

# Kompakt fosforfilter på leret højbundsjord

## Afværgeforanstaltning mod fosfortab

**Projekt FosLav.** Aarhus Universitet AU-Agro og Københavns Universitet KU-PLEN har sammen udarbejdet et videnskabeligt notat om kompakte fosforfiltre i tæt samarbejde med WaterCare Aps, BIO-AQUA, DiaPure og SEGES Innovation. Faktaarket er baseret på resultater i dette notat samt den øvrige viden om fosfor på lavbundsjord. Hovedudfordringen, som undersøges i projekt FosLav, er den vandopløselige fosfor, som udledes fra drænvand.

### Fosforindhold og forforudvaskning på lerjorder

Fosfor er et essentielt næringsstof for planteproduktionen, og tab af fosfor fra bl.a. landbrugsarealer bidrager ligesom kvælstof til eutrofiering af vandmiljøet. Men hvor kvælstof i høj grad er vandopløseligt, er fosfor ofte hårdere bundet i jorden, og udvaskningen af fosfor er derfor mere kompleks.

På højbundsjord transporteres fosfor primært ud af rodzone og til dræn via makroporer, dvs. sprækker, ormegange og gamle rodkanaler i jorden. Ved makroporetransport bypasser fosforen de partikler og processer, der ellers normalt vil binde det i jorden. Makroporetransport relaterer sig i særlig grad til højbundsjord, idet et højere lerindhold er med til at fastholde hulrum ned gennem jorden som opstår pga. rødder, orme, tørke, frost/tø-hændelser, osv. Fosfor kan ud over makropore også transporteres via andre processer i jordmatrixen, disse mekanismer og deres indvirkning på fosfor transporten er godt belyst i rapporten *Redegørelse for udvikling i landbrugets fosforforbrug, tab og påvirkning af vandmiljøet* (Andersen et al., 2016).

Fosforen der udledes fra dræned lerjorde, består af både opløst ortho-fosfor, opløst organisk fosfor og partikulært fosfor. Målinger fra NOVANA 2023 viser er den gennemsnitlige fordeling imellem opløst ortho-fosfor (uorganisk  $PO_4^{3-}$ ), opløst organisk fosfor og partikulært fosfor (bundet til f.eks. lerpartikler) i dræn er på henholdsvis 75, 11 og 14 pct. af total-P (Blicher-Mathiesen, 2023). Fordelingen kan være afhængig af arealets beskaffenhed, dræntilstand og forhistorien mht. fosfor. NOVANA-opgørelsen fra 2023 finder desuden at det gennemsnitlige tab af uorganisk opløst fosfor i de undersøgte dræn er på 191 g P/ha/år med en medianværdi på 45 g P/ha/år (Andersen et al., 2016).

### Filter på drænet leret højbundsjord

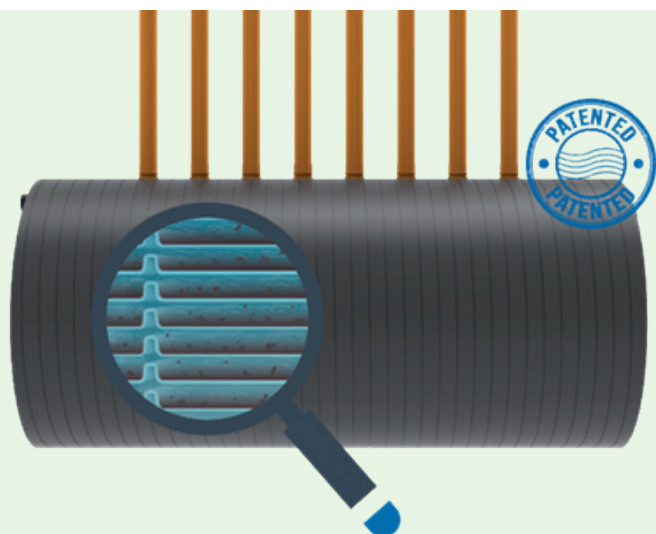
Selvom fosfortransport via dræn kan være en markant udfordring for vandmiljøet i nogle områder af Danmark, findes der endnu ikke nogen ordninger eller godkendte drænvirkemidler, som er særligt målrettet tilbageholdelse af fosfor.

