



**Biosensorer belyser metaller biologiske tilgængelighed i vand og jord
kobber, nikkel og arsen truer grundvandskvaliteten**

Brandt, Kristian Koefoed; Holm, Peter Englund; Nybroe, Ole

Published in:
Dansk Kemi

Publication date:
2009

Document version
Også kaldet Forlagets PDF

Citation for published version (APA):

Brandt, K. K., Holm, P. E., & Nybroe, O. (2009). Biosensorer belyser metaller biologiske tilgængelighed i vand og jord: kobber, nikkel og arsen truer grundvandskvaliteten. *Dansk Kemi*, 90(6-7), 13-15.

ViVa ("Viden om Vand") er et strategisk forskningsinitiativ ved LIFE, KU.
Læs mere om ViVa i Dansk Kemi nr. 3, side 10 og på hjemmesiden www.viva.life.ku.dk.

Biosensorer belyser metaller biologiske tilgængelighed i vand og jord

Kobber, nikkel og arsen truer grundvandskvaliteten

Af Kristian K. Brandt¹, Peter E. Holm² & Ole Nybroe¹, ViVa/Institut for Jordbrug og Økologi¹, ViVa/Institut for Grundvidenskab og Miljø², LIFE, KU

Kobber, nikkel og arsen repræsenterer på hver deres måde trusler for vores grundvandsressourcer. For høje koncentrationer af nikkel og arsen er allerede i dag blandt de hyppigste årsager til lukning af



Forsøgsmark i Mekong Deltaet i Sydvietnam. Biosensorer har et stort potentiale for anvendelse i ulande og anvendes konkret i et DANIDA forskningsprojekt til monitorering af biotilgængelige tungmetaller og plantenæringsstoffer i jorder anvendt til risdyrkning.

grundvandsboringer. Kobber påvirker grundvandskvaliteten indirekte. Det giftige metal ophobes i danske landbrugsjorder, der modtager svinegylle. Giftvirkningen kan på sigt begrænse jordbundens filterfunktion, der beskytter grundvandet mod forurening med nedsivende pesticidrester og andre miljøfremmede stoffer. Desuden viser nye resultater fra vores laboratorier, at kobber fremmer antibiotika-resistens i jordbakterier, hvilket fører til en øget risiko for spredning af nye former for resistens fra jord til dyr og mennesker via drikkevand eller fødekæden.

Selvlysende gensplejsede bakterier måler metaller biologiske tilgængelighed

Ofte er kun en meget begrænset del af metaller i vand og jord biologisk tilgængeligt (biotilgængeligt) og dermed i stand til at

BROEN REDLINE

- nødbrusere iht. EN-norm 15154 - 1&2



Rekvirer ny REDLINE brochure hos BROEN

- ✓ Mangeårig erfaring med professionelle nødbruserløsninger i ind- og udland
- ✓ Nye fleksible løsninger giver nem og hurtig montage
- ✓ Skaber sikkerhed på arbejdspladsen
- ✓ I henhold til EN-norm 15154 - 1&2
- ✓ Unik kombination af kvalitet og design

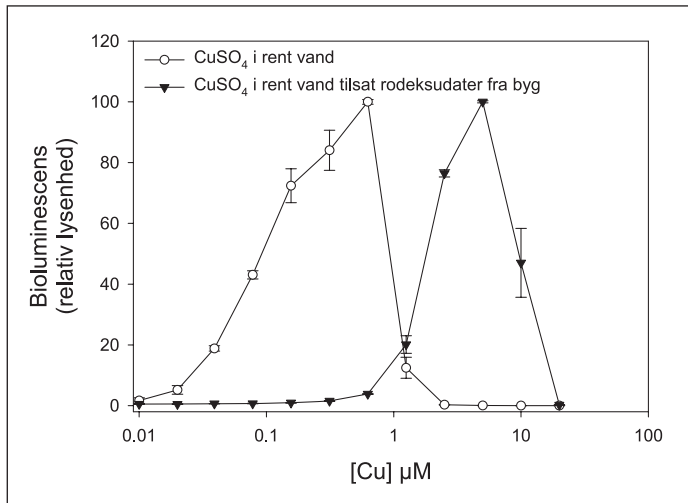
BROEN

for the Professional user

BROEN LAB GROUP · Skovvej 30 · DK-5610 Assens · Tlf. 64 71 20 95 · Fax 64 71 24 76 · E-mail: lab@broen.com

