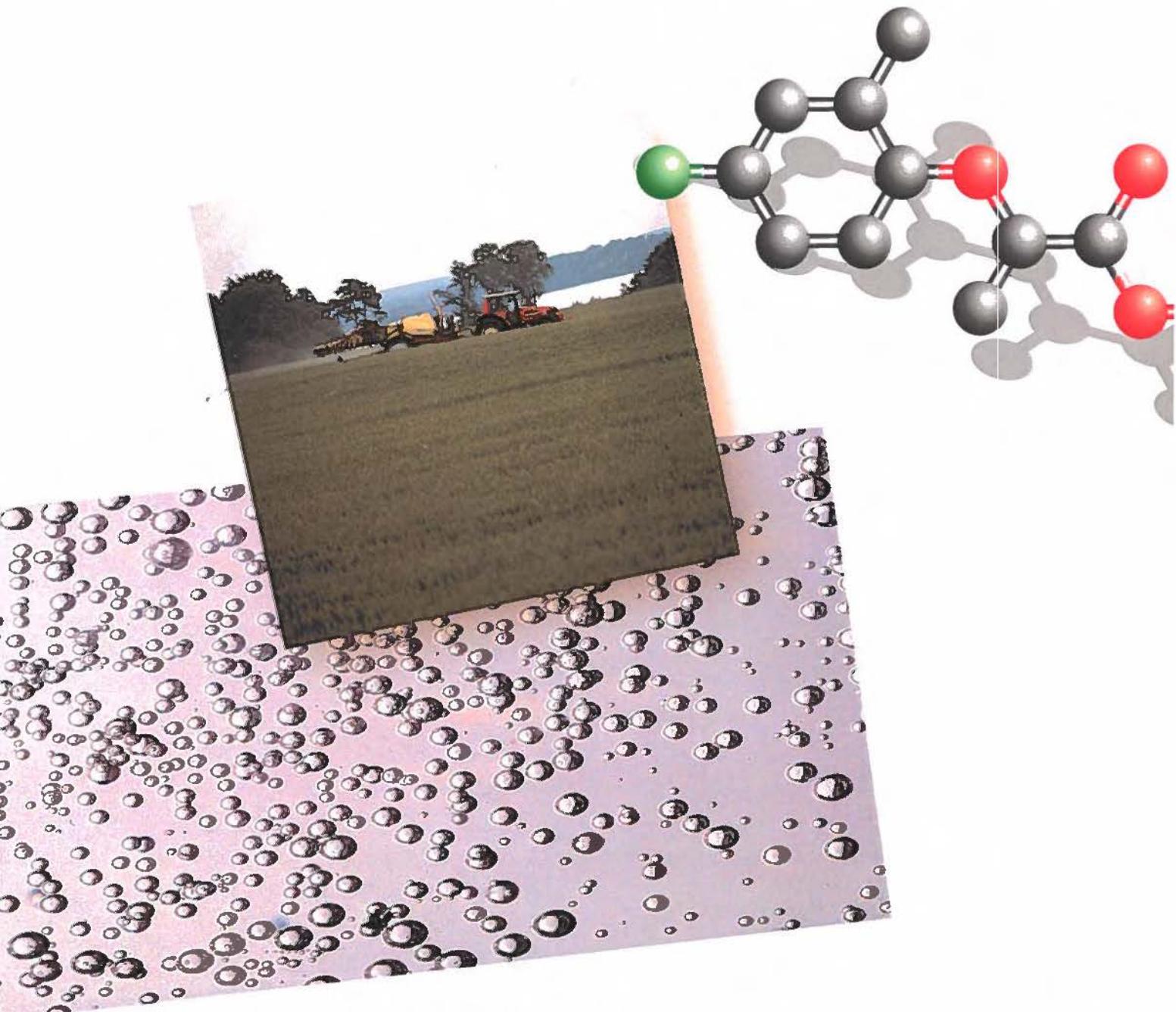


VARSLINGSSYSTEM

FOR UDVASKNING AF PESTICIDER TIL GRUNDVAND

RESULTATRAPPORT

Udvaskningen af glyphosat på
Estrup forsøgsmark vinteren 2000/2001



Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse
Miljø- og Energiministeriet