Anvendelsen af kompakte fosforfiltre på dræned højbundsjord kan dog være en fremtidig løsning i de områder, hvor vandet har et højt indhold af partikulært fosfor. Her er fosfor hovedsageligt bundet til ler- og siltpartikler som transporteres i drænene. Kompakte filtersystemer målrettet højbundsjord er i dag designet til særligt at håndtere partikulært bundet fosfor, og består af et dobbeltporøst partikelfilter (DPF) og et sorbent-filter med DiaPure-materiale – se detaljer for disse filterenheder herunder. Fosforfilteret er designet til at håndtere både partikulært fosfor og vandopløseligt fosfor, men det forventes at partikulært fosfor vil udgøre den største andel af fosforudvaskningen. (Heckrath et al., 2025).

Figur 1: Principskitse af filtersystemet, som testes på leret drænet højbundsjord i Østjylland ved Fensholt. Tegning: WaterCare Aps.



## FAKTA OM FOSFORVIRKEMIDLER



Figur 2: Dobbeltporøst partikelfilter (DPF). Illustration af Watercare Aps..

### Funktion og udformning af fosforfiltre

#### Dobbeltporøse filtre (DPF)

En WaterCare finpartikeludskiller med den patenteret dobbeltporøse filtreringsteknologi (DPF) er inspireret af jordens egen renssevne og efterligner de rensprocesser, som forløber, når filtreres igennem en porøs morænelerjord. Filteret er designet til at håndtere urenheder og partikler i størrelsesordenen 1-2  $\mu\text{m}$  og op til 100  $\mu\text{m}$ . Filteret er opbygget af renselameller, som stables oven på hinanden med 2-4 mm luft imellem sig, hvor vandet kan strømme frit (Tank til venstre i figur 1). Grundet den lave stablehøjde og renselamellerens design bliver de helt små partikler tilbageholdt på renselamellerne uden risiko for tilstopning og med høj vandledningsevne.

#### Sorbentfilter fra DiaPure

Filtermaterialet fra DiaPure er udviklet til at tilbageholde opløst fosfor og består af små lergranulater på 2-4 mm (Figur 3). DiaPure er blevet overfladebehandlet med et reaktivt stof. Filtermaterialet fungerer ved, at fosforen binder sig til det reaktive stof på overfladen af lerpartiklerne og herefter bevæger sig ind i materialet, hvor det kan blive bundet til lerpartiklernes porer. Netop det, at fosfor kan trænge ind i porerne, medfører, at filtermaterialet har en høj fosforbindingskapacitet, da fosfor kan bindes både udenpå og indeni materialet. Det er muligt at fjerne fosfor fra filtermaterialet, derfor kan materialet genbruges i filteranlægget (Heckrath et al., 2025).

#### Fosforeffekt

I et testfiltersystem ved Fensholt modtager filteret drænvand fra ca. 25 ha markareal i typisk kornsædskifte.



Figur 3: DiaPure filtermateriale. Fotos SEGES Innovation



## FAKTA OM FOSFORVIRKEMIDLER

Tabel 1. Fosfortilbageholdelse i filtersystem på leret drænet højbundsjord ved Fensholt i perioden oktober 2020 til maj 2022 (Heckrath G.J AU-Agro et al)-

Enhed	Forforform	Indløbskoncentration, mg/L	Indløb, kg	Retention, %
Sedimentfilter	Partikulært bundet fosfor (PP)	0,08	0,9	67
	Total opløst fosfor (TDP)	0,12	1,5	4
Sorbentfilter	Partikulært bundet fosfor (PP)	0,03	<0,1	61
	Total opløst fosfor (TDP)	0,09	0,1	49
Hele systemet	Total fosfor (TP)	0,20	2,4	61

