ikke være en nedbrydning (mikrobiel eller hydrolyse) i de første 5 dage efter sprøjtning
- der skal være en vis minimumsfordampning (få % af dose) for enten bar jord eller plantedækket jord
- de skal både kunne sprøjtes på bar jord og på plantedækket jord
- de må ikke være så giftige, at afgrøden slås ihjel

Der er ønsket et bredt interval af fysisk-kemiske egenskaber for at få det bedst mulige datasæt til brug i den empiriske screeningsmodel, der har disse parametre som input variable. Der er lavet en rangordningsanalyse af pesticiderne v.h.a. de såkaldte "Hasse-diagrammer", hvor rangordningen er baseret på damptryk, vandopløselighed og K_{ow} . Parametrene er analyseret ud fra en række mulige kombinationer, f.eks. stort damptryk, lille opløselighed og lille K_{ow} og stort damptryk, stor opløselighed, lille K_{ow} o.s.v. Ud fra resultaterne af rangordningen samt de øvrige kriterier blev der udvalgt fem stoffer. De fem stoffer og deres værdier for forskellige fysisk-kemiske parametre er listet i tabel 3.1.

Table 3.1 De fem valgte pesticider, deres damptryk (V_p), adsorptionskoefficient (K_d) og vandopløselighed (S_w). Data er fra *Miljøstyrelsen (2000)* og "The Pesticide Manual" *Tomlin (1994)*. Tallene i parentes i kolonnen for K_d svarer til test-jordens % indhold af organisk C.

Stof	Molvægt	DT ₅₀ (dage)	V _p (mPa) ved 25°C	K _d (Kg L) (% organisk indhold)	S _w (mg l ⁻¹)
Ethofumesat	286.3	84-407	0,65	1,13 (1,16) 5,35 (3,2) 6,16 (4,9) 3,14 (3,73) 21,70 (9,23)	116
Mechlorprop-P	214.6		1 0,4	0,20 (0,80) 0,43 (2,5) 0,69 (5,9) 0,30 (2,3) 3,5 (3,6) 3,3 (4,2)	860 780
Pirimicarb	238.3	7-234	0,44 0,97	4 (1,5) ¹	3060
Propachlor ²	211.7	4	30,6	1 (1,5) ¹	613
Pyrimethanil	199.3	7-54	2,2	4-11 (1,5) ¹	121

¹ Skønnede værdier af organisk C indhold

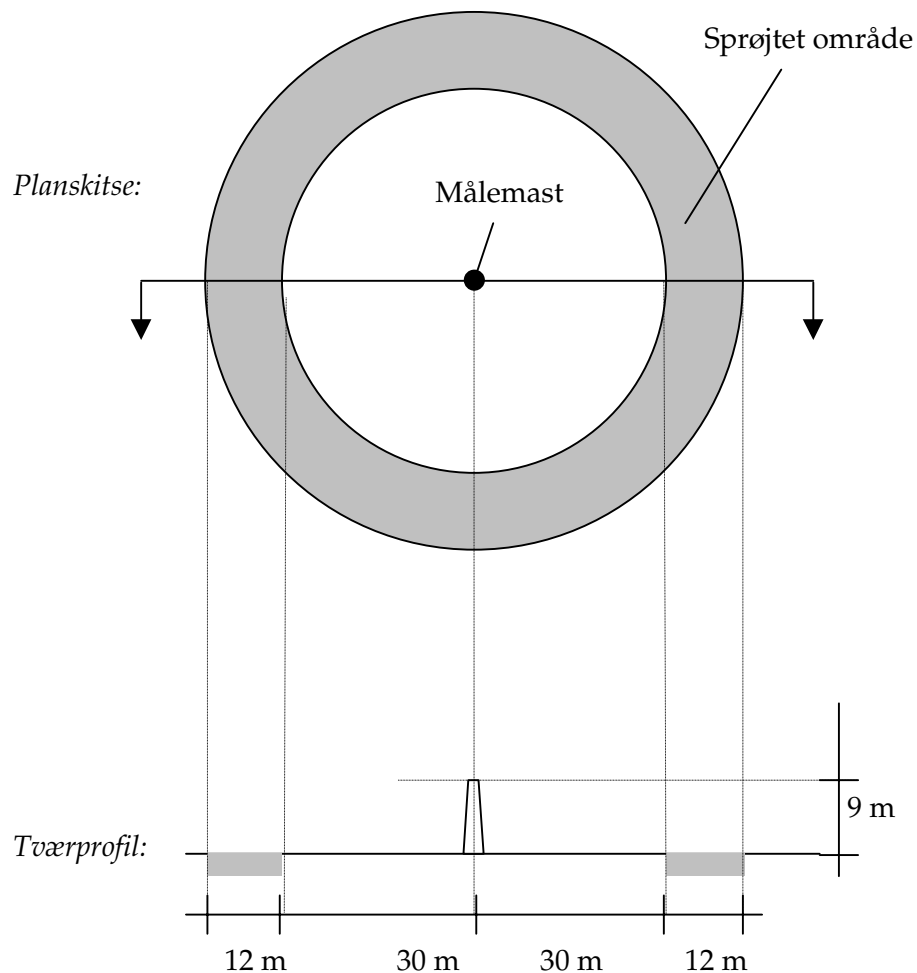
² Data for propachlor er fra *Tomlin (1994)*.

De valgte pesticider ligger i intervallet 0-22% kumulativ fordampning af dosen efter 21 dage fra bar mark (*Smit et al., 1997*) og 20-100% kumulativ fordampning af dose efter 7 dage fra planter (*Smit et al., 1998*). Pyrimethanil indgår dog ikke i *Smit et al. (1997 & 1998)*.

Feltekspirimeterne blev gennemført på en forsøgsmark hos Danmarks Jordbrugsforskning, Flakkebjerg ved Slagelse. Jordtypen er en såkaldt JB 5-6 sandblandet lerjord (sandy loam soil) med et lerindhold på 15-20%, silt 10-20%, sand 60-70%, humus 2-3% og en pH-værdi på 6.

Marken var ca. 4 hektar og sået (d. 30.08.02) med vinterhvede af sorten Baltimor, d.v.s. 11 dage før forsøget i september, der forløb fra d. 10.-16. Andet forsøg blev gennemført på samme afgrøde d. 26.-31. maj 2003.

Der blev sprøjtet i en cirkel med en sprøjtebom på 12 meters bredde. Den indre cirkel var med en radius på 30 m, mens den ydre cirkel var med en radius på 42 m (jvf. afsnit 5.1 og figur 1). Masten med pesticidmålinger var centrum for cirklen.



Figur 3.1 Planskitse og tværprofil af det udsprøjtede område med pesticid-målemast.

Det behandlede areal var på 0,27 ha. I begge forsøg blev der anvendt Hardi ISO fladsprededyser af typen AI-015-110 ved ca. 5 bar og en dyseydelse på $0,8 \text{ l min}^{-1}$ (anvendes ved vindhastigheder over 4 m s^{-1}). Der blev anvendt en kørehastighed på 4 km time^{-1} hvilket giver en middel-væskemængde på 240 l ha^{-1} indefor den oversprøjtede cirkel.

Der blev sprøjtet med kommercielle produkter i de anbefalede sprøjtetoser for at efterligne realistiske forhold og for at undgå, at eventuelle forhøjede doser vil skade afgrøden. Produkter, aktivstof og dose er angivet i tabel 3.2.

Tabel 3.2 De udvalgte pesticider, formulering, aktivstof og dose.

Pesticid	Aktivstof	Dosis per hektar	g aktivstof per hektar
Ramrod Fl	Propachlor	7 l ha ⁻¹	3360
Duplosan Meko	Mechlorprop-p	3 l ha ⁻¹	1800
Scala	Pyrimethanil	2 l ha ⁻¹	800
Nortron SC	Ethofumesat	0,4 l ha ⁻¹	200
Pirimor G	Pirimicarb	0,3 kg ha ⁻¹	150

Der blev sprøjtet tirsdag d. 10. september 2002 kl. 9:20 til 9:25, på kornets første bladstadiet, svarende til et plantedække på ca. 5%. En håndholdt vindmåler viste en vindhastighed på 3-6 m s⁻¹. Der blev sprøjtet hen over en række bakker med objektglas og jord. Nogle af disse bakker blev taget ind umiddelbart efter sprøjtning, og dermed blev den sprøjtede dose vurderet.

Anden behandling blev gennemført d. 23.5. 2003 fra 7:20-7:25. Afgrøden var 60 cm høj og i vækststadiet 45, svarende til et plantedække på 90-100%. Den håndmålte vindmåler viste en vindhastighed på 5 m s⁻¹.

Der er sprøjtet med samme blanding af pesticider i begge forsøg til trods for, at første forsøg viste problemer med analysen af mechlorprop i luftprøverne. Blandingen blev gentaget i andet forsøg for at fastholde sammensætningen af pesticider og formuleringstoffer, som kan have en indflydelse på fordampningen.

3.2 Fordampningsbestemmelse ved luft- og mikrometeorologiske målinger

Fordampningen af pesticider estimeres ud fra en massebalancemetode. Metoden estimerer kildestyrken ud fra målinger af den horisontale fluks over et lodret plan nedstrøms kilden (*Denmead, 1983*). Den horisontale fluks er produktet af pesticidkoncentrationen og vindhastigheden og den totale fluks fås ved at integrere de horisontale flukse over højden. Der måles i et endeligt antal højder over jorden og målingerne tilpasses med analytiske funktioner til en profil. For vindhastigheden bruges den logaritmiske vindprofil og for pesticidkoncentrationerne den analytiske løsning til diffusionsligningen, der er en eksponentialfunktion.

Koncentrationsprofilen, $C(x,z)$, nedstrøms en uendelig lang liniekilde placeret i jordoverfladen, på tværs af vindretningen, kan under neutrale atmosfæriske forhold (varmefluxen = 0) og med relativ lille afstand fra kilden findes af udtrykket (se f.eks. *Arya (1999) p.144*):

$$C(x, z) = \frac{Q}{ku_*x} \exp\left(-\frac{Uz}{ku_*x}\right) \quad (3.1)$$

hvor x er afstanden fra kilden, z er højden over jordoverfladen, Q er kildestyrken (masse per tids- og længdeenhed i tværetningen), k er von Kármán konstanten (=0.40), u_* er friktionshastigheden (et mål for turbulensen i luf-

ten nær jordoverfladen) og U er vindhastigheden. Udledningen af formlen antager, at U er konstant med højden, men i virkeligheden varierer den således, at den tiltager med logaritmen til højden (Bilag 1). Forsøg viser imidlertid, at formlen passer udmærket, hvis U tages i højden 0.6 af koncentrationsprofilens tyngdepunkt. Den turbulente dispersion (opblandingsintensitet) er forudsat proportionalt stigende med højden, hvilket kun er rimeligt at antage relativt tæt ved jorden. Det betyder, at ligning 3.1 kun kan anvendes relativt tæt på kilden. Denne betingelse er dog fint overholdt i det konkrete tilfælde med relativt få meter mellem det udsprøjtede område og målemasten. Størrelsen ku_x er et mål for, hvor højt spredningen af stoffet er nået i afstanden x . Hvis atmosfæren er stabil (natforhold) er spredningen mindre og koncentrationerne for en given Q derfor større i relativt lav højde over jorden. Hvis atmosfæren er ustabil (stærk solskin), sker det modsatte, hvilket er uddybet i Bilag 1.

Hvis kilden var en fri væskeoverflade ville kildestyrken være $Q \propto p_m u_*$, hvor p_m er mættede dampes tryk af det stof, der fordamper. Da også friktionshastigheden vil have en tendens til at være proportional med vindhastigheden (se ligning 1 i bilag 1), betyder det, at luftkoncentrationen ifølge ligning 3.1. vil være uafhængig af vindhastigheden under disse ideale omstændigheder med fordampning fra en fri væskeoverflade. Temperaturen har desuden en betydning for fordampningen, der vokser med voksende temperatur.

Det sprøjtede område af bredden W kan i praksis ikke betragtes som en liniekilde, men hvis det opdeles i et antal liniekilder med f.eks. en meters mellemrum således, at den samlede udsprøjtede mængde er ligeligt fordelt på disse, kan koncentrationsprofilen findes som en summation over disse. Endvidere er sprøjtningen udlagt i en cirkel omkring opsamlingsstedet, hvilket approximerer en liniekilde, men har den fordel, at de målte koncentrationer bliver uafhængige af vindretningen.

Hvis der er N liniekilder med afstanden ΔR inden for et område $x=R$ til $x=R+W$, d.v.s. at $W=N \Delta R$, kan det resulterende koncentrationsprofil findes af:

$$C(x_{eff}, z) = \sum_{i=1}^N \frac{A}{R + i\Delta R} \exp\left(-\frac{Bz}{R + i\Delta R}\right) \quad (3.2)$$

hvor vi samtidigt har indført notationen $A=Q/ku_x$ og $B=U/ku_x$. Afstanden x_{eff} er en effektiv afstand, der er givet ved

$$x_{eff} = W / \ln(1 + W / R) \quad (3.3)$$

I praksis er x_{eff} lidt mindre end $R+W/2$, dvs. at den nærmeste del af det sprøjtede område vægter mere end det yderste. I det aktuelle tilfælde er $W=12$ m, $R=30$ m, og $x_{eff}=35$ m.

Fordampningen, q (masse per tids- og arealenhed), fra det sprøjtede areal, er forbundet til Q via $q = Q/W$.

Som det fremgår af ligning 3.2 er koncentrationsfordelingen stadig en form for eksponentielt aftagende funktion af højden over jordoverfladen. Vi antager derfor, at den for en given konfiguration (R og W) og atmosfærisk stabilitet kan approximeres med udtrykket:

$$C = a \exp(-bz) \quad (3.4)$$

eller

$$\ln(C) = \ln(a) - bz \quad (3.5)$$

altså at et realistisk koncentrationsprofil kan opnås ved et lineært fit til logaritmen til de målte koncentrationer mod højden over jordoverfladen, hvor liniens hældning er b og a giver den ekstrapolerede koncentration ved overfladen, C_0 .

I praksis kan koncentrationsgradienten nær overfladen ikke måles. Der er således en fordel ved, at området nær opsamlingsstedet ikke er sprøjtet, idet koncentrationsgradienten nær overfladen bliver mindre (ved differentiation af ligning 3.1 fremgår det, at gradienten er omvendt proportional med x^2) således at ekstrapolationen til $z = 0$ af C-profilet bliver mindre usikker.

Fra ligning 3.1 og de indførte definitioner, er a og q forbundet ved

$$a = \frac{qW}{ku_* x_{eff}} \quad (3.6)$$

der kan bruges til et groft estimat på kildestyrken, der dog forudsætter neutrale forhold. For ustabile forhold vil q for et givet a i virkeligheden være lidt større, og omvendt for stabile forhold (se bilag 1).

Et estimat for q kan opnås vha. en massebalance: den emitterede stofmængde fra jordoverfladen er lig det, der transporteres af luften gennem en nedstrøms vertikal "kontrolflade", altså

$$q = \int_0^{\infty} U(z)C(z)dz \cong \sum_{i=1}^N U_i C_i \Delta z \quad (3.7)$$

hvor C_i er taget fra det fittede koncentrationsprofil i små højdeintervaller Δz (f.eks. nogle centimeter), U_i er taget fra et tilsvarende fit til vindprofilet, og hvor N nu er et tal, der er tilstrækkeligt stort til at $C_N \approx 0$.

Frem for andre profilmeter er den integrerede horisontale fluksmetode ikke så følsom over for inhomogenitet i terrænet og arealet behøver ikke være så stort. Andre profilmeter kræver flere hektar store, sprøjtede arealer og dette betyder også længere sprøjtetid og dermed også vanskeligere forhold for målinger umiddelbart efter sprøjtning, hvor fluksen formodes at være meget vigtig. Den integrerede horisontale fluksmetode er sammenlignet med tre andre profilmeter i et eksperiment, hvor der er målt fordampning af fire pesticider (*Majewski et al., 1990*). En statistisk analyse af de målte flukse med de forskellige metoder viste, at der ikke var påviselig forskel i resultaterne (95% konfidensniveau) metoderne imellem. *Majewski et al. (1990)* kritiserer den integrerede horisontale fluksmetode, fordi den i deres tilfælde kræver en række korrektioner og antagelser m.h.t. koncentrationsforløbet over og under deres h.h.v. højeste og laveste målehøjde. Dette har især betydning når der hersker stejle koncentrationsgradienter i de nederste luftlag lige over jordoverfladen. En sådan situation opstår når målemasten står inden på selve det oversprøjtede område, da der derved

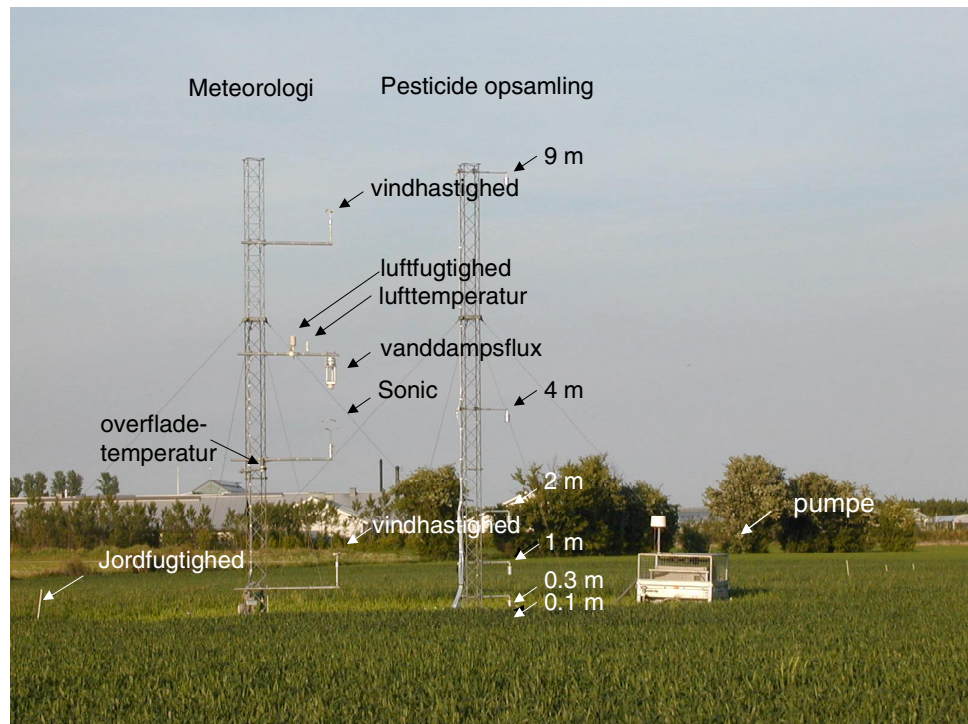
løbende fordamper pesticid af helt inde under målemasten. For at undgå dette er der i det aktuelle forsøg valgt en ringformet udsprøjtning rundt om målemasten i en vis afstand til denne. Den af *Majewski et al. (1990)* anførte kritik er derfor ikke så vigtig i nærværende forsøg med det ringformede udsprøjtningssområde.

Da fordampningen forventes at foregå over flere dage, blev forsøget designet til at håndtere skift i vindretningen. Således er der sprøjtet i en ring rundt om målemasten, d.v.s. at uanset vindretningen blæser luften henover et stykke sprøjtet mark og bringer fordampede pesticider med hen til luftopsamlerne. Sprøjtebæltet er 12 m bredt, svarende til sprøjtebommens bredde, og fra den yderste sprøjtekant til målemasten er der 42 m. Ved kun at sprøjte i periferien og ikke i hele cirkelens areal løses det måletekniske problem med meget stejle koncentrationsgradienter tæt ved jorden under målemasten (nævnt ovenfor). Ved kun at sprøjte i en ring, bliver koncentrationsgradienten tæt ved jorden udlignet efter at vinden har blæst hen over den jord, der ikke er sprøjtet og det bliver nemmere at estimere koncentrationen i de første 10 cm over overfladen. Cirkelens radius og øverste h.h.v. nederste målehøjde af koncentrationsprofilen (9 m og 0.1 m) er bestemt ud fra beregninger af spredningen af fanen fra det sprøjtede areal og således at 95% af stofmængden i fanen (under de antagede meteorologiske forhold) vil indgå i den målte koncentrationsprofil.

Målingerne af pesticider foregår i en 10 m høj mast, mens meteorologiske parametre måles fra en tilsvarende mast, placeret så tæt på pesticidmasten som muligt (<3 m). Pesticidopsamlerne skiftes manuelt ved hver måleperiodes start og slut. Der måles i højderne 0.1, 0.3, 1, 2, 4 og 9 m. De første tre timer efter sprøjtning er der målt 1-timers-middelværdier. Derefter er der målt 3-timers-middelværdier i 10-11 perioder (h.h.v. september og maj). Efterfølgende døgn er der målt 6-timers-middelværdier og derefter halvdøgnsværdier (12 timer) i september, mens der i maj er målt 6-timers-middelværdier om dagen og 12-timers-middelværdier om natten. Måletidspunkterne er angivet i bilag 2.

Under typiske meteorologiske forhold vil målingen af pesticid i 9 m's højde være at betragte som en baggrundsmåling, idet pesticid fra marken ikke vil kunne nå at blande så højt op i luften på så kort afstand. Der er målt pesticid i luften (2 m's højde) opstrøms det sprøjtede, cirkulære bælte. Disse målinger er 12-timers middelværdier, med skift omkring kl. 7 og kl. 19 i september og kl. 6 og kl. 18 i maj. Undervejs i forsøget var det nødvendigt at flytte opsamleren således, at den forblev opstrøms, selvom vindretningen ændrede sig.

Følgende meteorologiske parametre måles og bestemmes under feltforsøget : vindhastighed (1, 5 og 8 m), vindretning, relativ fugtighed, temperatur (6 m), overfladetemperatur, jordfugtighed (de øverste 10 cm), friktionshastighed, varmefluks og vanddampsfluks. Figur 3.2 angiver forsøgsopstilling incl. pesticidopsamlingspunkter på de to master.



Figur 3.2 Forsøgsopstilling med markering af måleudstyr for forskellige meteorologiske parametre samt pesticidopsamling. Billedet er fra målekampagnen i maj.

Pesticiderne opsamles ved at suge luften gennem en cylindrisk sandwich af PUF (polyeruthanskum), XAD-4 (polymerresin) og PUF. Diameteren på PUF'en er 6,7 cm, længden 2,8 cm. Der er 30 ml XAD-4 mellem de to PUF-plader. Rengjort PUF og XAD-4 placeres i en rengjort flaske, hvor bunden er skåret af. Flaskens gevind skrues i et låg, der via en studs kobles til opsamlingsenheden på masten. Flaskerne er skærmet mod sollys og regn. Efter eksponering dækkes flasken til med folie og placeres i rengjort, lukket glasbeholder og nedfryses (-20°C) indtil ekstraktion.

Der suges med flow på omkring 150 l min^{-1} , dog er opstrømsmålingen foretaget med et flow omkring 200 l min^{-1} . Flowet på mastemålingerne registreres løbende og lagres med en datalogger. Opstrøms bestemmes flowet med flowmålinger ved start og slut samt en eller flere kontrolmålinger undervejs i perioden.

3.3 Kemiske analyser af luft prøver

Pesticiderne blev ekstraheret ud af PUF og XAD med Accelerated Solvent Extraction (ASE) og analyseret med LC-MS-MS (Liquid chromatography-tandem mass spectrometry). Der blev udviklet en metode med ASE til ekstraktion af de udvalgte pesticider fra PUF og XAD-4.

Prøverne, genfindinger og blind blev ekstraheret med ASE. ASE er baseret på ekstraktion af prøver med organiske solventer ved højt tryk og temperatur. Processen er meget effektiv og fuldautomatiseret. Prøven placeres i et rustfrit stålrør (33 ml volumen), som ekstraheres i ASE apparatet. Typisk ekstraktionstid for en enkelt prøve er ca. 20 minutter. En prøve består af to PUF og 30 ml XAD-4. De to PUF analyseres i det samme ekstraktionsrør, mens de 30 ml XAD-4 deles i 2 ekstraktionsrør, da XAD udvider sig når det bliver vådt.

Før ekstraktion tilsættes der deuteriummærkede interne standarder til prøver, genfindinger og blind. Som intern standard blev anvendt atrazin-d₅ og mechlorprop-d₃. PUF blev ekstraheret to gange med acetone-hexan (1:1) ved 70°C i 10 minutter. XAD-4 blev ekstraheret en gang med acetone-hexan (1:1) tilsat 2% iseddikesyre ved 90°C i to gange fem minutter. Ekstrakterne blev inddampet til tørhed med nitrogen og genopløst i 10% methanol/90% Millipore vand tilsat desethylatrazin-d₆ (intern standard).

Ekstrakterne blev analyseret med LC-MS-MS med Electrospray Ionization (ESI) i positiv og negativ ionisering.

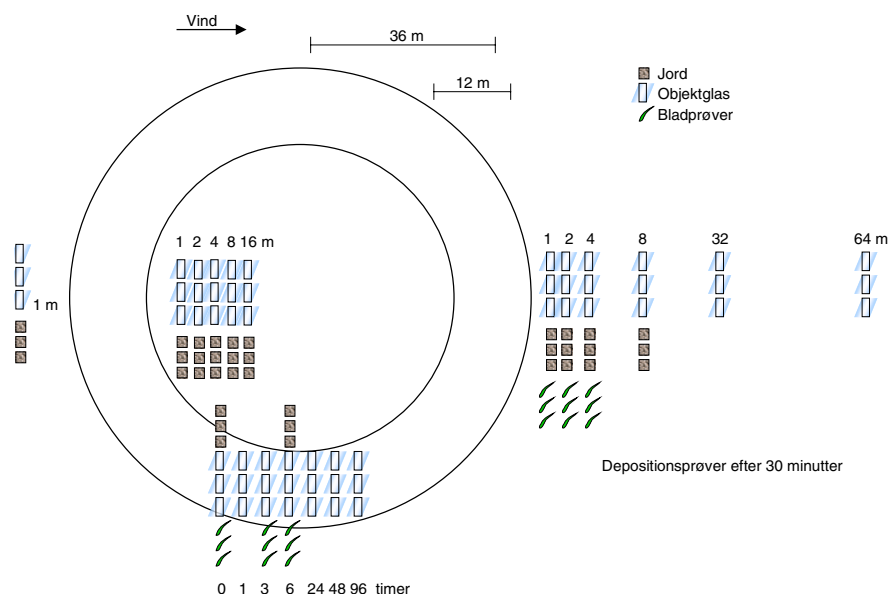
3.4 Forsøg med passive dosimetre

For at følge emissionen blev der indsamlet en tidsserie af prøver, der var udsat for pesticideksponering. Depositionen blev undersøgt ved indsamling af bakker placeret i eksponentielt stigende afstand væk fra sprøjtezo- nen, såvel inden for den cirkulære sprøjtebane, som uden for cirklen i vind- retningen. Endelig blev der indsamlet prøver opstrøms sprøjtebæltet til bestemmelse af en eventuel baggrundsdeposition. Prøvetagningsstrategi for fordampningsprøver og depositionsprøver ved hjælp af passive dosi- metre er angivet nedenfor.

Ved forsøget i maj 2003 blev der også udsat objektglas og jordbakker efter sprøjtning til at bestemme den sekundære deposition, altså den deposition, der skyldes fordampning fra sprøjtefeltet og efterfølgende afsætning uden for sprøjtefeltet.

Til jordopsamlingen blev der anvendt plastikbakker med størrelsen 80 mm gange 120 mm, svarende til et overfladeareal på 96 cm². Til glasopsamlin- gen blev bakkerne monteret omvendt med bunden op, for at minimere ”skyggevirksomhed” fra bakkernes kant. På hver bakke blev der monteret fire objektglas med et samlet areal på 79 cm². Der er lavet dobbeltbestemmelser ved alle opsamlinger. I september blev der ved bladprøverne indsamlet 20 hvedeblade mens der i maj kun blev indsamlet 10 blade. Bladprøverne blev også suppleret med yderligere indsamlinger til bestemmelse af bladareal. I beregningerne er det antaget, at eksponering af bladene kun sker på den ene side af bladet.

Opstilling af passive dosimetre ses i Figur 3.3.



Figur 3.3 Opstilling af passive dosimetre i september 2002.

Opvind (1 m):
 Tre jordprøver
 Tre prøver med objektglas

Alle prøver blev udtaget som triplikater. Der er udtaget jord- og objektglasprøver mod vinden (opstrøms). Afstanden til sprøjtebanen var valgt til 1 meter. Analyser af de udtagne prøver er brugt til vurdering af, om der ved andet sprøjteforsøg skulle være en større afstand mellem sprøjtebanen og baggrundsprøverne på grund af turbulens omkring sprøjtebanen.

Sprøjtede prøver

I sprøjtebanen:

0 timer:	Tre jordprøver Tre prøver med objektglas Tre bladprøver
1 time:	Tre jordprøver Tre prøver med objektglas
3 timer:	Tre jordprøver Tre prøver med objektglas
6 timer	Tre jordprøver Tre prøver med objektglas Tre bladprøver
24 timer:	Tre prøver med objektglas
48 timer:	Tre prøver med objektglas
96 timer	Tre prøver med objektglas

Der blev udtaget prøver fra sprøjtebanen til kontrol af den tilførte dosis. Derudover blev forsvindingsraten bestemt for de tre matricer jord, blade og objektglas for at bestemme en mulig korrelation. Er forsvindingsraten overensstemmende for de tre matricer, vil objektglas kunne bruges som indikator for jord og blade. Forsvindingsraten er et udtryk for fordampningen og eventuelt for en abiotisk photolytisk nedbrydning.

Depositionsprøver

Inden for sprøjtebanen i indercirklen:

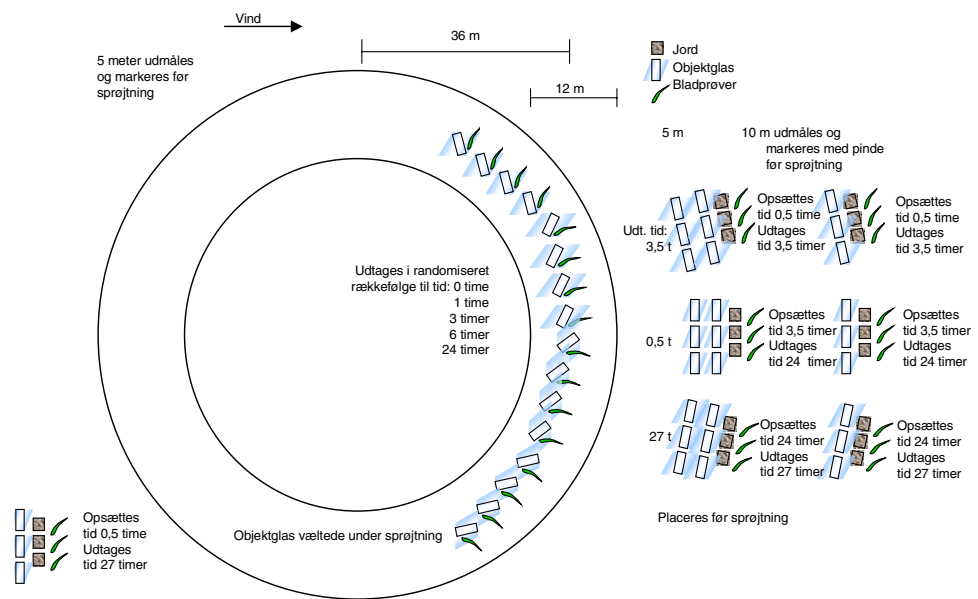
1 meter:	Tre jordprøver Tre prøver med objektglas
2 meter:	Tre jordprøver Tre prøver med objektglas
4 meter:	Tre jordprøver Tre prøver med objektglas
8 meter:	Tre jordprøver Tre prøver med objektglas
16 meter:	Tre jordprøver Tre prøver med objektglas

Depositionen i en eksponentielt stigende afstand væk fra sprøjtebanen blev bestemt ved hjælp af passive dosimetre. Der blev udført sammenlignende undersøgelser af depositionen på objektglas og jordoverflader. Depositionen blev bestemt som den direkte afdrift i forbindelse med sprøjtningen samt en eventuel efterfølgende deposition inden for prøvetagningsperioden, der påbegyndtes 30 minutter efter sprøjtning. Tilsvarende blev der udtaget prøver uden for sprøjtebanen ud til 64 m fra sprøjtebanen. Afsætningen på såvel glas, som jord- og bladoverflader blev bestemt.

