

Pesticider – nye udfordringer?

Dansk vandforsyning er baseret på oppumpning af grundvand, som efter simpel vandbehandling - primært iltning og filtrering – kan leveres som rent drikkevand uden indhold af sygdomsfremkaldende eller miljøfremmede stoffer. Særligt pesticider udgør en kompleks forureningsrisiko med mange forskellige stoffer og nedbrydningsprodukter fra de igennem mere end 60 år, hvor vi har anvendt sprøjtemidler.

SØREN R. LENSCHOW, KATRINE OEST,
TOVE SVENDSEN, LARS. F. PEDERSEN &
PETER H. MADSEN

Gennem de seneste 3 årtier er der vedtaget en række initiativer, som skal sikre grundvandet mod forurening med pesticider, herunder er en lang række pesticider udfaset og forbudt, da de udgjorde en særlig risiko for grundvandet. I områder med drikkevandsinteresser er der flere steder sket skovrejsning, og landmænd er blevet kompenseret for brug af sprøjtemidler ved dyrkningsaftaler. Endvidere er der lavet tiltag som forebygger forurening i forbindelse med håndtering af sprøjtemidler herunder krav til sprøjter samt indretning og placering af vaskepladser, hvor sprøjter vaskes efter brug. Effekten af de mange tiltag for at undgå forurening af drikkevandet har dog lange udsigter, da grundvandet som vandværkerne indvinder typisk er 20-200 år gammelt. Gennem sommeren og efteråret 2017 blev desphenyl-chloridazon fundet i en række vandværksboringer, da flere vandværker frivilligt analyserede for dette nedbrydningsprodukt af chloridazon.

Chloridazon og nedbrydningsprodukter

Chloridazon er blevet anvendt til ukrudtsbekæmpelse ved dyrkning af roer samt rødbeder og løg/blomsterløg. Chloridazon har indgået

i produkterne med handelsnavne som Alisep, Pyramin og Expander /1/. Chloridazon blev solgt i perioden 1964 – 1996, hvor det blev udfaset. Det var dog tilladt at bruge restlagre af produkter med chloridazon frem til 2012. Salget af sprøjtemidler med chloridazon var størst i perioden 1965-1982, hvor der er solgt op til 100 ton aktiv stof pr. år /3/. Forbruget af chloridazon fremgår af figur 1.

Forbruget af chloridazon har formentlig været stort på Lolland, Falster, Møn, Syd- og Vestsjælland samt Vest- og Nordfyn, som følge af dyrkningen af roer til sukkerproduktion. Endvidere har der bl.a. på Samsø været specialproduktion af rødbeder. Chloridazon er også blevet brugt i store dele af Jylland (primært Sønderjylland og Vestjylland samt Himmerland), hvor roer frem til 1980'erne var en vigtig foderafgrøde til malkekvæg.

Chloridazon er et pyridazinon herbicid og har ifølge litteraturen /4, 5/ to hovednedbrydningsprodukter, metabolit B og metabolit B1, henholdsvis desphenyl-chloridazon (DPC) og methyl-desphenyl-chloridazon (Me-DPC), jf. figur 2. Ved nedbrydningen er benzenringen i moderstoffet kulstofkilde for bakterierne.

Chloridazon har tidligere indgået i overvågning af vandværker og i statens grundvands-overvågning. Der er gennemført mere end 10.000 analyser for chloridazon uden, at der er påvist væsentlige fund i drikkevand og grundvand /5/. Overvågningen omfattede imidlertid ikke nedbrydningsprodukterne. Regionerne inddrog fra 2012 nedbrydningsproduktet DPC

ved deres undersøgelser af punktkilder til pesticidforurening, og der blev efterfølgende påvist forurening med DPC ved en række punktkilder bl.a. i forbindelse med maskinstationer /6/.