www.broen.com

AI International
Association



Figur 1. Biosensor-respons på stigende koncentration af kobbersulfat i rent vand (standardkurve) og i rent vand tilsat planterodeksudater (organiske stoffer, der lækker fra rod til den omkringliggende jord). Læg mærke til, at der skal mere kobber til at inducere biosensoren ved tilstedeværelse af rodeksudater, hvilket viser, at biotilgængeligheden af kobber er kraftigt reduceret.

påvirke levende organismer. Der er derfor behov for nye sensor-teknologier, der specifikt kan måle biotilgængelige koncentrationer af metaller. På LIFE arbejder vi i en række forskningsprojekter med såkaldte helcelle bakterie biosensorer, der tillader hurtigt, følsom og billig måling af biotilgængelige metaller i jord og vand.

Biosensorerne konstrueres ved at gensplejse luciferase gener fra naturligt lysende (bioluminescerende) bakterier ind i arvematerialet (DNA) af en ny værtsbakterie. Konstruktionen sker på en "snedig" måde, så de indsatte gener kun aktiveres ved tilstedeværelse af de metaller, som man vil analysere for. Luciferase er et enzym, der katalyserer lysudsendelse, og den ny

Faktaboks

Den beskrevne forskning finansieres som tre delprojekter i forbindelse med tre større forskningsprojekter:

CREAM: "Center for Environmental and Agricultural Microbiology" finansieret af Villum Kann Rasmussen Fondet (www.cream.life.ku.dk).

SENSOWAQ: "Sensors for monitoring and control of water quality" finansieret af Det Strategiske Forskningsråd (www.sensowaq.dk). Et nystartet delprojekt går ud på at optimere nikkel/arsen-biosensorer til tidlig varsling af nikkel/arsenforurening i drikkevandsforsyningen.

Ulandsprojektet "Integrated disease and nutrient management in intensive rice production systems in Vietnam – a systems approach for sustainable integrated crop management" finansieret af DANIDA.

gensplejse biosensor-bakterie vil udsende mere og mere lys ved stigende mængde af biotilgængeligt metal, indtil metallet bliver giftigt for bakterien. Figur 1 viser et eksempel på en kobber-specifik biosensor konstrueret i den almindelige jordbakterie *Pseudomonas fluorescens*, som er model for vores biosensor-baserede forskningskoncept.

Ved at sammenholde biosensor-data (bioluminescens) med avancerede målinger og modellering af kobbers kemiske speciering (figur 2) kan man opnå ny viden om størrelsen af den biologisk tilgængelige kobberfraktion i en vand/jord-prøve. Man kan tillige få information om hvilke kemiske kobberforbindelser, der er biotilgængelige.

Vores forskning har bl.a. demonstreret, at gylletilsætning til jord kortvarigt forøger kobbers biotilgængelighed. Resultatet

Grundvand under skove

Grundvandet under skove er af god kvalitet – forhøjet nitratindhold ses dog ved belastning fra intensivt husdyrhold

Af K. Raulund-Rasmussen og P. Gundersen, ViVa/Skov & Landskab, LIFE, KU

Der er udført ganske mange undersøgelser af det vand som forlader rodzonen under skove, og hvoraf en del siden hen bliver til grundvand. Generelt er det nedsivende vand af meget god kvalitet – i hvert fald hvis det sammenlignes med landbrug. Det skyldes først og fremmest, at der stort set ikke gødskes i skovene, ligesom pesticidanvendelsen er meget begrænset. Ifølge grundvandsudnyttelse er det derfor oplagt at se nærmere på skove, ikke mindst fordi skovene sædvanligvis er en sikret arealanvendelse og derfor garanterer uforstyrret udnyttelse gennem længere tidsrum.