Danmarks JordbruksForskning
Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri

Danmarks Miljøundersøgelser
Miljø- og Energiministeriet



G E U S

Varslingssystem for udvaskning af pesticider til grundvand

Resultatrapport:

*Udvaskningen af glyphosat på Estrup
forsøgsmark vinteren 2000/2001*

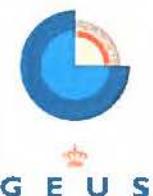
Bo Lindhardt, Jeanne Kjær, Jørgen Ole Jørgensen, Finn Plauborg og Preben Olsen

September 2001

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse
Miljø- og Energiministeriet

Danmarks JordbruksForskning
Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri

Danmarks Miljøundersøgelser
Miljø- og Energiministeriet



Forord

I forbindelse med projektet "Varslingssystem for udvaskning af pesticider til grundvand" foreligger der nu en hel drænvandsmåleserie fra forsøgsmarken ved Estrup. En vurdering af resultater vedrørende glyphosat indikerer, at der - ved regelret anvendelse i stub - er sket en markant udvaskning af glyphosat og AMPA, med drænvandet. Da disse resultater vurderes at være centrale for vurdering af mobiliteten af glyphosat, finder projektet det vigtigt allerede nu, at præsentere forsøgsresultaterne.

Under forudsætning af, at projektet videreføres i 2002 vil modellering af bl.a. vandbalancen og uddybende vurdering af resultaterne blive gennemført i løbet af efteråret og afrapporteret den 1. marts 2002, i forbindelse med projektets anden resultatrapport.

Rapporten har været fremlagt for projektgruppen bestående af Bo Lindhardt, Jeanne Kjær, Svend Elsnab Olesen, Arne Helweg, Ruth Grant, Betty Bügel Mogensen, Christian Ammitsøe, Christian Deibjerg Hansen.

På projektets vegne

Bo Lindhardt

Indledning

Forsøgsmarken Estrup er en af 6 marker der indgår i "Varslingssystemet for udvaskning af pesticider til grundvand". Den er placeret på moræne fra næstsidste istid (bakkeø). Hovedparten af arealet er moræneler, men en del af marken består af smeltevandssand. Jordbunden varierer betydeligt med lerindhold fra 10 til 20 % og indholdet af totalt organisk kulstof (TOC) fra 2 til 7,3 %. Denne komplekse jordbund og geologi vurderes ikke at være anderledes end andre marker på danske bakkeøer samt for visse dele af Østjylland. Området er instrumenteret svarende til de øvrige 3 lermarker. For en nærmere beskrivelse af marken, instrumenteringen, prøvetagningen og driften henvises der til etableringsrapporten (Lindhhardt et al., 2001: The Danish Pesticide Leaching Assessment Programme: Site Characterization and Monitoring Design).

Anvendelsen af glyphosat

På Estrup blev glyphosat udbragt den 13. oktober 2000 i stub efter vårbyg. Der blev udbragt 1,44 kg ai. pr. ha. i form af 4 l Roundup BIO pr. ha.. Forinden var der udbragt kaliumbromid som konservativt sporstof den 15 maj. Arealet blev pløjet den 23. oktober. Appendix 1 giver en oversigt over de dyrkningsmæssige tiltag på marken.

Fordelingen af nedbør hen over året svarer til den forventelige fordeling ud fra observationerne i perioden 1961-90 (figur 1). I perioden 1.7.2000 til 30.6.2001 faldt der således 764 mm nedbør ved forsøgsmarken, mens normal nedbøren for Askov Forsøgsstation, som ligger 3 km øst for marken, er 862 mm/år (Olesen, J.E., 1991). Drænvandsafstrømningen udgjorde 72% af den nedbør, der faldt i perioden hvor drænet løb, se tabel 2.

