

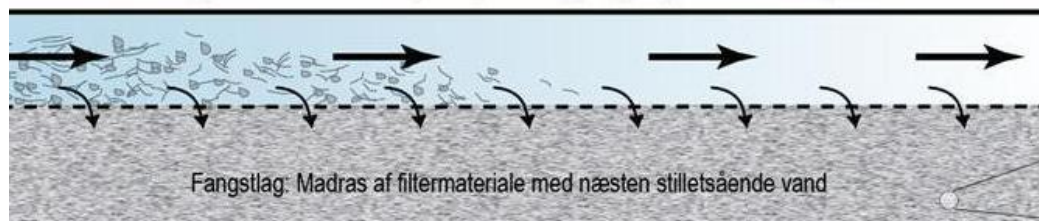
<b>Teknologi:</b> Dobbeltporøs filtrering®	
<b>Produkt navn og type:</b>	Dobbeltporøst filter, opbygget af DPF-regnvandskassetter. Filtermateriale: kalk og okker.
<b>Hvilke parametre kan der renses for, hvilke vandtyper og hvad sker der med vandet efter rensning?</b>	<p>DPF er udviklet til at fjerne suspenderet stof og opløste forureninger i vejvand, under bevarelse af vandvolumenet. Suspenderet stof fjernes ned til kolloidfraktionen (alle partikler større end 1-2 µm fjernes). Der er desuden omfattende dokumentation for fjernelse af en række tungmetaller og Total-P, samt betydelig dokumentation for fjernelse af organiske mikroforureninger, herunder PAH'er, pesticider og blødgørere.</p> <p>Udover vejvand forventes teknologien at kunne rense blandet tag- og vejvand, vand fra overløbsbygværker, søvand, samt visse typer industrielt spildevand og gråvand fra husholdninger.</p> <p>Vandvolumenet bevares 100 %. Efter rensning kan vandet enten udledes til en recipient, eller bruges til forsyningsformål. I København er teknikken godkendt til rensning af vejvand, før forsyning af Ørestads kanalsystem. I København forventes teknikken også at kunne bruges til rensning af vejvand før udledning til Harrestrup Å, der er målsat med høj økologisk standard. I Århus køres forsøg med at nedsivning af blandet tag- og vejvand i OSD-indvindingsopland, efter rensning i DPF. I samarbejde med Sofiebadet køres forsøg med rensning af tagvand til badevandskvalitet, og gråvand til toiletskyl og tøjvask. Naturstyrelsen anbefaler teknikken ved nedsivning af vejvand hvor grundvandsressourcen er sårbar (1).</p>
<b>Leverandør</b>	Wavin forventes at være leverandør, samt at anvise opbygning. Dimensionering og sammenkobling med afvandingsystem kan foretages af ingeniørrådgiver. Rambøll og Orbicon har erfaring. KU kan bidrage med tilpasning ved levering af renseløsninger for andre typer vand (dvs. andet end vejvand og blandet tag- og vejvand).
<b>Anlægs- og procesbeskrivelse</b> <b>(husk flowdiagram og procesdiagram)</b>	<p>Anlægget opbygges af DPF-lamelplader (L: 1 m, B: 0,5 m, H: 0,2 m), der leveres i en kassette bestående af 10 DPF-plader. Filteret består af et 20 m langt forfilter efterfulgt af et 40 m langt hovedfilter. Forfilteret skal spules for sediment 1-2 gang pr. år. Hovedfilteret indeholder filtermateriale, og skal regenereres efter 15-20 år. Anlægget kan opbygges som en lineær struktur (60 m langt), eller som en Z-struktur (20 m langt).</p> <p>Vandet modtages i en DPF-indløbsbrønd og løber herfra direkte ind i forfilteret. Overgangen fra forfilter til hovedfilter sker via brønd. Fra hovedfilteret udledes vandet via udløbsbrønd. Anlægget placeres vandret. Efter hver regn dræner anlægget af, og beluftes derved. Anlægget kan placeres på jorden, under jorden, eller indbygges under en sti, en plads, en bænk, eller lignende.</p>

Flowdiagram fra anlæg i Mårslet ve d Århus. Blandet tag- og vejvand renses i et Z-DPF anlæg før det infiltreres. I dette anlæg pumpes vand direkte fra regnvandsledningen ind i indløbsbrønd. I anlægget i Krogebjergparken i København forsinkes vandet i et græs bassin før rensning. (Skitse ikke i korrekt målestok).



Foto fra opbygning i Mårslet. Øverst ses forfilter uden kalk, nederst hovedfilter med kalkfyldte kassetter. Blå boks er vendekassette for hovedfilter.