Nitrat og cadmium i grundvand

De fleste undersøgelser af det nedsivende vand indeholder data

Figur 1. Som billedet viser, kan udnyttelse af grundvand fra skove være problematisk. Skoven her er anlagt på grundvandsnær jord, og udnyttelsen har sænket grundvandsstanden. Det har medført en omsætning af det organiske materiale, hvilket har blottet rødderne.



udfordrer det etablerede paradigme, at organiske kobberkomplekser i jord ikke er biotilgængelige. Denne nye viden er vigtig for vores evne til at udarbejde modeller af, hvordan kobber påvirker jordens mikroorganismer og dermed den filterfunktion, der beskytter vores grundvand mod forurening.

E-mail-adresser:

Kristian K. Brandt: kkb@life.ku.dk

Peter E. Holm: peho@life.ku.dk

Ole Nybroe: oln@life.ku.dk

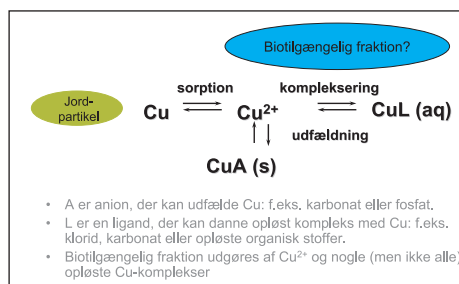
Kilder

Berg J., Tom-Petersen A. & Nybroe O. (2005). Copper amendment to agricultural soil selects for bacterial antibiotic resistance in the field. *Letters in Applied Microbiology* 40: 146-151.

Brandt K.K., Holm P.E. & Nybroe O. (2006). Bioavailability and toxicity of soil particle-associated copper as determined by two *Pseudomonas fluorescens* biosensor strains. *Environmental Toxicology and Chemistry* 25: 1738-1741.

Brandt K.K., Holm P.E. & Nybroe O. (2008). Evidence for bioavailable Cu-dissolved organic matter complexes and transiently increased Cu bioavailability in manure-amended soils as determined by bioluminescent bacterial biosensors. *Environmental Science & Technology* 42: 3102-3108.

Nybroe O., Brandt K.K., Ibrahim Y.M., Tom-Petersen A., & Holm P.E. (2008). Differential bioavailability of copper complexes to bioluminescent *Pseudomonas fluorescens* reporter strains. *Environmental Toxicology and Chemistry* 27: 2246-2252.



Figur 2. Kobberspeciering og biotilgængelighed. Kobber kan findes som mange forskellige kemiske former, hvoraf den frie kobberion (Cu²⁺) med sikkerhed vides at være biotilgængelig. Vores forskning baseret på biosensorer viser imidlertid, at også visse organiske Cu-komplekser i gylle og jord er biotilgængelige, og at disse komplekser udgør hovedparten af den biotilgængelige kobberpulje.

på nitratindholdet. Den omfattende kvadratnetundersøgelse [1] viste en balanceret middelværdi på kun 5 mg nitrat pr. liter i skovpunkterne, og at ca. 90% af disse punkter kunne overholde maksimumgrænsen på 50 mg nitrat pr. liter. Det er først og fremmest deposition af nitrogen fra omgivelserne, som giver anledning til forhøjede værdier. Skovens bindingspotentiale reduceres nemlig med stigende tilførsel. Som indikator kan anvendes skovjordens forhold mellem carbon og nitrogen (C/N-forholdet). Når denne kommer under 25 vil en betydelig del af overskuddet i økosystemets udvaskes til grundvandet [2] (figur 2). Generelt er der en nettotilførsel til danske skove.