Forekomsten af glyphosat og AMPA

Glyphosat og AMPA er første gang fundet i drænvandet d. 31. oktober 2000, som var den første prøvetagning efter udbringning af glyphosat (tabel 1 og figur 2). Efterfølgende er både glyphosat og AMPA fundet i samtlige prøver, der er udtaget fra drænet indtil afstrømningen ophørte den 8. maj 2001. Gennemsnitskoncentrationerne for henholdsvis glyphosat og AMPA er 0,54 µg/l og 0,17 µg/l, beregnet som vægtede gennemsnit for hele afstrømningsperioden. Se appendix 2 for beregningsprincip.

Udover glyphosat og AMPA er der - igennem det meste af perioden fra oktober og fremefter - også fundet fenpropimorph, flamprop (fri syre), flamprop-M-isopropyl og propiconazol i drænvandet. Koncentrationerne er i alle tilfælde under 0,1 µg/l. De nævnte stoffer blev ligeledes udsprøjtet på Estrup marken i foråret/sommeren 2000 (appendiks 1).

Frem til 30. juni 2001 er der ikke registreret nogen udvaskning af glyphosat, AMPA eller nogen af de andre anvendte pesticider til hverken sugeceller, de horisontale eller vertikale moniteringsfiltre.

I varslingsssystemet bliver drænvandsprøverne opsamlet ved hjælp af såvel en flowproportional og en tidsproportional prøvetager:

- Idet kraftige nedbørshændelser kan forårsage hurtige ændringer i drænvandsafstrømningen, og fordi koncentrationen af stoffer i drænvandet forventes at ændre sig proportionalt med flowet, sker der en udtagning af drænvandsprøver proportionalt med afstrømningen - *flowproportional prøvetagning*. Den flowproportionale prøvetager aktiveres kun når der er registreret en markant stigning i drænvandsafstrømningen, og der udtages prøver de følgende 2 døgn (appendiks 2). I perioder med stor afstrømning (kraftige nedbørshændelser) beregnes udvaskningen på baggrund af koncentrationer fra den flowproportionale prøvertager, idet disse grundet prøvetagningsmåden er vægtet i forhold til afstrømningen.
- I perioder, hvor der ikke forekommer kraftig ændringer i afstrømningen udtages prøver af drænvandet proportionalt med tiden og uafhængigt af drænvandsafstrømningen - *tidsproportional prøvetagning*. Koncentrationer i tidsproportionalt udtagne prøver bruges til at beregne den kontinuere udvaskning der måtte forekomme igennem de perioder, hvor der ikke forekommer kraftige nedbørshændelser (appendiks 2).

De 4 kraftige nedbørshændelser, som forekom frem til den 20. november, gav således anledning til de højeste koncentrationer, idet glyphosatkonzentrationerne lå mellem 1,8 og 2,0 µg/l, mens koncentration af AMPA i de samme prøver steg fra 0,24 til 0,73 µg/l (figur 2b).

Samtidig med, at der er registeret glyphosat og AMPA i drænvandet, er der målt forhøjede koncentrationer af bromid. Koncentrationen af bromid – udtaget med den tidsproportional prøvetager - falder fra ca. 2 mg/l til 0,5 mg/l i perioden frem til januar 2001. Herefter forbliver koncentration omkring 0,5 mg/l i resten af drænperioden, se figur 2a. Koncentrationen i de flowproportionale prøver er op til 2,9 mg/l. Sugecellerne som er placeret i henholdsvis en og to meters dybde viser gennembrud af bromid, dog med forskelligt mønster i det to grupper af sugeceller. Svagt stigende bromidkoncentrationer ses også i de horisontale filtre placeret i 3,5 meters dybde.

