

# Rensning af grundvand for BAM og atrazin med aktivt kul

Pesticider og deres nedbrydningsprodukter er påvist i 34% af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen i Danmark, mens grænseværdien er overskredet i 11%. Rensning i vandværker kan derfor komme på tale i nogle tilfælde i fremtiden. Mens det er kendt, at atrazin er let at fjerne med aktivt kul, er der ingen viden internationalt om aktivt kuls kapacitet til at fjerne BAM. I den udførte forskning er det påvist, at aktivt kul har en overraskende stor kapacitet til at fjerne BAM.

ERIK ARVIN, LISELOTTE CLAUSEN, TANJA KAGSTRUP, TANJA JEANNETTE CHRISTENSEN, CHARLOTTE BETTINA CORFITZEN OG HANS-JØRGEN ALBRECHTSEN

Pesticider eller deres nedbrydningsprodukter er påvist i 34 procent af de undersøgte indtag i grundvandsovervågningen i Danmark, mens grænseværdien blev overskredet i 11% (GEUS, 2007). Stoffet BAM er et nedbrydningsprodukt af pesticiderne chlorthiamid og dichlobenil og er det stof, der oftest optræder som forurening i grundvandet. Chlorthiamid og dichlobenil blev i perioden 1967-1997 solgt under handelsnavnene Casoron og Prefix til at bekæmpe ukrudt på udyrkede arealer som fx. private gårdspladser, indkørsler, havegange og offentlige arealer (Miljøstyrelsen, 1997). Foruden BAM optræder især pesticiderne atrazin, dichlorprop og mechlorprop i de undersøgte vandværksboringer (Grundvands- overvågning, 2002).

Et tidligere udredningsprojekt har vist, at BAM-forureningen er særdeles kompleks og præget af mange spredte kilder (Miljøstyrelsen, 2002). Dertil kommer, at BAM er meget mobilt og svært nedbrydeligt i grundvandsmagasiner. Derfor forventes BAM-forureningen at være et udbredt grundvandsproblem i Danmark i mange år fremover, både i byområder og i det åbne land (Miljøstyrelsen, 2002). Fremover kan myndigheder og vandforsyninger derfor regne med at blive stillet overfor

store krav om at levere drikkevand uden pesticider. Det betyder omvendt, at det kan blive nødvendigt at rense grundvandet for pesticider i større udstrækning end i dag.

Ved at filtrere vand gennem aktivt kul, kan man rense vandet for en række pesticider, fordi stofferne binder sig til kullet overflade. Teknologien bliver benyttet over hele verden, men hovedsageligt til overfladevand. Af den grund mangler der viden om at rense grundvand med aktivt kul.

Formålet med projektet har været at undersøge om aktivt kul kan rense dansk grundvand for BAM og pesticidet atrazin, herunder at bestemme rensningskapaciteten for stofferne. Specielt for BAM er der ingen oplysninger i verdenslitteraturen om aktivt kuls evne til at fjerne stoffet fra vand. Rensningskapaciteten for atrazin er tidligere blevet undersøgt for overfladevand, og har vist sig at være let at fjerne med aktivt kul. Stoffet i sig selv er også relevant for danske forhold, idet det er fundet i nogle boringer. Derfor er stoffet medtaget som reference.

## Hvad er aktivt kul?

Aktivt kul er fremstillet af kul fra organiske materialer som fx tørv, kokosnøddeskaller, træ eller fossilt kul. Kullet bliver aktiveret enten med vanddamp og kuldioxid ved 800-1000 °C eller med kemikalier, hvilket danner et enormt netværk af mikroskopiske porer med et stort overfladeareal. I så lidt som ét gram aktivt kul er arealet 800-1000 m<sup>2</sup>, dvs. lige så stort som en villagrund. Mange organiske forbindelser, især de med lav vandopløse-

lighed, binder sig til overfladen i porerne og fjernes dermed fra vandet.

## Rensningskapacitet

Rensningskapaciteten for aktivt kul udtrykker, hvor mange µg pesticid, der kan fjernes pr. gram aktivt kul, når det rensede vand skal overholde en given grænseværdi. Grænseværdien for pesticider i drikkevand i EU er 0,1 µg/l.