Uden for sprøjtebanen (nedstrøms):

1 meter:	Tre jordprøver Tre prøver med objektglas Tre bladprøver
2 meter:	Tre jordprøver Tre prøver med objektglas Tre bladprøver
4 meter:	Tre jordprøver Tre prøver med objektglas Tre bladprøver
8 meter:	Tre jordprøver Tre prøver med objektglas
16 meter:	Tre jordprøver Tre prøver med objektglas
32 meter:	Tre jordprøver Tre prøver med objektglas
64 meter:	Tre jordprøver Tre prøver med objektglas

Opstilling af passive dosimetre ses i Figur 3.4



Figur 3.4 Opstilling af passive dosimetre i maj 2003.

Der blev udtaget tankprøver før og efter sprøjtning for at checke sprøjtevæskens indhold af aktivstoffer, da det udsprøjtede volumen og areal kendes kan dosis pr. ha. beregnes.

Fordampning fra sprøjtefeltet:

0 timer	3 prøver med objektglas
1 time	3 prøver med objektglas
3 timer	3 prøver med objektglas
6 timer	3 prøver med objektglas
24 timer	3 prøver med objektglas

I alt 15 objektglasprøver

0 timer	3 prøver med blade
1 time	3 prøver med blade
3 timer	3 prøver med blade
6 timer	3 prøver med blade
24 timer	3 prøver med blade

I alt 15 bladprøver.

Ved hjælp af objektglas og bladprøver følges forsvindingen (fordampning og nedbrydning) fra det sprøjtede felt over tid. Objektglasprøver ved 0 timer er samtidig kontrolprøver for den dosis, der rammer feltet.

Deposition 5 m uden for sprøjtefeltet:

0,5 time	3 prøver med objektglas
3,5 timer	3 prøver med objektglas
27 timer	3 prøver med objektglas

I alt 9 objektglasprøver placeret inden sprøjtning.

0,5-3,5 timer	3 prøver med objektglas 3 prøver med jord 3 bladprøver (Totaldeposition)
3,5-24 timer	3 prøver med objektglas 3 prøver med jord 3 bladprøver (Totaldeposition)
24-27 timer	3 prøver med objektglas 3 prøver med jord 3 bladprøver (Totaldeposition)

I alt 9 objektglasprøver
I alt 9 jordprøver
I alt 9 bladprøver

Deposition 10 m uden for sprøjtefeltet:

0,5-3,5 timer	3 prøver med objektglas 3 prøver med jord 3 bladprøver (Totaldeposition)
3,5-24 timer	3 prøver med objektglas 3 prøver med jord 3 bladprøver (Totaldeposition)
24-27 timer	3 prøver med objektglas 3 prøver med jord 3 bladprøver (Totaldeposition)
0,5-27 timer	Opstrøms: 3 prøver med objektglas 3 prøver med jord 3 bladprøver (Totaldeposition)

I alt 12 objektglasprøver
I alt 12 jordprøver
I alt 12 bladprøver

Objektglasprøver placeret inden sprøjtning og indsamlet over tid giver tal for nettodepositionen på objektglassene (direkte deposition i forbindelse med sprøjtning, og deposition efter fordampning fra sprøjtefeltet minus fordampning over tid fra objektglassene.). Tilsvarende for bladprøverne, der tages af afgrøden. Objektglasprøverne og jordprøverne placeret i tre tidsintervaller (umiddelbart efter sprøjtning, det første døgn efter den første deposition og deposition efter et døgn) viser deposition efter fordampning (sekundær deposition). Opsætning og indsamlingen er foregået i en afstand på 5 og 10 m fra sprøjtefeltet. Der er desuden indsamlet prøver opstrøms fra hele perioden.

De indsamlede blade, objektglas og jord fra dosimetrene blev overført til Duran-flasker og tilsat methanol og derefter rystet omhyggeligt. Prøverne blev opbevaret ved -18°C indtil analyse. Inden analyse blev prøverne fortyndet 1:1 med vand for at opnå en bedre kromatografisk separation. Prøver med indhold under detektionsgrænsen blev inddampet på Turbovap®.

Analysen foregik ved væskechromatografi (HPLC) på et Hewlett-Packard LC-1100 system efterfulgt af dobbelt massespektrometrisk detektion på et Applied Biosystem, Sciex API-2000 (MS-MS) massespektrometer i positivt og negativt mode.

4 Resultater

4.1 Måling af flukse af pesticider

Der er målt koncentrationer af fem pesticider i seks højder over jorden. Sammen med meteorologiske målinger danner koncentrationsgradienterne baggrund for bestemmelse af den horisontale transport af de pågældende stoffer. Ud fra den horisontale transport kan kildestyrken bestemmes, d.v.s. fordampningen af stof kan bestemmes.

Den horisontale fluks bestemmes som det integrerede produkt af koncentrations- og vindhastighedsprofilerne (jf. afsnit 3.2). Ud fra forsøgets udformning og teoretiske beregninger er koncentrationen sat konstant fra 0-10 cm's højde i september 2002 (jf. afsnit 3.2). I maj 2003 er der korn på marken og "displacement height" er sat til 40 cm. I denne periode regnes koncentrationen konstant fra 0-50 cm's højde. I maj er vindhastigheden sat lig friktionshastigheden i 0-50 cm's højde, d.v.s. inde i kornet.

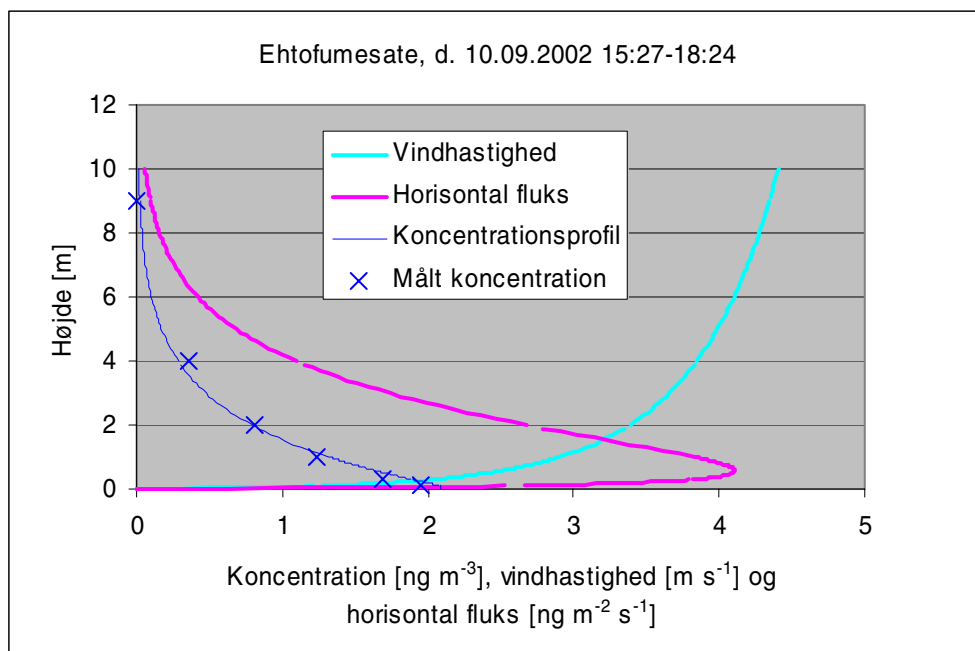
Generelt følger gradienterne et eksponentielt forløb med faldende koncentration med stigende højde. Alle koncentrationsmålinger fra h.h.v september 2002 og maj 2003 er angivet i bilag 3. De logaritmerede koncentrationer giver punkter på en ret linie og hældning og skæring bestemmes ved lineær regression. Hældningen er bestemt af blandingsforholdene i luften, mens skæringen er de enkelte stoffers koncentration ved overfladen. Antages konservative stoffer, d.v.s. ubetydelig omdannelse, nedbrydning og/eller deposition vil hældningen på linien være ens for de fem stoffer, idet de er udsat for de samme blandingsforhold.

Der er lavet et lineært regressionsprogram, som bestemmer én fælles hældning ud fra alle fem gradienter samt den derved resulterende skæring for de enkelte stoffer. I september bestemmes linien ud fra seks målepunkter, dog udgår målingen i 9 m, hvis den viser nul. I maj er der principielt fire punkter til bestemmelsen af linien, idet målingen i 10 og 30 cm's højde ligger i området med formodet konstant koncentration (jf. ovenstående).

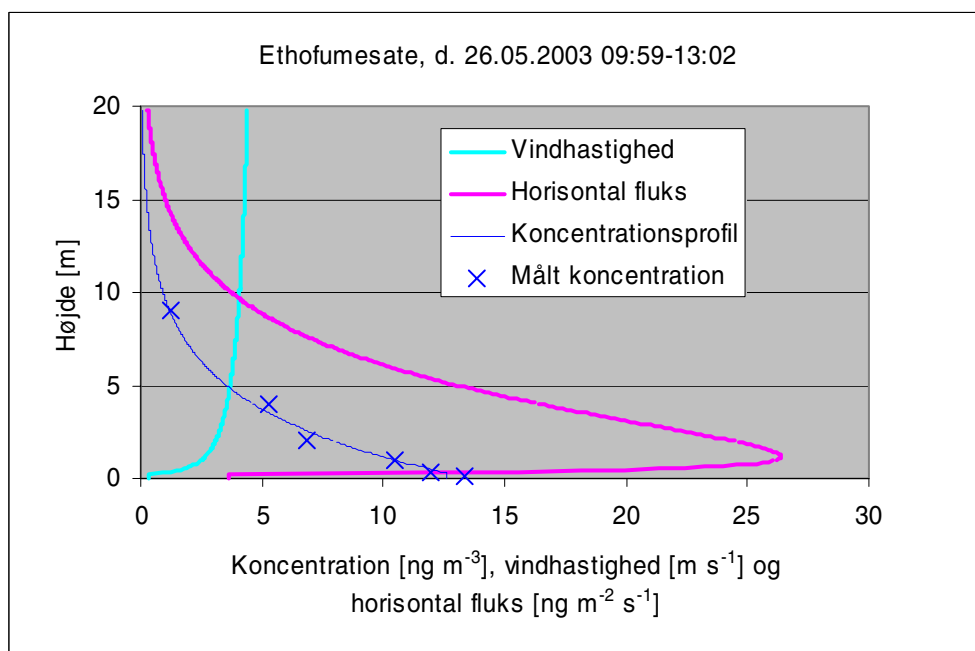
Enkeltprøver, der er behæftet med fejl, kan ses som afvigere fra en ret linie bestemt af målingerne i de øvrige højder og disse afvigere er ikke med i regressionsanalysen. Der skal minimum være tre målepunkter, hvis et stof skal indgå i den fælles bestemmelse af hældningen. Der skal minimum være to målepunkter for at skæringen estimeres og disse to målepunkter skal ligge rimeligt i forhold til hældningen på de øvrige linier. D.v.s. at tilfælde, hvor et stof kun har to målepunkter i en periode, ikke vil indgå i hældningsbestemmelsen, mens skæringen findes ud fra de to punkter og den hældning, der er bestemt v.h.a. de andre stoffer.

I september 2002 er profilerne estimeret op til 10 m's højde. For målingerne i maj 2003 har det vist sig nødvendigt at estimere profiler helt op til 20 m's højde.

De målte koncentrationer af ethofumesate i måleperioden sen eftermiddag d. 10. september, 2002, er vist på figur 4.1. Endvidere er vist de beregnede koncentrations- og vindhastighedsprofiler samt produktet af disse, som er profilet for den horisontale fluks.



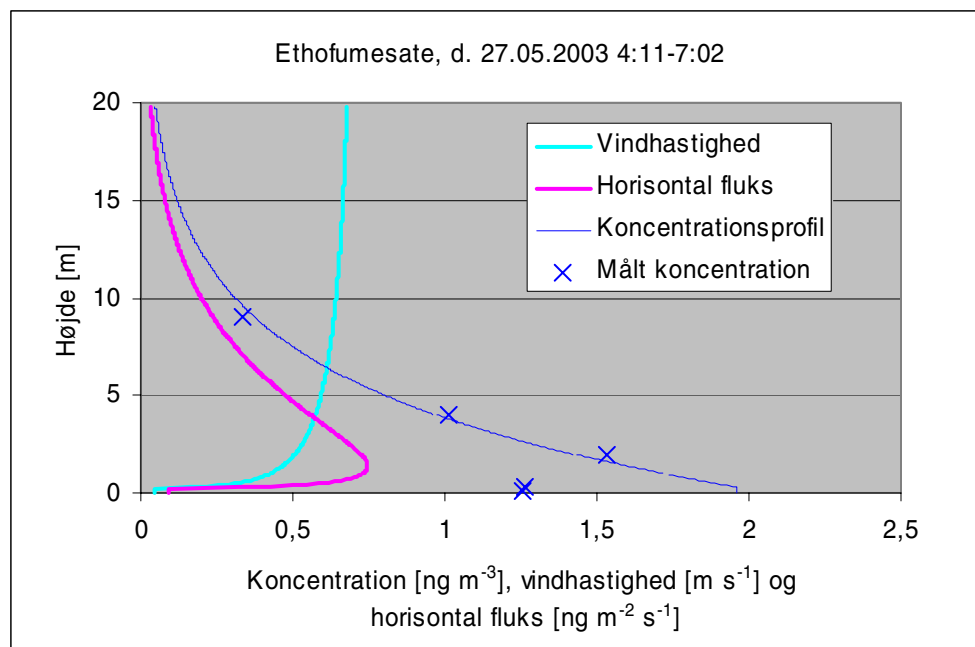
Figur 4.1 Målte koncentrationer af ethofumesate i måleperioden d. 10. september 2002, kl. 15:27-18:24 samt de beregnede koncentrations- og vindhastighedsprofiler og produktet af disse, som er profilet for den horisontale fluks.



Figur 4.2 Målte koncentrationer af ethofumesate i måleperioden d. 26. maj, 2003, kl. 09:59-13:02 samt de beregnede koncentrations- og vindhastighedsprofiler og produktet af disse, som er profilet for den horisontale fluks.

På figur 4.2 ses de målte koncentrationer af ethofumesate i måleperioden om formiddagen d. 26. maj, 2003. Endvidere er vist de beregnede koncentrations- og vindhastighedsprofiler samt produktet, profilet for den horisontale fluks. I denne periode ses nogenlunde det forventede forløb for koncentrationsmålingerne i 10 og 30 cm's højde.

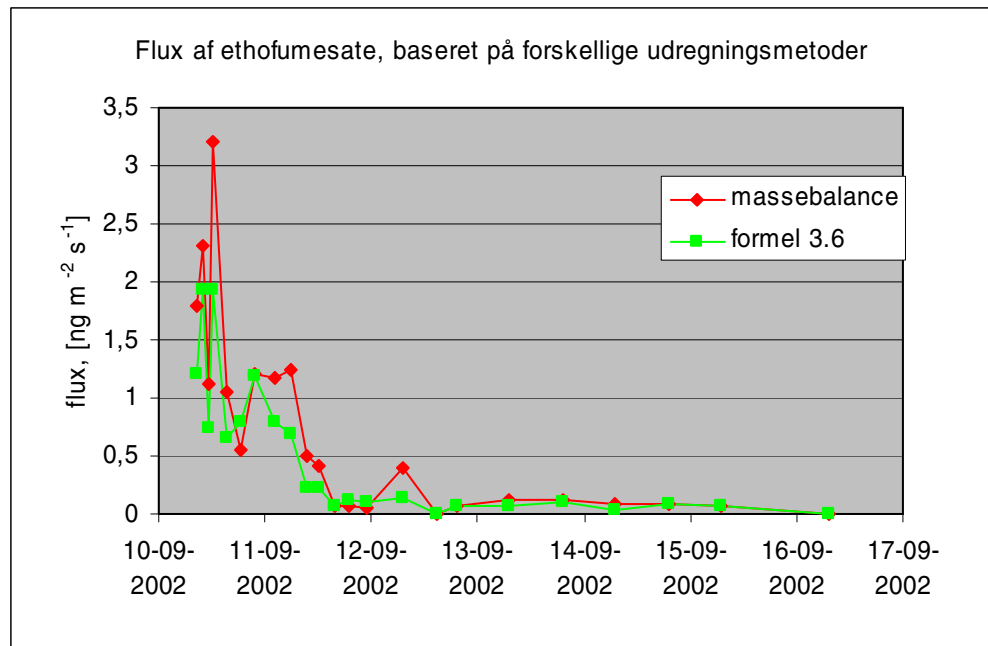
Et eksempel på en måleperiode, hvor målingerne i 10 og 30 cm's højde er lavere end forventet (de to målepunkter ligger oveni hinanden) ses på figur 4.3 De lavere værdier skyldes formentlig tørdeposition. Ved udregningen af den horisontale fluks er der ikke taget hensyn til dette, idet det er et udtryk for en fjernelse af stof, der reelt er fordampet, men ikke når målemasten.



Figur 4.3 Målte koncentrationer af ethofumesate i måleperioden d. 27. maj, 2003, kl. 04:11-07:02 samt de beregnede koncentrations- og vindhastighedsprofiler og produktet af disse, som er profilet for den horisontale fluks.

I maj forekom to måleperioder (d. 26. kl. 23:12 – d. 27. kl. 03:01 og d. 30. kl. 06:20-11:54), hvor det ikke var muligt at danne et profil af målingerne for nogen af stofferne. D. 26. var vindhastigheden meget lav og det er formentlig årsag til de manglende profiler. D. 30. har vi ingen forklaring på den manglende profil.

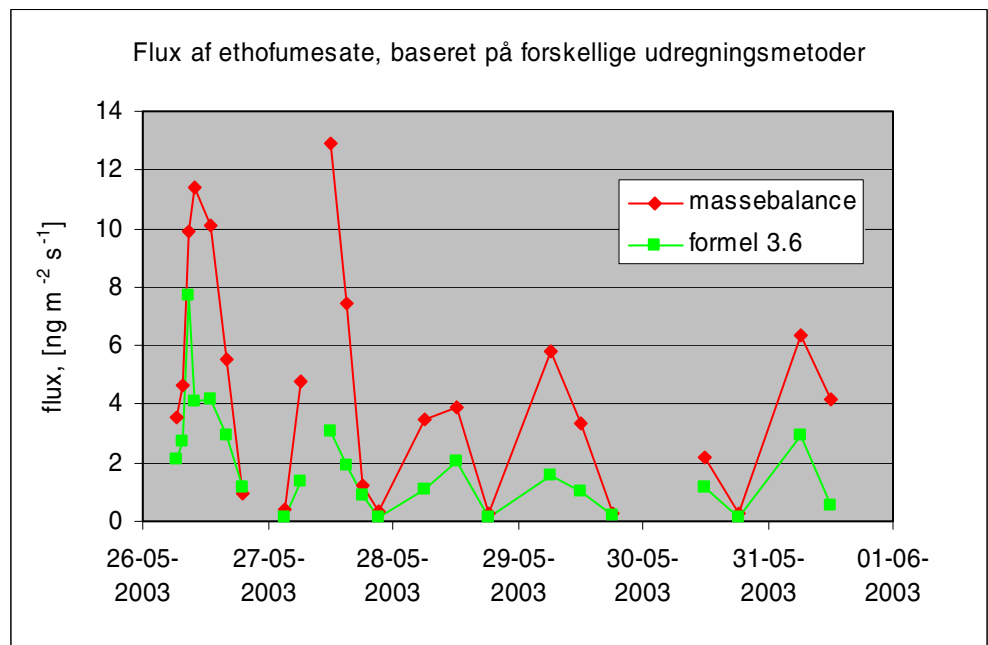
I afsnit 3.2 er estimeringen af fordampningen beskrevet ud fra massebalancemetoden samt et mere groft estimat på fordampning, der fås ud fra formel 3.6. Nedenfor viser fig. 4.4 og fig. 4.5 en sammenligning af fluksen bestemt på de to måder i september og i maj, d.v.s. for bar jord og for plantedække. Sammenligningen er kun vist for ethofumesate, da de relative afvigelser ikke er stofspecifikke.



Figur 4.4 Fordampningsfluxen af ethofumesate i september, beregnet ud fra massebalancemetoden og formel 3.6.

Det ses, at formel 3.6 (afsnit 3.2) generelt giver et godt estimat for kildestyrken i september. Formlen udtrykker logaritmen af overfladekoncentration som kildestyrken normeret med friktionshastigheden gange en konstant, d.v.s. opblandningens indflydelse (under neutrale stabilitetsforhold) kan adskilles i analysen af parametre, der påvirker fordampningen .

I maj, hvor marken er dækket af korn, underestimerer formel 3.6 fordampningsfluxen (se figur 4.5).

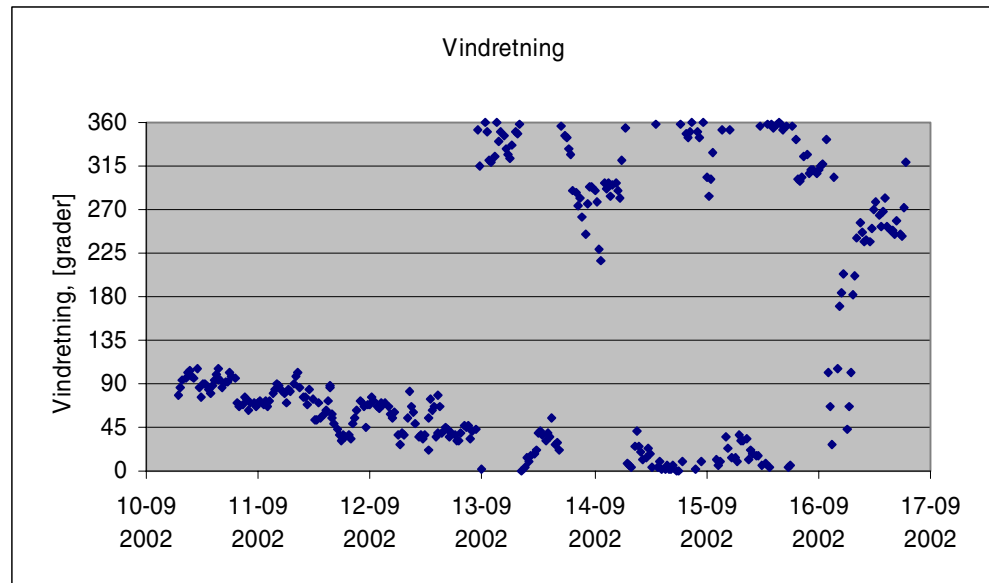


Figur 4.5 Fordampningsfluxen af ethofumesate i maj, beregnet ud fra massebalancemetoden og formel 3.6.

4.2 Meteorologiske forhold

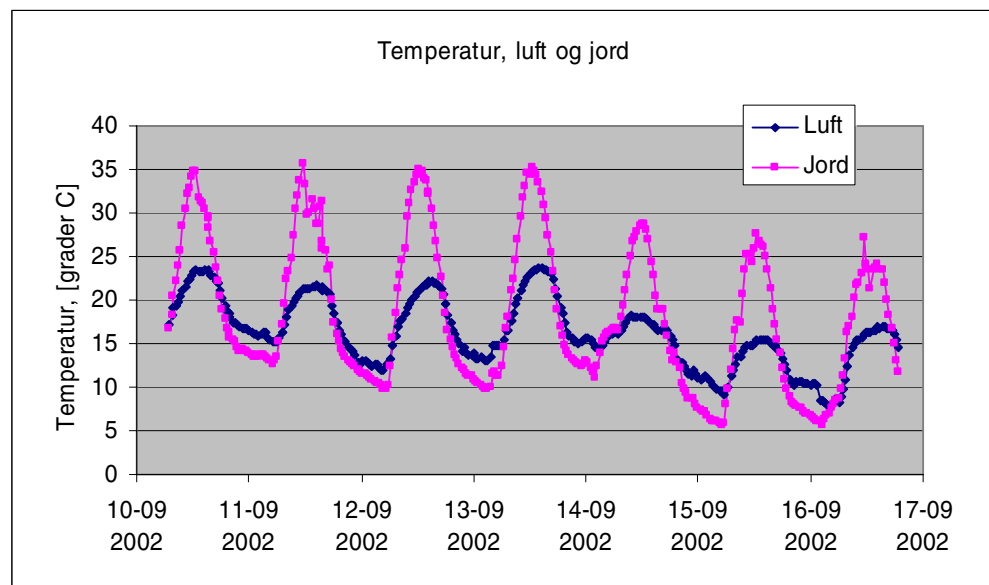
De meteorologiske målinger startede d. 3. september 2002, noget før pesticidmålingerne, og sluttede d. 23. september. Nogle udvalgte parametre for perioden d. 10.-17. september er vist i nedenstående figurer. Markeringen på x-aksen er datoen, hvor f.eks 11 markerer midnat mellem d. 10. og 11. september.

Det ses af figur 4.6, at vindretning i perioden for pesticidmålingerne var karakteriseret ved en østlig vind (ca. 90°), der langsomt, men vedvarende, drejer mod nord (0° eller 360°).



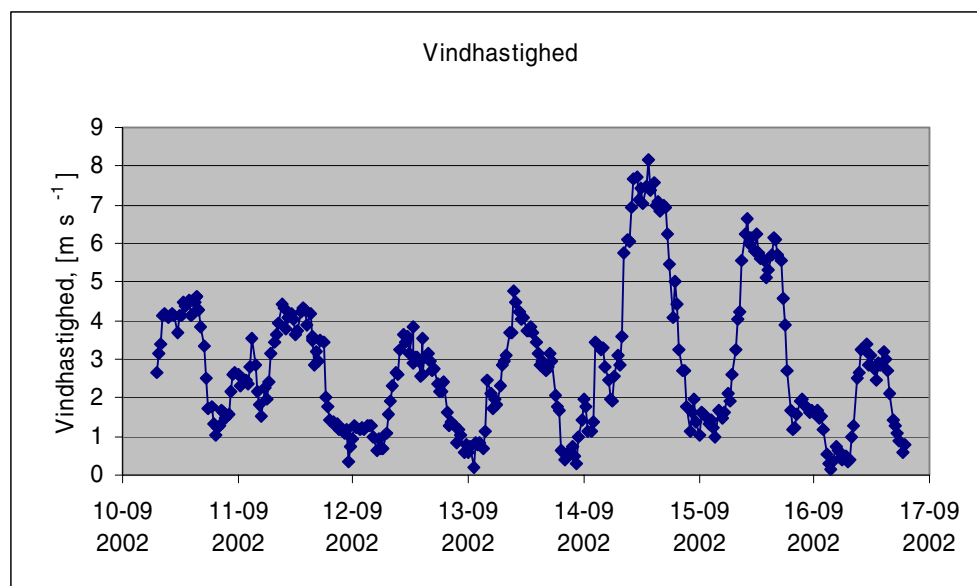
Figur 4.6 Vindretningen i perioden d. 10.-17. september 2002.

Perioden var ligeledes karakteriseret ved klart vejr, hvilket fremgår af temperaturmålingerne (figur 4.7), der viser en markant daglig cyklus, hvor jordoverfladetemperaturen har den største amplitude (varmere end luften om dagen og koldere om natten). Typiske jordoverfladetemperaturer når op på 35° .



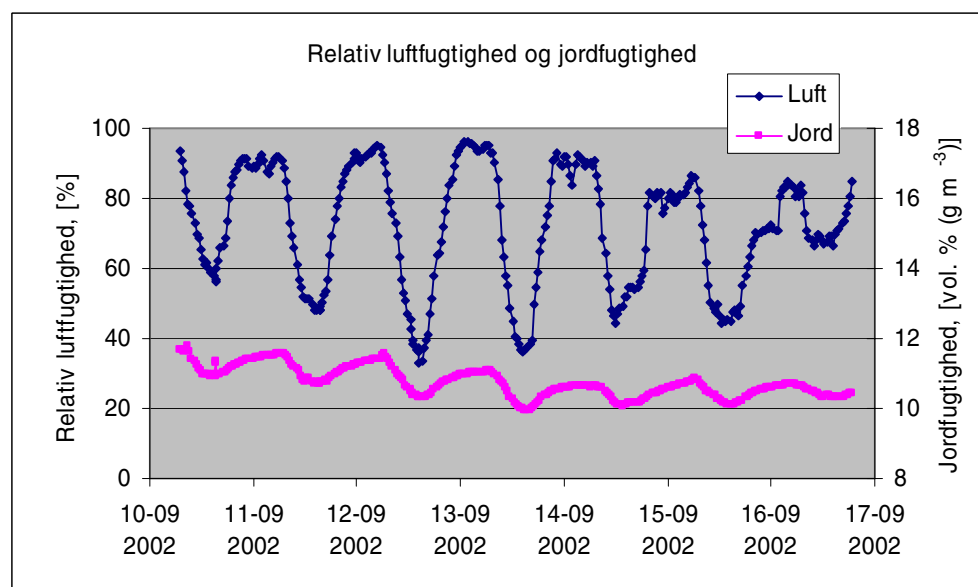
Figur 4.7 Temperaturen i 6 m's højde og overfladetemperaturen i perioden d. 10.-17. september 2002.

Den daglige cyklus er også stærkt markeret i vindhastigheden (figur 4.8), med 4 – 6 m/s i dagtimerne og lave værdier om natterne, især mellem den 11. og 12. og de to følgende nætter, hvor hastighederne er meget lave.



Figur 4.8 Vindhastigheden i 1,5 m's højde i perioden d. 10.-17. september 2002.

Den relative luftfugtighed svinger regelmæssigt med værdier omkring 50-60% om dagen og omkring 90% om natten (figur 4.9).



Figur 4.9 Relativ fugtighed (%) målt i 6 m's højde samt jordfugtigheden (volumen vand i forhold til volumen jord) i perioden d. 10.-17. september 2002.

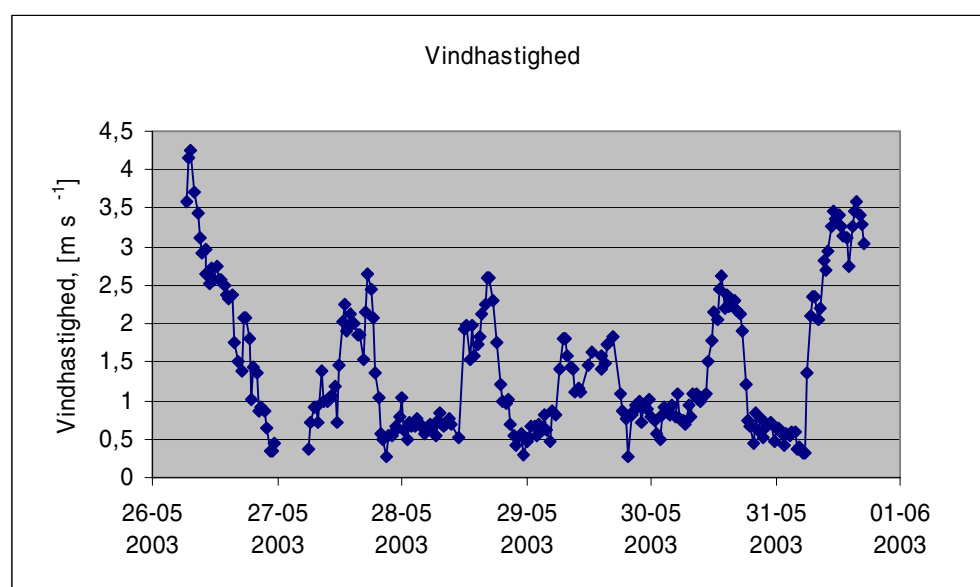
Jordfugtigheden (figur 4.9) viser langt mindre daglige udsving, men dog en målbar optørring hen gennem perioden i respons til den relativt tørre vind og manglen på nedbør. De små døgnudsvingning i vandindhold kan skyldes, at der falder dug. Disse udsving er dog små, hvilket skyldes at jordfugtigheden måles over en jordlagstykkelse på flere cm.