Prøverne er analyseret for pesticider på Miljø-kemi A/S, der er godkendt af Miljøstyrelsen til analyse af disse stoffer i forbindelse med NOVA2003 mens de uorganiske analyser er udført ved Afdeling for Analytisk Kemi , DJF.

Forekomsten af glyphosat på de øvrige marker

Glyphosat er udbragt på tre af de 6 marker, der indgår i ”Varslingssystemet”, nemlig Jyndevad (efterår 1999), Fådrup (sensommer 1999, efterår 2000) og Estrup (efterår 2000). Der er indtil juli 2001 ikke set udvaskning af hverken glyphosat eller AMPA på Jyndevad (sand) eller Fådrup (ler) (Kjaer et al., 2001). Det vurderes dog at være for tidligt at komme med en endelig vurdering af resultaterne fra Fådrup, idet der er en begrundet formodning om at transporten af glyphosat ned gennem rodzone kan tage op til 2 år.

Marken ved Fådrup er mere sandet end marken ved Estrup, og væsentlig mere homogent opbygget. Udoer jordbund og geologi er der forskel i nedbørsmønstret på de to marker.

Sammenfatning

Resultaterne fra Estrup viser, at der kan ske en udvaskning af glyphosat fra rodzonen (dvs. udvaskning til drændybde, som er ca. 1 m.u.t) under danske forhold, i koncentrationer, der er væsentligt over den grænseværdi for grundvand på 0,1 µg/l, som er anført i Miljøstyrelsen ”Rammer for vurdering af plantebeskyttelsesmidler” (28 maj 1999). Der er ikke set udvaskning fra rodzonen af glyphosat eller AMPA på Jyndevad eller Fådrup

Referencer

Kjær, J., Olsen, P., Pia Sjelborg, Inge Fomsgaard, Betty Mogensen, Finn Plauborg, Jørgen Ole Jørgensen and Bo Lindhardt. (2001): The Danish Pesticide Leaching Assessment Program: Monitoring results May 2000 - July 2001 *Geological Survey of Denmark and Greenland, September 2001*.

Lindhardt, B., Abildtrup, C., Vosgerau, H., Olsen, P., Torp, S., Iversen, B.V., Jørgensen J.O., Plauborg F., Rasmussen, P. and Gravesen, P. (2001): The Danish Pesticide Leaching Assessment Program: Site characterisation and Monitoring design, *Geological Survey of Denmark and Greenland, September 2001*.

Olesen, J.E., (1991): Jordbrugsmeteorologisk årsoversigt 1990. *Tidsskr. Planteavls Specialserie S2130. Statens Planteavlsforsøg*.