Når forureningsfronten bevæger sig ned gennem aktivt kul kolonnen vil der forekomme tre zoner. Øverst i kolonnen nær indløbet er kullet mættet med pesticid og koncentrationen af pesticid i vandet omkring kullene er lig med indløbskoncentrationen. Nederst i kolonnen er kullet og vandet "rent" og frit for pesticid. Derimellem befinder der sig en overgangszone (massetransportzone), der bevæger sig nedad. Når overgangszonen når udløbet sker der "gennembrud" af forurening. Jo lavere grænseværdien er for pesticidet, jo før sker der gennembrud og jo før skal det aktive kul udskiftes. Derfor er rensningskapaciteten for aktivt kul desto lavere jo lavere grænseværdien for pesticidet er. Dette



Figur 1. Forsøgsanlægget på Hvidovre Vandværk

vil fremgå nedenfor under afsnittet "Resultater".

### Undersøgelse af rensningen i forsøgsanlæg på Hvidovre Vandværk

Tre typer kul og deres evne til at rense grundvandet er blevet undersøgt. Kul typerne adskiller sig ved at være fremstillet af forskellige udgangsmaterialer, nemlig: Stenkul (Chemviron Filtrasorb F400), kokosnøddeskaller (Lurgi, Hydriffin CC 8\*30) og tørv (Norit ROW 0.8).

De tre kul typers evne til at fjerne BAM og atrazin blev undersøgt i et forsøgsanlæg på Hvidovre Vandværk (se Figur 1). Anlægget er bygget op af tre PVC-kolonner med hver sin kul type og en PVC-kolonne med sand som reference-kolonne. Hver kolonne er delt op i tre, hvor hver delkolonne er 32 cm lang med en diameter på 10 cm. Ved at dele kolonnen i tre kan man tage repræsentative prøver tre steder på kolonnen. Koncentrationen af BAM og atrazin blev målt i udløbene fra hver af de tre delkolonner, samt i indløbet til opstillingen hver 14. dag.