Det nedsivende vand fra skove er moderat surt med pH mellem 4 og 5. Det skyldes såvel naturlige forsureningsmekanismer, som den antropogene tilførsel af syre pga. luftforurening. Luftforureningen med svovl har gennem de sidste godt 20 år været faldende, hvorimod belastningen med nitrogen, der efter oxidation giver salpetersyre, stort set er konstant. Den lave pH er baggrunden for en hypotese om mulig mobilisering af



Brug flydende nitrogen til nedfrysning og opbevaring af biologisk materiale

- det er både sikkert og økonomisk

- Kan du kontrollere din indfrysning?
- Er din fryser sårbar over for svigt i energitilførsel?
- Er den isoleret, så temperaturen ikke stiger hurtigt?
- Er din backup både sikker og økonomisk?

Nedfrysning af biologisk materiale til kryogen tilstand (< -150°C), skal kontrolleres nøje for at minimere risikoen for sprængning af celled materialet på grund af krystaller. De eneste fryserne, der kan netop dette, og som samtidig er energioekonomiske, er de nyeste nitrogenfryserne. Ring til **Gunnar Askland** hos AGA på 32 83 65 80 og hør mere.

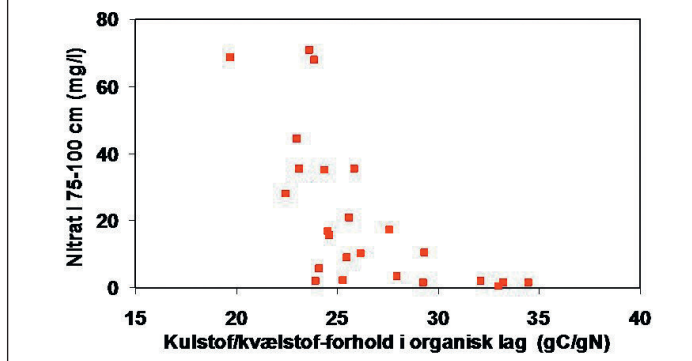


AGA - ideas become solutions

www.aga.dk

Linde Gas } **AGA**

C/N regulerer udvaskningen



Figur 2. C/N-forholdet er en god indikator for nitratudvaskning fra skove. Når det falder til under 25, f.eks. som følge af luftforurening, øges koncentrationen af nitrat i det nedsivende vand.

tungmetaller. Det drejer sig først og fremmest om cadmium i forbindelse med skovrejsning på tidligere landbrugsjord, der på grund af gødsning og kalkning igennem mange år har fået tilført cadmium [3]. Selvom modelberegninger og forsøg viser, at der vil mobiliseres cadmium ved faldende pH, er der ikke generelt konstateret cadmium i vores grundvand. Surt grundvand indeholder derimod opløst aluminium som kan nødvendiggøre en fældning på vandværket.

E-mail-adresser

K. Raulund-Rasmussen: krr@life.ku.dk

P. Gundersen: pgu@life.ku.dk

Referencer

1. Stikprøvebaseret sampling i et 7 gange 7 km net fra 1986 til 1993, i alt 111 skovdækkede punkter. Beskrevet af Callesen, I., Raulund-Rasmussen, K., Gundersen, P. & Stryhn, H. 1999. Nitrate concentrations in soil solutions below Danish forests. *Forest Ecology and Management*, 114, 71-82.
2. Gundersen, P., Schmidt, I.K. & Raulund-Rasmussen, K. 2006. Leaching of nitrate from temperate forests - effects of air pollution and forest management. *Environmental Reviews*, 14, 1-57.
3. Andersen, M.K., Hansen, H.C.B., & Raulund-Rasmussen, K. 2002. Skovrejsning og cadmiumudvaskning. *Vand og Jord* 9, 103-106

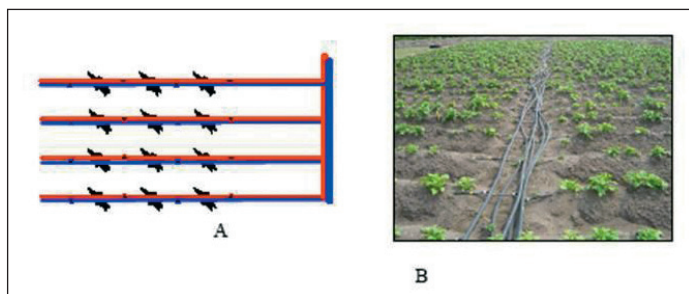
Sikker fødevarerproduktion med lavkvalitetsvand og forbedrede vandingssystemer