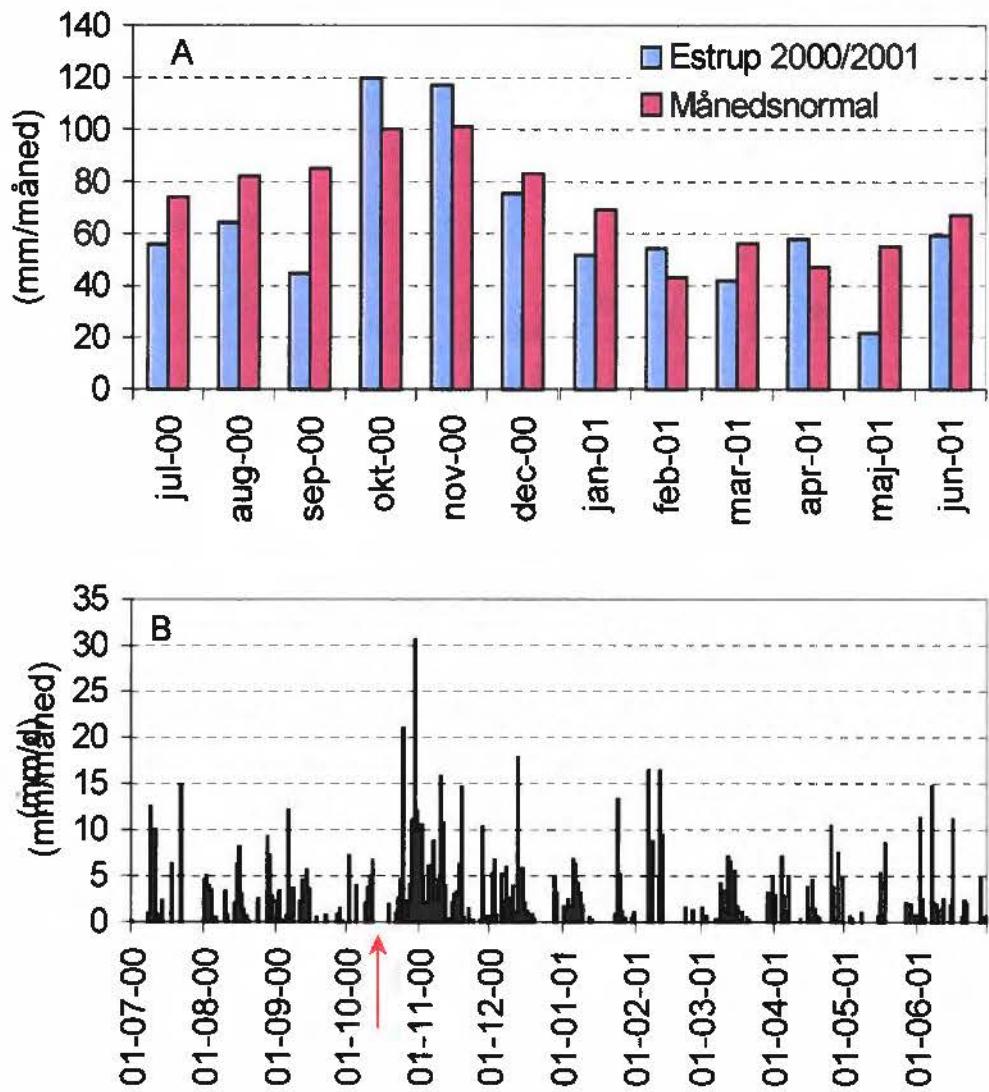
Lancashire, P.D, Bleiholder, H., Van den Boom, T., Langelüddeke, P., Strauss, R., Elfriede Weber and Witzenberger, A. (1991) A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Ann. Appl. Biol.* (119), pp 561-601

Tabel 1. Målte koncentrationer af glyphosat og AMPA i drænvandet fra Estrup marken (1,26 ha). Dræn afs. angiver de tilsvarende drænvandsafstrømningen i de pågældende måleperioder.