Renseprocessen er baseret på sedimentation, sorption og nedbrydning. Partikler sedimenterer til det stillestående vand mellem lameller. Dette sker primært i forfilteret. Sorption af opløste forureninger foregår til filtermateriale. Dette sker primært i hovedfilteret. Desuden foregår mikrobiel nedbrydning. Dette sker især i tørvejrperioden efter nedbør, hvor filtermaterialet er fugtigt og ilt-holdigt. Det smarte ved DPF er at forureningen opsamles et andet sted end der hvor vandet strømmer. På den måde undgås tilstopning. Der benyttes således ingen kemikalier i renseprocessen, men mineralet kalk, og restproduktet okkerslam fra vandværk. Vandet drives af tyngdekraften gennem filteret, så ingen pumpe er nødvendig, hvis der kan skabes et naturligt terrænfald. Den nødvendige gradient er ca. 1 %, dvs. 60 cm fald over et 60 m langt filter, og vandet kræver blot en gradient på 10 promille for at kunne løbe af sig selv gennem filteret.



Procesdiagram: Det beskidte vand strømmer i et tyndt lag hen over fangslaget, der enten indeholder stillestående vand (forfilter), eller filtermateriale (hovedfilter). Partikler fjernes ved sedimentation, mens opløste forureninger fanges ved sorption.

#### Drift- og vedligehold

Driften af forfilteret forventes at bestå af spuling 1-2 gange om året. Enten på tværs af filteret via spule- og opsamlingsrender, eller på langs via opsamling i brønd. Samtidig efterses ind- og udløb. Sedimentet håndteres som sediment fra regnvandsbassiner. Drift af hovedfilter består af udskiftning af filtermateriale (kalk, okker) hvert 15. – 20. år. Okker-kalken kan evt. regenereres, ellers håndteres det som sediment fra regnvandsbassiner. Levetiden på ind- og udløbsbrønde, samt DPF-regnvandskassetter er som for øvrige regnvandskassetter. Det vil sige mange år, hvis materialet ikke udsættes for sollys.

#### Forureningskomponenter og renseseffektivitet

DPF-teknologien er testet i et pilotanlæg i Ørestad for rensning af vejvand før udledning til Ørestads kanalsystem. Vejvandet har passeret ordinært sand- og oliefang før DPF-rensning. Der er analyseret 25 regnhændelser ved brug af kalk som filtermateriale og yderligere 17 hændelser ved brug af kalk og okkerkalk som filtermateriale. I pilotanlægget blev der afprøvet to forskellige opbygninger af DPF; begge 50 m lange, men med enten 6 dobbeltporøse strømningsslag (6 mm strømningsspalte, 10 mm fangstlag), eller 18 dobbeltporøse strømningsslag (4 mm strømningsspalte, 10 mm fangstlag), begge dimensioneret til 2,5 L/s. 18-lags versionen gav de bedste resultater takket være længere opholdstid og kortere faldhøjde (4 mm sammenlignet med 6 mm), men ifølge miljømyndighederne er vandkvaliteten efter 6-lag versionen acceptabel for udledning. Ilstrækkeligt god vandkvalitet vises resultater herfra (tabel). Det ses, at DPF effektivt fjerner suspenderet stof (SS), zink, bly og fosfor. For kobber og krom ligger koncentrationer i udløb tæt på kravet. Det er dokumenteret at renseseffekten over for kobber og krom kan forbedres ved coating af kalkkorn med okker.