Kunstvanding kan mindskes uden tab af produktivitet

Af Chr. R. Jensen, Anders Dalsgaard, Fulai Liu, Søren Hansen og Sven-Erik Jacobsen, ViVa/Institut for Jordbrug og Økologi, Institut for Sygdomsbiologi, LIFE, KU og Finn Plauborg, Mathias N. Andersen, DJF, Århus Universitet

På globalt plan står vanding i landbrugsproduktionen for det største forbrug af ferskvand. På verdensplan bruges 70% af alt vand i landbruget, og i visse udviklingslande er tallet helt oppe på 95%.

Allerede offentliggjorte analyser fra EU-projektet SAFIR tyder på, at en vandbesparelse på mellem 25 og 30% til vanding af kartofler og tomater er mulig uden tab af produktivitet. Lettere rensset spildevand kan uden risiko bruges i vandingssystemer udlagt lige under jordoverfladen.



Drypslanger i kartoffelkamme for vandbesparende alternerende vanding. Ugentlig alterneres vandingstedet mellem den ene og den anden side af kartoffelplanten ved at vande enten gennem den blå eller den røde slange (A).

Flere af resultaterne fra SAFIR bliver nu anvendt i andre afgrøder i et nyt EU-projekt, SWUP-MED (Sustainable water use securing food production in dry areas of the Mediterranean region). Ved at adressere både fødevarerens kvalitet og –sikkerhed og den øgede konkurrence om rent vand bidrager projekterne til løsninger på de udfordringer, som det høje vandforbrug i landbruget giver. Den store udfordring i de kommende år bliver at producere sikre og gode fødevarer, samtidig med at trykket mindskes på naturen og de akvatiske økosystemer – som ofte allerede er forurenede. De to udfordringer hænger nøje sammen, da de fleste grøntsager produceres med vand fra disse forurenede økosystemer.

For at sikre både fødevarernes kvalitet og sikkerhed kombinerer SAFIR state-of-the-art vandrensningsteknologi med højefektive vandingssystemer. De nye vandingssystemer består af både højteknologiske og lavteknologiske løsninger, der forsyner drypslanger udlagt på overfladen og i jorden lige under jordoverfladen med lettere rensset spildevand.

Ved at inddrage risikovurdering, "farm management" og økonomiske modeller skabes ny indsigt og helt nye og intelligente værktøjer til effektiv og sikker brug og genbrug af lavkvalitetsvand.

SAFIR's resultater søges nu derudover anvendt i Vestafrika, hvor det er hensigten at opbygge viden og kapacitet for at fremme bynær grøntsagsproduktion og forbedre levestandarden.

Faktaboks: SAFIR og SWUP-MED

- Formålet med SAFIR er at udvikle nye vandingstrategier, udvikle viden om spildevand til vanding af fødevarer og udvikle modellerne for risikovurdering og økonomi. I SWUP-MED inddrages også nye sorter og arter, herunder quinoa, som er modstandsdygtige mod saltoverskud og tørke.
- Det Biovidenskabelige Fakultet ved Københavns Universitet og DJF ved Århus Universitet er de største partnere i SAFIR og SWUP-MED.
- I SAFIR og SWUP-MED deltager forskere inden for mange forskellige fagområder, bl.a. fødevareeksperter, ingeniører, agronomer og økonomer. Forskerne kommer fra forskningsinstitutioner og private virksomheder i Europa, Israel, Kina, Tyrkiet, Marokko og Ægypten.
- SAFIR finansieres i perioden 2005-2009 af temaområdet Food Quality and Safety under EU's FP6. SWUP-MED finansieres under EU's FP7 2009-2013.
- For mere information er du velkommen på SAFIR's hjemmeside: www.SAFIR4EU.org og SWUP-MED's hjemmeside: www.SWUP-MED.dk

