

Ny simuleringsmodel for udvaskning af pesticider på drænet jord

En nyudviklet simuleringsmodel (Daisy2D) øger forståelsen for, hvordan kemiske bekæmpelsesmidler som glyfosat kan ende i vores vandløb og i det øverste grundvand. Fund af pesticidrester i drænvand kan for en stor del forklares ved at stofferne bliver transporteret direkte fra overfladen eller de øverste jordlag ned til drænrørene via regnormegange og rodkanaler.

Brug af modellen har ledt frem til en bedre forståelse for, hvordan pesticidindholdet varierer mellem forskellige komponenter af det øverste grundvand. Hittidige erfaringer med modellen understøtter opfattelsen af, at behandlingen af jordoverfladen og det øverste jordlag er vigtig fremadrettet med henblik på at beskytte vores vandressourcer.

Baggrund og formål

Beskyttelse af drikkevandet eller "grundvandet" i en større, men ikke nærmere defineret dybde er et hovedsigte for den administrative regulering af pesticidanvendelsen. I forbindelse med tidlig varsling og vurdering af risikoen for forurening af grundvandet med pesticider, har man i Danmark valgt at fokusere på det øverste grundvand. Bl.a. på denne baggrund blev Varslingsystem for Udvasning af Pesticider til Grundvand (VAP) initieret i 1999.

Drænvand udgør i mange systemer en del af det øverste grundvand. Markdræn er etableret på rundt regnet halvdelen af Danmarks landbrugsareal. Med dræning bliver vand- og stoftransport i de øverste meter af jordprofilen typisk til en flerdimensional problemstilling. Det er forholdsvis let at udtage repræsentative prøver af drænvandet (DV) og derigennem måle stoffluxe i drænene, hvorimod det er meget vanskeligt at opnå repræsentative prøver af den tilstrømning til grundvand, som går uden om drænene (UV). I relation til drikkevandsbeskyttelse har man især interesse i at kende udvaskningen af forskellige stoffer med UV, men man kan i realiteten kun måle udvaskningen med DV.

VAP-programmet har hidtil især været fokuseret på måling af pesticidfluxe i DV, men målinger i andre komponenter af grundvandet indgår også. Målingerne i DV er foretaget i ca. 1 m dybde, dvs. inden for det område af jorden, hvor man typisk finder såvel regnormegange som rodkanaler efter almindelige landbrugsafgrøder ("bioporedomænet"). For at fortolke disse målinger er der brug for en flerdimensional, mekanisme-tro model til beskrivelse af vand- og stoftransport, som kan differentiere mellem DV og UV, og som kan bruges i forbindelse med analyse og fortolkning af målte stoffluxe i drænvandet samt i andre dele af det øvre grundvand.

Det har været projektets hovedformål at udvikle en matematisk model, der kan simulere pesticiders skæbne i drænet jord.

Undersøgelsen

Projektet "Flerdimensional modellering af vandstrømning og stoftransport i de øverste 1-2 m af jorden i systemer med markdræn" er finansieret af Miljøstyrelsens program for Bekæmpelsesmiddelforskning. Projektet er udført ved Københavns Universitet (Institut for Grundvidenskab og Miljø) i samarbejde med DHI. Århus Universitet (DJF) og De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) har stillet observationer fra VAP-programmet til rådighed for projektet.

Den nye model (Daisy2D) er baseret på eksisterende viden om nedbrydning, adsorption og transport af pesticider i jord suppleret med et feltforsøg på KU-Lifes forsøgsgård Rørrendegård i Tåstrup.

Modellen er testet mod resultater fra andre forsøg fra Rørrendegård samt mod resultater fra 2 år fra 2 lerjordslokaliteter målt i VAP-programmet.

Hovedkonklusioner

En analyse af simuleringer udført med den nye model har givet anledning til to hovedkonklusioner:

- Det er af meget stor betydning for simuleringens resultater om nedadgående stoffluxe beregnes i en dybde, der er inden for bioporedomænet eller uden for dette domæne.
- Der er ingen simpel sammenhæng mellem drænvandskoncentrationer og koncentrationer i vand, der bevæger sig uden om drænene til grundvandet.