Efter fund i en række vandforsyningsboringer i 2017 er nedbrydningsprodukterne DPC og Me-DPC nu blevet en fast parameter, som vandværkerne skal analysere drikkevandet for (Bekendtgørelse nr. 1147 af 24/10/2017). På baggrund af data fra den nationale boringsdatabase samt samtaler med DANVA mv. vurderes det, at op mod 100 vandforsyninger har fund af desphenyl-chloridazon med indhold over drikkevandskvalitetskriteriet.

Chloridazon nedbrydes relativt hurtigt i jorden, og nedbrydningsprodukterne DPC og Me-DPC er meget mobile, da de kun i ringe grad bindes til sedimentet og har en lille nedbrydning. Ved fund i grundvand fra både punktkilder og fra dybere boringer inkl. drikkevandsboringer er DPC som hovedregel den mest dominerende forureningskomponent i forhold til Me-DPC /5,6/.

Først BAM så DPC

En af de vandforsyninger som først påviste DPC i grund- og drikkevand var DIN Forsyning ved Esbjerg. DIN Forsyning driver Aike vandværk som ligger i et landområde ca. 20 km øst for Esbjerg. Vandværket har 4 indvindingsboringer, som indvinder grundvand i dybden 57-166 m u.t. fra en begravet dal med aflejringer fra is- og mellemistider. Aike vandværk har en

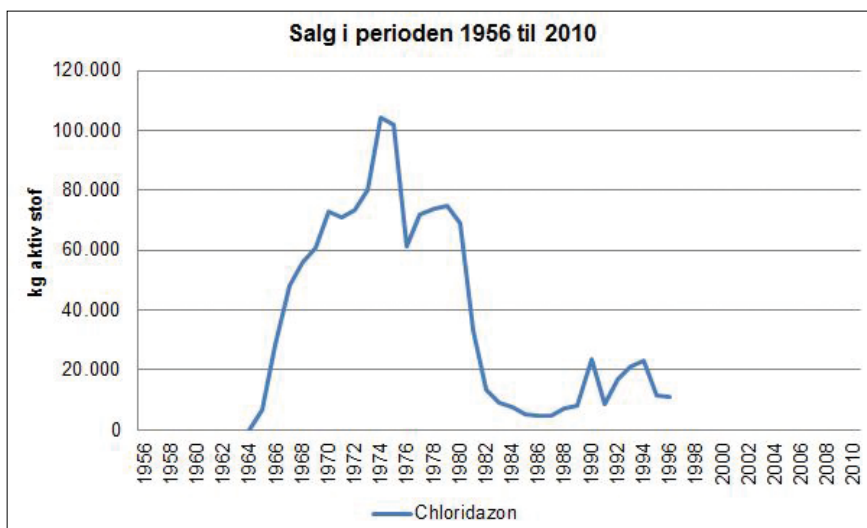
årlig indvinding på ca. 370.000 m³/år, svarende til forbruget i ca. 2.500 husstande. Figur 4 viser området ved Aike vandværk.

I en af vandværkets borer (DGU nr. 131.990) blev der i 2011 fundet indhold af 2,6-dichlorbenzamid (BAM). BAM er et nedbrydningsprodukt fra pesticiderne dichlobenil og chlorthiamid, der blev brugt i perioden fra 1965 til 1997, hvor stofferne blev forbudt. Pesticiderne blev anvendt til bekæmpelse af ukrudt på en lang række forskellige arealer bl.a. gårdpladser, gang- og stiarealer og plantager. DIN Forsyning gennemførte en omfattende undersøgelse i borer i oplandet, og fik desuden lavet en kortlægning af mulige kilder. Ved undersøgelserne blev der påvist BAM i en opstrøms beliggende boring (DGU nr. 131.1954), hvor BAM var udbredt i en relativ stor dybde 35-55 m u.t. Resultatet medførte, at driften af vandværket blev omlagt, så indholdet af BAM i boringen blev stabiliseret på et lavt niveau ved nøje styring af indvindingen, og forureningsfanen blev samtidig forhindret i at nå de øvrige borer. Figur 3 viser indvindingsboringens BAM-indhold gennem de seneste 7 år.