### Resultater

#### Rensningskapacitet

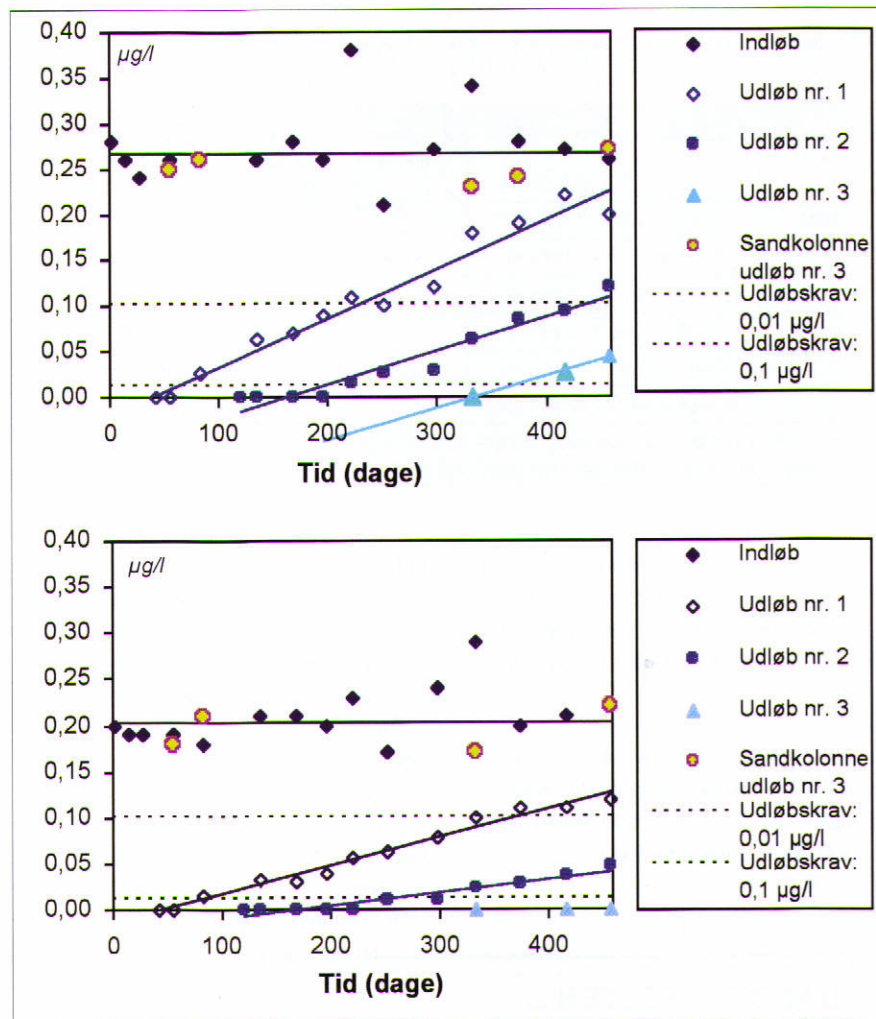
Koncentrationen af BAM og atrazin i udløbene steg meget langsomt i løbet af forsøgsperioden på 459 dage. Koncentrationen af BAM og atrazin (Figur 2). Tabel 1 viser rensningskapaciteter for kul typen fremstillet af stenkul (Chemviron Filtrasorb F400) beregnet ved udløbskrav på 0,01  $\mu\text{g/l}$  og 0,1  $\mu\text{g/l}$ . Sidstnævnte er grænseværdien ifølge drikkevandsbekendtgørelsen. Rensningskapaciteterne beregnet ved udløbskravet på 0,01  $\mu\text{g/l}$  er 1,5 til 3,5 gange mindre end beregnet for det relativt høje udløbskrav på 0,1  $\mu\text{g/l}$ . Ved dimensionering af aktive kul filtre betyder udløbskravet, og dermed grænseværdien, derfor meget.

#### Atrazin og BAM fjernes lige godt i aktivt kul

Ud fra BAM og atrazins fysisk-kemiske egenskaber var det forventet, at det aktive kul ville have nemmere ved at fjerne atrazin end BAM. Undersøgelsen viste dog overraskende, at det aktive kul var nogenlunde lige så godt til at fjerne BAM som til at fjerne atrazin. Det viser, at aktiv kul filtrering er en anvendelig rensningsmetode for selv det meget polære stof BAM.

#### Kul typen har kun lille betydning

Resultaterne fra undersøgelsen viste, at der ikke er særlig stor forskel på de tre kul typers evne til at fjerne BAM og atrazin i prøvean-



**Figur 2.** Koncentration ( $\mu\text{g/l}$ ) af BAM og atrazin i udløbet i forsøgsanlægget på Hvidovre Vandværk med aktivt kul fremstillet af stenkul (Chemviron Filtrasorb F400). Kolonnens samlede længde er 96 cm, og prøvetagningsudløbene er placeret med 32 centimeters mellemrum. Der blev anvendt en sandkolonne som referencekolonne, dvs. en kolonne, hvor der ikke forventedes nogen fjernelse af pesticid ved sorption.

lægget. Det er overraskende set i lyset af, at de tre typer kul er fremstillet af tre vidt forskellige råmaterialer. Kul typen fremstillet af kokosnøddeskaller (Lurgi, Hydriffin CC 8\*30) havde dog en lidt lavere kapacitet for atrazin, end de andre to kul typer (Chemviron Filtrasorb F400 og Norit ROW 0.8).