I den anden periode af pesticid-fordampningsforsøgene fra den 26. maj til den 31. maj var de meteorologiske forhold lige som i september 2002 kampagnen karakteriseret ved klart vejr, uden nedbør. Nedenstående plot viser: vindhastighed, vindretning, luft- og jordoverfladetemperatur, luft- og jordfugtighed samt beregnede størrelser som den turbulente friktionsha-

stighed, varmefluxen og vandfordampningen. Det fremgår af plottene, at der er nogle perioder med manglende data. Dette skyldes varmeproblemer i dataopsamlingsystemet.

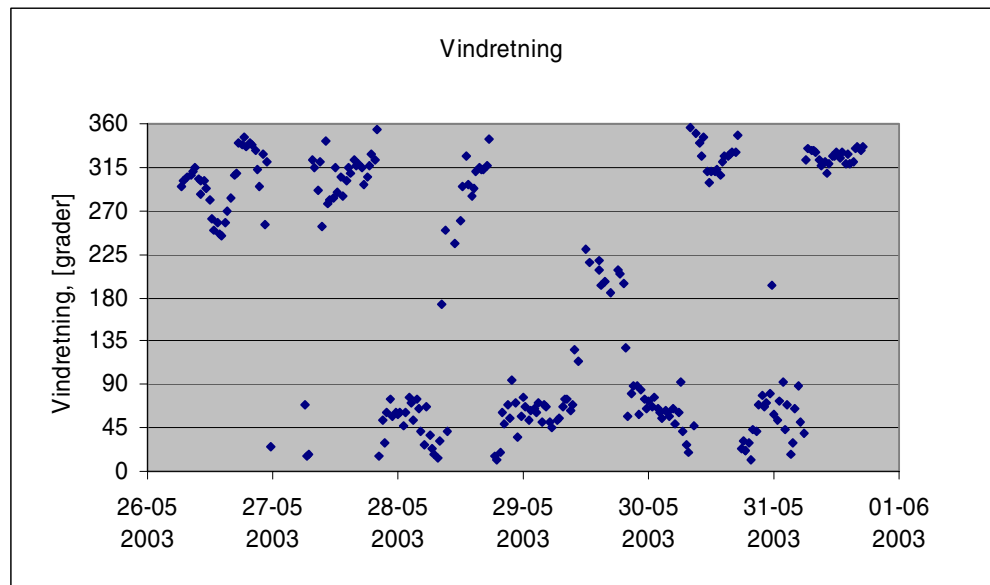
Begge målekampagner (september og maj) er karakteriseret ved, at der ikke er nedbør. En hovedforskel er, at i september var jorden næsten bar (nyspiset korn) og i overensstemmelse med de generelle klimabetingelser ret tør, medens den i maj var dækket af et tæt, omkring 60 cm højt plantedække (undtagen i en zone omkring opsamlingsmasterne, hvor der ikke var gødet og plantedækket derfor lavere og mindre tæt). På dette tidspunkt var jordfugtigheden tre gange højere end i september.

Vindhastighederne i maj var lave i forhold til september kampagnen. I dagtimerne er den typiske vindhastighed 2 m/s i forhold til 5 m/s i september. Den daglige cyklus med meget lave hastigheder om natten er igen dominerende (figur 4.10).



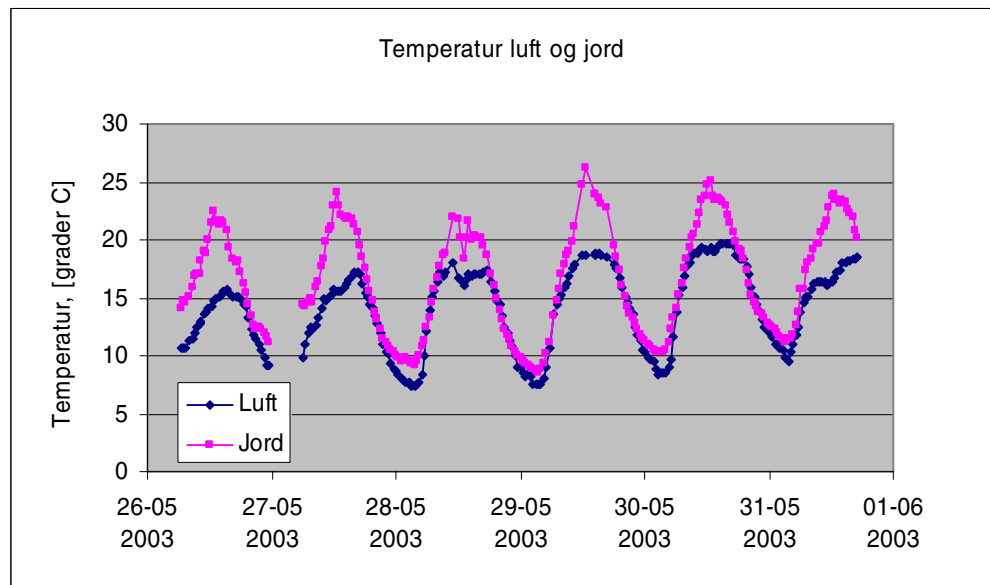
Figur 4.10 Vindhastigheden i 1,5 m's højde i måleperioden d. 26.-31. maj 2003.

Mønsteret er dog anderledes end i september. I maj kampagnen synes der at være en daglig cyklus: Vindretningen er stort set nord-vest i dagtimerne og stort set nord-øst i nattetimerne (figur 4.11).

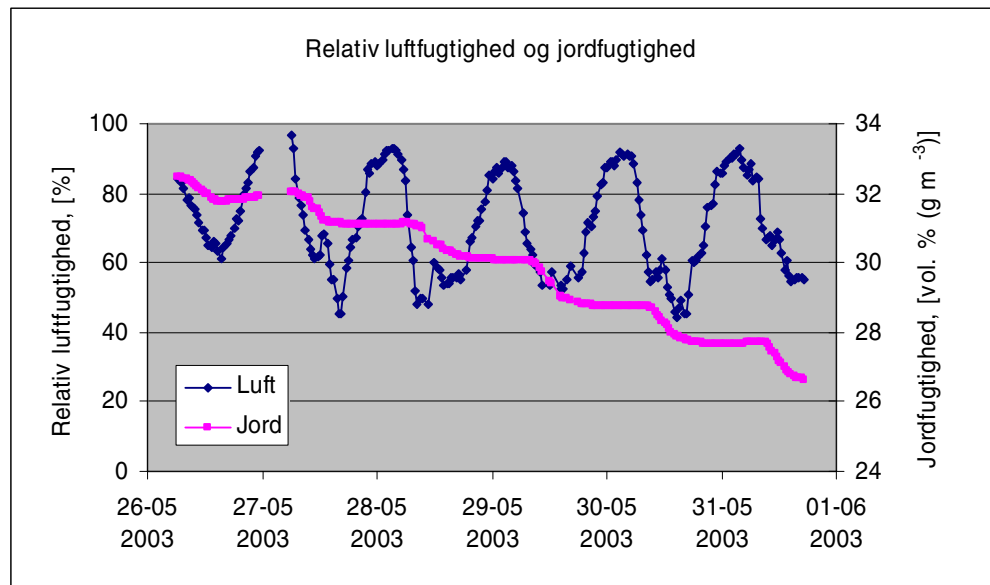


Figur 4.11 Vindretning i måleperioden d. 26.-31. maj 2003.

Lufttemperaturen er ikke så forskellig i de to perioder; nattemperaturerne ligger på omkring 10°C og dagtemperaturerne på ca. 20°C (figur 4.12). Jordoverfladens temperatur ved middagstid i maj-perioden er omkring 25°C, mens den i september flere dage var oppe omkring 35°C. Dette er i god overensstemmelse med jordfugtigheden (figur 4.13). I september var jorden temmelig tør (ca. 10% volumen) medens den i maj var omkring 30% volumen, aftagende fra ca. 32 i begyndelsen til ca. 27 i slutningen af perioden med karakteristiske "trappetrin", der tidsmæssigt svarer til de målte maksima i fordampningen omkring middag.

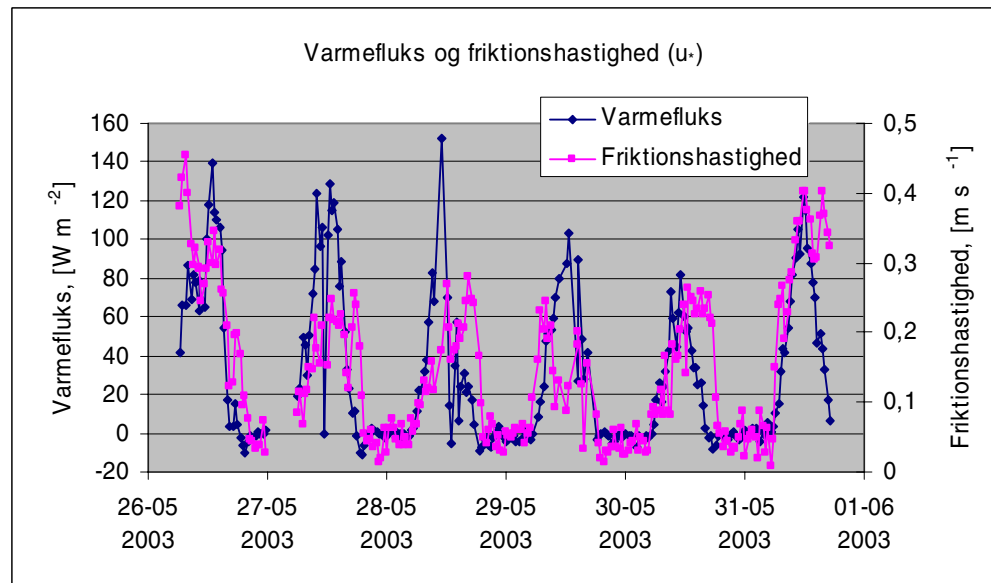


Figur 4.12 Luft- og jordtemperatur i måleperioden d. 26.-31. maj 2003



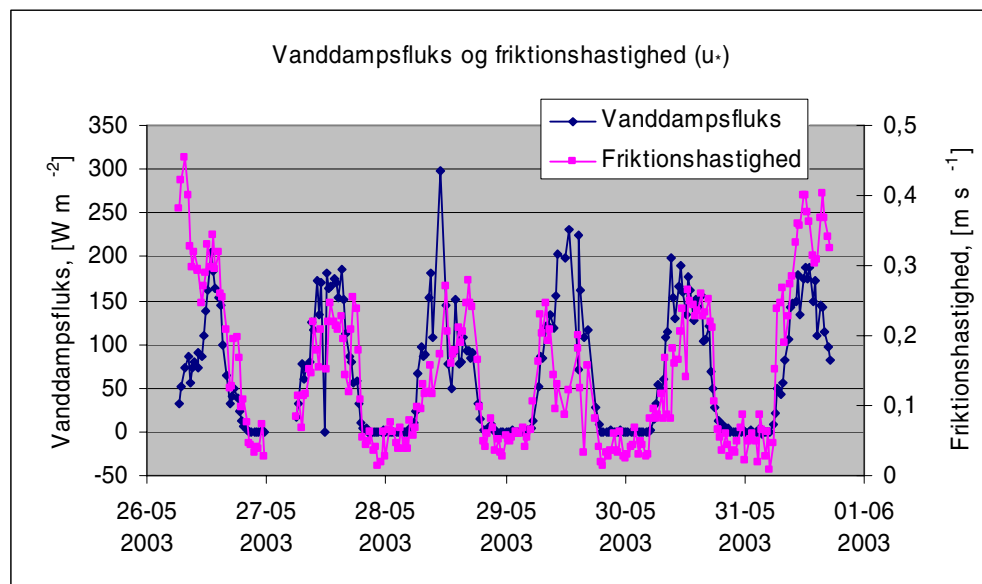
Figur 4.13 Relativ fugtighed (%) målt i 6 m's højde samt jordfugtigheden (volumen vand i forhold til volumen jord) i perioden d. 26.-31. maj 2003.

Turbulente flukse af varme, vanddamp og moment (i form af friktionshastigheden, u_*) blev også målt. Fig. 4.14 viser varmekluksen, der er en vigtig parameter i forbindelse med at fastlægge stabilitetsforholdene i grænselaget og dermed den vertikale pesticidspredning. Fig. 4.14 viser også momentfluksen.



Figur 4.14 Varmefluksen samt friktionshastigheden i måleperioden d. 26.-31. maj 2003.

Fig. 4.15 viser vanddampfluksen (fordampningen) og momentfluksen. Både varme- og vanddampfluks er positive (opad rettede) i dagtimerne og nul eller svagt negative i nattetimerne. Begge figurer viser også forløbet af u_* (ens i begge figurer). Det ses, at alle disse flukse forløber meget ens. Det kan derfor i en statistisk analyse være vanskeligt at udpege hvilke af parametrene, der er de egentligt bestemmende for fordampningen af pesticid og hvilke der blot er covarierende.



Figur 4.15 Vanddampfluksen og friktionshastigheden i måleperioden

4.3 Kemiske analyser af luftprøver

Der er anvendt "Accelerated Solvent Extraction" (ASE) til ekstraktion af luftprøverne. Denne metode er delvis automatiseret således, at der kan ekstraheres flere prøver på en gang i forhold til den klassiske Soxhlet ekstraktionsmetode. Der er udviklet metoder til ekstraktion af de fem undersøgte pesticider fra henholdsvis PUF og XAD. Ekstraktionsparametrene tryk, temperatur, tid blev optimeret med hexan/acetone (1:1, v/v) som solvent. Resultaterne fra genfindingsforsøg med ASE blev sammenlignet med resultaterne fra Soxhlet ekstraktion. De første forsøg viste, at genfindning af pirimicarb, propachlor, pyrimethanil og ethofumesat med ASE fra både PUF og XAD var acceptable (over 50%) og kunne sammenlignes med genfindning fra Soxhlet ekstraktion. Genfindning af mechlorprop-P fra XAD var også acceptabel. Genfindning af mechlorprop-P fra PUF var lav (ca. 20%) med både ASE og Soxhlet ekstraktion. For at kunne korrigere for de lave genfindinger af mechlorprop-P, blev prøverne spiket lige før ekstraktion med tilsvarende deuterium-mærket stof (mechlorprop-D3). I nogle af prøverne blev den deuteriummærkede standard ikke genfundet og det betød, at mechlorprop-P heller ikke blev ekstraheret fra prøverne. På grund af den store variation i ekstraktion af mechlorprop-P fra PUF er resultaterne af en del af prøver ikke rapporteret. For de andre fire stoffer er den relative standard afvigelse (RSD %) beregnet for gentagne ekstraktioner ved fire koncentrationer (se tabel 4.1).

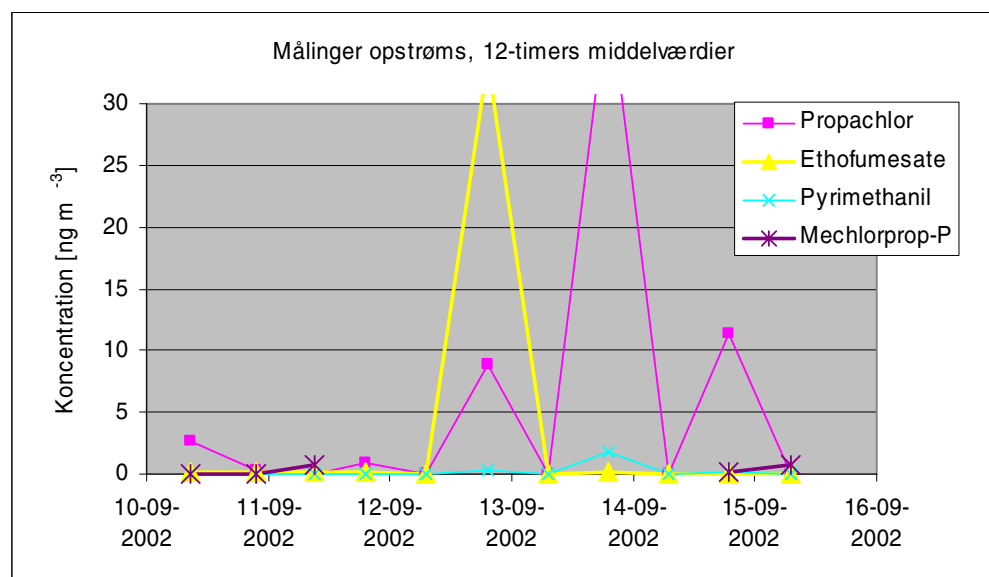
Tabel 4.1 RSD % for genfindning af fire pesticider ved fire forskellige koncentrationer efter ekstraktion fra PUF og XAD med ASE.

Koncentration	100 ng		200 ng		500 ng		1000 ng	
	PUF	XAD	PUF	XAD	PUF	XAD	PUF	XAD
Ethofumesat	16	30	15	16	20	13	17	9
Pirimicarb	9	19	12	22	14	17	10	13
Propachlor	13	28	14	13	11	14	8	4
Pyrimethanil	38	24	25	21	24	28	42	8

4.4 Baggrundsmålinger

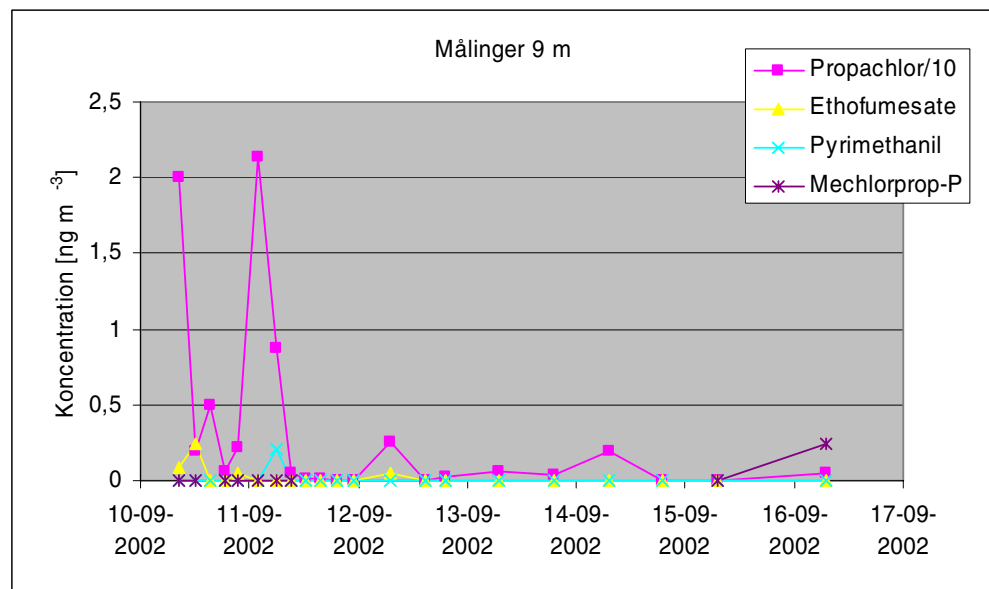
Der blev målt luftkoncentrationer af de fem pesticider i 2 m's højde opstrøms det sprøjtede område. Formålet var at bestemme et eventuelt baggrundsbidrag fra et eller flere af de pesticider, der indgår i forsøget. Målingerne opstrøms har typisk været placeret under 50 m fra sprøjtesporet og i begge forsøgsperioder var det nødvendigt at flytte målepunktet p.g.a. ændringer i vindretningen. Målingerne er middelværdier over 12 timer (i september kl. 7-19-7 og i maj kl. 6-18-6). Koncentrationerne er angivet i bilag 3. Under typiske meteorologiske forhold (neutrale forhold) kan målingen i 9m's højde betragtes som en baggrundsmåling, idet pesticiderne ikke forventes at blandes op i denne højde (jf. afsnit 3.2). Målingerne opnået i 9 m's højde er angivet i bilag 3.

Målingerne opstrøms det sprøjtede område er vist på figur 4.16. Pirimicarb detekteres ikke i nogen af målingerne opstrøms. Pyrimethanil detekteres i aften/nat-prøverne (kl. 19-7) d. 12., 13. og d. 14. september. Mechlorprop-P detekteres første gang i dagprøven d. 11., hvor efter der er analyseproblemer og mechlorprop-P detekteres igen i de sidste to måleperioder. Propachlor og ethofumesate detekteres i prøverne indtil d. 12., hvorefter de, i lighed med pyrimethanil, kun detekteres i målingerne om aftenen/natten. De prøver, der detekteres indtil d. 12., kunne tyde på en baggrund, som for propachlor er ubetydelig i forhold til de koncentrationer, der måles i koncentrationsprofilen. Måleperioderne om natten d. 12., 13. og 14 er karakteriseret ved meget lave vindhastigheder og ændrende vinderetninger. De forhøjede værdier for propachlor, ethofumesate, pyrimethanil og d. 14. også mechlorprop-P, er formentlig udtryk for en kontaminering fra sprøjtebæltet eftersom alle stofferne udviser samme mønster. Den høje værdi for ethofumesate i aften/nat-prøven d. 12. ligger langt over alle målingerne for profilet i samme periode og opstrømsmålingen må antages at være fejlbehæftet. P.g.a. skift i vindretningen, blev målepunktet flyttet d. 12. om aftenen og dette kan have kontamineret prøven.



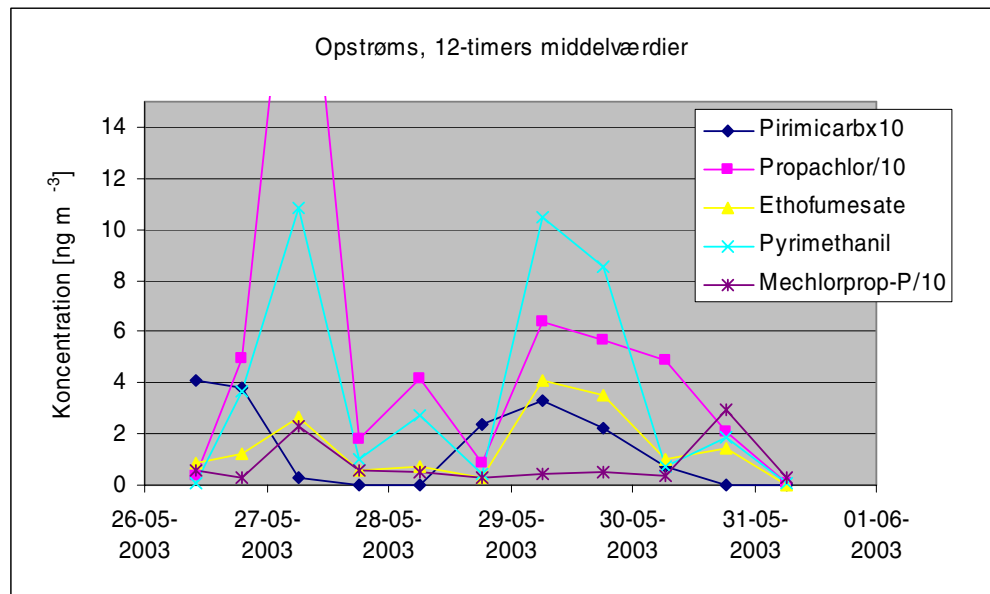
Figur 4.16 12-timers koncentrationsmiddelværdier (kl. 7-19-7), der er målt opstrøms det sprøjtede areal. Pirimicarb er ikke detekteret i nogen af prøverne. Koncentrationen af propachlor er divideret med 10. Den høje værdi for ethofumesate er 33 ng m⁻³.

Målingerne fra 9 m's højde er vist figur 4.17. Med undtagelse af de tre første måleperioder, følger måleperioderne i 9 m tidsmæssigt de øvrige profilmålinger. I de tre første måleperioder, der hver var af en times varighed, er der én samlet tre-timers-måling fra 9 m. Pirimicarb detekteres kun i den første måleperiode (0.029 ng m^{-3}) og er ikke medtaget på figuren. Der forekom en del perioder med meteorologiske forhold, hvor sporbare mængder af stof når at blande op i 9 m. Når profilet analyseres, viser regressionen, om den pågældende 9 m kan betragtes som tilhørende det øvrige profil. Kun ethofumesate d. 10. kl. 12:01-14:55 synes at afvige væsentligt. Opstrømsmålingerne for ethofumesate viste tegn på baggrund i starten af forsøget. D. 10. september kan målingerne i 9 m dog hverken be- eller afkræfte denne observation. Efter d. 10. detekteres ethofumesate ikke i 9 m-målingen. Det er valgt at se bort fra den eventuelle baggrundsværdi for ethofumesate. Opstrømsmålingerne viste, at der tilsyneladende er baggrundsværdier for mechlorprop-P i målingen d. 11. kl. 7-19 og d. 15. kl. 7-19. P.g.a. de mange analyseproblemer, kan prøven d. 11. ikke sammenholdes til 9 m-målingen, mens mechlorprop-P detekteres opstrøms d. 15. om dagen ikke detekteres i 9 m. P.g.a. de mange usikkerheder er det valgt at se bort fra en eventuel baggrund af mechlorprop-P.



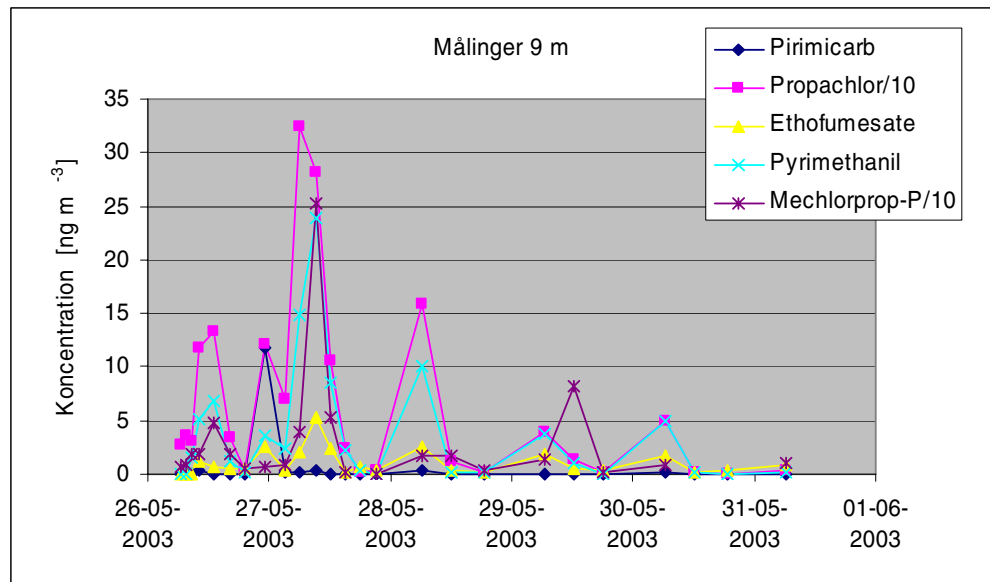
Figur 4.17 Koncentrationsmålinger fra 9 m's højde i forsøgets måleperioder. Pirimicarb detekteres kun i den første periode (0.029 ng m^{-3}) og er ikke medtaget på figuren. Propachlor koncentrationen er divideret med 10.

Målingerne opstrøms i maj er vist på figur 4.18. Der ses et nogenlunde sammenfaldende mønster for koncentrationsvariationerne på alle fem stoffer, dog følger mechlorprop-P ikke stigningen d. 29. om dagen. d. 28. kl. 6-18 er det kun propachlor og pyrimethanil, der stiger. Målingen fra d. 26. aften til d. 27. morgen er formentlig kontamineret fra sprøjtearealet, idet vindretningen skiftede fra nordvestlig til nordøstlig retning i en kort periode i løbet af natten, samtidig med, at vindhastigheden var meget lav og dermed formentlig meanderende vinde. Målingen både d. 27. og d. 28. dagen kan være kontamineret fra sprøjtebæltet i morgentimerne, hvor vindhastigheden var lav og koncentrationerne generelt høje. d. 29. dag er prøven muligvis kontamineret p.g.a. skift i vindretningen. Endelig skal det bemærkes, at udstyret er flyttet d. 27. om aftenen og igen d. 29. om aftenen. Disse flytninger indebærer en vis risiko for kontaminering af udstyret.



Figur 4.18 Koncentrationsmålinger (12-timersværdier, kl. 6-18-6), målt opstrøms det sprøjtede areal. Koncentrationen af propachlor og mechlorprop-P er divideret med 10, mens pirimicarb er ganget med 10. Den høje værdi for propachlor er $10 \times 26 \text{ ng m}^{-3}$.

Målingerne af koncentrationerne i 9 m's højde i måleperioderne i forsøget er vist figur 4.19. Pirimicarb detekteres i ca. en tredjedel af måleperioderne, mens de øvrige stoffer detekteres i næsten alle. Variationerne i koncentrationen i 9 m er nogenlunde ens for de forskellige stoffer, om end med forskellige niveauer. Generelt følger værdierne det øvrige profil af stofferne og 9 m målingen synes derfor ikke at være udtryk for en baggrundsværdi, men at pesticiderne er blandet op til en høj højde. I maj var flere måleperioder præget af konvektion og dermed en kraftig opblanding af pesticiderne i luften. Dog er alle værdier i perioden d. 28. kl. 6- kl. 12 lidt højere end forventeligt, når det øvrige profil tages i betragtning. Da det gælder alle fem stoffer i denne periode, er der formentlig tale om en fejl og ikke et baggrundsbidrag. Mechlorprop-P har forhøjet værdi d. 29. kl. 12- kl. 18. Denne stigning ses ikke på opstrømsmålingen og der er formentlig tale om en fejl snarere end et baggrundsbidrag.



Figur 4.19 Koncentrationsmålinger fra 9 m's højde i forsøgets måleperioder. Koncentrationen af propachlor og mechlorprop-P er divideret med 10.

4.5 Fordampningsflukse

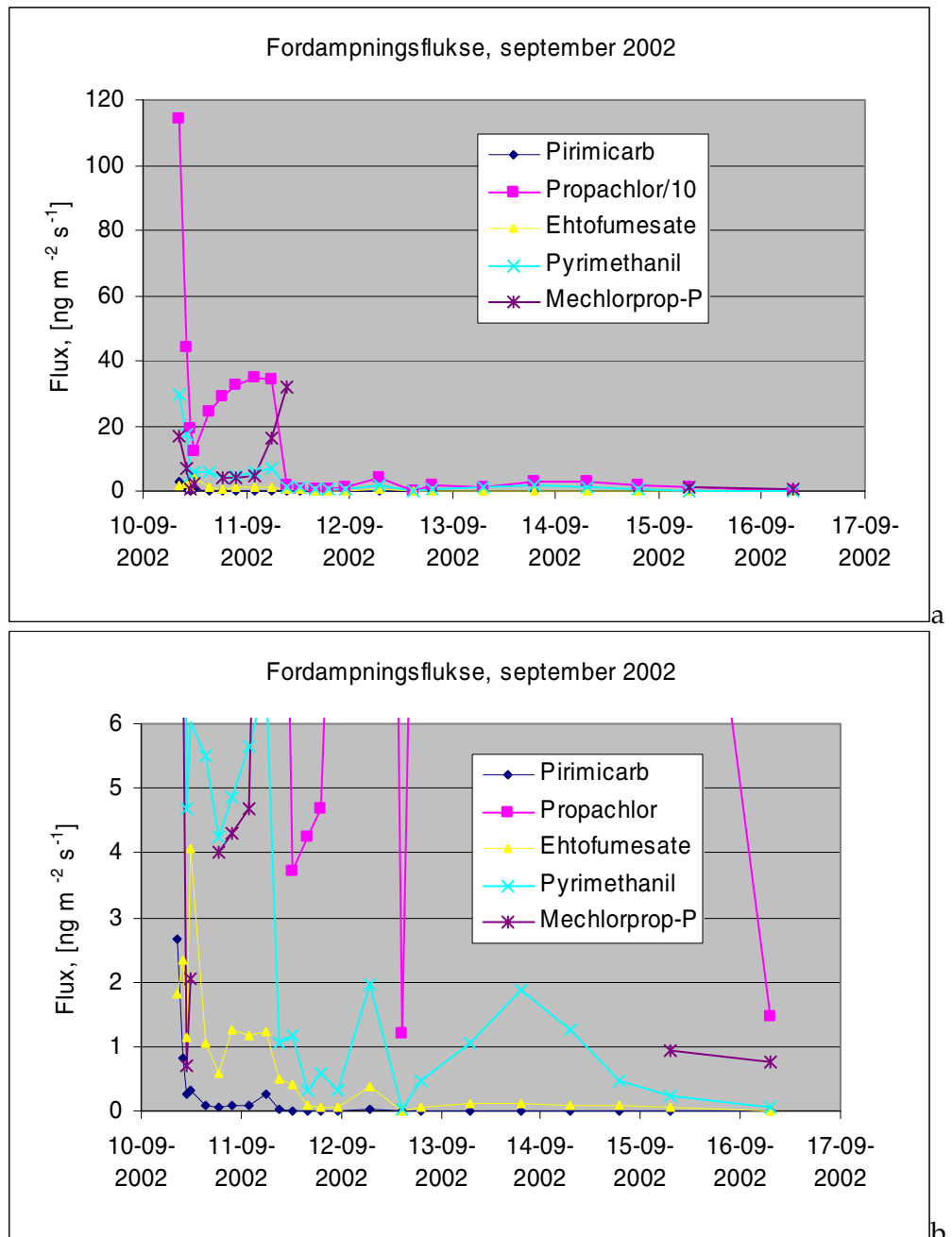
Kildestyrken eller fordampningsfluksen estimeres fra den horisontale fluks. Nedenfor er fordampningsfluksen præsenteret i absolutte mængder samt den akkumulerede fordampning i forhold til behandlingsdosen for måleperioderne i september, h.h.v. maj. I begge perioder er der målt over en uge.