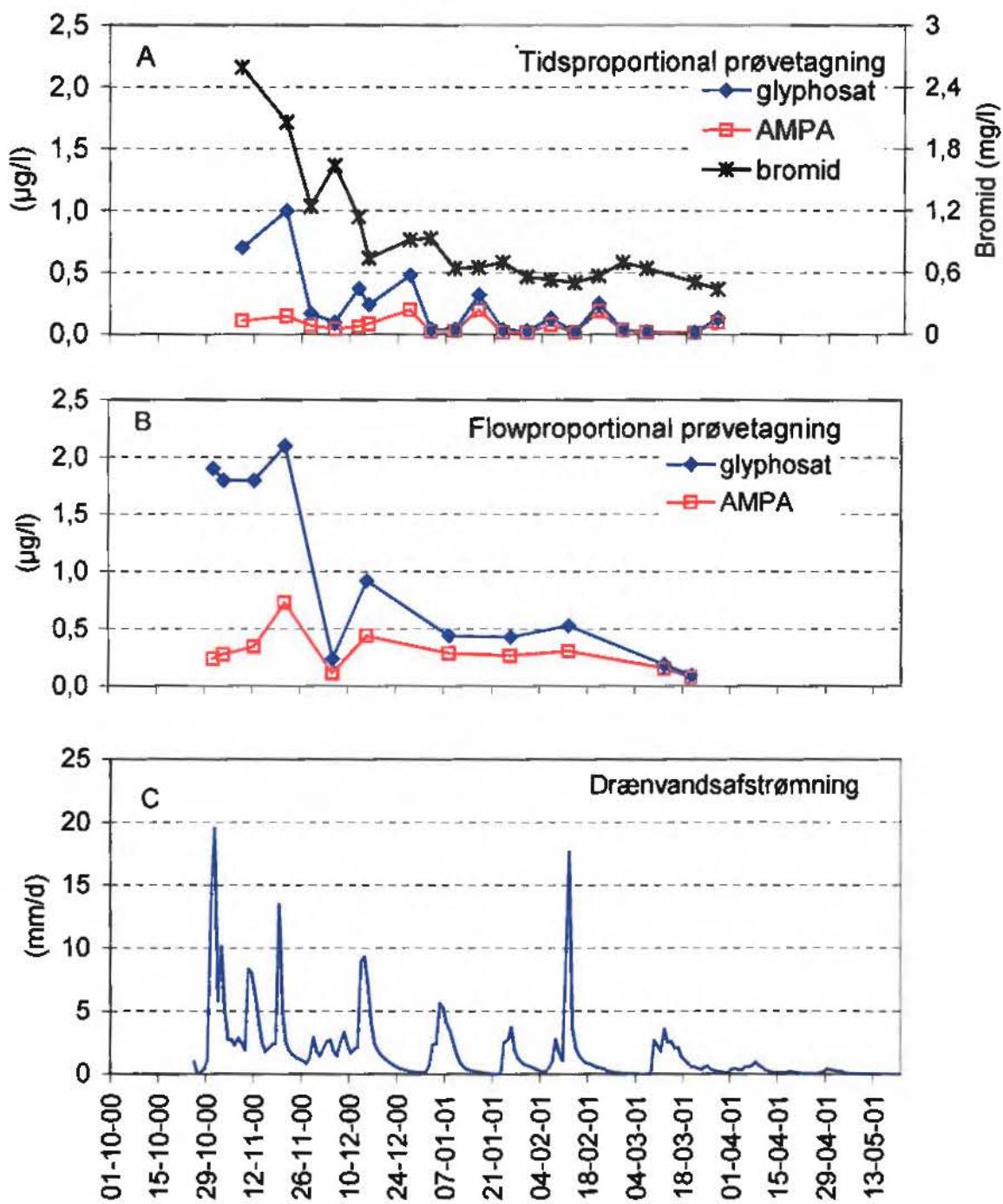
Tidsproportional prøvetagning				Flowproportional prøvetagning			
Dato	Glyphosat (µg/l)	AMPA (µg/l)	Dræn afs. (mm)	Dato	Glyphosat (µg/l)	AMPA (µg/l)	Dræn afs. (mm)
08-11-00	0,70	0,11	28	31-10-00	1,90	0,24	20
15-11-00	1,00	0,15	33	03-11-00	1,80	0,28	14
21-11-00	0,17	0,07	27	12-11-00	1,80	0,35	13
28-11-00	0,10	0,04	9	21-11-00	2,10	0,73	15
05-12-00	0,37	0,07	15	05-12-00	0,24	0,12	12
12-12-00	0,24	0,09	15	15-12-00	0,92	0,44	21
19-12-00	0,48	0,20	36				
27-12-00	0,04	0,02	6				
02-01-01	0,04	0,03	1				
09-01-01	0,32	0,20	25	08-01-01	0,44	0,29	13
16-01-01	0,04	0,02	5				
23-01-01	0,03	0,01	1				
30-01-01	0,13	0,08	14	26-01-01	0,43	0,27	7
06-02-01	0,02	0,02	3	12-02-01	0,53	0,31	31
13-02-01	0,25	0,19	36				
20-02-01	0,04	0,03	9				
27-02-01	0,02	0,02	2				
06-03-01	0,02	0,02	0				
13-03-01	0,13	0,10	11	12-03-01	0,19	0,16	9
20-03-01	0,08	0,05	12	20-03-01	0,10	0,08	13
27-03-01	0,01	0,01	3				
03-04-01	0,01	0,01	2				
10-04-01	0,01	0,01	4				
18-04-01	0,01	0,01	1				
24-04-01	0,01	0,01	1				
02-05-01	0,02	0,02	2				
08-05-01	0,01	0,01	1				