#### Driftsproblemer - udfældning af jern giver trykproblemer

Under driften af forsøgsanlægget blev der udfældet jernoxider i toppen af de øverste delkolonner, hvorved trykket steg i indløbet til kolonnerne. Udfældningerne forekom, selv om sandfiltreringen på Hvidovre Vandværk overholdt udløbskravet for jern (0,05 mg Fe/l). Ved at skrabe overfladen af kulfilteret kunne man dog let fjerne jernoxiderne. Udfældningerne af jernoxid i kul filtre reducerer dog ikke rensningskapaciteten. For at undgå problemet med tilstopning kan man med

fordel indrette filtrene, så der er adgang til at skrabe jernoxiderne væk fra overfladen af kullene. På den måde kan returskylling af kulfilteret undgås. Returskylling kan nemlig flytte pesticidmættede kulpartikler fra toppen af filteret til bunden af filteret, hvilket gør filteret mindre effektivt.

#### Konklusioner

Målingerne på tre typer aktivt kul viser, at aktivt kul er effektivt til at fjerne nedbrydningsproduktet BAM fra grundvand.

Den målte rensningskapacitet for BAM var i samme størrelsesorden som rensningskapaciteten for atrazin. Det er overraskende, fordi BAM er væsentligt mere polær (hydrofil) end atrazin og BAM skulle derfor binde sig relativt dårligt til organisk materiale. Derfor var det på forhånd ventet, at rensningskapaciteten for BAM ville være væsentligt lavere end for atrazin.

**Tabel 1: Rensningskapaciteter for aktivt kul fremstillet af stenkul (Chemviron Filtrasorb F400) beregnet ved udløbskrav på 0,01 µg/l og 0,1 µg/l. Indløbskoncentrationen var 0,2-0,27 µg/l.**

Stof	Udløb efter	Kapacitet	
		Udløbskonc. 0,01 µg/l (µg/g kul)	Udløbskonc. 0,1 µg/l (µg/g kul)
BAM	Delkolonne 1 (32 cm)	15	53
	Delkolonne 1+2 (64 cm)	31	53
	Delkolonne 1+2+3 (96 cm)	34	53
Atrazin	Delkolonne 1 (32 cm)	17	58
	Delkolonne 1+2 (64 cm)	27	66
	Delkolonne 1+2+3 (96 cm)	-	-
- Kapaciteten kan ikke bestemmes, da der ved forsøgets afslutning ikke var gennembrud af atrazin i udløb 3.			

I undersøgelsen var der kun en lille forskel på, hvor meget BAM og atrazin de tre kultyper kunne fjerne på trods af, at kultyperne er fremstillet af meget forskellige råmaterialer.

### Tak

Forfatterne ønsker at takke Hvidovre Forsyning for deres store velvilje og hjælp under forsøgene. Ligeledes vil vi takke Miljøstyrelsen for delfinansiering af projektet.

### Referencer

- GEUS. 2007. Grundvand. Status og udvikling 1989-2006. [www.grundvandsovergaagning.dk](http://www.grundvandsovergaagning.dk)
- Grundvandsovervågning 2002. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse samt Miljø og Energiministeriet.
- Miljøstyrelsen. 1997. Boringskontrol på vandværker. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 2. Miljø og Energiministeriet.
- Miljøstyrelsen. 1998. Vandrensning ved hjælp af aktiv kulfiltre. Miljøprojekt, 391. Arvin, E., Albrechtsen, H.-J., Arcangeli, J.-P., Boe-Hansen, R., Andersen, J.N.

& Stamer, C. Miljø- og Energiministeriet. København. Miljøstyrelsen. 2002. Miljøstyrelsesprojekt Nr. 732 2002. Pesticider og vandværker. Udredningsprojekt om BAM-forurening. Miljø- og Energiministeriet.

Miljøstyrelsen. 2003. Rensning af grundvand med aktivt kul for BAM og atrazin. Miljøprojekt 859. Liselotte Clausen, Tanja Kagstrup, Tanja Jeannette Christensen, Charlotte Bettina Corfitzen, Hans-Jørgen Albrechtsen og Erik Arvin. Miljø- og Energiministeriet. København.

ERIK ARVIN. Professor i Vandforsyning ved DTU Miljø – Institut for Vand og Miljøteknologi. [era@env.dtu.dk](mailto:era@env.dtu.dk).