Fordampningsfluksene er vist på figur 4.20 a og b (to forskellige skalaer), estimeret ud fra målingerne i september 2002, hvor der er sprøjtet på bar jord. Efter det første døgn samt efter hele måleperioden er størrelsesfordelingen af de absolutte fordampningsfluksede forskellige stoffer imellem:

September, 1. døgn: propachlor > mechlorprop-P ≈ pyrimethanil > ethofumesate > pirimicarb

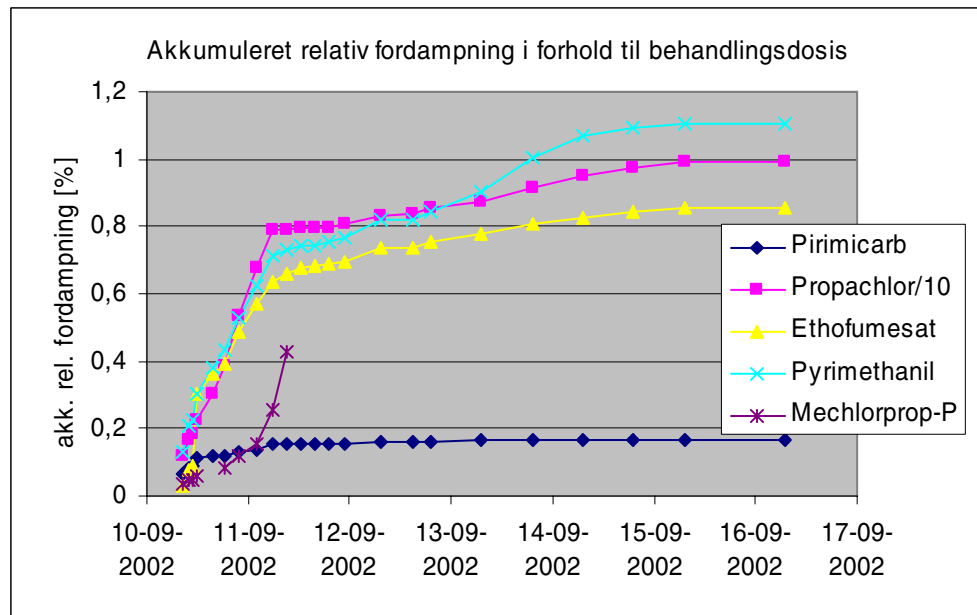
September, total: propachlor > pyrimethanil > ethofumesate > pirimicarb

Koncentrationer og dermed fluksen af pirimicarb kan stort set ikke detekteres efter det første døgn. For mechlorprop-P ligger den opnåede fluks på niveau eller over ethofumesate og pyrimethanil, men generelt mangler mange data p.g.a. analysekemiske problemer med stoffet. Størrelsen af fluksen følger sprøjtetosis og den største fluks måles lige efter sprøjtning, undtagen for mechlorprop-P, der har højere fluks om morgenen/formiddagen dagen efter sprøjtningen. Fluksen af pirimicarb, propachlor, ethofumesate og pyrimethanil falder markant efter det første døgn. Der er en vis tendens til en ensartet variation mellem de forskellige stoffer.



Figur 4.20 Absolutte fordampningsflukse estimeret fra målingerne september 2002. a) og b) illustrerer data på to forskellige skalaer. På figur a er fluksen af propachlor reduceret med en faktor 10.

Den akkumulerede fluks i september set i forhold til behandlingsdosis er vist i figur 4.21. Det ses, at propachlor, ethofumesate og pyrimethanil udviser et ensartet forløb, om end propachlor ligger på et ti gange højere niveau. Fra d. 12. til d. 14.-15. fordamper pyrimethanil relativt lidt mere end propachlor og ethofumesate. Mechlorprop-P fordamper ikke så meget i starten, men stiger så markant dagen efter sprøjtning. Dette forløb er anderledes end for de øvrige stoffer. Fluksen af pirimicarb aftager hurtigere end propachlor, ethofumesate og pyrimethanil.



Figur 4.21 Akkumuleret fluks i forhold til behandlingsdosis (%) for de fem pesticider sprøjtet på bar jord september 2002. Bemærk at værdierne for propachlor er reduceret en faktor 10 af hensyn til den grafiske fremstilling.

I tabel 4.2 er angivet den akkumulerede fordampningsfluks i forhold til behandlingsdosen for det første døgn efter sprøjtning samt for hele måleperioden for de fem pesticider, d.v.s. for mechlorprop-P er der ikke angivet data for hele perioden p.g.a. manglende data. Det ses, at stoffernes indbyrdes fordeling ikke ændres gennem forløbet.

Tabel 4.2 Den akkumulerede fluks i forhold til behandlingsdosis (%) for det første døgn (i alt 9 måleperioder) efter sprøjtning samt for hele måleperioden (i alt 23 måleperioder) for de fem pesticider i september 2002, hvor der er sprøjtet på jord. Antallet af observationer (N) i den akkumulerede periode er angivet.

Akkumuleret fordampning i forhold til dose	Første døgn [%]	Hele perioden (1 uge) [%]
Pirimicarb	0.15 (N=9)	0.17 (N=23)
Propachlor	7.9 (N=9)	9.9 (N=23)
Ehtofumesate	0.64 (N=9)	0.87 (N=23)
Pyrimethanil	0.71 (N=9)	1.1 (N=23)
Mechlorprop-P	0.26 (N=8)	-

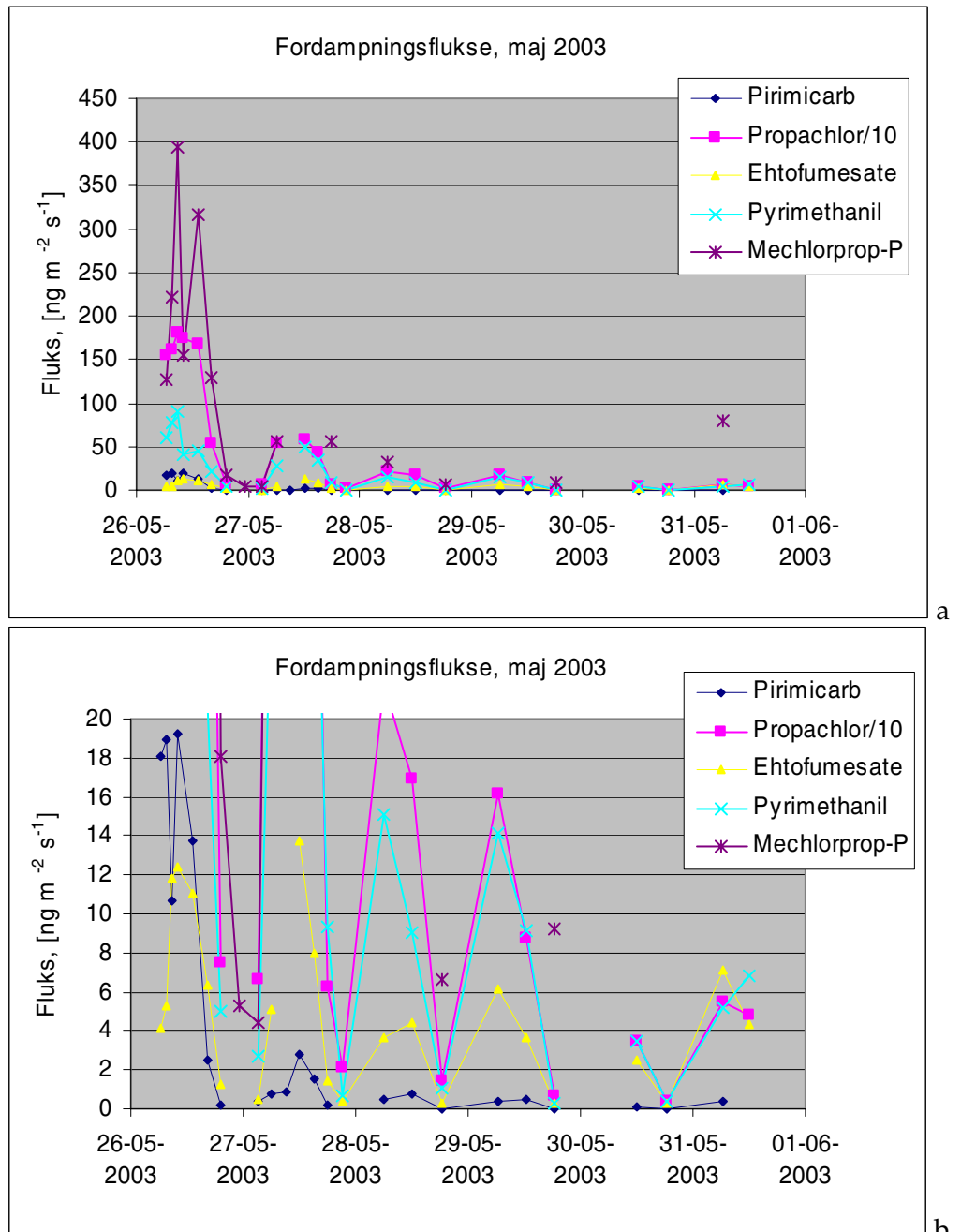
Den akkumulerede fluks er set i forhold til den dose, der forventes udspøjtet ud fra analyse af en tankprøve og den pågældende sprøjtepraksis. Betragtes jordbakkerne og glaspladerne (bilag 4, tabel 1 og 6, sammenholdt med mark dose opgivet i tabel 3.2, afsnit 3.1) ses, at for propachlor genfindes 63-72% af den forventede dose. Hvis ca. 30% af propachlor er fordampet under selve sprøjtningen, d.v.s. kun ca. 70% af dosen rent faktisk når jorden (jordbakkerne), er de akkumulerede fordampninger lidt højere end angivet ovenfor (første døgn omkring 11% og hele periode omkring 14%). Mechlorprop-P viser også lavere dose på jordbakkerne, men ikke så lavt på glas. Det betyder måske en lidt højere relativ fordampning.

I maj 2003 blev der sprøjtet på ca. 60 cm højt korn og figur 4.22 a og b viser den absolutte fluks for måleperioderne. Efter det første døgn samt i hele måleperioden er den indbyrdes størrelsesfordeling af de absolutte flukse:

Maj, 1. døgn: propachlor > mechlorprop-P > pyrimethanil > pirimicarb ≈ ethofumesate

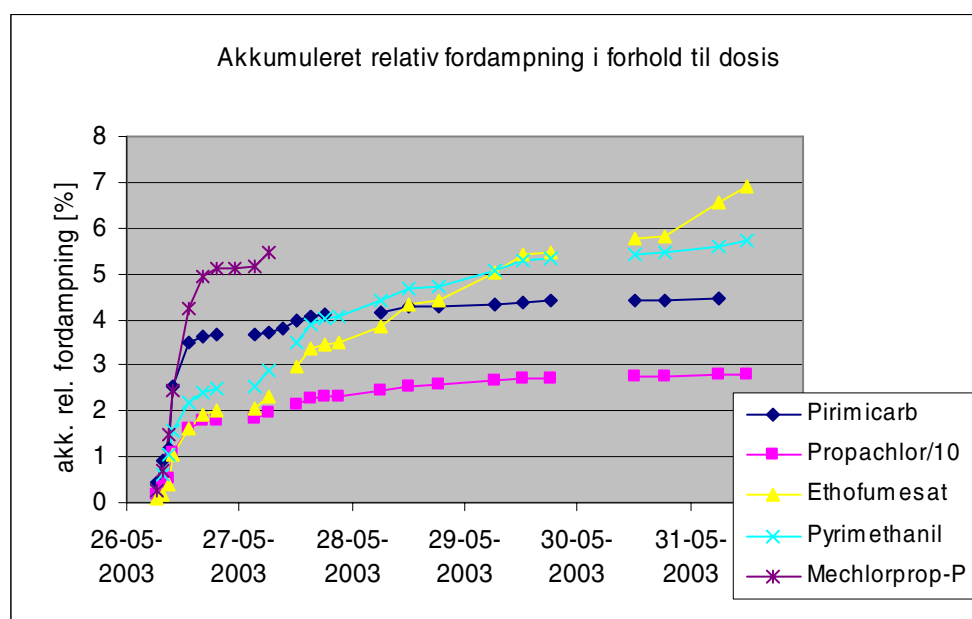
Maj, total: propachlor > pyrimethanil > ethofumesate > pirimicarb

Propachlor udviser den største fordampning af de fem stoffer. De opnåede målinger af mechlorprop-P viser den næsthøjeste fordampning. Pirimicarb ligger lavest, i starten dog på niveau med ethofumesate. Alle stoffer har den højeste absolutte fluks i løbet af den første dag af forsøget og dagen efter sprøjtningen når ethofumesate op på samme fluksniveau som første dag. Variationerne i fordampningsfluksene af pirimicarb, propachlor, ethofumesate og pyrimethanil er rimelig ensartede og følger en døgnvariation med højere fluks om dagen end om natten. Fluksstørrelsen følger sprøjtetosis, dog ligger pirimicarb højere end ethofumesate de første måleperioder efter udsprøjtning.



Figur 4.22 Aktuell fluks, der er estimeret fra målingerne i maj 2003. a) og b) illustrerer data på to forskellige skalaer. Bemærk værdierne for propachlor er reduceret med en faktor 10 på begge figurer.

Den akkumulerede fluks set i forhold til behandlingsdosis fra forsøget i maj 2003 er vist figur 4.23. Der mangler to måleperioder (jf. afsnit 4.2), men da forløbene i øvrigt er meget ensartede, formodes det, at de enkelte stoffer ikke afviger væsentligt fra hinanden i disse perioder. Det ses, at propachlor og pirimicarb udviser et meget ensartet forløb, hvor den akkumulerede relative fluks begynder at klinge af allerede efter det første døgn. Pirimicarb udviser den tredjestørste fordampning (set i forhold til dosen) i løbet af det første døgn. Ca. et døgn inde i forsøgsperioden (fra d. 27. maj) fordampner ethofumesate og pyrimethanil relativt mere end pirimicarb og propachlor. Ethofumesate og pyrimethanil udviser et meget ensartet forløb langt hen i måleperioden, hvorefter fordampningen gradvist aftager for pyrimethanil, mens ethofumesate fortsætter. Forløbene betyder, at den indbyrdes fordeling mellem stofferne efter det første døgn ændres, når hele måleperioden tages i betragtning (jf tabel 4.2 nedenfor). De opnåede data for mechlorprop-P udviser samme forløb som de øvrige stoffer i løbet af det første døgn.



Figur 4.23 Akkumuleret fluks i forhold til behandlingsdosis (%) for de fem pesticider sprøjtet på korn maj 2003. Bemærk at værdierne for propachlor er reduceret en faktor 10 af hensyn til den grafiske fremstilling. Der mangler en del måleperioder for mechlorprop-P efter det første døgn og en akkumuleret relativ fluks er derfor ikke mulig at estimere senere i forløbet.

I tabel 4.3 er angivet den akkumulerede fordampningsfluks i forhold til behandlingsdosis for det første døgn (i alt 9 måleperioder) efter sprøjtning samt for hele måleperioden (i alt 26 måleperioder) for de fem pesticider, d.v.s. for mechlorprop-P er der ikke angivet den samlede relative fordampning for hele perioden p.g.a. manglende data. Propachlor ligger hele perioden højest, mens de øvrige stoffers indbyrdes fordeling ændres med tiden.

Tabel 4.3 Den akkumulerede fordampningsfluks i forhold til behandlingsdosen (%) for det første døgn efter sprøjtning samt for hele måleperioden for de fem pesticider i maj 2003, hvor der er sprøjtet på 60 cm højt korn. Antallet af observationer (N) i den akkumulerede periode er angivet.

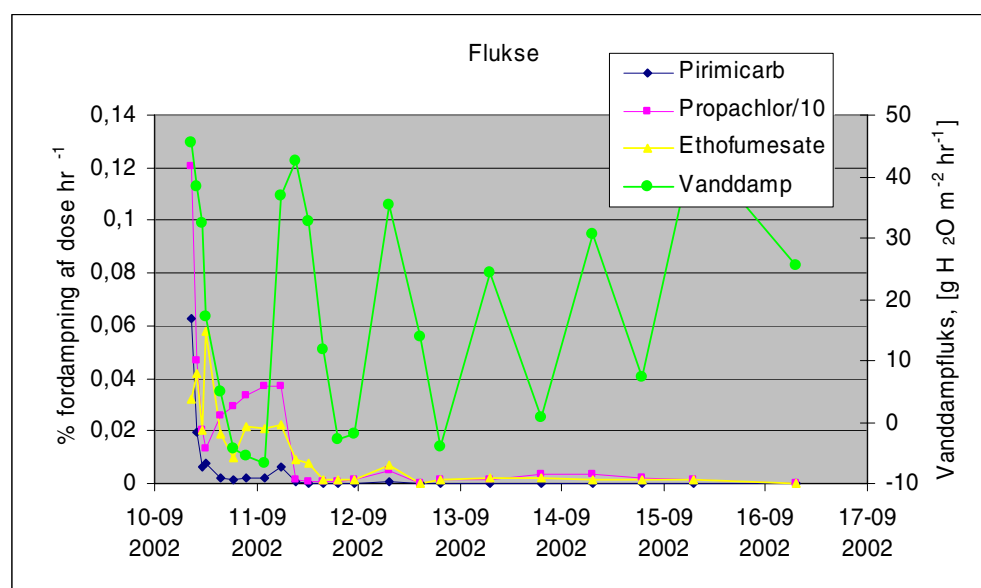
Akkumuleret fordampning i forhold til dose	Første døgn [%]	Hele perioden (1 uge) [%]
Pirimicarb	3.7 (N=8)	4.5 (N=23)
Propachlor	18.3 (N=8)	28.2 (N=23)
Ehtofumesate	2.1 (N=8)	6.9 (N=23)
Pyrimethanil	2.5 (N=8)	5.7 (N=23)
Mechlorprop-P	5.2 (N=9)	-

4.6 Fordampningsflukse i relation til meteorologiske forhold

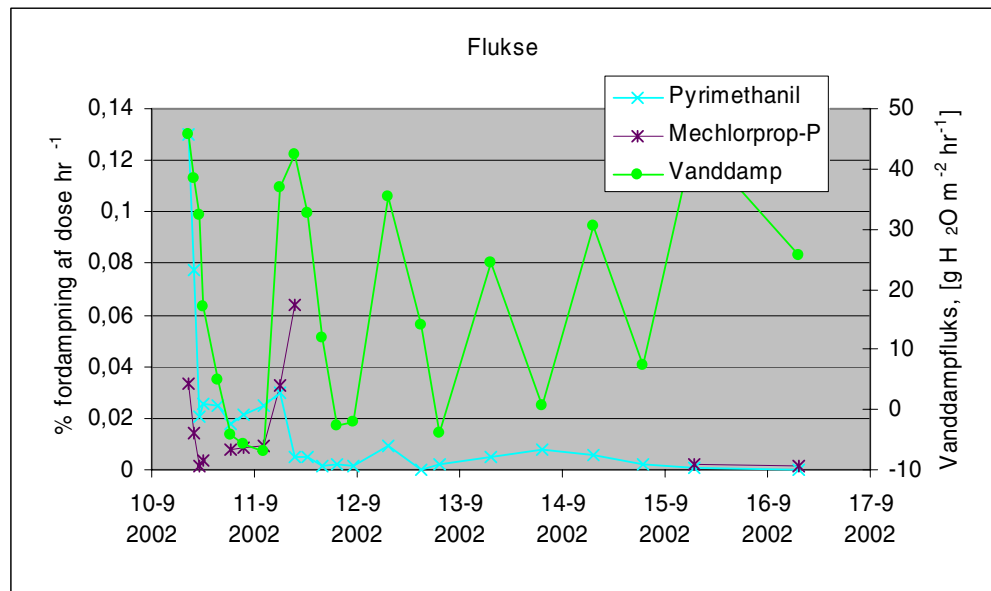
Det er vanskeligt at relatere fluksen til specifikke meteorologiske parametre, idet disse indbyrdes har en meget høj grad af korrelation eller antikorrelation. For at kunne sammenligne de forskellige pesticider betragtes den, i forhold til dosen, relative fluks i hver måleperiode, d.v.s. den pågældende måleperiodes fluks set i forhold til den dose, der er behandlet med.

Potentialet for fordampning kan ændre sig med tiden, afhængigt af, hvor stærkt stoffet bindes til overfladen eller hvis stoffet nedbrydes, optages eller fordamper betydeligt.

I september falder temperatur, jordtemperatur og -fugtighed samt relativ luftfugtighed mere eller mindre gennem måleperioden (jf. afsnit 4.2). Nedenfor følger på figur 4.24, h.h.v. figur 4.25, plot af de enkelte stoffer, hvor den relative fordampning i hver måleperiode er sammenlignet med fluksen af vanddamp.



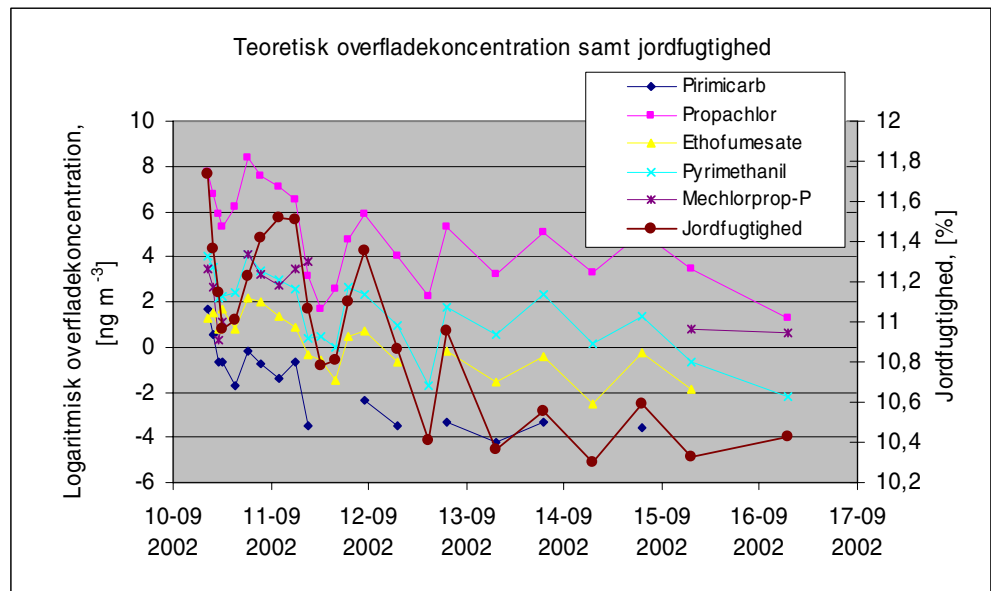
Figur 4.24 Relativ fordampning (%) af dose pr. time (som middelværdi for henholdsvis 1, 3, 6 og 12 timers perioder) i måleperioden for pirimicarb, propachlor og ethofumesate samt fluksen af vanddamp. Bemærk at værdierne af propachlor er reduceret med en faktor 10.



Figur 4.25 Relativ fordampning (%) af dose pr. time (som middelværdi for henholdsvis 1, 3, 6 og 12 timers perioder) i måleperioden af pyrimethanil og mechlorprop-P samt fluksen af vanddamp.

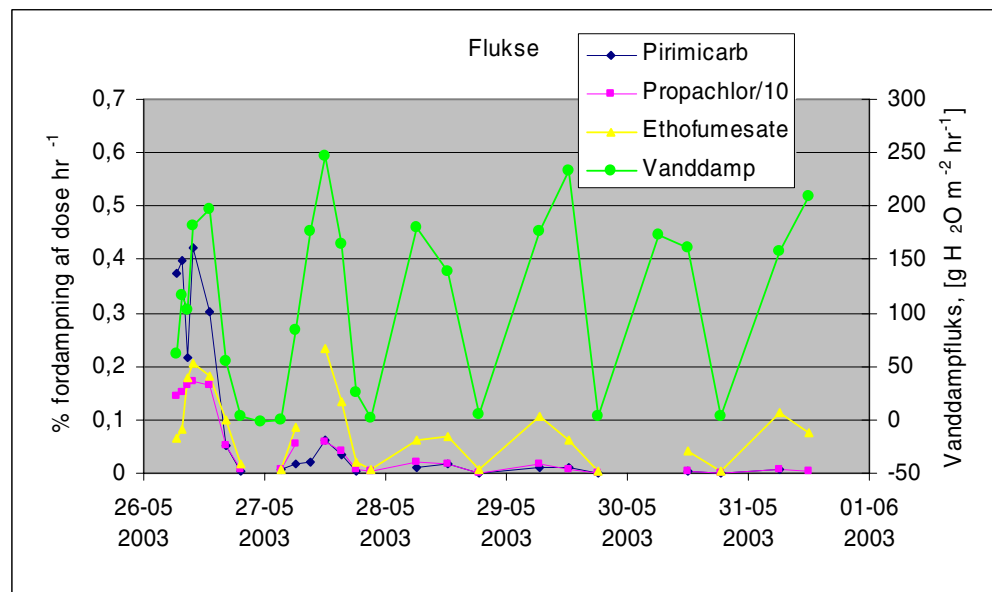
Fluksen af ethofumesate, propachlor og pyrimethanil stiger den første aften/nat, hvor der falder dug. Den høje nattefluks falder sammen med høj relativ luftfugtighed og negativ vanddampsfluks, men forløbet synes ikke systematisk senere gennem perioden, selvom der optræder dug hver aften. De lange midlingstider i slutningen af perioden slører variationer i både fluks og de meteorologiske parametre og her ses f.eks. ikke en negativ vanddampfluks i forbindelse med dug. Fluksen af pirimicarb og mechlorprop-P stiger den første morgen efter sprøjtning, hvor duggen fordamper. Dette forløb synes at gentage sig for pirimicarb de følgende dage, om end meget svagere og ikke gennem hele forløbet. Der synes at ske en stigning i fluksen om natten d. 13.-14. september for pyrimethanil og propachlor, men pirimicarb og ethofumesate følger ikke med. I dette forsøg synes der ikke at være nogen tydelig sammenhæng mellem meteorologiske parametre og fordampningsfluks af de forskellige pesticider fra bar jord.

V.h.a. ligning 3.5, afsnit 3.2, kan den teoretiske luftkoncentration ved jordoverfladen beregnes (for $z=0$). Figur 4.26 viser variationen af den logaritmerede teoretiske overfladekoncentration i september som funktion af tiden og det ses, at der er en tydelig døgnvariation, med højeste koncentrationer aften/nat. For en given friktionshastighed og kildestyrke vil variationer i den atmosfæriske stabilitet have en kvalitativ effekt. Under stabile forhold (nat), hvor "fordampningsfanen" er lav, d.v.s. vokser langsomt, vil koncentrationen nær overfladen blive høj. Ved ustabile forhold (solskin), hvor "fordampningsfanen" er stor, d.v.s. hurtigt vokser opad, da vil koncentrationen ved overfladen blive lav (jf. bilag 1). På figuren med den teoretiske overfladekoncentration (figur 4.26) er jordfugtigheden også angivet og der ses en covariation, som i denne måleperiode også korrelerer til en række meteorologiske parametre (temperatur, vindhastighed og relative fugtighed, jf. afsnit 4.2, figur 4.7-4.9). Tilsyneladende er potentialet for fordampning af pesticider fra jorden i september i et eller andet omfang influeret af meteorologiske forhold og/eller adsorptionsmekanismer og vandindhold i jorden.

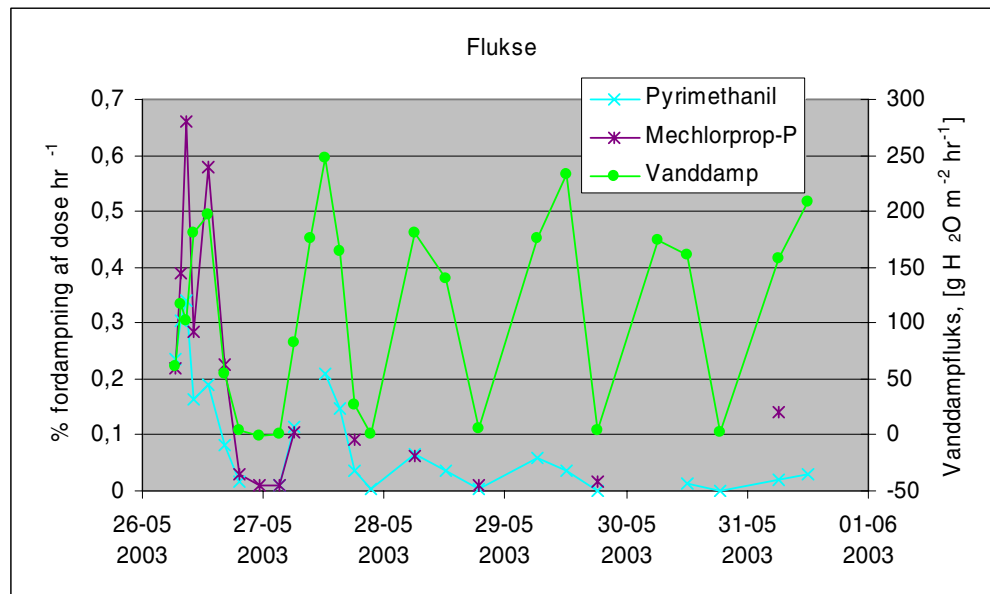


Figur 4.26 Logaritmen af den teoretiske overfladekoncentration (jf. afsnit 3.2) samt jordfugtigheden [%].

Nedenfor følger figur 4.27, h.h.v. figur 4.28, med plot af den relative fordampning af de enkelte stoffer i måleperioderne sammenlignet med fluksen af vanddamp.