Ved undersøgelserne i 2011 blev der desuden konstateret fund af bentazon og BAM i det øvre grundvand ved en tidligere maskinstation. Denne forurening kunne imidlertid ikke være kilden til fundet af BAM i boring 131.990, men det vurderedes, at den på sigt kunne udgøre en risiko for forurening af 2 af de øvrige borer i kildefeltet.

Efterfølgende er der igangsat et partnerskabsprojekt med deltagelse af bl.a. DIN Forsyning, Esbjerg Kommune og Region Syddanmark, hvor der arbejdes med opsporing og undersøgelser af pesticidpunktkilder samt et Idékatalog ved pesticidfund til vandforsyninger. I regi af partnerskabsprojektet blev der udført undersøgelser ved en vaskeplads ved den tidligere maskinstation, med henblik på at afgrænse og risikovurdere den tidligere påviste forurening med bentazon og BAM. Ved undersøgelser blev vandprøver udtaget fra det terrænære grundvand (udtaget fra 7-25 m u.t.) i et transekt placeret nedstrøms ejendommen. Vandprøverne blev analyseret for pesticider og nedbrydningsprodukter herunder bentazon, BAM og DPC, med henblik på afgrænsning og kvantificering ved massefluxbestemmelse af forureningskomponenterne.

Ved undersøgelser var DPC den mest dominerende forureningskomponent, og forureningen med DPC kunne ikke afgrænses eller kvantificeres ved masseflux. På denne baggrund fik DIN Forsyning analyseret råvand og det ledningsførte vand fra Aike vandværk. Der blev påvist DPC i 3 af vandværkets 4 borer i



Figur 1: Salg af chloridazon i Danmark /2/.

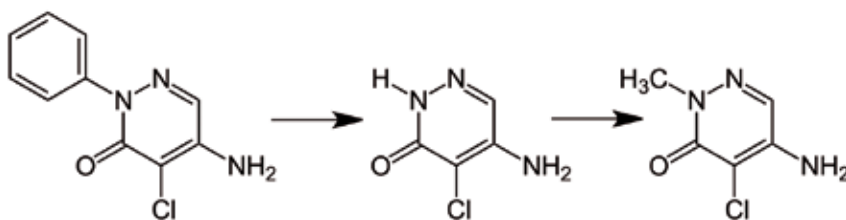
Faktaboks 1 - Pesticider og grænseværdier

Det er for vandforsyninger obligatorisk at kontrollere for en række pesticider og nedbrydningsprodukter. Analysehypigheden afhænger af den producerede vandmængde. Grænseværdien for pesticider i drikkevand er 0,1 µg/l for enkeltstoffer, og summen af stoffer inkl. nedbrydningsprodukter er 0,5 µg/l. Grænseværdierne skal være opfyldt for det ledningsførte vand (afgang vandværk), hvorfor det ofte er muligt for vandforsyningerne at levere vand til forbrugerne ved at blande vand fra flere borer med forskellige indhold. I særlige tilfælde kan kommunerne give en midlertidig dispensation til vandforsyningerne ved fund af pesticider over grænseværdien. For desphenyl-chloridazon vurderer Miljøstyrelsen, at den sundhedsmæssige acceptable daglige indtagelse ved indtag af drikkevand svarer til en maksimal koncentration på 300 µg/l for voksne og 50 µg/l for børn. Ingen af de hidtil påviste indhold på landsplan i almene drikkevandsboringer har været over 50 µg/l.