Imidlertid blev kun en mindre del af drænastrømningen pumpet i filtersystemet. I FosLav-projektet har dette redesignede system af forskellige årsager haft nogle tekniske udfordringer. Systemet har i perioder kørt tilfredsstillende, men data har været for fragmenteret til at kunne opstille nogle realistiske tilbageholdelsesgrader af forfor i projektperioden. (Heckrath et al., 2025)

Samme system, men i mindre skala, har i drænsæsonen oktober 2020 til maj 2021 behandlet drænvand på samme lokation (Tabel 1). I denne periode var de gennemsnitlige koncentrationer af partikulært bundet fosfor (PP) og total opløst fosfor (TDP) på hhv. 0,08 og 0,12 mg P/L i indløbsvandet. Vandføringen lå på omkring 0,7 liter/sekund, svarende til at systemet har behandlet 12.000 m<sup>3</sup> vand. Fosfortilførslen til systemet har dermed ligget på 2,4 kg total fosfor/år. Tilbageholdelsen af PP, TDP og total fosfor (TP) har igennem perioden ligget på imellem 51-87%. (Heckrath et al., 2025).

### Økonomi og omkostningseffektivitet

For et landbrugsområde på 500 ha er der identificeret tre hoveddræne med høje fosforkoncentrationer (Tabel 2). Drænoplanet til disse dræne udgør ca. 25 ha. Der etableres ét anlæg, der behandler alt vandet fra hoveddrænene, efter at dette er samlet i ét dræn. Ingen pumpning nødvendigt. Omkostningseffektiviteten varierer fra omkring 647 til 7.920 kr. pr. kg tilbageholdt P, stærkt afhængig af fosforkoncentrationen af det tilstrømmende vand til filteret (Heckrath et al., 2025).

Filterenes omkostningseffektivitet er bedst, når der behandles fosforrigt vand – hvilket i de fleste tilfælde vil være vand fra jorder, som er stærk beriget med fosfor.

Tabel 2: Omkostningseffektivitet regnet over en 10-årig periode. (Heckrath et al., 2025).

Scenarie	1
Område	Højbund
Totalt areal	500 ha 25 ha med P filterbehov
Årlige afdræning	62.500 m <sup>3</sup>
Gennemsnitlig vandføring til anlæg	2,9 L/s
Ønsket rensningseffektivitet	80 - 98 %
Anlægs investering + vedligehold + drift	1 anlæg a 840.000 kr. samt 10 års drift og vedligehold svarende til 1.020.000 kr.
Anlægsarbejde	Anlægsarbejde på 375.000 kr.
Tilbageholdelse i 10 år – lav P konc.	250 kg
Tilbageholdelse i 10 år – høj P konc.	3.063 kg
Nettoomkostning, 10 år	1.860.000 kr. 3.720 kr./ha
Omkostningseffektivitet (pr. kg P) for lav og høj fosfor indløbskoncentration	7.440 kr./ kg P 607 kr. / kg P

## FAKTA OM FOSFORVIRKEMIDLER

Herudover bør man så vidt muligt etablere større centralt placerede anlæg, da de er mere omkostnings-effektive og billigere at drifte, sammenlignet med flere små decentrale anlæg. Filtrene kan også benyttes i områder, hvor der er fosfor-følsomme recipienter, som ikke tåler en mertilførsel af fosfor, hvilket bevirker, at selv relativt lave fosforkoncentrationer skal reduceres. Filtrene er i stand til at reducere fosforkoncentrationen i udløbsvandet til <math><0,05 \text{ mg P/l}</math>, hvilket er grænseværdien for udledning til følsomme recipienter. (Heckrath G.J AU-Agro et al., 2025).