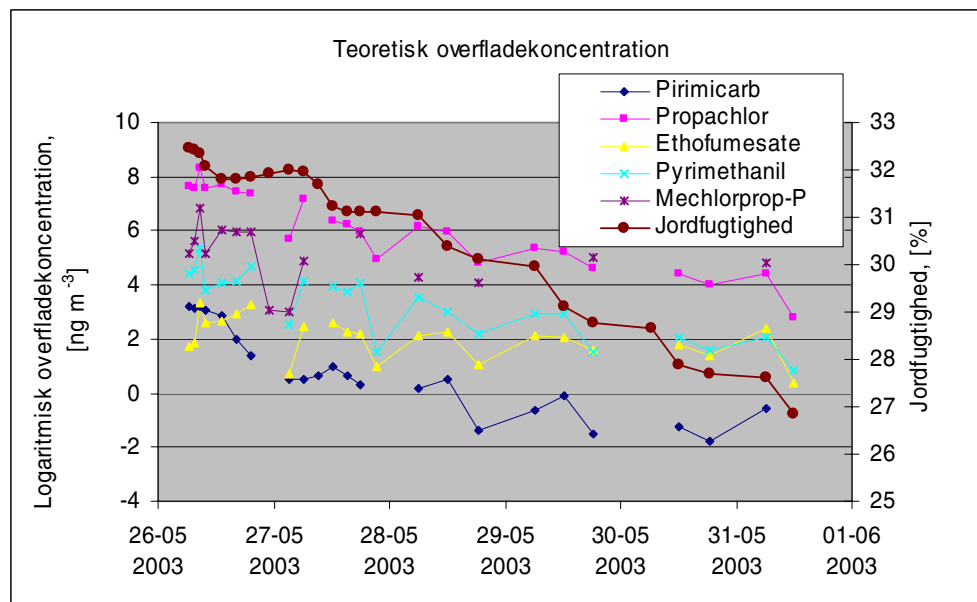
Figur 4.27 Relativ fordampning (%) af dose pr. time i måleperioden af pirimicarb, propachlor og ethofumesate samt fluksen af vanddamp. Bemærk at værdierne af propachlor er reduceret med en faktor 10.



Figur 4.28 Relativ fordampning (%) af dose pr. time i måleperioden af pyrimethanil og mechlorprop-P samt fluksen af vanddamp.

I maj ses fordampningsfluksen af alle stoffer at følge en tydelig døgnvariation, der falder sammen med variationen i vanddampsfluksen, som også følger varmefluksen, temperaturen og friktionshastigheden (jf. afsnit 4.2). Fluksen af de forskellige pesticider aftager forskelligt med tiden i maj, hvilket også ses på figur 4.23 med de akkumulerede flukse. Dagen efter sprøjtning når ethofumesate samme fluksniveau som på dagen med sprøjtning, mens pyrimethanil aftager lidt. Propachlor aftager relativt mere dagene efter sprøjtning og pirimicarb aftager mest. Tilsyneladende hænger dette varierende fald i fluksen gennem perioden sammen med potentialet for fordampning, der mindskes p.g.a. af "fjernelse" af stof, jf. diskussionen afsnit 5.5.

I lighed med figur 4.26 viser figur 4.29 viser forløbet denne teoretiske overfladekoncentration (logaritmeret) i maj (jf. afsnit 3.2). Koncentrationerne af stofferne indbyrdes har et relativt ens forløb gennem perioden og med faldende niveauer gennem den samlede måleperiode. Der ses en døgnvariation, med de laveste værdier om natten, hvilket er modsat observationerne fra september. Forløbet for målingerne af fugtigheden i jorden er også vist og disse viser nogen variation, men ikke med så markant en lighed til koncentrationsforløbet som observeret i september.



Figur 4.29 Logaritmen af den teoretiske overfladekoncentration (jf. afsnit 3.2).

En lineær regression af logaritmen af overfladekoncentration i maj som funktion af tiden (tabel 4.4) viser, at pirimicarb, propachlor og pyrimethanil har en rimelig korrelation og at pirimicarb falder mest, dernæst propachlor og pyrimethanil. Dette er i overensstemmelse med observationerne af tab af stof målt v.h.a. blodanalyse, jf. afsnit 4.8 samt diskussionen afsnit 5.5.

Tabel 4.4 Regressionsanalyse af den logaritmerede teoretiske overfladekoncentration mod tiden i maj 2003.

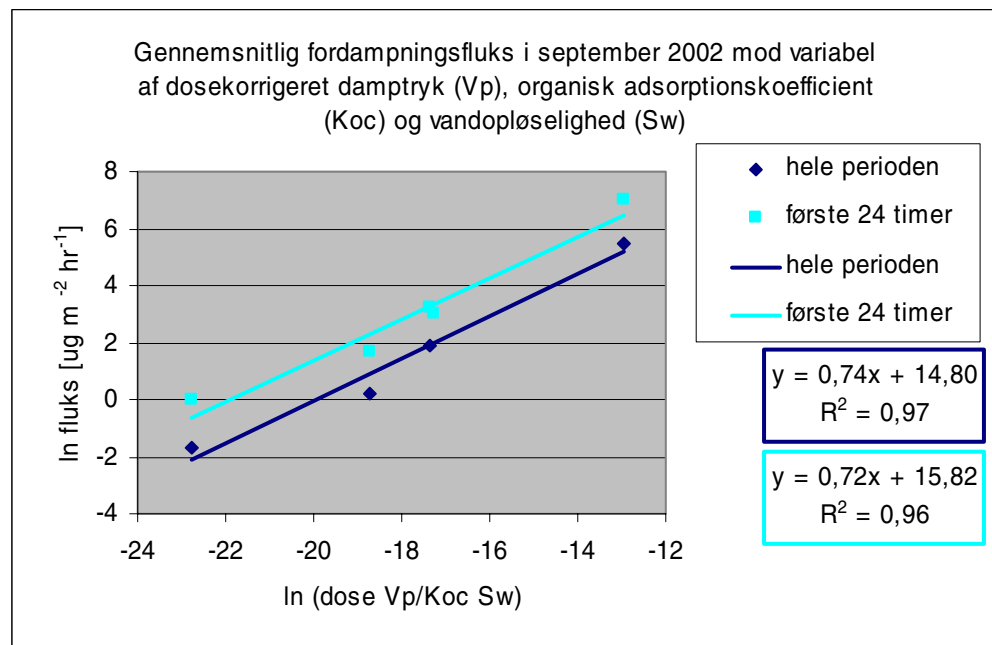
Stof	Regressionsligning	R ² -værdi
Pirimicarb	$-0.91 x + 34304$	0.77
Propachlor	$-0.81 x + 30479$	0.87
Ethofumesate	$-0.22 x + 84863$	0.24
Pyrimethanil	$-0.61 x + 22966$	0.70
Mechlorprop	$-0.21 x + 7899$	0.08

4.7 Fordampning i forhold til pesticidernes fysisk-kemiske egenskaber

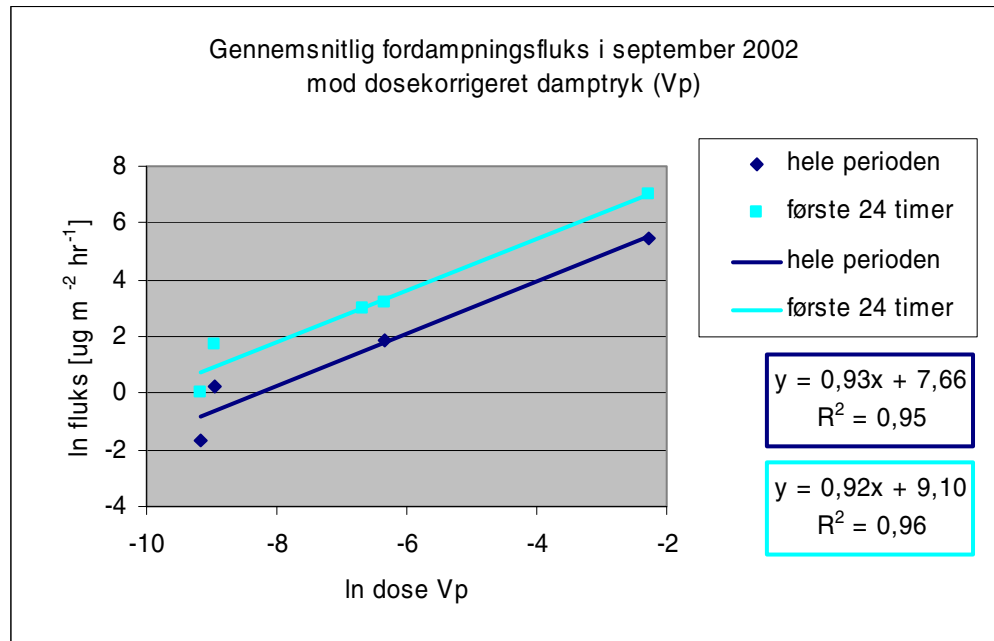
For september og maj er de absolutte gennemsnitsfordampninger samt de akkumulerede fordampninger i forhold til behandlingsdosen sammenholdt med fysisk-kemisk data eller kombinationer heraf for de fem pesticider. Der er sammenholdt for data opnået efter det første døgn, hvor mechlorprop-P indgår, samt hele perioden (én uge), hvor mechlorprop-P ikke indgår.

Der er opgivet flere værdier for damptryk for pirimicarb og mechlorprop-P (jf. afsnit 3.1). I nedenstående er anvendt en middelværdi.

I september ses en god korrelation mellem gennemsnitsfluksen i h.h.v. det første døgn samt hele måleperioden og en behandlingsdose-korrigeret parameter (dose i kg/ha), der medtager damptryk (V_p i Pa), adsorption til organisk materiale (K_{oc} i $ml\ g^{-1}$) og vandopløselighed (S_w i $mg\ l^{-1}$) (figur 4.30). Korrelationen gælder også til det dosekorrigerede damptryk (figur 4.31). Det forholder sig dog således, at logaritmen til den dosekorrigerede parameter, der indeholder damptryk, adsorption og opløselighed korrelerer med logaritmen til det dosekorrigerede damptryk ($\ln \text{dose } V_p = 0.72 \ln(\text{dose } V_p / K_{oc} S_w) + 6.2$, $R^2 = 0.84$). Dermed er det ikke muligt at afgøre, hvilken parameter, der giver det bedste resultat. Sammenholdes målingerne og de heraf estimerede teoretiske overfladekoncentrationer med jordfugtigheden tyder noget på, at jordadsorptionen kan være af betydning for fordampningen (jf. afsnit 4.4). Er dette tilfældet, vil parametrene damptryk, adsorption til organisk materiale og vandopløselighed have betydning for fordampningspotentiallet.

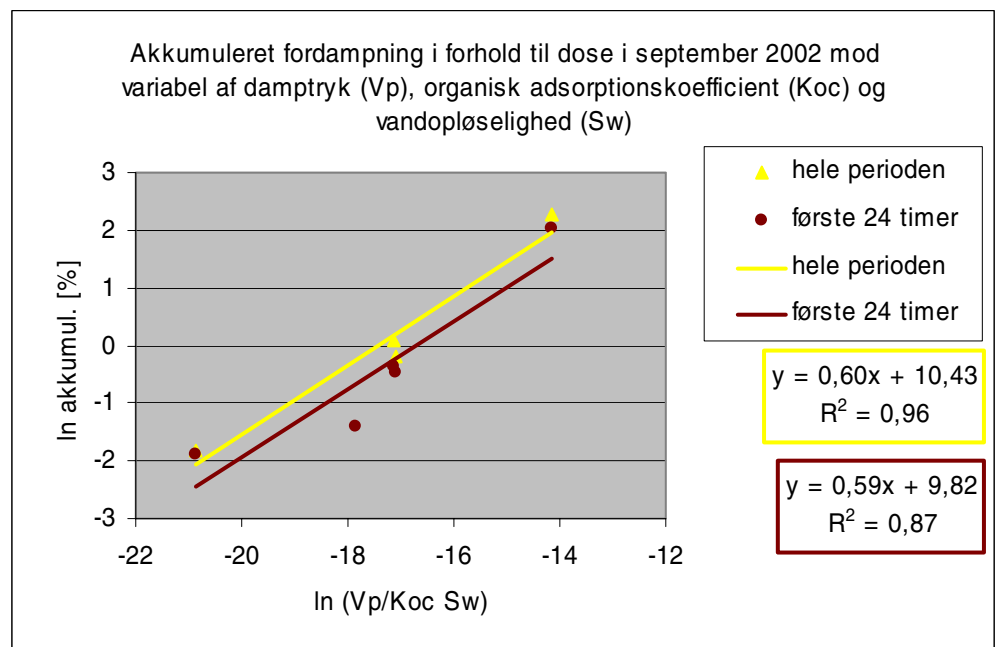


Figur 4.30 Logaritmen af gennemsnitsfordampning i september 2002 mod logaritmen af dosekorrigeret $V_p / (K_{oc} S_w)$, hvor V_p er damptrykket, K_{oc} er adsorptionskoefficienten til organisk materiale og S_w er vandopløseligheden.

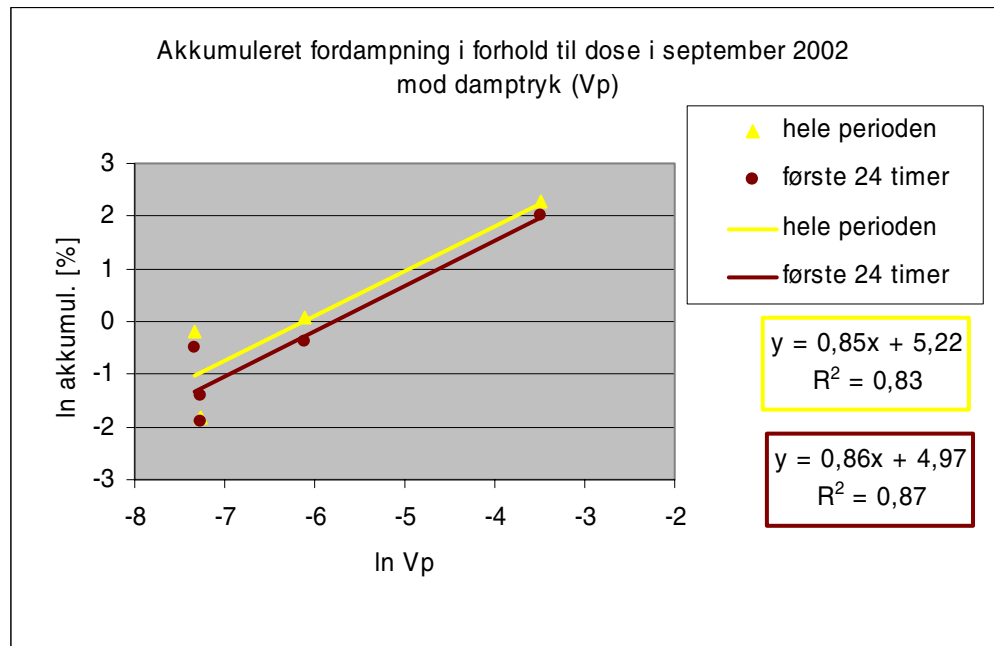


Figur 4.31 Logaritmen af gennemsnitsfordampning i september 2002 mod logaritmen af dose- korrigeret damptryk V_p .

Den akkumulerede fordampning i forhold til behandlingsdosen viser god korrelation til parameteren $V_p/(K_{oc} S_w)$, specielt når hele måleperioden betragtes (figur 4.32). Dette understøtter formodningen om, at jordadsorption kan have betydning for fordampningen (jf. ovenstående). Betragtes damptrykket alene er korrelationen stadig god, men da tre af stofferne ligger meget ens i damptryk, er fordelingen også ringere (figur 4.33).

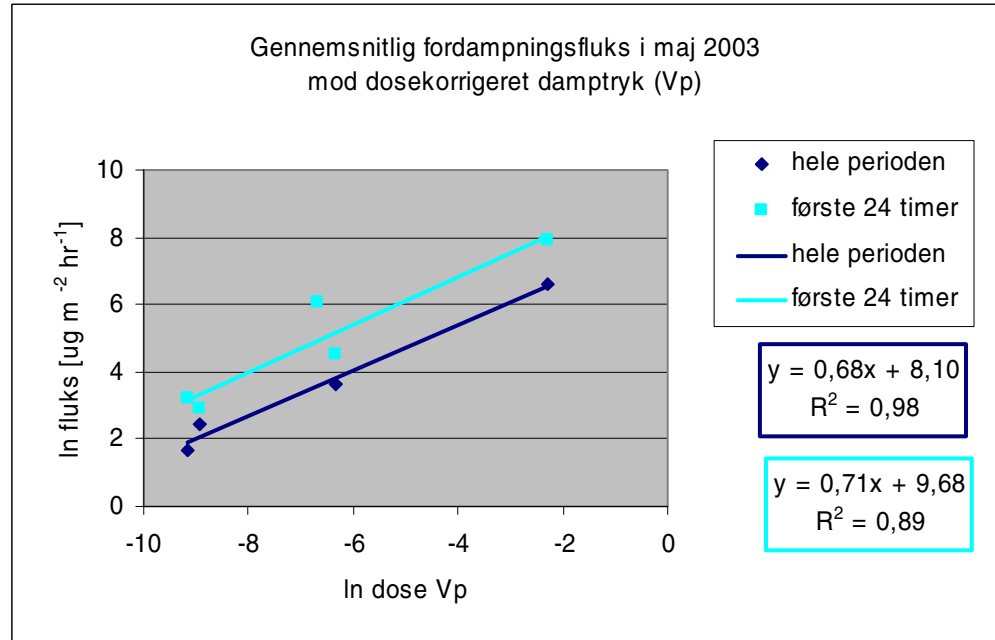


Figur 4.32 Logaritmen af akkumulerede fordampning i forhold til dosen (%) i september 2002 mod logaritmen af $V_p/(K_{oc} S_w)$, hvor V_p er damptrykket, K_{oc} er adsorptionskoefficienten til organisk materiale og S_w er vandopløseligheden.

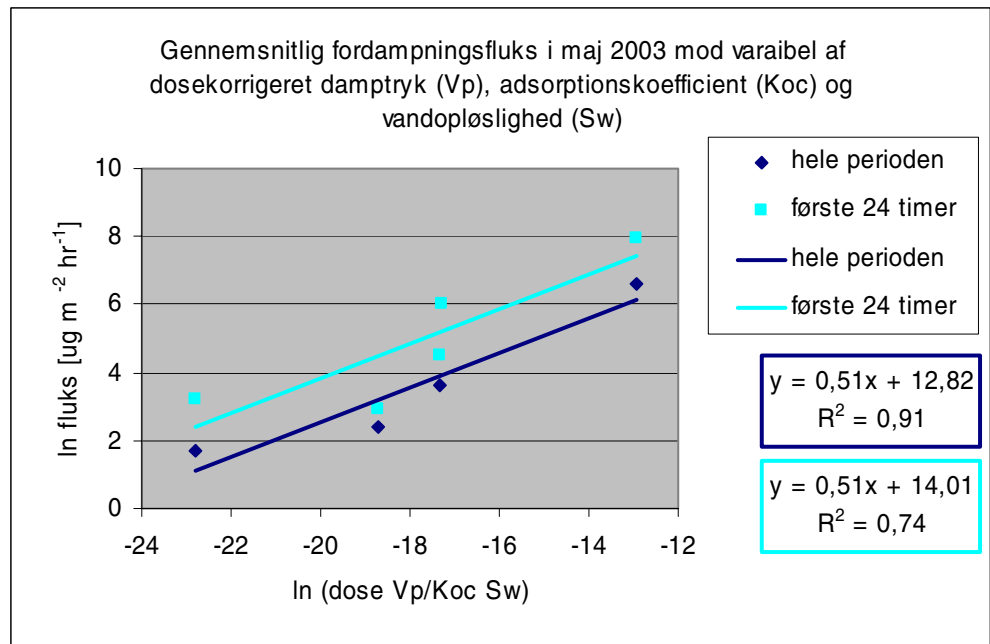


Figur 4.33 Logaritmen af akkumulerede relative fordampning i forhold til dosen i september 2002 mod logaritmen af damptrykket V_p .

I maj, hvor der er plantedække, ses en god korrelation mellem gennemsnitsfluksen i h.h.v. det første døgn og hele måleperioden og det behandlingsdose-korrigerede damptryk samt det dose-korrigerede udtryk for damptryk, adsorption og opløselighed (figur 4.34 og 4.35). Da der er korrelation mellem de dosekorrigerede parametre (jf. ovenstående) kan den mest styrende parameter ikke umiddelbart udpeges.

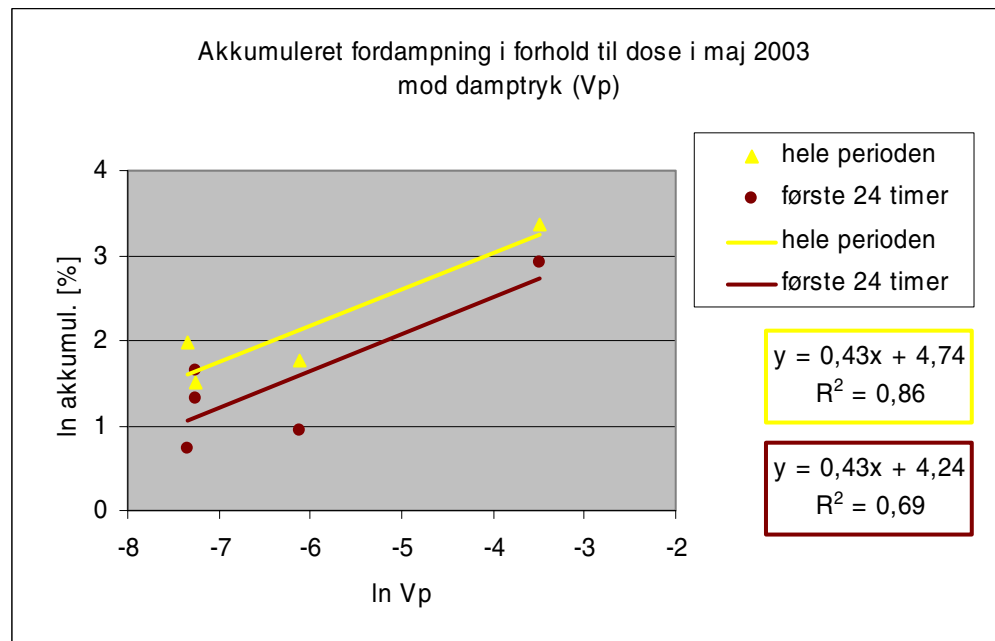


Figur 4.34 Logaritmen af gennemsnitsfordampning i maj 2003 mod logaritmen af dosekorrigeret damptryk, V_p .

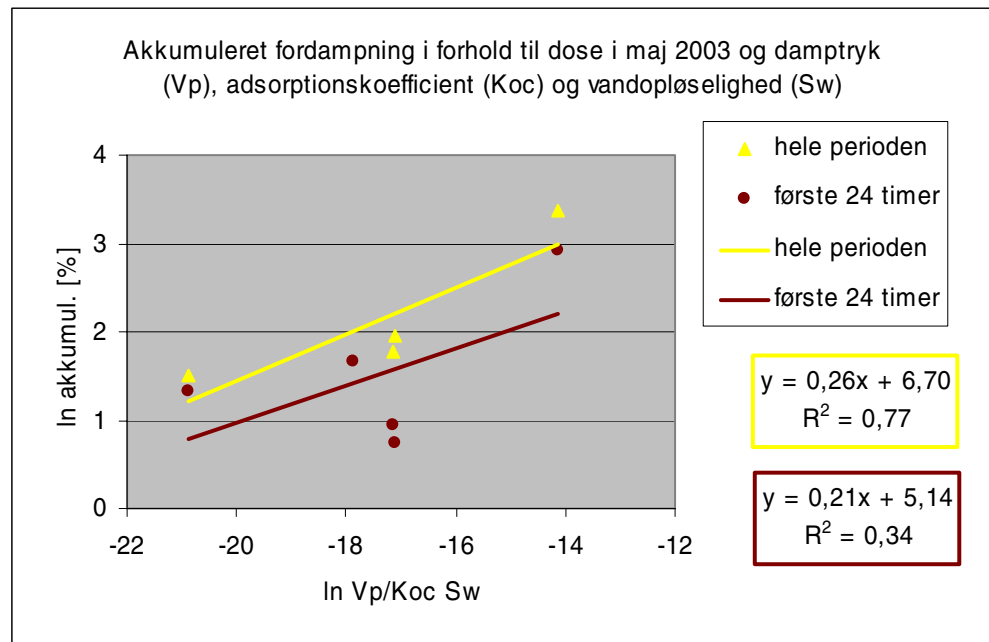


Figur 4.35 Logaritmen af gennemsnitsfordampning i maj 2003 mod logaritmen af dosekorrigeret $V_p/(K_{oc} S_w)$, hvor V_p er damptrykket, K_{oc} er adsorptionskoefficienten til organisk materiale og S_w er vandopløseligheden.

Betragtes hele måleperioden, er der god korrelation mellem den akkumulerede fordampning, set i forhold til behandlingsdosen i maj, og damptrykket samt parameteren damptryk, adsorptionskoefficient og vandopløselighed. Punkterne ligger dog ikke så godt fordelt på x-aksen, figur 4.36 og 4.37. Korrelationen de første 24 timer er knap så god, dårligst for den sammensatte parameter.



Figur 4.36 Logaritmen af akkumulerede fordampning i maj 2003 mod logaritmen af damptrykket, V_p .



Figur 4.37 Logaritmen af gennemsnitsfordampning i maj 2003 mod logaritmen af $V_p/(K_{oc} S_w)$, hvor V_p er damptrykket, K_{oc} er adsorptionskoefficienten til organisk materiale og S_w er vandopløseligheden.

4.8 Målinger med passive dosimetre

I september 2002 blev der anvendt plastikbakker med objektglas eller jord til måling af afsat pesticid og efterfølgende fordampning. Disse opsamlingsmåder kaldes "passive dosimetre". Desuden blev der indsamlet bladmateriale til bestemmelse af afsætning og fordampning fra bladoverflader. De passive dosimetre har vist sig at være simple at anvende, og de har givet rimelige resultater. I betragtning af de små arealer, der er anvendt (75 cm² for glas og 96 cm² for jord), har der været en overbevisende overensstemmelse med de nominelle doseringer. Alle resultater fremgår af tabel 4.5.

Tabel 4.5 Koncentration af pesticider genfundet på jord og glas i september 2002.

Nominelt udsprøjtet pr ha.	Mechlorprop	Ethofumesat	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
	1800 g/ha kalium-salt svarende til 1529 g/ha fri syre	200	150	800	3360
% genfundet på jord	47	90	92	82	72
% genfundet på glas	83	78	92	72	63

Ved forsøget i maj 2003 blev der målt fordampning fra blade i sprøjtebanen. På grund af afgrødens højde var de passive dosimetre placeret på pinde over jorden og dosimetrene med glas gik tabt, idet den anvendte traktor væltede dem under sprøjtningen. Der blev målt primær deposition på blade i 5 og 10 meters afstand fra sprøjtebanen. Desuden blev der målt primær og sekundær deposition på jord og glas i 5 og 10 meters afstand fra sprøjtebanen. Sekundær deposition er et udtryk for den deposition, der er forårsaget af stof, der er fordampet efter sprøjtningen, d.v.s. efter sprøjtetågen er væk.

Der blev målt fordampning fra glas, jord og blade i sprøjtebanen i september. Fordampningsmålingerne dækker den egentlige fordampning og tab

ved evt. nedbrydning, der vil ikke kunne skelnes fra fordampningen. Fordampning fra jord blev målt efter 6 timer. Restindholdet var fra 68 til 103 procent af initialindholdet på jorden. Restindholdet af ethofumesate, pyrimethanil og propachlor lå omkring 100%, altså ingen målelig fordampning i løbet af de første 6 timer. Restindholdet af mechlorprop-P var på 68%, efterfulgt af pirimicarb med et restindhold på 77%. Forklaringen på de lave restindhold kan være fotolyse eller anden nedbrydning, eftersom disse stoffer ikke har højt damptryk og dermed næppe er fordampet i større mængder (bilag 4, tabel 1).

Fordampning fra glas blev målt efter 0, 1, 3, 6, 24, 48 og 96 timer. Efter 6 timer var restindholdet af pirimicarb under 1 procent, mens der var 19% propachlor tilbage. Indholdet af pyrimethanil, mechlorprop og ethofumesat var henholdsvis 45, 63 og 81%. Disse resultater er i god overensstemmelse med det forventede ud fra stoffernes damptryk bortset fra pirimicarb, hvis damptryk ikke er specielt lavt (0,44-0,97 mPa). Pirimicarb må antages at være nedbrudt (bilag 4, tabel 6 og 7).

Bladeksponeringen blev målt efter 0 timer og restindholdet efter 3 og 6 timer. Efter 6 timer var mechlorprop-P stort set ikke forsvundet (rest 92%), mens der var 56% ethofumesat, 33% pyrimethanil, 21% pirimicarb og 11% propachlor tilbage. Forsøgene viser således, at fordampningen eller tabet er langt større fra blade end fra jord, og at de forskellige modelstoffer opfører sig forskelligt på forskellige medier, afhængigt af deres fysisk-kemiske egenskaber (bilag 4, tabel 12 og 13.)

Depositionen på blade i sprøjtebanen er sammenlignelig i de to forsøg september 2002 og maj 2003 på trods af, at afgrøden var væsentlig kraftigere og højere i foråret. Indholdet pr. bladarealenhed var dog lidt højere i foråret, så det kraftige plantedække er åbenbart bedre til at fange sprøjtetågen. Der skete stort set intet tab af mechlorprop-P efter 6 timer, hverken efterår eller forår. For de øvrige stoffer er tabet væsentligt større i september i forhold til maj 2003. Dette skyldes måske, at det kraftige plantedække i maj reducerede vind- og solpåvirkningen i modsætning til i september forsøget, hvor der stort set var bar mark. I maj var der 117% tilbage af ethofumesat mod 56% i september, 45% pirimicarb mod 21%, 98% pyrimethanil mod 33% og 87% propachlor mod 11% i september (se bilag 5, tabel 1 og 2).

Der blev målt deposition af pesticid både inden for cirkelbanen og udenfor i den retning, hvor vinden blæste ved forsøget i september (se bilag 4, tabel 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 14 og 15). Resultater for dosimetrene viser stor spredning de første 2 meter fra sprøjtebanen, mens der i større afstand er opnået mere stabile resultater. Der er formentlig tale om en betydelig turbulens inden for de første få meter fra sprøjten. Dosimetrene viser klart, at depositionen aftager eksponentielt med afstanden. Der er ikke signifikant forskel på deposition inden for cirklen og udenfor, hvilket tyder på, at vindretningen har været stabil fra opsætning af dosimetre til eksponering. Bladoverfladeeksponeringen er 5-10 gange højere end glas- og jordoverfladernes eksponering, der gav sammenlignelige resultater for stoffer med lavt damptryk, mens stoffer med højt damptryk blev adsorberet langt mere effektivt på jordoverflader end på glasoverflader.

I 4 meters afstand er der deponeret 0,05 til 0,5% af markdosis på jord og glas, mens der på bladoverflader er deponeret fra 0,3 til 3% af markdosis. Bladene var således bedre til at fange sprøjtetågen end de horisontalt place-

rede glas og jord-dosimetre. Formentligt på grund af sit høje damptryk lå depositionen af propachlor procentuelt væsentligt lavere end for de øvrige stoffer. Depositionen afhænger bl.a. af koncentrationen. Koncentrationen af pesticid vil afhænge af udstrækningen af det emitterende areal og dermed er kvantificeringen i forhold til markdosis specifik for den pågældende forsøgsopstilling. For den primære deposition skal det bemærkes, at de opnåede resultater kan sammenlignes med forsøg, hvor der er målt fra ét sprøjtespor.

Den primære deposition på glas i maj svarer til den deposition, der er målt i september. I 5 meters afstand er depositionen fra 0,14 til 0,26% af dosis i sprøjtebanen. (bilag 5, tabel 9 og 10)

Sekundær deposition blev målt i 5 og 10 meters afstand fra sprøjtebanen i maj ved at opsætte passive dosimetre med jord og glas i 4 tidsperioder; 0,5-3,5 timer efter sprøjtning, 3,5-24 timer efter sprøjtning, 24-27 timer efter sprøjtning og endelig fra 0,5-27 timer efter sprøjtning. På glas var depositionen generelt under 0,1% og således mindre betydende end den direkte deposition. På jord var niveauerne højere, som det også er set for den primære deposition. For pyrimethanil og propachlor er de højeste niveauer fundet i 5 meters afstand i eksponeringsperioden 3,5-24 timer. Depositionen er henholdsvis 0,17 og 0,35%. Disse værdier er i samme størrelsesorden som dem, der er målt for den primære deposition september 2002 på henholdsvis 0,09 og 0,21%. Depositionen i perioden 24-27 timer var 20 til 50% af depositionen fra 0,5-3 timer efter sprøjtning. Når den samlede deposition skal bedømmes bør den sekundære deposition derfor medregnes for de mere flygtige forbindelser (Se bilag 5, tabel 5, 6, 7 og 8).