Tabel 2. Opgørelse over nedbør og drænvandsafstrømning (mm) målt på marken.

A) Total nedbør 1/7 2000-30/6 2000	764
B) Nedbør i perioden hvor dræn løb (27/10/2000-27/5/2001)	477
C) Drænvandsafstrømning (27/10/2000-27/5/2001)	343
D) Drænvandsafstrømning som andel af nedbør i afstrømningsperiode (C/B)	72%



Figur 1. a) Sammenligning mellem den aktuelle nedbør målt på selve forsøgsmarken (Estrup 2000/2001) og normal nedbøren (1961-90) for Askov forsøgsstation, som ligger 3 km øst for forsøgsmarken (Olesen, J.E., 1991). b) Daglig nedbør målt på forsøgsmarken. Pilen indikerer tidspunktet for udbringningen af glyphosat.



Figur 2. A) Koncentrationen over tid af glyphosat, AMPA og bromid i drænvand fra marken ved Estrup, opsamlet ved hjælp af den tidsproportional prøvertager. B) Koncentrationen af glyphosat og AMPA i drænvand opsamlet ved hjælp af den flowproportionale prøvetager. C) Afstrømningen af vand i drænet.

Appendiks 1: Den landbrugsmæssige drift af marken ved Estrup

Date	Management Practice
01-04-00	Fertiliser application (131 N 19 P and 63 K/ha)
11-04-00	Ploughed (depth 22 cm)
11-04-00	Seedbed preparation and harrowed and packed
12-04-00	Spring barley sown (cultivare Barke, seeding rate 160 kg/ha , sowing depth 4 cm, row distance 12 cm)
25-04-00	BBCH stage 09 – emergence
04-05-00	Rolled
12-05-00	BBCH stage 13
15-05-00	BBCH stage 14
15-05-00	Application of Ally (Metsulfuron methyl) - 1 tablet/ha
15-05-00	Manganese sulphate - 2,0 l/ha
15-05-00	Application of Bromide tracer (30 kg/ha potassiumbromide)
22-05-00	BBCH stage 22
31-05-00	BBCH stage 32
31-05-00	Application of 3 l/ha Barnon Plus 3 (flamprop-M-isopropyl)
06-06-00	BBCH stage 35
07-06-00	Application of manganese sulphate (3,0 l/ha)
13-06-00	BBCH stage 39
15-06-00	Application of 0,5 l/ha Tilt Top (propiconazol + fenpropimorph)
15-06-00	Application of 0,4 l/ha Perfektion 500 S (dimethoat)
20-06-00	BBCH stage 49
27-06-00	BBCH stage 57
04-07-00	BBCH stage 69
05-07-00	Application of 0,5 l/ha Tilt Top (propiconazol + fenpropimorph)
05-07-00	Application of 0,4 l/ha Perfektion 500 S (dimethoat)
11-07-00	BBCH stage 75
18-07-00	BBCH stage 78
25-07-00	BBCH stage 83
01-08-00	BBCH stage 85
08-08-00	BBCH stage 88
15-08-00	BBCH stage 90
22-08-00	BBCH stage 93
25-08-00	BBCH stage 97
28-08-00	BBCH stage 99
28-08-00	Harvest

BBCH: a uniform decimal code for growth stages of crops and weeds (Lancashire, 1991).