	<p><i>Tabel 1: DPF Renseeffektivt</i>  <i>Totale koncentrationer af udvalgte stoffer som gennemsnit af 25 renehændelser (hver hændelse kan bestå af flere nedbør). Rensekrav er fastsat af Københavns Kommune for anvendelse af rensed vejvand i Ørestads kanaler. SS = suspenderet stof. 25 regnhændelser. Kalk som filtermaterialer.</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>SS mg/L</th> <th>Zink µg/L</th> <th>Kobber µg/L</th> <th>Krom µg/L</th> <th>Bly µg/L</th> <th>Fosfor µg/L</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Rensekrav (Ørestad)</td> <td>25</td> <td>110</td> <td>12</td> <td>10</td> <td>3,2</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Indløb (Vejvand)</td> <td>123</td> <td>98</td> <td>25</td> <td>18</td> <td>9</td> <td>178</td> </tr> <tr> <td>Udløb (DPF-6-Lag)</td> <td>10,5</td> <td>29,5</td> <td>12,2</td> <td>10,9</td> <td>1</td> <td>47,4</td> </tr> <tr> <td>Udløb (DPF-18-Lag)</td> <td>1,4</td> <td>12</td> <td>9,6</td> <td>10,0</td> <td>0,2</td> <td>39</td> </tr> <tr> <td>Renseeffekt (%)</td> <td>91,5</td> <td>70</td> <td>50,6</td> <td>40,5</td> <td>88,1</td> <td>73,3</td> </tr> </tbody> </table>		SS mg/L	Zink µg/L	Kobber µg/L	Krom µg/L	Bly µg/L	Fosfor µg/L	Rensekrav (Ørestad)	25	110	12	10	3,2	100	Indløb (Vejvand)	123	98	25	18	9	178	Udløb (DPF-6-Lag)	10,5	29,5	12,2	10,9	1	47,4	Udløb (DPF-18-Lag)	1,4	12	9,6	10,0	0,2	39	Renseeffekt (%)	91,5	70	50,6	40,5	88,1	73,3
	SS mg/L	Zink µg/L	Kobber µg/L	Krom µg/L	Bly µg/L	Fosfor µg/L																																					
Rensekrav (Ørestad)	25	110	12	10	3,2	100																																					
Indløb (Vejvand)	123	98	25	18	9	178																																					
Udløb (DPF-6-Lag)	10,5	29,5	12,2	10,9	1	47,4																																					
Udløb (DPF-18-Lag)	1,4	12	9,6	10,0	0,2	39																																					
Renseeffekt (%)	91,5	70	50,6	40,5	88,1	73,3																																					
<b>Kapacitet og pladsbehov</b>	<p>Hydraulisk: Mindste dimensionering (60 kassetter i serie) har en renskapacitet på 0,5 L/s. Maks. kapacitet ved Ø1000 ind- og udløbsbrønd er 1,5 L/s.</p> <p>Energi pr. m<sup>3</sup> rensed vand: 0, hvis der er et terrænfald at arbejde med. Dette er tilfældet i Krogebjerg-anlægget. Ellers skal der en pumpe til at løfte vandet til indløbsbrønden.</p> <p>Filterets kapacitet vokser med antallet af lag, og disses bredde. Der anvendes ca. 10 m indløbsspalte (20 DPF-lamelplader, eller 2 DPF-kassetter) pr. L/s. Graden af rensning vokser med vandets opholdstid, hvilket vil sige at rensgraden stiger med filterets længde ved en given bredde, højde, og strømningshastighed (gradient). En længde på 20 m forfilter og 40 m hovedfilter anbefales. Forfilter og hovedfilter kan placeres hvert sit sted, og kan have kurvede eller knækkede forløb.</p>																																										
<b>Økonomi</b>	<p>Økonomien i etablering og drift af et DPF-standard produkt kendes endnu ikke, da produktet er under udvikling. Udover forsinkelses-element eller pumpestation, skal der benyttes en indløbsbrønd, 60 kassetter pr. 0,5 L/s, og en udløbsbrønd. Evt. også en mellembørnd mellem for- og hovedfilter, hvis der er tale om en linje-formet opbygning. Et DPF-anlæg vil ofte kunne indbygges i en grøft, eller langs kanten af et eksisterende forsinkelsesbassin. Driftsomkostningerne begrænser sig til spuling af forfilter, samt tilsyn af ind- og udløbsbrønde. Drift (skønnet af aut. Kloakmester): 7.000 kr pr spuling.</p>																																										
<b>Dokumentation</b>	<p>DPF blev i perioden 2006 – 2010 afprøvet og dokumenteret i det nævnte fuldskala forsøgsanlæg i Ørestad. Der er p.t. tre rapporter: En basisrapport med baggrund for data i tabel 1. En tillægsrapport 1 med resultat af de mange yderligere stoffer, der blev analyseret for i de 25 hændelser. En tillægsrapport 2 med resultat af de 17 hændelser efter iblanding af okkerslam. Følg link. Resultater fra Mårslet og Krogebjerg forventes i 2014.</p>																																										
<b>Referencer i Danmark</b>	<p>DPF-pilotanlæg i Ørestad, Mårslet ved Århus og Krogebjerg i København.</p>																																										
<b>Links</b>	<p><a href="http://sl.life.ku.dk/forskning/landskab_og_byer/vand_ressourcer_og_haandtering/dobbelt_poroer_filtrering.aspx">http://sl.life.ku.dk/forskning/landskab_og_byer/vand_ressourcer_og_haandtering/dobbelt_poroer_filtrering.aspx</a>  <a href="http://www.byerivandbalance.dk">www.byerivandbalance.dk</a></p>																																										

- 1) Naturstyrelsen 2012: Bilag 1 til: Statslig udmelding til vandplanernes retningslinjer 40 og 41 i forhold til byudvikling og anden ændret arealanvendelse i Områder med Særlige Drikkevandsinteresser (OSD) og indvindingsoplande.