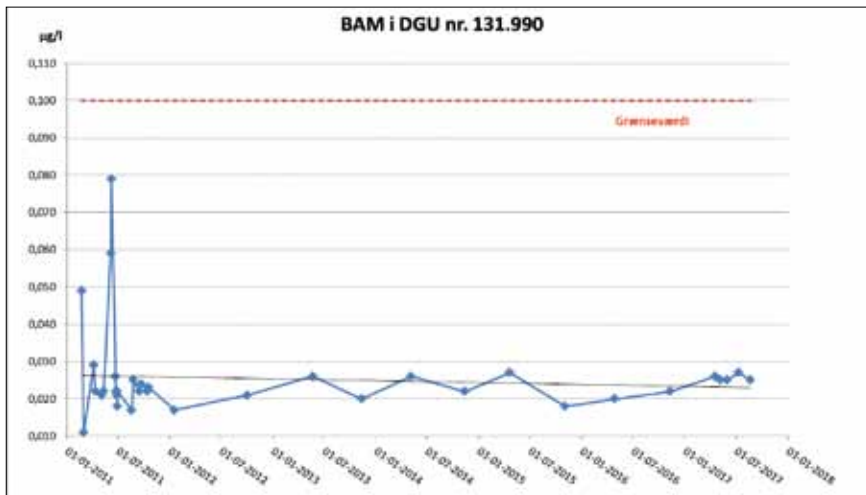
koncentrationer fra 0,016-0,12 µg/l. Under de eksisterende driftsforhold blev det fastlagt med henblik på håndtering af BAM-forureningen, at råvand blandes fra 4 borer med forskellige indhold af DPC, således at det ledningsførte vand fra vandværket overholder drikkevandskriteriet for pesticider (se faktaboks 1). Ved sammenligning af analyser af råvand fra borer og det ledningsførte vand ses det, at der ikke sker nogen reduktion af DPC ved vandbehandlingen på værket. Siden påvisning af DPC i vandværket er der gennemført regelmæssig prøvetagning af råvand og ledningsført vand. Analyserne viser, at der er stabile koncentrationer af DPC i indvindingsboringerne. Forsyningen har valgt at drive Aike vandværk videre under de nuværende

forhold, mens der gennemføres en udredning af forureningssituationen.

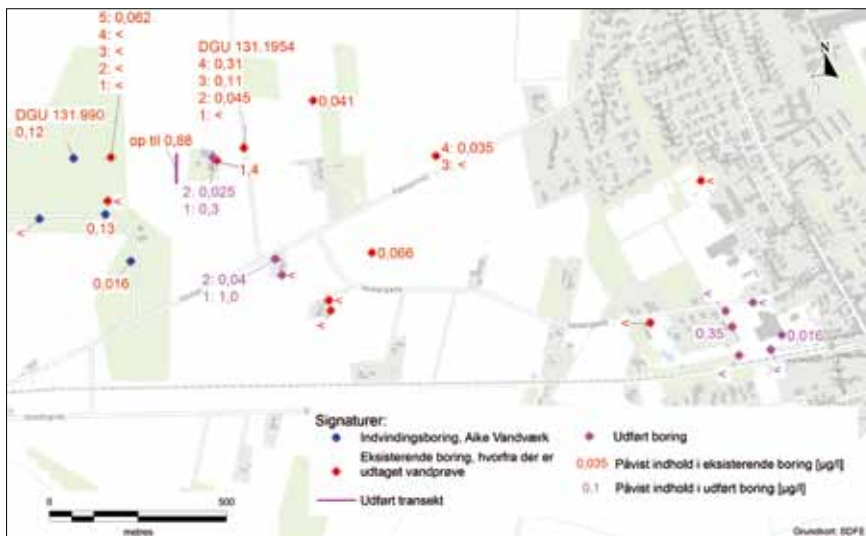
Sideløbende med DIN Forsynings overvågning af vandværket har Region Syddanmark udført en række undersøgelser i området herunder prøvetagning af eksisterende markvands- og overvågningsboringer. Der er udført indledende forureningsundersøgelser ved flere potentielle pesticidpunktkilder samt supplerende undersøgelser ved den tidligere maskinstation. Resultaterne viser et "speget" billede af udbredelse af DPC i grundvandsmagasinerne. Der er påvist relativt høje koncentrationer af DPC ved maskinstationen op til over 1,5 µg/l. Sammen med bentazon, BAM og flere andre pesticider indikerer dette forurening fra en punktkilde (se faktaboks 2).