Appendix 1: Den landbrugsmæssige drift af marken ved Estrup (fortsat)

Date	Management Practice
13-10-00	Application of 4,0 l/ha Roundup Bio
23-10-00	Ploughed - (depth 20 cm)
01-05-01	Fertilisation 20 P and 105 K kg/ha
02-05-01	Seed bed preparation depth 9-10 cm
02-05-01	Peas sown (cultivare Julia, depth 4 cm, row distance 12 cm, seeding rate 230 kg/ha, final plant number 130/m ²)
03-05-01	Rolled with Cambridge roller
13-05-01	BBCH stage 09 emergence -
18-05-01	BBCH stage 11
22-05-01	BBCH stage 33
22-05-01	Application of 1,0 l/ha Basagran 480 (bentazon)
22-05-01	Application of 1,5 l/ha Stomp (pendimethalin)
05-06-01	BBCH stage 37-39
19-06-01	BBCH stage 46-47
27-06-01	BBCH stage 53
27-06-01	Application of 0,25 kg/ha Pirimor G (pirimicarb)
02-07-01	BBCH stage 60
19-07-01	BBCH stage 69
01-08-01	BBCH stage 76
15-08-01	BBCH stage 81
22-08-01	BBCH stage 90
22-08-01	Harvest

BBCH: A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds (Lancashire, 1991)

Appendix 2 - Sampling of drainage water

Drainage water samples were collected using ISCO 6700 samplers equipped with seven or eight glass bottles (boron silicate), teflon suction tubes and intakes of stainless steel. The intakes are located a few centimetres into the inlet of the drainpipe so as to ensure sampling of flowing drainage water and particulate matter. Two samplers are used at each site – one for timeproportional sampling and one for flowproportional sampling:

- The timeproportional sampler is equipped with seven refrigerated bottles such that the water samples can be collected over a 7-day period. Hence during the period of continuous drainage runoff, a 70-ml sample is collected every hour independent of flow rate. 24 samples are collected per bottle giving 1680 ml per day. Chemical analysis is then performed on a weekly basis on a pooled sample derived from the seven bottles. For the pooled samples 250 ml is taken from each of the seven bottles.
- The flowproportional sampler is only activated during storm events and sampling is carried out for 1–2 days depending on the intensity of the event. Hence each flow event is activated by a predefined rise in water level/runoff within the preceding 12-hour period. Sampling is controlled by the flow rate, where collection of each sample is initiated when the accumulated flow rate exceeds a predefined level depending on the month of the year. Levels of predefined rise and accumulated flow rate are set/adjusted individually for each site by experience. Each sample volume is 200 ml yielding nine samples per bottle and a maximum of 72 samples per flow event. For each storm event all water from each of the bottles is collected and pooled into one sample. Analysis of pesticides and inorganic parameters is then performed on this pooled water sample. In addition, tracer analysis (Br, Cl, Ca and K) was performed on additional water samples deriving from each of the individual bottles.

The weighted average concentration of pesticides was calculated according to Eq 1.

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{\sum_{i=1}^n V_i}$$

$M_i = C_{t_i} \cdot V_i$ If no flowevent occurs within the i^{th} week

$M_i = C_{f_i} \cdot V_{f_i}$ If a flowevent occurs within the i^{th} week

Where:

n = Number of weeks within the period of continuous drainage runoff.

V_i = Weekly accumulated drainage runoff (mm/week)

V_{f_i} = Drainage runoff accumulated during a "flow-event" (mm/storm event)

C_{t_i} = Pesticide concentration in the "event -samples" collected by means of the flow-proportional sampler ($\mu\text{g/l}$)

C_{f_i} = Pesticide concentration in the weekly samples collected by means of the time-proportional sampler ($\mu\text{g/l}$)

Danmarks og Grønlands
Geologiske Undersøgelse (GEUS)
Miljø- og Energiministeriet

Thoravej 8
DK 2400 København NV
Danmark

Telefon 38 14 20 00
Telefax 38 14 20 50
E-post: geus@geus.dk
Hjemmeside: www.geus.dk