Depositionen af mechlorprop-P var minimal, hvilket også var ventet på grund af det lave damptryk. Det højeste niveau for mechlorprop-P blev målt på både jord og glas i 10 meters afstand og var 0,0008% af markdosis i en eksponeringsperiode på 3,5-24 timer efter sprøjtning.

5 Diskussion

5.1 Metode til fordampningsbestemmelse

Det anvendte forsøgsdesign og massebalancemetoden med integration af den horisontale fluks har vist sig egnet til bestemmelsen af fordampningen af pesticider fra bar jord og plantedække. Antagelsen om eksponentielt forløb af de vertikale koncentrationsprofiler blev bekræftet af målingerne. En forsimplet analytisk løsning af den generelle ligning for lufttransport og -dispersion kan bestemme fluksen ud fra koncentrationsprofilen og friktionshastigheden. Det er vist, at massebalancemetoden og den analytiske løsning er i rimelig god overensstemmelse for forsøget på bar jord, men ikke under forhold med plantedække. Dette er der ikke fundet nogen forklaring på.

Fordampningen ses ofte i forhold til den dose, der forventes udsprøjtet. Dosen bestemmes ofte ud fra analyse af en tankprøve og den pågældende sprøjtepraksis. Ud fra resultaterne fra jordbakker og glasplader ses, at i september genfindes 63-72% af den forventede dose af propachlor. Hvis ca. 30% af propachlor er fordampet under selve sprøjtningen (jf også nedenstående afsnit 5.8), d.v.s. kun ca. 70% af dosen rent faktisk når jorden (jordbakkerne), er de akkumulerede fordampninger lidt højere end angivet (første døgn omkring 11% mod 8% ved fuld dose og hele periode omkring 14% mod 10% ved fuld dose). Mechlorprop-P viser også lavere dose på jordbakkerne i september, men ikke så lavt på glas. Det betyder måske en lidt højere relativ fordampning. I beregningerne er der ikke taget hensyn til den aktuelle dose af propachlor var mindre end den teoretiske.

5.2 Meteorologiske forhold

Der blev målt umiddelbart efter sprøjtning i to forsøgsperioder af én uges varighed i h.h.v. september 2002 og maj 2003. Begge perioder var karakteriseret ved varmt og solrigt vejr. Det varme vejr vil, alt andet lige, øge damptrykket af pesticiderne, men da andre parametre også har indflydelse på fordampningen, er det ikke umiddelbart at afgøre, hvor meget de forholdsvis høje temperaturer har betydet.

Leistra (1998) skriver, at sollys kan producere reaktive stoffer på planteoverflader og dermed fremme en indirekte fotonedbrydning af pesticidet. *Leistra (1998)* skriver, at op til 25% af behandlingsdosen kan fototransformeres i tempererede regioner, hvis sprøjtningen efterfølges af stærk solskin. De fundne resultater i maj tyder på en vis "fjernelse" af nogle af stofferne (jf. afsnit 4.4 og 4.8), som kan skyldes en direkte eller indirekte effekt af sollyset.

I september fulgte måleperioden en lang periode uden nedbør og den øverste del af jorden var tør i forhold til måleperioden i maj. *Smit et al. (1997)* har opdelt data for fordampning fra jord opnået ved h.h.v. tør og fugtig jord og finder, at fordampningen er relativt lavere fra tør jord sammenholdt med fugtig. Dette forklares ved stærkere adsorptionsforhold i den tørre jord. Estimerne for kumulativ fordampning angivet af *Smit et al. (1997)* er beregnet ved en jordfugtighed på 10%, hvilket svarer til forsøgs-

betingelserne i september. Det skal dog bemærkes, at jordfugtighedsmålingerne i nærværende forsøg bestemmer en middelfugtighed over de øverste ca. 5 cm, hvilket betyder, at det jordlag, der er i direkte kontakt med atmosfæren, har været mere tørt.

I begge perioder forekom periodevis lave vindhastigheder og meandrerende vinde, hvilket tilsyneladende har haft en effekt på baggrundsmålingerne (jf. afsnit 4.3). I en del dagperioder i maj er de meteorologiske forhold præget af konvektion, hvor stofferne blandes kraftigt opad. Sådanne perioder var ikke så udpræget i september. De konvektive forhold i maj har betydet, at målingen i 9 m's højde skulle anvendes i bestemmelsen af koncentrationsgradienten og ikke som baggrundsmåling (jf. afsnit 4.3 og 5.3).

5.3 Baggrundsmålinger

Målingerne af baggrundskoncentrationen er vanskelige at tolke. Det må konstateres, at opstrømsmålingerne ikke har været langt nok væk fra sprøjtebæltet i forhold til de meteorologiske forhold med meget lave vindhastigheder, der har hersket i nogle af perioderne i september og mange af perioderne i maj. Generelt er der ikke tegn på baggrundsbidrag af væsentlig betydning.

Koncentrationsmålingerne opstrøms i maj er generelt højere end i september, hvilket også gælder målingen i 9 m. Den kraftigere opblanding i maj betyder, at målingerne i 9 m ikke kan bruges som et udtryk for en reel baggrundskoncentration.

5.4 Fordampningsflukse fra jord

Ifølge *Smit et al. (1997)* skulle den akkumulerede relative fordampning fra jord være korreleret til koncentrationen af pesticid i gasfasen i jorden i forhold til jordens samlede pesticidindhold, d.v.s. en parameter, der bl.a. indeholder pesticidets adsorption til jordpartikler, vandopløselighed og damptryk. I september viser både den maksimale fluks (gennemsnitsfluksen over det første døgn) samt den akkumulerede fluks (én uge) en god korrelation til både dose-korrigeret damptryk og en dose-korrigeret parameter, der indeholder damptryk, adsorptionskoefficient og vandopløselighed. Det viser sig, at de to dose-korrigerede parametre har en indbyrdes korrelation og dermed er det ikke muligt at skelne mellem dem.

Ud fra en relation for fasefordelingen i jorden beregner *Smit et al. (1997)* 0% fordampning af pirimicarb, 22% for propachlor, 11% for ethofumesate og 15% for mechlorprop-P over en periode på 21 dage. Pirimicarb undtaget, ligger de målte akkumulerede fordampninger efter én uge fra to til ti gange under disse fordampninger (jf. tabel 4.1, afsnit 4.4). "Fremskrives" de akkumulerede flukskurver (figur 4.21, afsnit 4.4) med et fit til en eksponentialfunktion, vil fordampningen ikke nå niveauerne rapporteret af *Smit et al. (1997)*. De lavere fordampninger kan skyldes tørre forhold i den øverste jord, jf. afsnit 5.2. Reduceret fordampning fra jord p.g.a. de tørre betingelser bekræftes dog ikke af maksimalfluksen, der er en anelse højere end forventet, jf. nedenstående.

Woodrow et al. (1997) har sammenstillet rapporterede data for den maksimale flux fra jord mod den sammensatte parameter: $(\text{dose } V_p)/(K_{oc} S_w)$. Den

maksimal flux defineres som gennemsnitsfluksen i løbet af ca. det første døgn efter sprøjtning. De finder en god korrelation ($y=1.05x+19$, $r^2=0.93$). De opnåede data fra september viser også en god korrelation mellem gennemsnitsfluksen i det første døgn og den sammensatte parameter ($y=0.72x+16$, $r^2=0.96$; figur 4.30, afsnit 4.6). De her anvendte pesticider har, på nær propachlor lavere værdier for den sammensatte parameter end de øvrige data. Ses alle data samlet, er der ingen modstrid mellem data fra *Woodrow et al. (1997)* og de her opnåede. Hældningen på trendlinjen ændres lidt, hvis data fra *Woodrow et al. (1997)* tilføjes de data, der er målt i dette projekt (*Sørensen et al., 2006*). I september viser gennemsnitsfluksen over det første døgn samt over hele perioden en god korrelation til både dose-korrigeret damptryk og den dose-korrigerede parameter, der indeholder damptryk, adsorptionskoefficient og vandopløselighed. Det viser sig, at de to dose-korrigerede parametre har en indbyrdes korrelation og dermed er det ikke muligt at skelne mellem dem.

I september ses ingen klar sammenhæng mellem fordampningsflux og meteorologiske parametre. Derimod ses en sammenhæng mellem den teoretisk bestemte overfladekoncentration og fugtigheden i jorden. Dette kunne tyde på, at fordampningen i denne periode i høj grad er styret af adsorptionsprocesser i jorden. De fleste pesticider er delvist bundet til det organiske og til dels også det mineralske materiale i jorden (*Smit et al., 1997*). Adsorptionen reducerer koncentrationen af gasformig pesticid i luften i jorden og dermed mindskes fordampningen. Adsorptionen er en reversibel proces, hvor stoffet fordeler sig mellem fast og flydende fase. Mængden af vand i porene i jorden har derfor stor indflydelse på adsorptionsprocessen (*Smit et al., 1997*). Der var en tydelig dugdannelse om aftenen. Fluksen af ethofumesate, pyrimethanil og propachlor viser en stigning den første aften/nat, mens pirimicarb og mechlorprop-P viser en kraftig stigning i fluksen om morgenen. Disse observationer hænger formentlig sammen med befugtningen af jorden og desorption af pesticid i forbindelse med dugdannelsen og fordampningen af dug/pesticid ved opvarmningen om morgenen. Den tidsmæssige forskydning mellem stoffernes fordampning relaterer formentlig til deres fysisk-kemiske egenskaber, da pirimicarb og mechlorprop-P har større vandopløselighed end pyrimethanil og ethofumesate. Propachlor har omtrent samme opløselighed som mechlorprop-P, men meget højere damptryk. Det er rapporteret, at under tørre betingelser, kan dugdannelse eller regn forøge fordampningen af pesticider (*Gloufferty et al., 1984, Majewski et al., 1993*).

Bedos et al. (2002, a) skriver i deres review, at de rapporterede forsøg med fordampning fra bar jord viser, at i de første dage efter sprøjtning er fordampningen influeret af faktorer som fysisk-kemiske egenskaber ved pesticidet, meteorologi samt landbrugspraksis. Ofte ses en døgnvariation, som kobler til temperatur, indstråling, atmosfærisk stabilitet og jordfugtighed. I det her rapporterede forsøg ses ingen tydelig sammenhæng til meteorologiske forhold, dog tyder den beregnede teoretiske overfladekoncentration på, at der er en afhængighed til opblandingshastigheden i luften og/eller at jordfugtigheden og dugvædningen spiller en rolle, under de ellers tørre forhold.

Der blev målt pesticidindhold på bakker med jord umiddelbart efter sprøjtning og 6 timer senere i september (bilag 4, tabel 1). Der blev også målt på blade i september, men da bladene udgjorde en meget lille del af den emitterende flade, er det ikke medtaget i denne sammenhæng. Efter 6

timer var der 77% tilbage af startkoncentrationen af pirimicarb og 68% af mechlorprop-P. For propachlor, pyrimethanil og ethofumesate måltet intet tab fra jorden. I september måles fordampningen til maksimalt 3% (propachlor) i løbet af de første ca. 6 timer. D.v.s. at tabet fra jordbakkerne af pirimicarb og mechlorprop-P næppe er udtryk for fordampning, med mindre jordbakkerne ikke er sammenlignelige med de aktuelle tørre markforhold. For de øvrige tre stoffer er der ikke uoverensstemmelse mellem jordbakkernes indikation af ringe/ingen fordampning og resultaterne af fluksmålingerne.

5.5 Fordampningsflukse fra plantedække

Figur 4.34-4.37, afsnit 4.6, viser at den maksimale og akkumulerede fordampning fra plantedække korrelerer til den dose-korrigerede parameter og det dosekorrigerede damptryk, der, som i september, er indbyrdes korrelerede og dermed er det ikke muligt at skelne mellem dem. Den akkumulerede fordampning fra planter skulle ifølge *Smit et al. (1998)* være korreleret til stoffets damptryk. Én uge efter sprøjtning forventer *Smit et al. (1998)* en akkumuleret fordampning på 35% for pirimicarb, 100% for propachlor, 20% for ethofumesate, 48% for pyrimethanil og 22% for mechlorprop-P. Disse forventede fordampninger ligger en faktor tre til ti over de aktuelt målte. Noget af afvigelsen kan skyldes fordampning under selve sprøjtningen og/eller nedbrydning og/eller optag af stof og dermed et reduceret fordampningspotentiale. Ethofumesate synes dog kun i ringe grad at have formindsket fordampningspotentiale og ligger alligevel en faktor tre under estimatet fra *Smit et al. (1998)*.

I lighed med relationen mellem målte, rapporterede data for den maksimale fluks og fysisk-kemisk parametre for fordampningen fra jord, har *Woodrow et al. (1997)* opstillet et udtryk for sammenhængen mellem fordampningen fra planter/inerte overflader og pesticidets damptryk. Der ses en god overensstemmelse. Data er præsenteret på figur i modelrapport (*Sørensen et al., 2006*).

Sammenholdes de akkumulerede fordampningsflukse, set i forhold til behandlingsdosen, efter første døgn i maj (tabel 4.2, afsnit 4.4) med data for den relative mængde af tilbageværende stof på de sprøjtede blade (jf bilag 5, tabel 2), viser bladanalysen et langt større tab/fjernelse end fordampningsfluksen estimerer. Bladanalysen viser, at efter 24 timer er der 18% tilbage af pirimicarb, 44% af propachlor., 50% af mechlorprop-P, 61% af pyrimethanil og 78% tilbage af ethofumesate. Dette kunne tyde på et forløb, hvor ethofumesate nedbrydes/fjernes langsommere end pyrimethanil og dermed forklare observationerne af den akkumulerede fluks, hvor ethofumesate stiger relativt mere end pyrimethanil sent i forløbet. Måske er en langsommere nedbrydning af ethofumesate også årsagen til, at kun dette stof når samme niveau for den maksimale fluks både første og anden dagen efter sprøjtning. For mechlorprop-P er fluksdata så mangelfulde er det ikke muligt at holde denne observation op imod fluksforløbet generelt. Den akkumulerede fluks af pirimicarb og propachlor aftager efter det første døgn og dette kan skyldes, at potentialet for fordampning mindskes p.g.a. fjernelse af stof gennem fordampning, optag eller nedbrydning.

I maj ses en tydelig sammenhæng mellem fordampningsflukse og flere covarierende meteorologiske parametre (vanddamp- og varmefluksen og

friktionshastigheden). Fluksen af de enkelte stoffer aftager mere eller mindre med tiden, hvilket kan tyde på nedbrydning/optag ("fjernelse" af stof) som en medbestemmende parametre for fordampningen størrelse.

I maj synes de målte flukse og blodanalyser at afspejle et varierende fordampningspotentiale stofferne imellem p.g.a. af "fjernelse" af stof. Sammenholdes fordampningen med fysisk-kemiske parametre, specielt over længere perioder som hos *Smit et al. (1998)*, kunne denne fjernelse af stof godt betyde mindre fordampning end antaget. *Woodrow et al. (1997)* benytter den maksimale fluks (fluksen i løbet af det første døgn) og her vil mindsket fordampningspotentiale p.g.a. "fjernelse" af stof kun i ringe grad slå igennem.

5.6 Fordampningsflukse fra jord/plantedække

De absolutte og akkumulerede fordampninger i forhold til dosen er for alle stoffer højere fra plantedækket i maj end fra jorden i september. Dette stemmer overens med *Smit et al. (1997 og 1998)*, der skriver, at jordens evne til at binde pesticiderne er større end planteoverfladen.

I september holdes samme indbyrdes rækkefølge mellem stoffernes fordampning gennem hele forløbet, mens den ændres i maj. Ændringen i maj kan bl.a. skyldes forskelle stofferne imellem på fjernelse i form af fordampning, optag i planterne eller nedbrydning, fotokemisk såvel som mikrobielt. Under begge forsøg var der en del solskin, men i maj var indstrålingen højere end september.

5.7 Fordampningsflukse max/akkumuleret

Der er kun gennemført to forsøg, et på bar jord og et på plantedække, hvilket begrænser generaliseringsmulighederne. De her opnåede resultater med bestemmelse af fordampningen af pesticider v.h.a. massebalancemetoden og horisontale fluksbestemmelser viser god overensstemmelse til de maksimale gennemsnitsflukse for både jord og planter rapporteret af *Woodrow et al. (1997)*. Nærværende forsøg viser lavere fordampning af akkumulerede relative flukse, når der sammenholdes med *Smit et al. (1997 & 1998)*. De lavere akkumulerede flukse fra jord kan skyldes meget tørre jordforhold under forsøget.

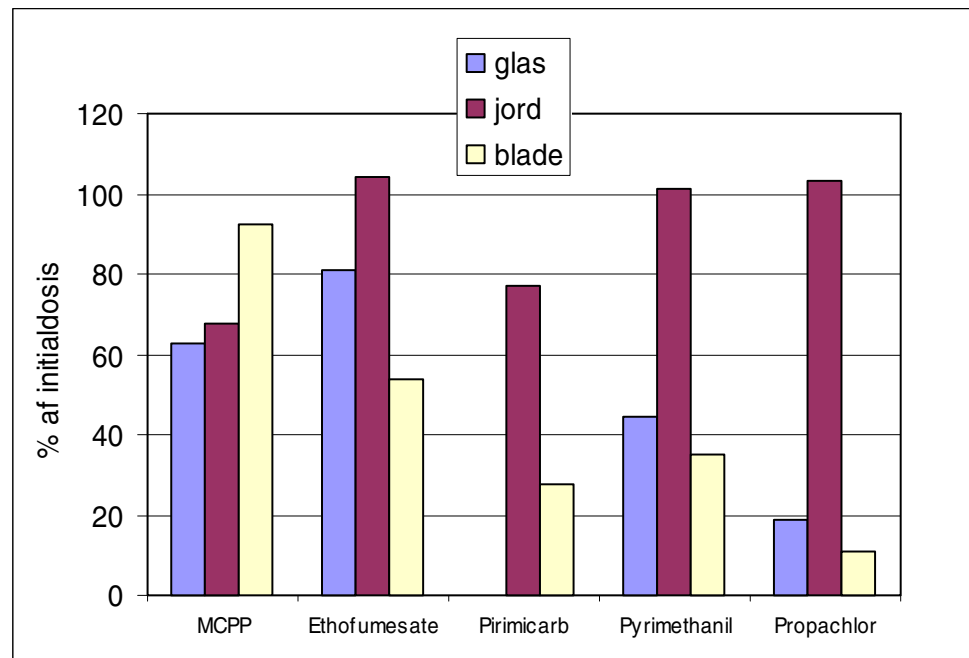
Estimeringen af fordampningen af pesticider til luften bruges bla. til emissionsopgørelser. Afhængigt af formålet med emissionsopgørelserne kan der argumenteres for metoden med den maksimale fluksbestemmelse eller den mere langvarige akkumulerede emission. I forhold til nærmiljøets påvirkning, har den maksimale fluks stor betydning, da en kortvarig, men høj dose kan være akut skadelig. Ses på emission i forhold til atmosfærens belastning i det hele taget og de mere langvarige påvirkninger gennem deposition, har de længerevarende akkumulerede estimerer stor relevans. Det skal bemærkes, at fordampning i forhold til langvarige påvirkninger skal ses i sammenhæng med de anvendte mængder, idet en lille fordampning kan give en kvantitativ stor emission, hvis stoffet bruges meget.

Fordampning bør også ses i relation til stoffets videre skæbne i atmosfæren samt skæbnen af nedbrydningsprodukterne, både i jord, plante og luft.

5.8 Målinger med passive dosimetre

Undersøgelsen har dokumenteret, at de passive dosimetre kan bruges til at undersøge den direkte deposition i forbindelse med sprøjtning. Jord er en bedre sorbent end glas og for de mere fordampelige stoffer er depositionen på glas lavere end på jord. For de mindst fordampelige stoffer var depositionen tæt på 100 procent, mens ca. en tredjedel af propachlor, som det mest flygtige stof ikke blev afsat, og således må være borttransporteret fra området. På grund af samme fysiske opbygning af dosimetre med jord og glas kan disse matricer direkte sammenlignes. For både jord og glas er det horisontale flader, der eksponeres, mens bladoverfladerne er orienteret i alle retninger. Der er i beregningerne regnet med eksponering af bladets ene side. Eksponeringen af blade i sprøjtebanen er væsentligt lavere end eksponering af jord og glasoverflader. For den direkte deposition væk fra sprøjtebanen i forbindelse med sprøjtning, er billedet modsat. Her er depositionen på blade op til 20 gange højere end på jord og glas. Den horisontale bevægelse af sprøjtetågen vil også betyde, at et større areal af bladoverflader eksponeres end de vandrette passive dosimetre. Den primære afsætning i forbindelse med sprøjtningen aftog eksponentielt med afstanden. Den var 0,04 til 0,5% på jord og glasoverflader i 4 meters afstand fra sprøjtebanen, mens afsætningen var 5 til 10 gange højere på bladoverflader, der således var bedre til at fange sprøjtetågen. Den primære deposition blev ved forsøget i maj 2003 kun målt på glas.

Der er målt fordampning af stof fra jord, glas og blade i sprøjtebanen i forhold til eksponeringen. Reelt er der tale om måling af tab, da der ikke kan skelnes mellem fordampning, translokation i planten og/eller nedbrydning af stoffet.



Figur 5.1 Fordampning/tab af de fem modelstoffer fra glas, jord og bladoverflader seks timer efter sprøjtning. Procent af målt initialdosis. Forsøg september 2002. (MCPP er mechlorprop-P).

Mechlorprop-P fastholdes bedst på bladene. For de øvrige stoffer er fordampningen ringest fra jord, hvor der stort set ikke sker fordampning. For disse stoffer er der en rimelig overensstemmelse mellem fordampning fra glasoverflader og fra bladoverflader, bortset fra pirimicarb, der efter seks timer helt er forsvundet fra glaspladerne. Der er formentlig tale om fotolyse, da der ved måling af den sekundære deposition ikke er set tegn på en betydende fordampning. Målinger af fordampning v.h.a. den horisontale flux metode viser heller ikke meget store fordampninger.

Den sekundære deposition, altså den deposition, der skyldes fordampning og efterfølgende afsætning, blev målt ved at udsætte passive dosimetre med jord og glas i 5 og 10 meters afstand fra sprøjtebanen i forskellige tidsintervaller. Der blev udsat bakker i intervallerne 0,5-3,5 timer efter sprøjtning, 3,5-24 timer og 24-27 timer efter sprøjtning. Den største deposition blev målt i intervallet 3,5-24 timer og den var ca. den dobbelte af den deposition, der fandt sted i intervallet 0,5-3,5 timer. Depositionen på jord i intervallet 24-27 timer efter sprøjtning var 20-60% af den deposition, der fandt sted fra 0,5 til 3,5 timer. På glasplader var de tilsvarende procenter 4 til 80% for de forskellige modelstoffer. Efter et døgn skete der således stadig en målbar fordampning og deposition. Afsætningen på såvel jord som glas var i 10 meters afstand 60-80% af den deposition, der skete i 5 meters afstand.

Den målte deposition på jord var 1 til 5 gange højere end på glaspladerne, højest for de mest fordampelige stoffer. Jord virker langt mere sorberende end glaspladerne. På glaspladerne foregår formentlig en dynamisk proces, hvor det deponerede stof også fordamper igen i væsentligt større grad end fra jordoverflader.

For det mest flygtige stof, propachlor er der målt en sekundær deposition på jord i 5 og 10 meters afstand på henholdsvis 0,4 og 0,3% af markdosis. Det er i samme størrelsesorden som den primære deposition, altså den direkte afsætning af sprøjtetågen, hvor vi for det samme stof målte en afsætning på 0,5 og 0,3% af markdosis 4 og 8 meter fra sprøjtebanen. Ved afsætning på kantbiotoper er det således lige så vigtigt at se på den sekundære deposition som på den primære deposition. Mht. at beskrive deposition som procent af markdosis skal det bemærkes, at disse tal er specifikke for den pågældende forsøgsopstilling og ikke direkte kan sammenlignes til andre forsøg.

Denne undersøgelse omfatter kun fem modelstoffer. I en fremtidig undersøgelse ville det være relevant at kigge på andre pesticider med relativt høje damptryk, ligesom det ville være væsentligt at kigge på depositionen i større afstand, hvor det vil være sandsynligt, at det største bidrag vil komme fra den sekundære deposition, når der er tale om pesticider med højt damptryk.

6 Konklusioner

6.1 Metode til fordampningsbestemmelse

Antagelsen om vertikale koncentrationsprofiler med eksponentielt forløb, den anvendte massebalancemetode med integration af den horisontale flux og det anvendte forsøgsdesign har vist sig egnet til bestemmelsen af fordampningen af pesticider fra bar jord og plantedække. Et forsimplet udtryk, hvor fordampningen bestemmes ud fra koncentrationsprofilen og friktionshastigheden, var egnet som groft estimat på fordampningen fra bar jord, men underestimerede fordampningen fra plantedække.

6.2 Meteorologiske forhold

Begge måleperioder var karakteriseret ved varmt og solrigt vejr og for septembers vedkommende fulgte måleperioden en lang periode uden nedbør, hvilket betød, at det øverste jordlag var meget tørt. Den meget tørre jord har formentlig været årsag til de meget lave fordampninger, der blev observeret v.h.a. massebalancemetoden. Det solrige vejr med høj indstråling i maj har muligvis haft indflydelse på nedbrydning af nogle af stofferne på bladoverfladerne og dermed reduceret fordampningspotentialen.

Det må konstateres, at opstrømsmålingerne var kontamineret fra sprøjtebæltet og dermed ikke har været placeret langt nok væk i forhold til de meget lave vindhastigheder, der herskede i nogle af perioderne i september og i mange af perioderne i maj.

En del dagperioder i maj havde meteorologiske forhold, der var præget af konvektion, hvor stofferne blandes kraftigere opad. Det har betydet, at målingerne i 9 m ikke har kunnet bruges som et udtryk for en reel baggrundskoncentration.

6.3 Baggrundsmålinger

Målingerne af baggrundskoncentrationen har været vanskelige at tolke. Generelt var der ikke tegn på baggrundsbidrag af væsentlig betydning. Koncentrationsmålingerne opstrøms i maj var generelt højere end i september, hvilket også gælder målingen i 9 m og disse observationer tilskrives de meteorologiske forhold samt generelt højere koncentrationer i maj.

6.4 Fordampningsfluxe

Den maksimale flux (gennemsnitsfluxen det første døgn efter sprøjtning) og den akkumulerede fordampning (efter én uge) var for alle stoffer højere fra plantedækket i maj end fra jorden i september når dosen tages i betragtning. Generelt blev de højeste fordampninger observeret indenfor det første døgn efter sprøjtning.

Der var analysekemiske problemer med mechlorprop-P og resultaterne for dette stof er derfor meget mangelfulde.

I september sås et nogenlunde ensartet forløb af den relative, akkumulerede fordampning for alle stoffer, mechlorprop-P undtaget. I september var der ingen klar sammenhæng mellem fordampningsflukse og meteorologiske parametre. Der var en sammenhæng mellem døgnvariationen af den teoretisk bestemte overfladekoncentration og meteorologiske forhold som temperatur, vindhastighed og relativ fugtighed samt fugtigheden i jorden. Dette kunne tyde på, at fordampningen i denne periode har været påvirket af turbulens og opblanding i luften og/eller adsorptionsprocesser i jorden, som kan være meget stærke under de tørre forhold, der herskede i perioden.

I september, hvor der målttes på bar jord, viste gennemsnitsfluksen over det første døgn samt i hele perioden en god korrelation til både dose-korrigeret damptryk og en dose-korrigeret parameter, der indeholder damptryk, adsorptionskoefficient og vandopløselighed. Det viste sig, at de to dose-korrigerede parametre var indbyrdes korrelerede og dermed har det ikke været muligt at skelne mellem dem. Sammenholdes den akkumulerede fordampning i forhold til behandlingsdosis med damptryk h.h.v. damptryk, adsorptionskoefficient og vandopløselig blev den bedste korrelation fundet for hele måleperioden og parameteren, der medtager damptryk, adsorptionskoefficient og vandopløselighed. Sidstnævnte er i overensstemmelse med teorien, der forventer en sammenhæng til fysisk-kemiske parametre med indflydelse på fasefordelingen af pesticidet i jorden, d.v.s. bindingen til jordpartikler, opløseligheden i vand og damptrykket.

I maj ændrede størrelsesfordelingen af den akkumulerede fordampning sig med tiden. Dette skyldtes formentlig, at fordampningspotentialt for de enkelte stoffer i forsøget med plantedække ændrede sig gennem forløbet, d.v.s. stofferne blev "fjernet" med forskellig hastighed. Analysen af tilbageværende stof på bladene efter 24 timer bekræftede denne formodning. Noget af "fjernelsen" kan skyldes fotokemisk nedbrydning. Således fordampede pirimicarb forholdsvis mere end ethofumesat og pyrimethanil i starten af forsøget, men fra tredje dagen fordampede der mindre.

I maj ses en tydelig sammenhæng mellem fordampningsflukse og flere covarierende meteorologiske parametre (vanddamp- og varmefluksen og friktionshastigheden). Fluksen af de enkelte stoffer aftager mere eller mindre med tiden, hvilket kan tyde på nedbrydning/optag ("fjernelse" af stof) som en medbestemmende parametre for fordampningen størrelse.

Både over det første døgn og i hele perioden viste målinger over plantedække af gennemsnitsfluks er en god korrelation til de to korrelerede parametre: dose-korrigeret damptryk og den dose-korrigeret parameter, der indeholder damptryk, adsorptionskoefficient og vandopløselighed. Den akkumulerede fordampning viste rimelig sammenhæng med damptryk h.h.v. damptryk, adsorptionskoefficient og vandopløselighed. Dette er i overensstemmelse med forventningen fra både *Woodrow et al. (1997)* og *Smit et al. (1998)*, der skriver, at fordampningen fra bladoverflader er domineret af damptrykket.

Resultaterne fra fordampningsmålingerne fra plantedække tyder på, at stoffernes nedbrydning/optag er en parameter, der skal tages med i betragtning, hvis fordampningen over længere tid skal vurderes.

Betragtes gennemsnitsfluksen i løbet af det første døgn for bar jord og plantedække i forhold til fysisk-kemiske parametre, passer relationerne med andre målinger rapporteret af *Woodrow et al. (1997)* (jf også modelrapport *Sørensen et al., 2006*).

De akkumulerede flukse, set i forhold til behandlingsdosen, ligger generelt under de forventede fordampninger ifølge *Smit et al. (1997 og 1998)*. For bar jords vedkommende kan dette skyldes de meget tørre forhold. Fra plantedækket kan noget af årsagen til de lavere fordampninger skyldes "fjernelse" af stof, d.v.s. nedbrydning, fordampning eller optag, og dermed mindsket fordampningspotentiale. Dette er dog næppe hele årsagen, da det stof, der har den største genfinding på bladanalysen efter første døgn og som fordamper relativt mere end de øvrige stoffer senere i forløbet, også fordamper mindre end forventet ifølge *Smit et al. (1998)*.

6.5 Målinger med passive dosimetre

De passive dosimetre viste sig anvendelige til at bestemme den eksponering, der fandt sted. Jordbakkerne viste en eksponering fra 72 til 92% af det beregnede, bortset fra mechlorprop, hvor der kun blev genfundet 47%. For de øvrige stoffer kunne der ses en sammenhæng mellem damptryk og eksponering, idet propachlor og pyrimethanil gav de laveste genfindingsprocenter, mens eksponeringen med ethofumesat og pirimicarb var over 90%. Det må konkluderes, at for flygtige stoffer som pyrimethanil og propachlor tabes 20 til 30% under selve sprøjtningen på jord med begrænset plantedække. Dette fænomen var endnu mere udtalt for glasdosimetrene.