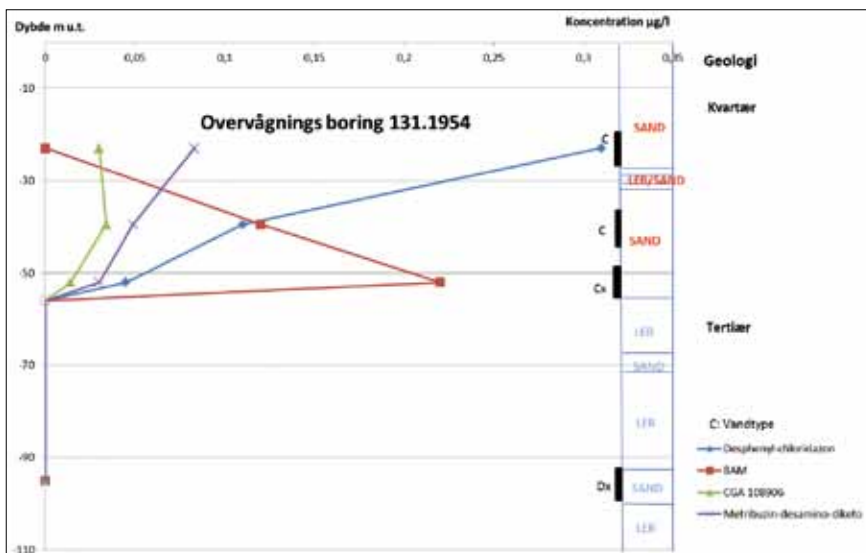
Figur 2: Nedbrydning af chloridazon til desphenyl-chloridazon (DPC) og methyl-desphenyl-chloridazon (Me-DPC)



Figur 3: Indhold BAM i indvindingsboring til Aike vandværk.



Figur 4: Fund af desphenyl-chloridazon ved Aike vandværk.



Figur 5: Vertikal fordeling af pesticider og nedbrydningsprodukter i monitoringsboring 131.1954.

Endvidere er der påvist indhold af DPC på op til $1,0 \mu\text{g/l}$ nedstrøms en anden landbrugsejendom, hvor der tidligere var sprøjteaktivi-

teter. Ved denne lokalitet er der også påvist et højt indhold ($7 \mu\text{g/l}$) af et nedbrydningsprodukt fra pesticidet metribuzin, som har været

anvendt som ukrudtsmiddel ved dyrkning af kartofler. Et generelt lavere indhold af DPC i flere borer i oplandet indikerer at der også er bidrag af DPC fra fladekilder, formodentlig marker hvor der tidligere blev dyrket roer. Udbredelsen af DPC i grundvandet er illustreret i figur 4.

I monitoringsboring 131.1954, som er placeret ca. 500 m øst for vandværkets kildeplads, er der påvist både DPC og BAM samt lavere indhold af nedbrydningsprodukter af pesticiderne metribuzin og metalaxyl-M. Det vurderes, at boringen er beliggende centralt i det område, hvor der er fladekilder, som bidrager til forurening med DPC. Boringen har 4 filtre, hvor det dybeste er etableret i tertiære aflejringer, mens de 3 overliggende er filtersat i smeltevandslejringer. Boringen er placeret på kanten af den begravede dal, hvor Aike vandværk indvinder fra. Det påviste indhold viser, at BAM forekommer dybt i magasinet, mens DPC og de andre komponenter forekommer mere terrænnært. Dette indikerer at BAM-forureningen stammer fra forureningskilder, som ligger længere opstrøms formentlig i et byområde ca. 2 km øst for vandværket, mens kilder til forureningen med DPC m.fl. ligger tættere på vandværket i landbrugsområdet.