Ud fra simuleringerne finder vi, at den konceptuelle model af systemet, med særlig vægt på direkte forbundne bioporer og transport nær dræn, er en nødvendig forudsætning for at kunne forstå målte indhold af stærkt adsorberende pesticider i drænvand.

Vi sammenholdt resultater fra simuleringer med Daisy baseret på opsætninger, der inddrager erfaringer fra de tre testarealer, med EU standardværktøjer (FOCUS) for beregning af risiko for pesticidudvaskning. Sammenligningen viste god overensstemmelse mellem Daisy og EU værktøjerne for vand og svagt adsorberende stoffer, men Daisy estimerede en betydeligt højere "dyb" (1m) udvaskning for stærkt adsorberende pesticider.

Med hensyn til VAP foreslår vi på baggrund af resultaterne i nærværende projekt at:

- Der lægges større vægt på pesticidkoncentrationer målt i horisontalt udbredte filtre uden for bioporedomænet end på målinger inden for bioporedomænet, når koncentrationer i perkolation til grundvand skal vurderes.
- Vandfluxe og pesticidkoncentrationer målt i drænvand anvendes sammen med målte pesticidkoncentrationer under bioporedomænet ved matematisk modellering af pesticidfluxe til grundvandet (gennemsnitskoncentrationer). Fluxene simuleres under bioporedomænet.

Vi mener, at den nye model især kan forbedres ved at sætte ind på 2 områder:

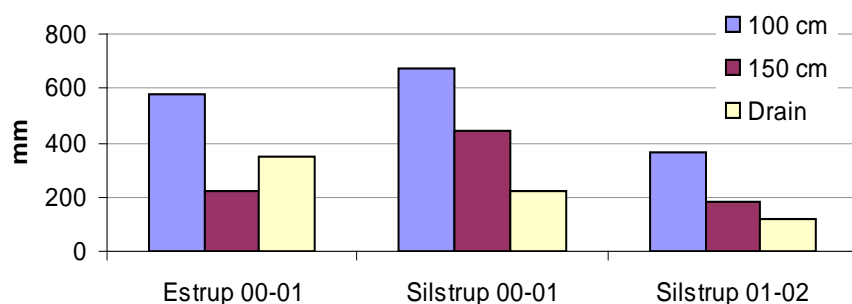
- En række processer på overfladen bør undersøges og beskrives noget bedre; de er pga. manglende procesforståelse kun beskrevet "ad-hoc" i den nuværende modelversion.
- Modellen bør konfronteres med et større datamateriale, f.eks. det samlede VAP datasæt.

Afsluttende mener vi, at modellen og VAP sammen bør bruges til at udvikle et katalog over regnhændelser og ydre omstændigheder, der i særlig grad bidrager til pesticidudvaskning. En sådan viden vil kunne anvendes i reguleringssammenhæng.

Projektresultater

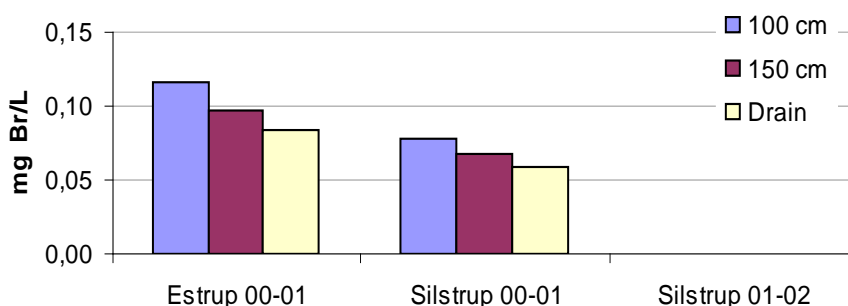
For at belyse problematikken omkring DV og UV samt stoftransporten med disse vandfluxe har vi simuleret nedsivningen af vand, bromid og glyfosat i 100 cm (modelmæssigt inden for bioporedomænet, lige over drændybde, DV+UV), den tilsvarende nedsivning i 150 cm (under bioporedomænet, under drændybde, UV) og den tilsvarende afstrømningen i dræn (DV). Bromid er et ikke-nedbrydeligt sporstof, der ikke adsorberes til jorden. Forskelle i koncentration af bromid i forskellige vandfluxe fortolkes ofte som et vidnesbyrd om at vandet har forskellig oprindelse i jorden. Glyfosat er et pesticid, der adsorberes stærkt til jorden. Simulationerne er foretaget på to VAP lokaliteter, Estrup og Silstrup.