Forsøgene viste, at den efterfølgende fordampning efter sprøjtning var størst fra glasoverflader og bladoverflader, mens jorden fastholdt pesticiderne bedre. Den primære afsætning i forbindelse med sprøjtningen aftog eksponentielt med afstanden. Den var 0,04 til 0,5% på jord og glasoverflader i 4 meters afstand fra sprøjtebanen, mens afsætningen var 5 til 10 gange højere på bladoverflader, der således var bedre til at fange sprøjtetågen. Den primære deposition blev ved forsøget i maj 2003 kun målt på glas.

I måleperioden i maj blev der i 5 og 10 meters afstand fra sprøjtefeltet målt deposition i tre perioder efter sprøjtning, hvor sprøjtetågen havde lagt sig: 1) 0,5 til 3,5 timer efter sprøjtning, 2) 3,5 til 24 timer efter sprøjtning og 3) 24 til 27 timer efter sprøjtning. På glasplader var depositionen i alle tilfælde under 0,1% af markdosis. På jord var depositionen under 0,1% for de tre mindst flygtige stoffer. For pyrimethanil og propachlor fandt den største deposition sted i perioden 3,5 til 24 timer. Her blev i 5 meters afstand deponeret 0,2 og 0,4% af markdosis, hvilket svarer til den deposition, der finder sted i forbindelse med afdriften fra selve sprøjtningen. Depositionen i 5 og 10 meters afstand var i samme størrelsesorden. Depositionen i perioden 24 til 27 timer var 20 til 50% af den deposition, der fandt sted fra 0,5 til 3,5 timer efter sprøjtningen. Den deposition, der skyldtes fordampning var således for de mest flygtige pesticider i samme størrelsesorden, som den deposition, der forekommer i 5 meters afstand ved selve sprøjtningen.

Målinger foretaget af tankprøver før og efter sprøjtning viste god overensstemmelse mellem beregnet indhold i tanken og målte værdier, bortset fra pirimicarb, hvor der blev målt et indhold i tanken på 133% af det beregnede.

6.6 Administrative konsekvenser

Afhængigt af formålet, kan der fokuseres på enten den maksimale fluks eller den mere langvarige akkumulerede emission. Ses på nærmiljøets påvirkning, har den maksimale fluks stor betydning, da en kortvarig, men høj dose kan være akut skadelig. Ses på emission i forhold til atmosfærens belastning i det hele taget og de mere langvarige påvirkninger gennem deposition og eventuel videre ophobning i fødekæder, har de længerevarende akkumulerede estimater stor relevans. Fordampningen skal også ses i relation til stoffernes og deres nedbrydningsprodukters videre skæbne.

Da nærværende resultater med fordampning fra bar jord og plantedække bygger på to enkeltstående forsøg, kan de ikke alene danne grundlag for nogen generel relation mellem fordampning og stoffernes fysisk-kemiske parametre. Forsøgene bekræfter dog de sammenhænge, der er beskrevet i litteraturen. De målte maksimale fordampningsflukse (gennemsnitsfluksen det første døgn) stemmer overens med *Woodrow et al. (1997)*, der har opstillet empiriske relationer i forhold til fysisk-kemiske forhold. Et datasæt, hvor også nærværende målinger indgår sammen med resultaterne fra *Woodrow et al. (1997)* er vist i rapporten om modellen AirScreen (*Sørensen et al., 2006*). De akkumulerede fordampninger ligger dog lavere end forventet ifølge *Smit et al. (1997 & 1998)*.

Det vil kræve flere forsøg for at afgøre, om relationerne, rapporteret af *Smit et al. (1997 & 1998)* for den akkumulerede fordampning, er for højt sat for danske forhold. Flere forsøg på bar jord under mindre tørre betingelser bør også gennemføres med henblik på maksimalfluksen og dennes relation i forhold til *Woodrow et al. (1997)*. Det bør også undersøges, hvorvidt "fjernelse" af stof kan håndteres mere generelt og dermed indgå i estimeringen af den akkumulerede fordampning. Det bør også undersøges, om fordampning under selve sprøjtningen kan have akut toksisk effekt i nærområdet.

Der bør tilvejebringes mere viden om stoffernes skæbne i luften, når de er fordampet samt skæbnen af nedbrydningsprodukterne, både i jord, planter og luft.

Referencer

Arya, S.P., 1999: Air Pollution Meteorology and Dispersion. Oxford University Press, pp. 310.

Bedos, C., Cellier, P., Calvet, R., Barriuso, E. & Benoit, G., 2002 a: Mass transfer of pesticides into the atmosphere by volatilization from soil and plants: overview. - *Agronomie* 22: 21-33.

Bedos, C., Rousseau-Djabri, M.F., Flura, D., Masson, S., Barriuso, E. & Cellier, P., 2002 b: Rate of pesticide volatilization from soil: an experimental approach with a wind tunnel system applied to trifluralin. - *Atmospheric Environment* 36: 5917-5925.

Businger, J.A., Wyngaard, J.C., Izumi, Y. & Bradley, E.F., 1971: Flux-profile relationships in the atmospheric surface layer. - *Journal of Atmospheric Science* 28: 181-189.

Denmead, O.T., 1983: in: Freney J.R. & Simpson J.R. (eds.) Gaseous Loss of N₂ from Plant-Soil Systems, Martinus Nijhoff/Dr. Junk Publishers, The Hague, Netherlands, pp. 133-157.

Glotfelty, D., Taylor, A.W., Turner, B.C. & Zoller, W.H., 1984: Volatilization of surface-applied pesticides from fallow soil. - *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 32: 638-643.

Jensen, N.O., Petersen, E.L. & Troen, I., 1984: Extrapolation of mean wind statistics with special regard to wind energy applications. World Meteorological Organization, WCP-86. 85pp.

Jury, W. A., Spencer, W.F. & Farmer, W.J., 1983: Behavior assessment model for trace organics in Soil: I. Model Description. - *Journal of Environmental Quality* 12: 558-564.

Jury, W.A., Spencer, W.F. & Farmer, W.J., 1984 a: Behavior assessment model for trace organics in Soil: II. chemical classification and parameter sensitivity. - *Journal of Environmental Quality* 13: 567-572.

Jury, W. A., Spencer, W.F. & Farmer, W.J., 1984 b: Behavior assessment model for trace organics in soil: IV. review of experimental evidence. - *Journal of Environmental Quality* 13: 580-586.

Leistra, M., 1998: Extent of photochemical transformation of pesticides on soil and plant surfaces. Environmental Planning Bureau series 5, DLO Winand Staring Center, P.O. Box 125, NL-6700 AC Wageningen (The Netherlands), ISSN 0927-4537.

Majewski, M.S., Glotfelty, D.E., Paw, K.T. & Seiber, J.N., 1990: A field comparison of several methods for measuring pesticide evaporation rates from soil. - *Environmental Science and Technology* 24: 1460-1497.

Miljøstyrelsen, 2000: Pate, Database over pesticiders miljøparametre.

Paulson, C.A., 1970: The mathematical representation of wind speed and temperature profiles in the unstable atmospheric surface layer. - Journal of Applied Meteorology 9: 857-861.

Smit, A.A.M.F.R., van der Berg, F. & Leistra, M., 1997: Estimation method for the volatilization of pesticides from fallow soil. Environmental Planning Bureau series 2, DLO Winand Staring Center, P.O. Box 125, NL-6700 AC Wageningen (The Netherlands), ISSN 1387-4292.

Smit A.A.M.F.R., Leistra, M. & van der Berg, F., 1998: Estimation method for the volatilization of pesticides from plants. Environmental Planning Bureau series 2, DLO Winand Staring Center, P.O. Box 125, NL-6700 AC Wageningen (The Netherlands), ISSN 1387-4292.

Stull, R.B., 1991: An introduction to boundary layer meteorology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp. 666.

Sørensen, P.B., Andersen H.V., Jensen N.O., Olesen H.R. & Bossi R., 2006: Modelling af fordampning af pesticider fra jord og planter efter sprøjtning. Offentliggøres i september 2006, Danmarks miljøundersøgelser.

Tomlin C., 1994: The Pesticide Manual, Tenth Edition, editor C. Tomlin, British Crop Protection Publications, ISBN 0 948404 79 5.

Van den Berg, F., Kubiak R., Benjey W.G., Majewski M.S., Yates S.R., Reeves G.L., Smelt J.H. & Van der Linden A.M.A., 1999: Emission of pesticides into the air. Water, Air and Soil Pollution 115: 195-218.

Woodrow, J.E., Seiber, J.N. & Baker, L.W., 1997: Correlation techniques for estimating pesticide volatilization flux and downwind concentrations. - Environmental Science and Technology 31: 523-529.

Wyngaard, J.C., 1973: On surface Layer turbulence. Workshop on Micrometeorology, D.A. Haugen, Ed., American Meteorological Society pp. 101-149.

Bilag 1

Vindprofilen over en ensartet horisontal homogen overflade kan under stationære forhold skrives som (Businger et al., 1971, Paulson, 1970):

$$U = \frac{u_*}{\kappa} \left[\ln \frac{z-d}{z_0} - \psi \left(\frac{z-d}{L} \right) \right] \quad (1)$$

hvor U er vindhastigheden, z er højden over jordoverfladen, d er en displacement-højde på grund af plantedækket, z_0 er overfladens aerodynamiske ruhed, u_* er den turbulente friktionshastighed, κ er von Kármán konstanten (= 0.4) og ψ er en funktion der korrigerer for atmosfærens stabilitet. Monin-Obukhov længden, er defineret nedenfor.

Udtrykket gælder for middelhastigheden over en periode, f.eks 10 min, og forudsætter endvidere at forholdene er stationære, dvs. at 10 min værdien ikke adskiller sig væsentligt fra de to nærmeste værdier. Funktionen ψ kan beregnes fra udtrykkene:

$$\begin{aligned} \psi &= -\alpha \frac{z}{L} & L > 0 \\ \psi &= (1 - \beta \frac{z}{L})^{1/4} - 1 & L < 0 \end{aligned} \quad (2)$$

For ustabile, dvs. konvektive forhold ($L < 0$), er relationen bestemt fra approksimationen $\psi = \varphi^{-1} - 1$ (Jensen et al., 1984) hvor φ er den dimensionsløse gradientfunktion (Businger et al., 1971). For stabile forhold har vi anvendt den log-lineære approksimation. Værdierne af de empiriske konstanter α og β er valgt til 5 and 16. Monin-Obukhov længden er defineret ved

$$L = -\frac{u_*^3}{\kappa \frac{g}{T} H} \quad (3)$$

hvor g er tyngdekonstanten, T er den absolutte temperatur og H er den vertikale turbulente varmeffluks. Både H og u_* er bestemt fra målinger med et sonic-anemometer.

Udtrykket for $U(z)$ som den anvendes i massebalanceberegningerne er anpasset således at profil-udtrykket (1) passer med kopanemometermålingen i 8 m og hvor L er bestemt fra målingen med sonic-anemometeret i 4 m.

I september er z_0 sat til 2 cm og d til 0. I maj er z_0 sat til 6 cm og d til 40 cm. Disse værdier er vurderet ud fra de målte vindprofiler og fra empirisk viden (Stull, 1991).

Den hastighed hvormed en "røgfane" ekspanderer i vertikalretningen afhænger af turbulensforholdene og dermed af atmosfærens sta-

bilitet. For neutrale forhold er u_* en god parameter for de vertikale vindfluktuationer, og væksthastigheden for "røgfane" fra en overfladekilde kan estimeres fra

$$\frac{\partial h}{\partial x} \approx \frac{u_*}{U} \approx \frac{h}{x} \quad \text{eller} \quad h \approx u_* x / U \quad (4)$$

Dette er årsagen til formen af divisoren (i forhold til z) i ligning (1), afsnit 5.1.1. I forhold til de aktuelle forsøgsbetingelser giver dette en "røgfanehøjde" h på ca 4 m. Dette er selvfølgelig ikke et eksakt tal da h ikke er defineret ved en skarp grænse, men derimod er eksponentielt aftagende.

For stabile forhold vokser h noget langsommere. I forbindelse med (1) plus (2) og under meget stabile forhold kan udledes at h vokser som

$$h \approx 0.4\sqrt{Lx}$$

For $L = 1$ m giver dette $h \approx 2.5$ m i den aktuelle forsøgsopstilling. Under ustabile forhold er sagen lidt anderledes idet u_* ikke længer direkte beskriver størrelsen af de vertikale vindfluktuationer og dermed "røgfanehøjden". De er nu også under indflydelse af konvektive bevægelser. Kaldes standardafvigelsen af de vertikale vindfluktuationer for σ_w angiver *Wyngaard (1973)* at $\sigma_w/u_* \approx (z/L)^{1/3}$, og erstattes u_* med σ_w i (4) fås

$$h \approx 0.05(x^3 / (-L))^{1/2}$$

hvor faktoren er empirisk bestemt. I den aktuelle forsøgsopstilling svarer dette til $h \approx 11$ m for

$L = -1$ m. Dette er en meget konvektiv situation men den ligger dog inden for de under måleperioden registrerede forhold.

For en given u_* og kildestyrke q vil variationen i stabiliteten have den kvalitative effekt, at under stabile forhold (nat) hvor h er lav vil koncentrationen C_0 nær jordoverfladen blive høj, og under ustabile forhold (solskin) vil h være stor og C_0 derfor lav. Dette skulle afspejle sig i hældningskoefficienten i de logaritmiske koncentrationsprofiler.

Disse betragtninger kan kvalitativt tages i betragtning i formlen for spredning (ligning (1), afsnit 5.1.1) ved at erstatte u_* med σ_w der også er en målt parameter.

Bilag 2

Målinger opstrøms det sprøjtede areal.

Table 1. Baggrundsmålinger i september 2002

Starttid	Pirimicarb ng m ⁻³	Propachlor ng m ⁻³	Ethofumesate ng m ⁻³	Pyrimethanil ng m ⁻³	Mechlorprop-P ng m ⁻³
10-09 09:07	0,0	2,7	0,1	0,0	0,0
10-09 21:41	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0
11-09 09:17	0,0	0,1	0,1	0,0	0,8
11-09 19:04	0,0	0,9	0,1	0,0	
12-09 07:16	0,0	0,0	0,0	0,0	
12-09 18:58	0,0	8,9	33	0,2	
13-09 07:24	0,0	0,0	0,0	0,0	
13-09 19:10	0,0	39	0,1	1,7	
14-09 07:20	0,0	0,0	0,0	0,0	
14-09 19:00	0,0	11,4	0,0	0,2	0,2
15-09 07:01	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7

Tabel 2. Baggrundsmålinger i maj 2003

	Pirimicarb	Propachlor	Ethofumesate	Pyrimethanil	Mechlorprop-P
Starttid	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³
26-05 11:22	0,0	3,4	0,9	0,1	6,0
26-05 19:18	0,4	50	1,2	3,6	3,0
27-05 06:32	0,4	257	2,7	11	23,0
27-05 18:35	0,0	18	0,6	1,0	6,0
28-05 06:16	0,0	42	0,7	3,0	5,0
28-05 18:00	0,0	9	0,3	0,4	3,0
29-05 06:30	0,2	64	4,0	10	5,0
29-05 18:35	0,3	57	4,0	9,0	5,0
30-05 06:30	0,2	49	1,0	0,7	3,0
30-05 18:38	0,1	21	1,4	2,0	30
31-05 06:43	0,0	0,7	0,0	0,1	3,0

Bilag 3

Tabel 1. Luftkoncentrationer af pesticider i de forskellige målehøjder i måleperioden i september 2002.

Periode	Starttid	Sluttid	højde	Pirimicarb	Propachlor	Ethofumesate	Pyrimethanil	Mechlor-prop
			[m]	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³
1	10-09 08:33	10-09 09:32	0,1	5,2	2029	4,4	52	27
			0,3	4,1	1716	2,9	49	35
			1,0	2,6	1379	2,7	37	23
			2,0	1,7	703	1,3	19	2
			4,0	0,6	229	0,2	5	2
	10-09 08:33	10-09 11:54	9,0	0,0	20	0,1	0	0
2	10-09 09:56	10-09 10:57	0,1	1,7	764	3,6	46	17
			0,3	1,5	710	4,3	49	11
			1,0	1,0	507	3,6	38	7
			2,0	0,4	205	1,6	5	0
			4,0	0,0	123	0,3	2	0
3	10-09 11:05	10-09 11:54	0,1	0,7	271	1,7	9	2
			0,3	0,5	299	1,9	10	0
			1,0	0,2	209	0,9	7	1
			2,0	0,7	120	1,2	2	0
			4,0	0,0	52	1,7	1	0
4	10-09 12:01	10-09 14:55	0,1	0,5	206	4,1	14	4
			0,3	0,4	187	3,5	8	3
			1,0	0,3	104	4,4	12	1
			2,0	0,2	74	1,3	2	*
			4,0	0,1	29	1,1	1	*
			9,0	0,0	2	0,2	0	0
5	10-09 15:27	10-09 18:24	0,1	0,2	387	1,9	13	*
			0,3	0,1	383	1,7	10	*
			1,0	0,1	330	1,2	9	*
			2,0	0,1	217	0,8	4	*
			4,0	0,0	70	0,4	1	*
			9,0	0,0	5	0,0	0	*
6	10-09 18:34	10-09 21:23	0,1	0,9	3627	9,9	60	71
			0,3	0,6	2971	7,7	59	45
			1,0	0,4	1605	3,2	24	19
			2,0	0,1	552	0,5	7	7
			4,0	0,0	72	0,2	1	0
			9,0	0,0	1	0,0	0	0
7	10-09 21:36	11-09 01:52	0,1	0,4	1948	6,5	25	32
			0,3	0,3	1332	6,0	25	25
			1,0	0,2	799	2,7	10	5
			2,0	0,1	460	1,9	12	7

* Problemer med ekstraktion og/eller analyse

** Problemer ved eksponering

Tabel 1, fortsat.

Periode	Starttid	Sluttid	højde	Pirimicarb	Propachlor	Ethofumesate	Pyrimethanil	Mechlor-prop
			[m]	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³
			4,0	0,0	90	0,4	1	0
			9,0	0,0	2	0,0	0	0
8	11-09 02:05	11-09 05:51	0,1	0,3	886	4,7	16	18
			0,3	0,2	959	4,6	19	16
			1,0	0,2	651	3,2	16	8
			2,0	0,1	300	1,4	6	4
			4,0	0,0	107	0,2	2	0
			9,0	0,0	21	0,0	0	0
9	11-09 05:59	11-09 09:04	0,1	0,5	633	2,4	11	49
			0,3	**	**	**	**	**
			1,0	0,2	466	1,9	10	15
			2,0	0,2	265	1,1	6	5
			4,0	0,1	131	0,3	2	11
			9,0	0,0	9	0,0	0	0
10	11-09 09:14	11-09 11:57	0,1	0,0	29	0,5	1	35
			0,3	0,0	18	0,8	1	36
			1,0	0,0	16	0,4	1	0
			2,0	0,0	9	0,3	0	19
			4,0	0,0	3	0,2	0	10
			9,0	0,0	0	0,0	0	0
11	11-09 12:18	11-09 14:47	0,1	0,0	6	0,8	2	*
			0,3	0,0	4	0,4	2	*
			1,0	0,0	4	0,3	1	*
			2,0	0,0	2	0,2	1	*
			4,0	0,0	1	0,1	0	*
			9,0	0,0	0	0,0	0	*
12	11-09 15:50	11-09 18:57	0,1	0,0	12	0,1	0	*
			0,3	0,0	10	0,2	1	*
			1,0	0,0	7	0,2	0	*
			2,0	0,0	4	0,0	0	*
			4,0	0,0	1	0,0	0	*
			9,0	0,0	0	0,0	0	*
13	11-09 19:07	11-09 22:51	0,1	0,0	143	1,2	15	*
			0,3	0,0	144	0,8	8	*
			1,0	0,0	31	0,4	4	*
			2,0	0,0	3	0,3	2	*
			4,0	0,0	1	0,0	0	*
			9,0	0,0	0	0,0	0	*
14	11-09 23:04	12-09 06:54	0,1	0,1	337	1,6	8	*
			0,3	0,1	246	1,2	6	*
			1,0	0,0	92	0,7	4	*
			2,0	0,0	26	0,1	1	*

* Problemer med ekstraktion og/eller analyse

** Problemer ved eksponering

Tabel 1, fortsat.

Periode	Starttid	Sluttid	højde	Pirimicarb	Propachlor	Ethofumesate	Pyrimethanil	Mechlor-prop
			[m]	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³
			4,0	*	*	*	*	*
			9,0	0,0	0	0,0	0	*
15	12-09 07:09	12-09 13:15	0,1	0,0	78	0,5	3	*
			0,3	0,0	49	0,3	2	*
			1,0	0,0	44	0,3	1	*
			2,0	0,0	34	0,2	1	*
			4,0	0,0	23	0,1	1	*
			9,0	0,0	3	0,0	0	*
16	12-09 14:48	12-09 19:05	0,1	0,0	6	0,1	0	*
			0,3	0,0	5	0,0	0	*
			1,0	0,0	3	0,0	0	*
			2,0	0,0	1	0,0	0	*
			4,0	0,0	0	0,0	0	*
			9,0	0,0	0	0,0	0	*
17	12-09 19:14	13-09 06:57	0,1	0,0	135	0,6	4	*
			0,3	0,0	157	0,8	8	*
			1,0	0,0	65	0,4	4	*
			2,0	0,0	0	0,2	1	*
			4,0	0,0	8	0,0	0	*
			9,0	0,0	0	0,0	0	*
18	13-09 07:07	13-09 19:02	0,1	0,0	17	0,3	2	*
			0,3	0,0	20	0,2	1	*
			1,0	0,0	17	0,1	1	*
			2,0	0,0	9	0,1	1	*
			4,0	0,0	5	0,0	0	*
			9,0	0,0	1	0,0	0	*
19	13-09 19:10	14-09 06:57	0,1	0,0	123	0,7	9	*
			0,3	0,0	106	0,6	6	*
			1,0	0,0	92	0,4	7	*
			2,0	0,0	47	0,1	2	*
			4,0	0,0	15	0,0	1	*
			9,0	0,0	0	0,0	0	*
20	14-09 07:08	14-09 18:53	0,1	0,0	29	0,1	1	*
			0,3	0,0	23	0,1	1	*
			1,0	0,0	16	0,0	1	*
			2,0	0,0	10	0,0	1	*
			4,0	0,0	2	0,0	0	*
			9,0	0,0	2	0,0	0	*
21	14-09 19:01	15-09 06:54	0,1	0,0	128	0,7	5	1
			0,3	0,0	114	0,6	4	*
			1,0	0,0	74	0,3	2	*
			2,0	0,0	21	0,1	0	*

Tabel 1, fortsat

Periode	Starttid	Sluttid	højde	Pirimicarb	Propachlor	Ethofumesate	Pyrimethanil	Mechlor-prop
			[m]	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³
			4,0	0,0	4	0,0	0	*
			9,0	0,0	0	0,0	0	*
22	15-09 07:04	15-09 18:17	0,1	0,0	22	0,1	0	1
			0,3	0,0	20	0,1	0	1
			1,0	0,0	15	0,1	0	2
			2,0	0,0	8	0,0	0	1
			4,0	0,0	3	0,0	0	0
			9,0	0,0	0	0,0	0	0
23	16-09 07:11	16-09 16:49	0,1	0,0	3	0,0	0	1
			0,3	0,0	3	0,0	0	1
			1,0	0,0	2	0,0	0	1
			2,0	0,0	2	0,0	0	0
			4,0	0,0	1	0,0	0	0
			9,0	0,0	0	0,0	0	0

* Problemer med ekstraktion og/eller analyse

** Problemer ved eksponering

Tabel 2. Luftkoncentrationer af pesticider i de forskellige målehøjder i måleperioden i maj 2003.

Periode	Starttid	Sluttid	højde	Pirimicarb	Propachlor	Ethofumesate	Pyrimethanil	Mechlor-prop
			[m]	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³
1	26-05 07:31	26-05 08:32	0,1	13,7	1265	14,0	160	168
			0,3	9,0	1300	4,3	171	69
			1	15,7	1618	5,0	48	88
			2	16,8	1169	3,8	35	41
			4	2,5	309	0,4	14	30
			9	0,0	27	0,0	0	7
2	26-05 08:40	26-05 09:41	0,1	13,8	1455	3,7	40	180
			0,3	18,8		3,6	37	96
			1	17,4	1571	3,9	54	140
			2	13,1	1113	3,2	43	107
			4	3,0	329	0,0	20	51
			9	0,0	36	0,0	0	9
3	26-05 09:49	26-05 10:50	0,1	13,6	1235	6,7	57	284
			0,3	18,7	1480	7,6	68	82
			1	*	*	*	*	*
			2	12,6	1220	13,3	155	189
			4	1,7	483	2,0	9	53
			9	0,0	30	0,0	2	18
4	26-05 10:59	26-05 14:02	0,1	11,9	1662	13,3	42	166
			0,3	15,9	1732	11,9	51	200
			1	15,7	1624	10,4	34	119
			2	12,0	1054	6,8	9	105
			4	7,5	887	5,3	11	46
			9	0,3	118	1,2	5	19
5	26-05 14:12	26-05 17:07	0,1	9,4	1578	12,4	45	203
			0,3	10,7	1537	10,5	33	171
			1	12,4	1634	11,2	36	193
			2	11,9	1522	11,4	41	212
			4	5,6	846	5,7	15	176
			9	0,0	134	0,7	7	48
6	26-05 17:18	26-05 20:04	0,1	6,2	1300	8,6	25	139
			0,3	7,2	1285	10,7	25	191
			1	7,8	1475	10,8	31	215
			2	2,9	501	11,4	33	159
			4	0,8	274	2,2	11	81
			9	0,0	34	0,5	1	19

* Problem ved ekstraktion

** Problem ved eksponering

Tabel 2, fortsat.

Periode	Starttid	Sluttid	højde	Pirimicarb	Propachlor	Ethofumesate	Pyrimethanil	Mechlor-prop
			[m]	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³
7	26-05 20:11	27-05 00:01	0,1	6,1	738	7,0	49	99
			0,3	3,5	810	10,0	50	91
			1	2,6	810	8,2	48	155
			2	0,5	296	3,8	21	85
			4	0,0	39	1,3	3	10
			9	0,0	3	0,5	0	4
8	27-05 00:12	27-05 04:01	0,1	*	0	0,0	0	0
		se- mikvan- titativ	0,3	3,3	133	1,6	9	10
			1	0,6	121	0,9	8	25
			2	3,0	58	0,0	1	14
			4	5,3	203	1,8	68	8
			9	11,9	121	2,5	4	6
9	27-05 04:11	27-05 07:02	0,1	1,5	183	1,3	7	25
			0,3	3,5	168	1,3	8	17
			1	*	0	0,0	0	0
			2	1,3	166	1,5	7	15
			4	1,2	132	1,0	7	3
			9	0,2	70	0,3	2	9
10	27-05 07:11	27-05 10:01	0,1	1,3	801	10,1	40	43
			0,3	1,5	790	11,4	52	137
			1	1,6	900	9,8	47	120
			2	1,8	863	10,2	49	90
			4	0,7	623	6,2	30	41
			9	0,3	324	2,0	15	39
11	27-05 10:12	27-05 13:00	0,1	1,5	382	7,9	39	*
			0,3	1,1	375	5,3	28	264
			1	1,5	394	5,3	32	152
			2	1,3	391	6,3	29	68
			4	1,0	450	6,1	29	119
			9	0,3	282	5,4	24	253
12	27-05 13:08	27-05 16:01	0,1	1,9	490	7,4	34	127
			0,3	1,5	402	9,8	41	290
			1	2,1	497	11,4	22	178
			2	1,8	398	10,4	33	241
			4	1,5	271	0,0	27	29

* Problem ved ekstraktion

** Problem ved eksponering

Tabel 2, fortsat.

Periode	Starttid	Sluttid	højde	Pirimicarb	Propachlor	Ethofumesate	Pyrimethanil	Mechlor-prop
			[m]	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³
		se- mikvan- titativ	9	0,0	106	2,3	9	*
13	27-05 16:09	27-05 18:56	0,1	0,9	385	7,0	24	209
			0,3	1,1	388	7,8	29	233
			1	1,5	391	7,8	28	128
			2	1,2	312	6,6	33	24
			4	0,0	213	3,4	16	2
			9	0,0	25	0,1	2	2
14	27-05 19:05	27-05 22:08	0,1	0,8	423	5,9	23	10
			0,3	1,4	370	4,2	19	6
			1	1,2	303	4,8	30	27
			2	0,3	90	3,4	18	97
			4	0,0	37	0,8	1	39
			9	0,0	2	0,6	0	0
15	27-05 22:16	28-05 07:01	0,1	0,7	137	2,3	9	9
			0,3	0,6	138	1,9	8	23
			1	0,2	141	1,9	9	29
			2	0,0	45	0,8	1	9
			4	0,0	24	0,6	1	1
			9	0,0	3	0,3	0	1
16	28-05 07:08	28-05 12:58	0,1	*	88	9,3	35	*
			0,3	0,9	338	5,9	15	67
			1	1,0	400	7,4	30	53
			2	1,1	377	5,3	24	56
			4	0,6	310	5,8	24	65
			9	0,4	159	2,6	10	18
17	28-05 13:12	28-05 19:27	0,1	0,6	147	5,4	19	63
			0,3	0,8	185	6,1	21	107
			1	0,8	176	6,1	9	50
			2	0,8	175	4,7	13	81
			4	0,3	75	1,9	8	45
			9	0,0	12	0,3	0	17
18	28-05 19:35	29-05 07:10	0,1	0,3	85	1,7	3	54
			0,3	0,2	53	1,3	2	51
			1	0,5	91	2,0	6	48
			2	0,1	51	0,9	3	6
			4	0,0	11	0,4	1	4
			9	0,0	2	0,2	0	3

* Problem ved ekstraktion

** Problem ved eksponering

Tabel 2, fortsat.

Periode	Starttid	Sluttid	højde	Pirimicarb	Propachlor	Ethofumesate	Pyrimethanil	Mechlor-prop
			[m]	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³
19	29-05 07:23	29-05 13:07	0,1	0,5	201	3,9	11	18
			0,3	0,4	186	3,5	7	112
			1	0,5	186	6,6	18	4
			2	0,5	146	4,9	13	5
			4	0,2	100	4,1	7	119
			9	0,0	39	1,9	4	14
20	29-05 13:16	29-05 19:08	0,1	0,2	82	3,3	9	88
			0,3	0,3	90	2,7	6	20
			1	0,7	107	6,0	16	10
			2	0,0	0	0,0	0	0
			4	0,3	66	2,7	7	29
			9	0,0	13	0,4	1	81
21	29-05 19:14	30-05 07:04	0,1	0,3	44	2,3	7	60
			0,3	0,2	50	2,3	4	16
			1	0,3	66	2,4	4	44
			2	0,0	26	1,2	1	21
			4	0,0	7	0,5	0	*
			9	0,0	1	0,3	0	2
22	30-05 07:20	30-05 12:54	0,1	0,4	83	4,1	8	96
			0,3	0,4	83	4,0	6	91
			1	0,2	101	3,5	5	119
			2	0,2	99	3,8	6	89
			4	0,3	48	3,2	8	10
			9	0,1	49	1,7	5	8
23	30-05 13:01	30-05 19:20	0,1	0,1	50	2,2	4	104
			0,3	0,2	46	2,9	6	22
			1	0,2	51	2,7	5	12
			2	0,2	44	2,1	4	73
			4	0,0	16	1,2	2	*
			9	0,0	2	0,2	0	*
24	30-05 19:31	31-05 07:03	0,1	0,1	50	1,6	4	30
			0,3	0,2	89	1,9	4	27
			1	0,2	43	2,1	5	9
			2	0,0	13	0,9	1	35
			4	0,0	4	0,6	1	*
			9	0,0	0	0,3	0	*

* Problem ved ekstraktion

** Problem ved eksponering

Tabel 2, fortsat.