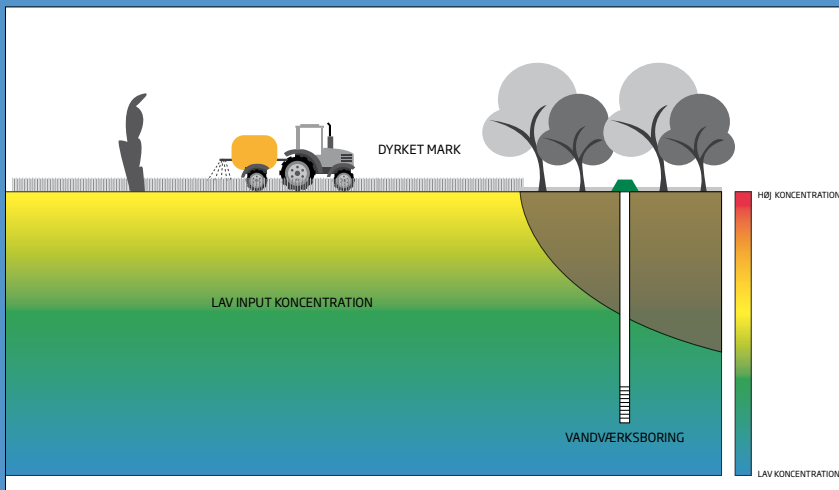
Resultaterne fra undersøgelserne ved Aike vandværk viser, at det er en yderst kompleks forureningssituation med flere forskellige forureningskomponenter fra både punkt- og fladekilder. Der skal således formentlig gennemføres flere undersøgelser og en længerevarende overvågning med løbende analyser for pesticider fra udvalgte borer, for at der er et mere eksakt billede af forureningens omfang og fremtidige påvirkning af kildefeltet. For nuværende vides det ikke, om forureningen med DPC i vandværkets borer på længere sigt er aftagende eller stigende. DIN Forsyning er nu i gang med at vurdere den fremtidige drift og anvendelse af Aike vandværk.

Perspektiv og konklusioner

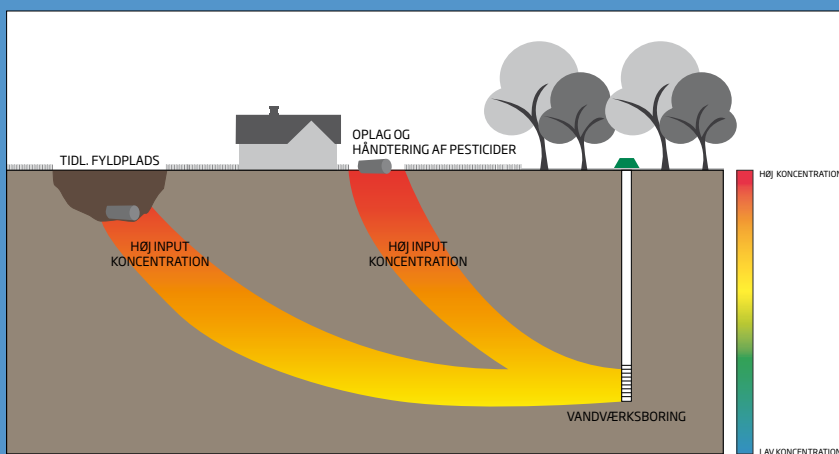
Påvisningen af DPC i Aike og en lang række andre vandværker i 2017 viser, at nedbrydningsproduktet fra chloridazon udgør et stort problem for mange vandforsyninger i Danmark. Resultaterne i Aike viser, at sammenhængen mellem fund i vandforsyningsboringer og kilder til forurening kan være kompleks og kræve undersøgelser og overvågning. Det er meningsfuldt at kigge bredspektret efter pesticider og især nedbrydningsprodukter, når der udføres undersøgelser og kortlægning af forureningskilder og grundvandsressourcer samt overvågning af