E-mail-adresser

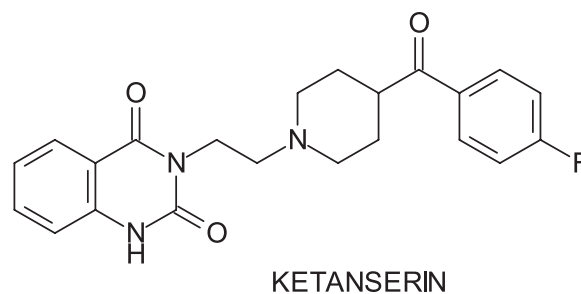
Chr. R. Jensen: crj@life.ku.dk
 Anders Dalsgaard: ad@life.ku.dk
 Fulai Liu: fl@life.ku.dk
 Søren Hansen: sha@life.ku.dk
 Sven-Erik Jacobsen: seja@life.ku.dk
 Finn Plauborg: Finn.plauborg@agrsci.dk
 Mathias N.Andersen: MathiasN.Andersen@agrsci.dk

Nyt om...

... Beroligende medicin til græshopper

Græshoppesværme er et stort problem mange steder i verden. Man har fundet, at græshopper sværmer, når deres serotonin-

niveau bliver for højt, og deres tendens til at sværme falder, hvis de bliver behandlet med en serotoninantagonist ketanserin. Græshopperne bliver ophidsede, når de ser for mange artsfæller og skifter dels farve fra grøn til sort, og giver sig dels til at sværme, samtidig med at deres



serotoninniveau stiger. Man håber at kunne udnytte denne opdagelse i bekæmpelsen af græshoppesværme.

Carl Th.

Serotonin Mediates Behavioral Gregarization Underlying Swarm Formation in Desert Locust *Science*, **223**, 2009, side 627.

Koncentration, farve, turbiditet**In-line fotometre**

Væskeanalyse baseret på måling af lysabsorption med synligt lys, infrarødt lys og ultraviolet lys, samt måling af lysreflektion.

Anvendes typisk til overvågning, optimering og kontrol af kromatografianlæg, fermentorer, centrifuger, klaringsanlæg, filtre og membranfiltre.



Digital transmitter med selvcheck for systemfejl og menubaseret kalibrering med EasyCal™.

Bygstubben 6 | 2950 Vedbæk
 Telefon: +45 39 903 905 | www.contech.dk

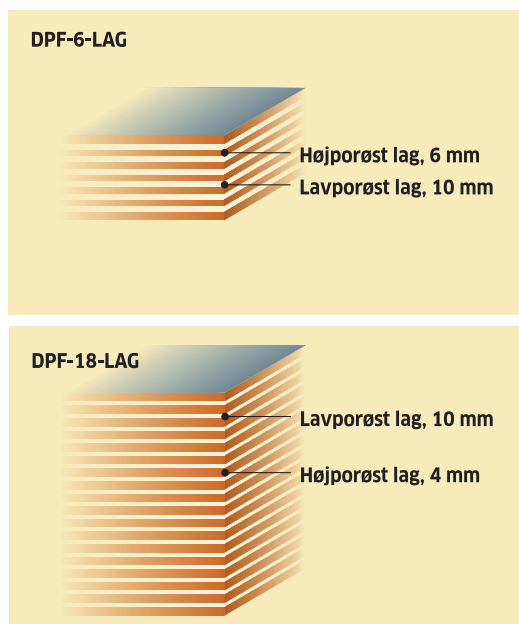
CONTECH
 INSTRUMENTERING

Vandrensning i byen

Dobbeltporøs teknik renser regnvand i Ørestaden

Af Marina Bergen Jensen, ViVa/Skov & Landskab, LIFE, KU

Dobbeltporøs filtrering (DPF) er en ny teknologi til vandrensning. DPF fjerner både opløste forureninger og finpartikulært materiale. Teknikken er velegnet til rensning af vand med en bred og variabel forureningsprofil og forventes at blive brugt til rensning af regnvand i byerne. Et dobbeltporøst filter er et filter med to porøsiteter, en høj og en lav. Vandet strømmer frit i det i højporøse lag og afsætter un-



Figur 1. Et DPF bestående af hhv. 6 og 18 enheder over hinanden.