Periode	Starttid	Sluttid	højde	Pirimicarb	Propachlor	Ethofumesate	Pyrimethanil	Mechlor-prop
			[m]	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³	ng m ⁻³
25	31-05 07:17	31-05 12:57	0,1	0,3	58	4,9	6	91
			0,3	0,3	59	5,5	5	57
			1	0,3	71	8,2	11	133
			2	0,3	42	4,1	3	48
			4	0,2	21	1,9	2	12
			9	0,0	3	0,8	0	11
26	31-05 13:05	31-05 18:40	0,1	0,0	0	0,2	0	33
			0,3	0,1	19	1,4	2	104
			1	**	**	**	**	**
			2	0,1	12	1,1	2	81
			4	0,0	11	1,0	1	10
			9	0,1	16	1,3	2	40

* Problem ved ekstraktion

** Problem ved eksponering

Bilag 4

Resultater fra passive dosimetre september 2002.

Tablet 1. Eksponering og fordampning fra jord i sprøjtebanen. Standardafvigelse i parentes. (n = 3).

g/ha.	Mechlorprop	Ethofumesat	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
jord - fordampning - 0 timer	712 (125)	180 (32)	138 (26)	652 (117)	2406 (404)
jord - fordampning - 6 timer	481 (81)	188 (30)	106 (18)	661 (93)	2485 (391)
% tilbage	68	104	77	101	103

Tablet 2. Deposition på jord inden for og væk fra sprøjtebanen i gram pr. ha. Standardafvigelse i parentes. (n = 3).

gram pr hektar:	Mechlorprop	Ethofumesat	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
jord - 1 meter	5 (5)	2 (2)	1,3 (1,5)	8,2 (8,8)	36 (32)
jord - 2 meter	2 (1)	0,9 (0,4)	0,5 (0,3)	3,6 (1,6)	19 (6)
jord - 4 meter	1 (0,4)	0,5 (0,2)	0,2 (0,1)	1,8 (0,6)	11 (3)
jord - 8 meter	0,3 (0,1)	0,12 (0,05)	0,00	0,6 (0,2)	5,1 (0,8)
jord - 16 meter	0,04 (0,02)	0,02 (0,01)	0,00	0,19 (0,03)	2,1 (0,2)

Tablet 3. Deposition på jord inden for og væk fra sprøjtebanen i procent af eksponering i sprøjtebanen. Standardafvigelse i parentes. (n = 3).

% ift. Sprøjtebane	MCP	Ethofumesate	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
jord - 1 meter	0,73 (0,79)	1,2 (1,4)	0,93 (1,1)	1,3 (1,4)	1,5 (1,3)
jord - 2 meter	0,32 (0,15)	0,52 (0,24)	0,37 (0,19)	0,56 (0,25)	0,79 (0,24)
jord - 4 meter	0,15 (0,06)	0,26 (0,11)	0,16 (0,08)	0,28 (0,10)	0,47 (0,10)
jord - 8 meter	0,04 (0,02)	0,07 (0,03)	0,00	0,09 (0,03)	0,21 (0,03)
jord - 16 meter	0,01	0,01 (0,01)	0,00	0,03	0,09 (0,01)

Table 4. Deposition på jord uden for og væk fra sprøjtebanen i gram pr. ha. Standardafvigelse i parentes. (n = 3).

Gram pr hektar	Mechlorprop	Ethofumesat	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
jord - 1 meter	3,4 (1,9)	1,4 (0,8)	0,76 (0,47)	5,2 (2,8)	29 (11)
jord - 2 meter	1,6 (0,6)	0,67 (0,23)	0,34 (0,14)	2,6 (0,9)	18 (4)
jord - 4 meter	0,75 (0,27)	0,34 (0,11)	0,14 (0,07)	1,4 (0,4)	12 (2)
Jord - 8 meter	0,36 (0,14)	0,15 (0,05)	0,03 (0,03)	0,71 (0,18)	7,2 (1,0)
jord -16 meter	0,17 (0,04)	0,07 (0,01)	0,00	0,36 (0,05)	3,9 (0,4)

Table 5. Deposition på jord uden for og væk fra sprøjtebanen i procent af eksponering i sprøjtebanen. Standardafvigelse i parentes. (n = 3).

% ift. Sprøjtebane	Mechlorprop	Ethofumesat	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
jord - 1 meter	0,48 (0,27)	0,76 (0,44)	0,55 (0,34)	0,80 (0,43)	1,2 (0,5)
jord - 2 meter	0,22 (0,08)	0,37 (0,13)	0,25 (0,10)	0,41 (0,13)	0,74 (0,15)
jord - 4 meter	0,11 (0,04)	0,19 (0,06)	0,10 (0,05)	0,21 (0,06)	0,48 (0,08)
Jord - 8 meter	0,05 (0,02)	0,09 (0,03)	0,02 (0,02)	0,11 (0,03)	0,3 (0,04)
jord -16 meter	0,02 (0,01)	0,04 (0,01)	0,00	0,06 (0,01)	0,16 (0,02)

Table 6. Eksponering og fordampning fra Glas i sprøjtebanen i g/ha. Standardafvigelse i parentes. (n = 3).

	Mechlorprop	Ethofumesat	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
Glas - 0 timer	1266 (115)	156 (15)	138 (13)	577(54)	2106 (166)
Glas - 1 timer	1077 (161)	154 (24)	77 (15)	542 (95)	1877 (347)
Glas - 3 timer	856 (62)	136 (17)	6,1 (1,5)	384 (47)	1027 (141)
Glas - 6 timer	795 (84)	126 (22)	0,9 (0,4)	257 (61)	394 (134)
Glas - 24 timer	411 (76)	59 (14)	0,3 (0,1)	73 (33)	91 (23)
Glas - 48 timer	425 (110)	47 (19)	0,0	26 (11)	30 (15)
Glas - 96 timer	328 (39)	25 (4)	0,0	8,7 (1,6)	19 (8)

Table 7. Eksponering og fordampning fra Glas i sprøjtebanen. Procent i forhold til 0 timer. Standardafvigelse i parentes. (n = 3).

	Mechlorprop	Ethofumesat	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
Glas - 0 timer	100 (9)	100 (10)	100 (9)	100 (9)	100 (8)
Glas - 1 timer	85 (13)	99 (16)	56 (11)	94 (16)	89 (17)
Glas - 3 timer	68 (5)	87 (11)	1,4 (1,1)	67 (8)	49 (7)
Glas - 6 timer	63 (7)	81 (14)	0,7 (0,3)	45 (11)	19 (6)
Glas - 24 timer	33 (6)	38 (9)	0,3 (0,1)	13 (6)	4,3 (1,1)
Glas - 48 timer	34 (9)	30 (12)	0,0	1,5 (1,8)	1,4 (0,7)
Glas - 96 timer	26 (3)	16 (2)	0,0	1,5 (0,3)	0,9 (0,4)

Table 8. Deposition på Glas inden for og væk fra sprøjtebanen i gram pr. ha. Standardafvigelse i parentes. (n = 3).

g pr. ha.	Mechlorprop	Ethofumesat	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
Glas - 1 meter	10 (29)	0,85 (2,6)	0,30 (1,1)	1,6 (5,2)	3,9 (11)
Glas - 2 meter	13 (41)	1,1 (4,3)	0,45 (2,3)	2,1 (10)	5,3 (23)
Glas - 4 meter	3,8 (0,81)	0,26 (0,19)	0,064 (0,14)	0,36 (0,29)	1,3 (0,09)
Glas - 8 meter	1,4 (0,8)	0,11 (0,12)	0,059 (0,074)	0,17 (0,28)	0,60 (0,52)
Glas - 16 meter	0,23 (1,0)	0,023 (0,096)	0,15 (0,48)	0,057 (0,24)	0,18 (0,55)

Table 9. Deposition på Glas inden for og væk fra sprøjtebanen i procent af eksponering i sprøjtebanen. Standardafvigelse i parentes. (n = 3).

g pr. ha.	Mechlorprop	Ethofumesat	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
Glas - 1 meter	0,82 (2,3)	0,55 (1,7)	0,22 (0,79)	0,27 (0,91)	0,18 (0,54)
Glas - 2 meter	1,0 (3,3)	0,69 (2,8)	0,33 (1,7)	0,37 (1,8)	0,25 (1,1)
Glas - 4 meter	0,30 (0,06)	0,17 (0,12)	0,046 (0,10)	0,062 (0,050)	0,060 (0,0042)
Glas - 8 meter	0,11 (0,063)	0,070 (0,078)	0,043 (0,053)	0,029 (0,050)	0,029 (0,025)
Glas - 16 meter	0,019 (0,082)	0,015 (0,061)	0,11 (0,35)	0,0098 (0,042)	0,0087 (0,026)

Table 10. Deposition på glas uden for og væk fra sprøjtebanen i gram pr. ha. Standardafvigelse i parentes. (n = 3).

g pr. ha.	Mechlorprop	Ethofumesat	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
Glas - 1 meter	15,5 (8,9)	0,96 (0,82)	0,15 (0,12)	1,2 (1,1)	2,8 (2,2)
Glas - 2 meter	8,8 (3,7)	0,42 (0,22)	0,072 (0,021)	0,42 (0,26)	1,35 (0,74)
Glas - 4 meter	4,3 (0,58)	0,21 (0,02)	0,074 (0,008)	0,23 (0,04)	0,85 (0,07)
Glas - 8 meter	1,41 (0,21)	0,075 (0,025)	0,041 (0,008)	0,12 (0,05)	0,47 (0,12)
Glas - 16 meter	0,77 (0,30)	0,052 (0,023)	0,033 (0,012)	0,11 (0,06)	0,43 (0,17)
Glas - 32 meter	0,24 (0,11)	0,024 (0,010)	0,015 (0,006)	0,048 (0,021)	0,17 (0,049)
Glas - 64 meter	0,055 (0,023)	0,012 (0,004)	0,0083 (0,0071)	0,012 (0,0055)	0,043 (0,019)

Table 11. Deposition på glas uden for og væk fra sprøjtebanen i procent i forhold til sprøjtebanen. Standardafvigelse i parentes. (Tripplebestemmelse).

g pr. ha.	Mechlorprop	Ethofumesat	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
Glas - 1 meter	1,2 (0,7)	0,62 (0,52)	0,11 (0,08)	0,22 (0,20)	0,13 (0,10)
Glas - 2 meter	0,69 (0,29)	0,27 (0,14)	0,05 (0,01)	0,072 (0,045)	0,064 (0,035)
Glas - 4 meter	0,34 (0,05)	0,13 (0,02)	0,053 (0,006)	0,040 (0,007)	0,040 (0,004)
Glas - 8 meter	0,11 (0,02)	0,048 (0,016)	0,030 (0,006)	0,020 (0,008)	0,022 (0,006)
Glas - 16 meter	0,061 (0,023)	0,033 (0,015)	0,024 (0,008)	0,019 (0,011)	0,020 (0,008)
Glas - 32 meter	0,019 (0,009)	0,015 (0,006)	0,011 (0,004)	0,0082 (0,0036)	0,0080 (0,0023)
Glas - 64 meter	0,0044 (0,0018)	0,0076 (0,0026)	0,0060 (0,0051)	0,0021 (0,00096)	0,0020 (0,0009)

Table 12. Eksponering og fordampning fra blade i sprøjtebanen i g/ha. Standardafvigelse i parentes. (n = 3).

g/ha bladareal	Mechlorprop	Ethofumesat	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
Blade - 0 timer	705 (61)	82 (7)	78 (7)	307 (30)	1143 (106)
Blade - 3 timer	775 (40)	78 (5)	34 (2)	196 (15)	378 (22)
Blade - 6 timer	651 (90)	46 (7)	17 (3)	102 (22)	127 (37)

Table 13. Eksponering og fordampning fra blade i sprøjtebanen i procent i forhold til 0 timer. Standardafvigelse i parentes. (n = 3).

%	Mechlorprop	Ethofumesat	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
Blade - 0 timer	100 (7)	100 (9)	100 (9)	100 (10)	100 (9)
Blade - 3 timer	110 (6)	95 (6)	43 (3)	64 (5)	33 (2)
Blade - 6 timer	92 (13)	56 (9)	21 (4)	33 (7)	11 (3)

Table 14. Deposition på blade uden for og væk fra sprøjtebanen i gram pr. ha. Standardafvigelse i parentes. (n = 3).

g/ha bladareal	Mechlorprop	Ethofumesat	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
Blade - 1 meter	35 (11)	3,8 (1,5)	2,4 (0,9)	11 (3,9)	13 (6,5)
blade - 2 meter	28 (9,8)	3,0 (1,2)	1,9 (0,74)	8,6 (3,7)	7,6 (3,6)
blade - 4 meter	21 (7,3)	2,3 (0,85)	1,5 (0,65)	7,1 (2,9)	3,9 (2,4)

Table 15. Deposition på blade uden for og væk fra sprøjtebanen i procent i forhold til sprøjtebanen. Standardafvigelse i parentes. (n = 3).

%	Mechlorprop	Ethofumesat	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
Blade - 1 meter	5,0 (1,6)	4,6 (1,8)	3,1 (1,1)	3,5 (1,3)	1,2 (0,57)
blade - 2 meter	3,9 (1,4)	3,6 (1,5)	2,5 (0,94)	2,8 (1,1)	0,66 (0,31)
blade - 4 meter	3,1 (1,0)	2,8 (1,0)	2,0 (0,83)	2,3 (0,95)	0,34 (0,21)

Bilag 5

Resultater fra passive dosimetre maj 2003.

Tablet 1. Bladeksponering. gram pr. ha i sprøjtebanen over tid. Standardafvigelse i parentes (n = 3).

g/ha	Mechlorprop	Ethofumesat	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
Blade - ford. - 0 timer	664 (55)	91 (9)	72 (7)	353 (36)	1493 (186)
Blade - ford. - 1 time	697 (55)	98 (7)	69 (5)	372 (22)	1528 (141)
Blade - ford. - 3 timer	629 (77)	95 (15)	46 (5)	319(44)	1226 (226)
Blade - ford. - 6 timer	642 (53)	106 (11)	33 (2)	344 (31)	1293 (122)
Blade - ford. - 24 timer	330 (81)	71 (13)	13 (2)	215 (40)	664 (143)

Tablet 2. Bladeksponering. % af markdosis i sprøjtebanen over tid. Standardafvigelse i parentes (n = 3).

	Mechlorprop	Ethofumesat	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
Blade - ford. - 0 timer	100 (8)	100 (9)	100 (9)	100 (10)	100 (12)
Blade - ford. - 1 time	105 (8)	108 (8)	96 (6)	105 (6)	102 (9)
Blade - ford. - 3 timer	95 (12)	105 (16)	64 (7)	90 (90)	82 (15)
Blade - ford. - 6 timer	97 (8)	117 (12)	45 (3)	98 (9)	87 (8)
Blade - ford. - 24 timer	50 (12)	78 (14)	18 (3)	61 (11)	44 (10)

Tablet 3. Deposition på blade 5 og 10 m fra sprøjtebanen (mg/ha). Standardafvigelse i parentes (n = 3).

mg/ha	Mechlorprop	Ethofumesat	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
Blade - dep -5 m 0-3,5 time	3602 (962)	316 (79)	211 (50)	1123 (187)	746 (310)
Blade - dep -5 m 0-24 timer	1564 (767)	113 (36)	188 (41)	1568 (236)	953 (134)
Blade - dep -5 m 0-27 timer (I)	2029 (994)	124 (37)	212 (43)	2008 (270)	34 (19)
Blade - dep -5 m 0-27 timer (II)	2101 (1263)	112 (51)	188 (55)	2026 (421)	44 (31)
Blade - dep -10 m 0-3,5 time	3022 (1059)	279 (102)	203 (60)	1360 (394)	604 (201)
Blade - dep -10 m 0-24 timer	1267 (129)	88 (12)	153 (24)	1489 (250)	776 (89)
Blade - dep -10 m 0-27 timer	1870 (797)	116 (46)	176 (42)	1935 (413)	66 (15)

Table 4. Deposition på blade 5 og 10 m fra sprøjtebanen (% af markdosis). Standardafvigelse i parentes (n = 3).

% af markdosis	Mechlorprop	Ethofumesat	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
Blade - dep -5 m 0-3,5 time	0,54 (0,14)	0,35 (0,09)	0,29 (0,07)	0,32 (0,05)	0,050 (0,021)
Blade - dep -5 m 0-24 timer	0,24 (0,12)	0,13 (0,04)	0,26 (0,06)	0,44 (0,07)	0,064 (0,009)
Blade - dep -5 m 0-27 timer (I)	0,31 (0,15)	0,14 (0,04)	0,29 (0,06)	0,57 (0,08)	0,002 (0,001)
Blade - dep -5 m 0-27 timer (II)	0,32 (0,19)	0,12 (0,06)	0,26 (0,08)	0,57 (0,12)	0,003 (0,002)
Blade - dep -10 m 0-3,5 time	0,46 (0,16)	0,31 (0,11)	0,28 (0,08)	0,39 (0,11)	0,040 (0,013)
Blade - dep -10 m 0-24 timer	0,19 (0,02)	0,10 (0,01)	0,21 (0,03)	0,42 (0,07)	0,052 (0,006)
Blade - dep -10 m 0-27 timer	0,28 (0,12)	0,13 (0,05)	0,24 (0,06)	0,55 (0,12)	0,004 (0,001)

Table 5. Deposition på jord 5 og 10 m fra sprøjtebanen (mg/ha). Standardafvigelse i parentes (n = 3).

mg/ha	Mechlorprop	Ethofumesat	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
Jord 5 m 0,5-3,5 timer	4,1 (0,8)	45 (9)	19 (6)	423 (119)	5681 (1134)
Jord 5 m 3,5-24 timer	13,3 (1,6)	139 (22)	37 (6)	1337 (207)	11866 (1626)
Jord 5 m 24-27 timer	5,8 (1,6)	26 (7)	4,3 (0,7)	172 (30)	2366 (322)
Jord 10 m 0,5-3,5 timer	3,5 (0,7)	36 (4)	20 (3)	361 (44)	5382 (508)
Jord 10 m 3,5-24 timer	14,4 (1,0)	104 (7)	27 (2)	914 (67)	9423 (687)
Jord 10 m 24-27 timer	0,0 (0,0)	11 (3)	2,5 (0,3)	72 (5)	1105 (72)

Table 6. Deposition på jord 5 og 10 m fra sprøjtebanen (% af markdosis). Standardafvigelse i parentes (n = 3).

% af markdosis	Mechlorprop	Ethofumesat	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
Jord 5 m 0,5-3,5 timer	0,0002 (0,0000)	0,022 (0,004)	0,013 (0,004)	0,053 (0,015)	0,17 (0,03)
Jord 5 m 3,5-24 timer	0,0007 (0,0001)	0,069 (0,011)	0,025 (0,004)	0,17 (0,03)	0,35 (0,05)
Jord 5 m 24-27 timer	0,0003 (0,0001)	0,013 (0,003)	0,0029 (0,0005)	0,022 (0,004)	0,070 (0,009)
Jord 10 m 0,5-3,5 timer	0,0002 (0,0000)	0,018 (0,002)	0,014 (0,002)	0,045 (0,006)	0,16 (0,02)
Jord 10 m 3,5-24 timer	0,0008 (0,0001)	0,052 (0,004)	0,018 (0,001)	0,114 (0,008)	0,28 (0,02)
Jord 10 m 24-27 timer	0,0000 (0,0000)	0,0052 (0,0015)	0,0017 (0,0002)	0,0090 (0,0007)	0,033 (0,002)

Tablet 7. Deposition på glas 5 og 10 m fra sprøjtebanen (mg/ha). Standardafvigelse i parentes (n = 3).

mg/ha	Mechlorprop	Ethofumesat	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
Glas baggrund 5 m modstrøm 0,5-27 timer	13	14 (5)	1,0 (0,2)	116 (17)	1476 (113)
Glas 5 m 0,5-3,5 timer	0,6 (0,6)	33 (4)	22 (6)	101 (53)	749 (325)
Glas 5 m 3,5-24 timer	40 (40)	127 (42)	16 (7)	279 (68)	2265 (538)
Glas 5 m 24-27 timer (I)	2,8 (1,6)	25 (7)	0,8 (0,3)	22(6)	125 (19)
Glas 5 m 24-27 timer (II)	n.d.	24 (6)	0,9 (0,2)	33 (10)	163 (55)
Glas 10 m 0,5-3,5 timer	3,9 (3,9)	26 (6)	11 (1,4)	45 (11)	371 (16)
Glas 10 m 3,5-24 timer	14 (3)	83 (4)	9,1 (1,5)	174 (31)	1381 (263)
Glas 10 m 24-27 timer	1,9 (2,1)	13 (3)	0,3 (0,2)	16 (7)	89 (16)

Tablet 8. Deposition på glas 5 og 10 m fra sprøjtebanen (% af markdosis). Standardafvigelse i parentes (n = 3).

% af markdosis	Mechlorprop	Ethofumesat	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
Glas 5 m modstrøm 0,5-27 timer	0,0007	0,007 (0,003)	0,0006 (0,0002)	0,015 (0,002)	0,044 (0,003)
Glas 5 m 0,5-3,5 timer	0,0000	0,016 (0,002)	0,014 (0,004)	0,013 (0,007)	0,022 (0,001)
Glas 5 m 3,5-24 timer	0,002 (0,002)	0,063 (0,02)	0,011 (0,005)	0,035 (0,008)	0,067 (0,016)
Glas 5 m 24-27 timer (I)	0,0002 (0,0001)	0,013 (0,003)	0,0005 (0,0002)	0,0028 (0,0008)	0,0037 (0,0006)
Glas 5 m 24-27 timer (II)	n.d.	0,012 (0,003)	0,0006 (0,0002)	0,004 (0,001)	0,0048 (0,0016)
Glas 10 m 0,5-3,5 timer	0,0002 (0,0002)	0,013 (0,003)	0,0076 (0,0009)	0,0057 (0,0014)	0,0110 (0,0005)
Glas 10 m 3,5-24 timer	0,0008 (0,0002)	0,042 (0,002)	0,006 (0,001)	0,022 (0,004)	0,041 (0,008)
Glas 10 m 24-27 timer	0,0001 (0,0001)	0,0064 (0,0014)	0,0002 (0,0001)	0,0020 (0,0009)	0,0027 (0,0005)

Tablet 9. Deposition på glas 5 m fra sprøjtebanen (g/ha). Standardafvigelse i parentes (n = 3).

mg/ha	Mechlorprop	Ethofumesat	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
Glas - dep -5 m 0-0,5 time	4,7 (1,6)	0,44 (0,15)	0,22 (0,07)	1,3 (0,4)	5,6 (1,5)
Glas - dep -5 m 0-3,5 timer	2,1 (0,7)	0,20 (0,06)	0,008 (0,005)	0,27 (0,05)	1,4 (0,16)
Glas - dep -5 m 0-27 timer	2,9 (0,7)	0,42 (0,05)	0	0,47 (0,08)	3,68 (0,30)

Table 10. Deposition på glas 5 m fra sprøjtebanen (% af markdosis). Standardafvigelse i parentes (n = 3).

% af markdosis	Mechlorprop	Ethofumesat	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
Glas 5 m 0-3,5 timer	0,26 (0,09)	0,22 (0,07)	0,14 (0,05)	0,16 (0,04)	0,17 (0,05)
Glas 5 m 0-24 timer	0,12 (0,04)	0,10 (0,03)	0,01 (0)	0,03 (0,01)	0,04 (0)
Glas 5 m 0-27 timer (I)	0,16 (0,05)	0,21 (0,03)	0	0,06 (0,01)	0,11 (0,01)

Table 11. Tankindhold.

Tankindhold (gram/liter)	Mechlorprop	Ethofumesat	Pirimicarb	Pyrimethanil	Propachlor
Beregnet	7,5	0,8	0,6	3,3	14
Målt før sprøjtning	6,1	0,7	0,8	3,0	12,1
Målt efter sprøjtning	6,3	0,9	0,8	2,9	12,4

Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser – DMU – er en forskningsinstitution i Miljøministeriet.
DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning inden for natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

URL: <http://www.dmu.dk>

Danmarks Miljøundersøgelser
Frederiksborgvej 399
Postboks 358
4000 Roskilde
Tlf.: 46 30 12 00
Fax: 46 30 11 14

*Direktion
Personale- og Økonomisekretariat
Forsknings-, Overvågnings- og Rådgivningssekretariat
Afd. for Systemanalyse
Afd. for Atmosfærisk Miljø
Afd. for Marin Økologi
Afd. for Miljøkemi og Mikrobiologi
Afd. for Arktisk Miljø*

Danmarks Miljøundersøgelser
Vejløsøvej 25
Postboks 314
8600 Silkeborg
Tlf.: 89 20 14 00
Fax: 89 20 14 14

*Forsknings-, Overvågnings- og Rådgivningssekretariat
Afd. for Marin Økologi
Afd. for Terrestrisk Økologi
Afd. for Ferskvandsøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser
Grenåvej 14, Kalø
8410 Rønde
Tlf.: 89 20 17 00
Fax: 89 20 15 15

Afd. for Vildtbiologi og Biodiversitet

Publikationer:

DMU udgiver populærfaglige bøger ("MiljøBiblioteket"), faglige rapporter, tekniske anvisninger samt årsrapporter.
Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web.
I årsrapporten findes en oversigt over det pågældende års publikationer.

Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

2005

- Nr. 541: Regulatory odour model development: Survey of modelling tools and datasets with focus on building effects. By Olesen, H.R. et al. 60 pp. (electronic)
- Nr. 542: Jordrentetab ved arealekstensivering i landbruget. Principper og resultater. Af Schou, J.S. & Abildtrup, J. 64 s. (elektronisk)
- Nr. 543: Valuation of groundwater protection versus water treatment in Denmark by Choice Experiments and Contingent Valuation. By Hasler, B. et al. 173 pp. (electronic)
- Nr. 544: Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2004, Part 1 Measurements. By Kemp, K. et al. 64 pp. (electronic)
- Nr. 545: Naturbeskyttelse og turisme i Nord- og Østgrønland. Af Aastrup, P. et al. 131 pp. (electronic)
- Nr. 546: Environmental monitoring at the Nalunaq Mine, South Greenland, 2004. By Glahder, C.M. & Asmund, G. 32 pp. (electronic)
- Nr. 547: Contaminants in the Atmosphere. AMAP-Nuuk, Westgreenland 2002-2004. By Skov, H. et al. 43 pp (electronic)
- Nr. 548: Vurdering af naturtilstand. Af Fredshavn, J & Skov, F. 93 s. (elektronisk)
- Nr. 549: Kriterier for gunstig bevaringsstatus for EF-habitatdirektivets 8 marine naturtyper. Af Dahl, K. et al. 39 s. (elektronisk)
- Nr. 550: Natur og Miljø 2005. Påvirkninger og tilstand. Af Bach, H. (red.) et al. 205 s., 200,00 kr.
- Nr. 551: Marine områder 2004 – Tilstand og udvikling i miljø- og naturkvaliteten. NOVANA. Af Ærtebjerg, G. et al. 94 s. (elektronisk)
- Nr. 552: Landovervågningsoplande 2004. NOVANA. Af Grant, R. et al. 140 s. (elektronisk)
- Nr. 553: Søer 2004. NOVANA. Af Lauridsen, T.L. et al. 62 s. (elektronisk)
- Nr. 554: Vandløb 2004. NOVANA. Af Bøgestrand, J. (red.) 81 s. (elektronisk)
- Nr. 555: Atmosfærisk deposition 2004. NOVANA. Af Ellermann, T. et al. 74 s. (elektronisk)
- Nr. 557: Terrestriske naturtyper 2004. NOVANA. Af Strandberg, B. et al. 58 s. (elektronisk)
- Nr. 558: Vandmiljø og Natur 2004. Tilstand og udvikling – faglig sammenfatning. Af Andersen, J.M. et al. 132 s. (elektronisk)
- Nr. 559: Control of Pesticides 2004. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Krongaard, T., Petersen, K.K. & Christoffersen, C. 32 pp. (electronic)
- Nr. 560: Vidensyntese indenfor afsætning af atmosfærisk ammoniak. Fokus for modeller for lokal-skala. Af Hertel, O. et al. 32 s. (elektronisk)
- Nr. 561: Aquatic Environment 2004. State and trends – technical summary. By Andersen, J.M. et al. 62 pp., DKK 100,00.
- Nr. 562: Nalunaq environmental baseline study 1998-2001. By Glahder, C.M. et al. 89 pp. (electronic)
- Nr. 563: Scientific and technical background for intercalibration of Danish coastal waters. By Petersen, J.K. & Hansen, O.S. (eds.) et al. 72 pp. (electronic)

2006

- Nr. 564: Styringsmidler i naturpolitikken. Miljøøkonomisk analyse. Af Schou, J.S., Hasler, B. & Hansen, L.G. 36 s. (elektronisk)
- Nr. 565: Dioxin in the Atmosphere of Denmark. A Field Study of Selected Locations. The Danish Dioxin Monitoring Programme II. By Vikelsøe, J. et al. 81 pp. (electronic)
- Nr. 567: Environmental monitoring at the Nalunaq Gold Mine, south Greenland, 2005. By Glahder, C.M. & Asmund, G. 35 pp. (electronic)
- Nr. 569: Anskydning af vildt. Konklusioner på undersøgelser 1997-2005. Af Noer, H. 35 s. (elektronisk)
- Nr. 572: Søerne i De Vestlige Vejler. Af Søndergaard, M. et al. 55 s. (elektronisk)
- Nr. 573: Monitoring and Assessment in the Wadden Sea. Proceedings from the 11. Scientific Wadden Sea Symposium, Esbjerg, Denmark, 4.-8. April 2005. By Laursen, K. (ed.) 141 pp. (electronic)
- Nr. 574: Økologisk Risikovurdering af Genmodificerede Planter i 2005. Rapport over behandlede forsøgsudsætninger og markedsførings-sager. Af Kjellsson, G., Damgaard, C. & Strandberg, M. 22 s. (elektronisk)
- Nr. 575: Miljøkonsekvenser ved afbrænding af husdyrgødning med sigte på energiudnyttelse. Scenarieanalyse for et udvalgt opland. Af Schou, J.S. et al. 42 s. (elektronisk)
- Nr. 576: Overvågning af Vandmiljøplan II – Vådområder 2005. Af Hoffmann, C.C. et al. 127 s. (elektronisk)
- Nr. 577: Limfjordens miljøtilstand 1985 til 2003. Empiriske modeller for sammenhæng til næringsstofftilførsler, klima og hydrografi. Af Markager, S., Storm, L.M. & Stedmon, C.A. 219 s. (elektronisk)
- Nr. 578: Limfjorden i 100 år. Klima, hydrografi, næringsstofftilførsel, bundfauna og fisk i Limfjorden fra 1897 til 2003. Af Christiansen, T. et al. 85 s. (elektronisk)
- Nr. 579: Aquatic and Terrestrial Environment 2004. State and trends – technical summary. By Andersen, J.M. et al. 136 pp. (electronic)

Rapporten omhandler resultater fra bestemmelse af fordampningen af pesticider fra en mark efter sprøjtning samt undersøgelse af tørdepositionen i nærheden af det sprøjtede areal. Der er udført to feltforsøg, det første i september 2002 på bar jord og det andet på plantedækket jord i maj 2003. Der er sprøjtet med en blanding af fem pesticider: pirimicarb, propachlor, ethofumesat, pyrimethanil og mechlorprop-p. Fra bar jord måles en akkumuleret fordampning over den første uge efter sprøjtning på 0,1-10 % af dosen af pesticiderne, mens der fra afgrøde måles 5-28 %. Fordampningen fra både jord og planter relaterer til stoffernes fysiske-kemiske egenskaber. Fluxe fra plantedækket relaterer tydeligt til meteorologiske forhold. Nedbrydning og/eller optag af stof i/på plantedækket påvirker fordampningspotentialer. Tørdepositionen i 5 m's afstand fra sprøjtesporet var for nogle af stofferne kvantitativt sammenlignelig med afdriften