Faktaboks 2 - Punkt- og fladekilder

Forurening med pesticider kan stamme fra både fladekilder, hvor sprøjtemidler bliver udbredt på marker ved dyrkningen af afgrøder eller arealer som er renholdt for ukrudt, eller fra punktkilder, hvor der er sket forurening i forbindelse med håndtering eller bortskaffelse af sprøjtemidler. Punktkilder kan være pladser, hvor sprøjter er blevet påfyldt og/eller vasket, sprøjtemidler er opbevaret, steder med regelmæssige og/eller større spild samt steder, hvor rester af sprøjtemidler og emballage er blevet bortskaffet.



Figur 5: Konceptuel model for fladekilde. Modificeret fra /7/. Fladekilder er karakteriseret ved lave koncentrationer på store arealer. Eksempel på fladekilder er dyrkede marker og juletræsplantager /7/.



Figur 6: konceptuel model for punktkilder. Modificeret fra /7/. Punktkilder er karakteriseret ved forurening i høje koncentrationer på små arealer. Ofte er der mange forskellige forureningskomponenter og nedbrydningsprodukter /7/. Eksempler på lokaliteter med pesticidpunktkilder er maskinstationer, gartnerier samt fyld- og lossepladser. Regionerne gennemfører en offentlig indsats i forhold til ældre forureninger fra pesticidpunktkilder iht. Jordforureningsloven. Regionernes indsats omfatter opsporing, undersøgelser og i nogle tilfælde også afværgeforanstaltninger.

grund- og drikkevand. Således kan nytteværdien af kortlægning, undersøgelser og øvrig grundvandsbeskyttelse falde betydeligt, hvis der efterfølgende forekommer uforudset forurening, som ikke var konstateret, da beslutningerne blev truffet. Udførelsen af miljøanalyser er generelt blevet effektiviseret og professionaliseret, således at analyseomkostninger gennem de seneste 30 år er reduceret med op til flere størrelsesordere. Således er analyseomkostningerne nu blevet en mindre del af omkostningerne ved undersøgelser og overvågning af grund- og drikkevand.

Referencer:

- /1/ SEGES Middeldatabasen.
- /2/ Regionernes Videnscenter for Miljø og ressourcer, pesticiddatabasen <http://miljoeogressourcer.dk/pesticiddata/pesticiddatabase.php>
- /3/ Pflanzenschutzmittel-metaboliten Vorkommen und Bewertung. Fachtagungs des Bayerischen Landesamtes für Umwelt am 18. Und a9.11.2008. Umwelt Spezial. www.lfu.bayern.de/analytik_stoffe
- /4/ EFSA Scientific Report (2007) 108, 1-82, Conclusion on the peer review of Chloridazon. www.efsa.europa.eu/
- /5/ GEUS Jupiter – National boringsdatabase
- /6/ Pesticider – udvidede analysepakker anskueliggør nye forureningsproblemer. S.R. Lenschow m.fl. Artikel i Miljø og Ressourcer nr. 4. 2016.
- /7/ Skelnen mellem pesticidkilder. Miljøprojekt nr. 1502. Miljøstyrelsen 2013.

SØREN RYGAARD LENSCHOW (srl@niras.dk) er civilingeniør i NIRAS

KATRINE ØEST (kao@niras.dk) er diplomingeniør i NIRAS

TOVE SVENDSEN (Tove.Svensden@rsyd.dk) er kemiingeniør i Miljø og Råstoffer, Region Syddanmark

LARS FRIMODT PEDERSEN (Lars.Frimodt.Pedersen@rsyd.dk) er geolog i Miljø og Råstoffer, Region Syddanmark

PETER HYLDGAARD MADSEN (p hm@dinfoersyning.dk) er geolog hos DIN-forsyning