Vandfluxene er opgjort over drænaftstrømningssæsonerne 2000-01 i Estrup samt 2000-01 og 2001-02 i Silstrup og er vist i Figur 1. Figuren viser forskelle i fordeling af den samlede afstrømning (DV+UV) mellem afstrømning i dræn (DV) og dyb nedsivning (UV) for de 2 lokaliteter.



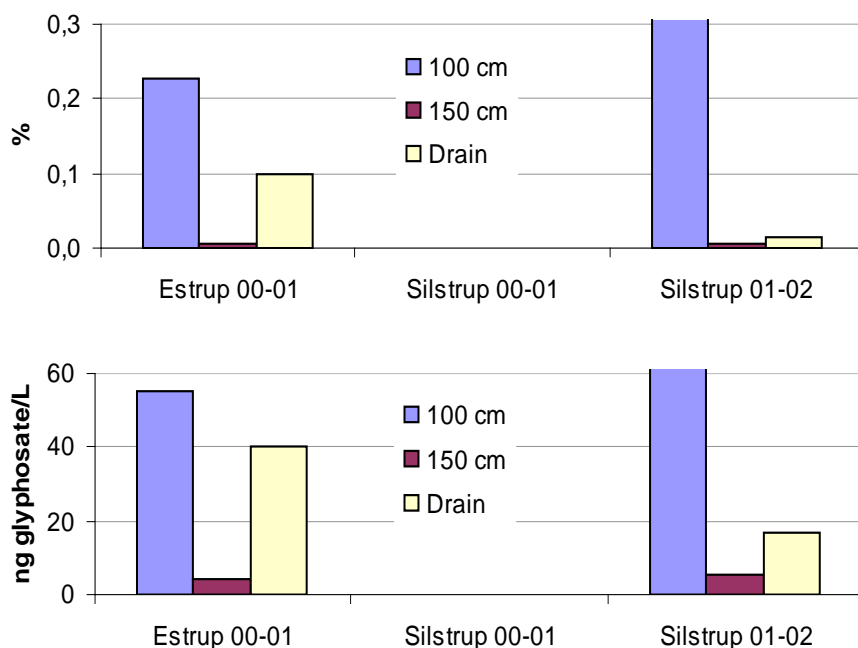
Figur 1 Simuleret vandflux i 100 cm (DV+UV) og i 150 cm (UV) samt afstrømningen i dræn (DV).

Bromid blev udbragt i maj 2000 i såvel Estrup og Silstrup. De simulerede bromidkoncentrationer i de ovenfor omtalte vandfluxe er vist i Figur 2. I alle tre tilfælde følger bromidkoncentrationerne et ensartet mønster; højest koncentration findes i 100 cm (DV+UV), næsthøjest koncentration findes i 150 cm (UV) og den laveste koncentration findes i DV. Mønsteret er forventeligt idet bromid bevæger sig ned gennem jorden som en puls under stadig opblanding, derfor er koncentrationen højere i 100 cm end i 150 cm. Den lave koncentration i DV skyldes at en del af dette vand stammer fra større dybde end 150 cm. Når drænet løber er der nær drænet en opadrettet strømning fra dybere jordlag.



Figur 2 Simulerede bromidkoncentrationer i 100 cm (DV+UV), i 150 cm (UV) samt i dræn (DV).