Faktaboks: Dobbelt porøs filtrering i Ørestad

- Siden 2006 har DPF-teknologien været afprøvet i et pilotanlæg i Ørestad, under planen i Byparken. Det er vejvand, der kommer til filteret efter at have passeret olieudskillere og sandfang.
- I pilotanlægget afprøves to versioner af det dobbelt porøse filter: DPF-18, der består af 18 enheder, og DPF-6, der består af 6 enheder. Begge versioner er 3,6 m brede og 50 m lange. DPF-18 er 25 cm højt. DPF-6 er 10 cm højt.
- Filtermaterialet i de lavporøse lag er kalkkorn fra Faxe Kalkbrud, af typen hård bryozokalk, som også bruges ved iltning af grundvand på vandværker. Kalken pakkes med en hulrumsprocent på 50, dvs. at ca. halvdelen af volumen er i de lavporøse lag står til rådighed for akkumulering af partikler.
- Udløbskoncentrationer af suspenderet stof, som indeholder zink, bly og fosfor overholder for begge pilotversioner kravene fra Københavns Kommune. For kobber og krom ligger de gennemsnitlige koncentrationer fra DPF-6 lidt over, mens de i DPF-18 tangerer kravene. Der kører i øjeblikket forsøg med at coate kalkkornene med humus og jern, der forventes at øge tilbageholdelsen af kobber og krom, og sikre fjernelsen af organiske, miljøfremmede forbindelser, bl.a. PAH'er



Figur 2. Her ses DPF-18 og DPF-6 i prøveanlægget i Ørestad – begge er indpakket i en PE-membran.

dervejs sit indhold af forurening til det underliggende lavporøse lag. En enhed DPF består således af et højporøst og et lavporøst lag, hvor det lavporøse lag fyldes med et materiale, så både partikulære og opløste forureninger kan tilbageholdes.

Vandet renses ved sedimentation (bundfældning) og adsorption (hæftning). Partikler sedimenterer fra det højporøse lag ned i det lavporøse lag og lejrer sig mellem filtermaterialet, som derfor skal have en vis hulrumskapacitet. Opløste forureninger adsorberer til overfladen af filtermaterialet og til akkumuleret sediment.

Graden af rensning øges med filterets længde, dvs. jo længere filter, desto renere vand.

Efter hvert regnskyl dræner filteret af, og den luft der dermed trækkes ind i filteret fremmer biologisk omsætning af det opsamlede organiske materiale.

Et DPF vil typisk bestå af flere dobbeltporøse enheder over hinanden. På figur 1 er vist PDF med hhv. 6 og 18 enheder.

På baggrund af de opnåede resultater har Miljøministeriet, Københavns Energi og By & Havn bevilget midler til udvikling af et DPF-konstruktionsmodul, egnet til industriel fremstilling. Denne produktmodning gennemføres 2009.

Der er en række fordele ved DPF:

- Samtidig fjernelse af både opløst og partikelbåren forurening.
- Lavt energiforbrug – en pumpe vil typisk være nødvendig for at føre det rensede vand videre i systemet.
- Ingen brug af kemikalier – ingen fældningsmidler eller flokkuleringsmidler.
- Partikler akkumuleres kun i det lavporøse lag, og den høje hydrauliske kapacitet opretholdes, hvilket nedsætter tendensen til at filteret tilstoppes.
- Den hydrauliske kapacitet kan øges ved at stable flere DPF-enheder oven på hinanden.
- Filteret tillader flersidig brug af det beslaglagte areal, da filteret kan placeres under jorden eller indbygges i byinventar.
- Ingen risiko for at mennesker eller dyr kommer i kontakt med den akkumulerede forurening.
- DPF virker fra første sekund vandet ankommer, og rensegraden er uafhængig af årstid.

Hent afprøvningsrapport her:

http://www.sl.ku.dk/upload/basis_rapport_event_samlet.pdf

E-mail-adresse

Marina Bergen Jensen: mbj@life.dk.dk