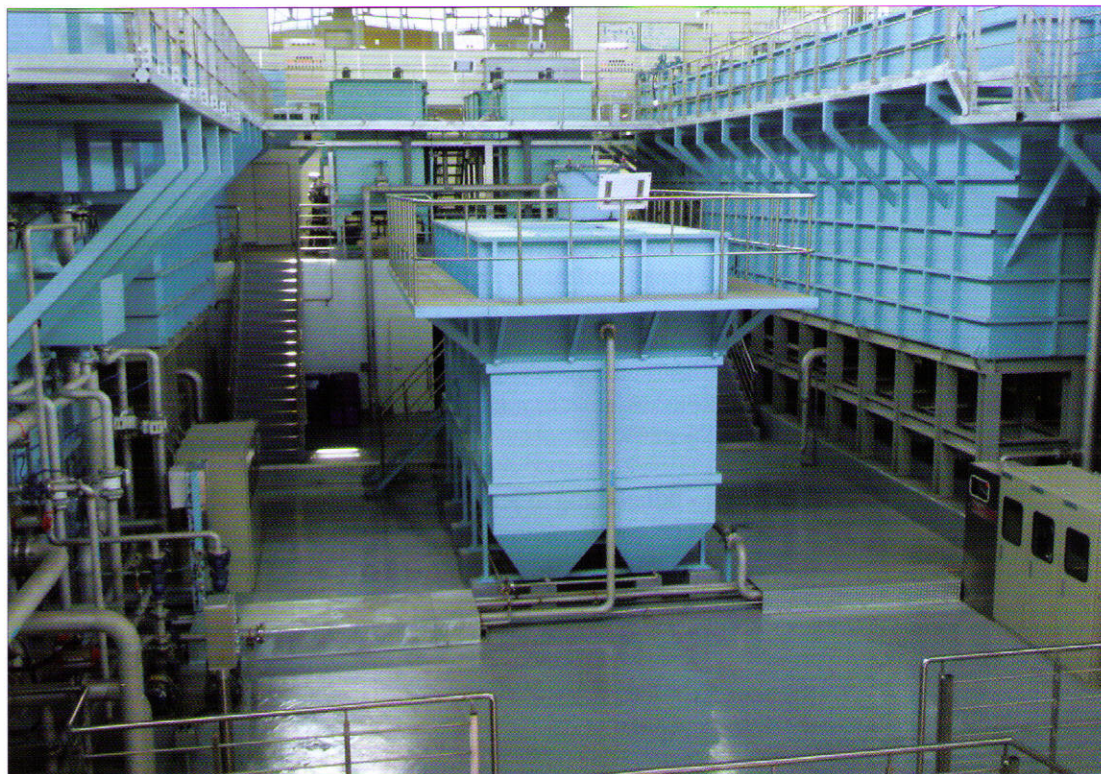
LISELOTTE CLAUSEN. Chefkonsulent i Geoteknologi & Vandressourcer i Rambøll. [lic@ramboll.dk](mailto:lic@ramboll.dk).

TANJA KAGSTRUP og TANJA JEANNETTE CHRISTENSEN er civilingeniører og kandidater fra DTU Miljø.

CHARLOTTE BETTINA CORFITZEN. Postdoc ved DTU Miljø – Institut for Vand og Miljøteknologi. [cbc@env.dtu.dk](mailto:cbc@env.dtu.dk).

HANS-JØRGEN ALBRECHTSEN. Professor i Public Health Engineering ved DTU Miljø – Institut for Vand og Miljøteknologi. [hja@env.dtu.dk](mailto:hja@env.dtu.dk)

## AQUAFOTO I FELTEN ...



Pilotanlæg til forsøg med forskellige former for drikkevandsbehandling, blandt andet aktiv-kul der kan bruges til at rense drikkevand for BAM (se artiklen i dette nummer af Vand & Jord). Anlægget er fra Daejeon i Korea og er nok verdens største pilotanlæg til drikkevandsbehandling. Korea har med sin stærkt voksende befolkning stigende behov for mere vand til vandforsyningen. Vandressourcerne bliver derfor af stadig dårligere kvalitet med efterfølgende stadig større krav til rensning. Foto: Aquafoto, Korea