Figur 3 viser de til Figur 1 svarende stoffluxe for glyfosat samt de tilsvarende stoffluxene glyfosatkoncentrationer. Glyfosat blev udbragt i efteråret. Indledningsvis kan bemærkes glyfosatfluxe og -koncentrationer er stærkt afvigende fra de tilsvarende bromidfluxe og -koncentrationer, samt at der er forskel mellem Estrup og Silstrup. Dette peger i retning af betydelige forskelle i transportvejene for bromid og glyfosat.



Figur 3 Simulerede glyfosatfluxe udtrykt som procent af udbragt stof i 100 cm, i 150 cm og i dræn (øverst) samt tilsvarende glyfosatkonzentrationer (nederst). I Silstrup var fluxen i 100 cm ca. 1.3% og den tilsvarende koncentration ca. 480 ng/L.

Glyfosattransport i den jordmatrix der omgiver de store bioporer er meget lille, fordi glyfosat adsorberes kraftigt til jorden. De høje glyfosatfluxe i 100 cm med tilhørende høje glyfosatkonzentrationer skyldes derfor hurtig transport i de store bioporer (en adsorptionslignevægt når ganske simpelt ikke at indstille sig, derfor ser modellen bort fra adsorption i de store bioporer). Transport i de store bioporer optræder kun under ganske særlige omstændigheder, der er defineret ved et samspil mellem jordfugtighed, regnintensitet og regnmængde. Transport i de store bioporer er derfor knyttet til bestemte regnhændelser. Den store forskel på fluxene i Estrup og Silstrup skyldes simpelthen forskellige omstændigheder omkring de regnhændelser, der forårsagede transporten. På begge lokaliteter var det en enkelt regnhændelse, der var hovedansvarlig for transporten.

På begge lokaliteter er glyfosatfluxen i 150 cm (UV) væsentlig mindre end fluxen i 100 cm. Tilsvarende er glyfosatkonzentrationen i 150 cm væsentlig mindre end koncentrationen i 100 cm. Dette skyldes at vi i 150 cm befinder os uden for det modellerede bioporeområde, og at adsorption til jordmatrix derfor får afgørende betydning.

Glyfosatfluxe med tilhørende glyfosatkonzentrationer i drænvand skyldes primært transport i bioporer, der forbinder overfladen med dræne. I Estrup er såvel fluxe som koncentrationer mindre i dræn end i 100 cm dybde, men der er ikke størrelsesorden til forskel. Tilsvarende ses i Silstrup, dog med den afvigelse at forskellene mellem dræn og 100 cm dybde er væsentlig større end i Estrup. Den betydelige forskel mellem Estrup og Silstrup skyldes som ovenfor nævnt forskelle i de regnhændelser der udløser transporten i de store bioporer, men også forskelle i omstændighederne på jordoverfladen.

Sammenfattende kan vi sige, at der er en betydelig forskel på hvordan bromid og glyfosat transporteres i jorden og at specielt transporten af glyfosat er domineret af de særlige transportveje, der udgøres af de store bioporer. Af særlig betydning er de bioporer der har forbindelse til dræn.

Andre kilder

En beskrivelse af modellen samt eksempler på validering og flere eksempler på modelanvendelse kan findes i projektets hovedrapport. Den færdigudviklede model kan hentes på <http://www.daisy-model.org/>

Faktabox:

Model: En forenklet repræsentation af et naturligt system (fx en drænet mark)

Simuleringsmodel: Et matematisk baseret computerprogram. Simuleringsmodeller bruges til at undersøge og opnå ny indsigt i komplekse systemers opførsel under forskellige vilkår (fx transport af forskellige pesticider på forskellige jordtyper under forskellige vejrbetingelser).

Daisy2D: En videreudvikling af jord-plante-atmosfære system simuleringsmodellen Daisy til beskrivelse af vand og stoftransport i 2 dimensioner. Daisy er blevet udviklet løbende gennem de seneste 25 år.

Flux: Et mål for en strøm af vand eller stof gennem en valgt grænseflade.

Perkolation: Vandflux rettet mod grundvandet.