Et effektivt filtersystem kræver, at filterkomponenterne sammensættes svarende til behovet på arealet. For indløbsvand, hvor der findes et højt indhold af partikler, er det vigtigt, at der er tilstrækkelig kapacitet til at tilbageholde disse partikler, inden vandet strømmer videre igennem sorbentfilteret, således at dette ikke tilstoppes. Hvis indholdet af partikler omvendt er lavt, kan det være tilstrækkeligt med et mindre partikelfilter inden sorbentfilteret, hvilket reducerer omkostningerne. Der bør derfor altid udtages vandprøver, inden man opstiller et filtersystem.

Et filtersystem, hvor der pumpes  $15.000 \text{ m}^3$  indløbsvand, har et strømforbrug på ca.  $1.000 \text{ kWh/år}$ . Er systemet udrustet med automatisk retur-skylning, skal der tillægges et lavt ekstra strømforbrug på omkring  $50 \text{ kWh/år}$ . Dette strømforbrug kan muligvis dækkes med et solcellepanel, men visse steder skal trækning af kabler indgå som en del af etableringsomkostningerne. Eftersom filtersystemerne kræver tilsyn og vedligeholdelse er det fordelagtigt at placere dem i tilknytning til en fast vej.

Filtersystemernes effektivitet og deres omkostnings-effektivitet øges med fosforkoncentrationen i det vand, der skal renses, og filtrene bør så vidt muligt tilknyttes drænvand fra "hot-spot"-arealer. På dræned højlandsjorde, hvor drænenes placering er kendt, vil placeringen være ligetil, da filtersystemet kan kobles på drænsystemets udløb.

### Etablering af fosforfiltre i terræn

Det er endnu ikke afklaret, hvordan anlæggene bedst placeres, så de falder godt ind i landskabet, men det er muligt at skjule anlæggene bag f.eks. en beplantning, inde i fugletårne, grave dem helt ned mv.

Eksempler på hvordan et filteranlæg kan tilpasses terræn:

- Ved enden af et hoveddræn og dækning af anlægget med hurtigt voksende træer og buske, f.eks. pil.
- Ved enden af et hoveddræn ved en pumpestation, hvor anlægget tilknyttes pumpestationen.
- Nedgravet i jorden i et eller andet niveau med en jordvold.

### Vedligeholdelse

Der skal føres løbende tilsyn med filteranlæg både i relation til funktion og løbende effektivitet i fosforfjernelse. Når partikelfilteret (DPF) fyldes op, skal det spules ved hjælp af en almindelig slamsuger og dermed renses for aflejret sediment. Ligeledes vil der være behov for rensning af sorbentfilteret. Såfremt der anvendes DiaPure-materiale, kan det genanvendes ved, at fosfor udskilles fra filtermaterialet og anvendes som en fosforgødning. Muligheden for rensning gør det desuden muligt at genbruge filterkomponenterne i mange år og på flere lokaliteter, idet filtersystemerne kan flyttes til nye lokationer.

Afhængig af belastningen, både vandføring og stofkoncentrationer, vil vedligeholdelsesfrekvensen også her ligge på omkring én gang om året. I opstartsperioden vil frekvensen være højere afhængigt af de tekniske udfordringer. På grund af filtersystemernes enkle opbygning og filterkomponenternes mulighed for at blive rensede og genanvendt, har filtersystemet en levetid på anslået 20 år.

Ud over rensning af filterkomponenter, når de mættes med fosfor og sediment, vil der også være behov for en generel vedligeholdelse af systemet. Dette vil typisk indebære tilsyn af pumper, ventiler, rør og strømtilførsel samt evt. påfyldning af filtermaterialer.

## FAKTA OM FOSFORVIRKEMIDLER

### Referencer

Andersen, H. E. & Heckrath, G. (redaktører). 2020. Fosforkortlægning af dyrkningsjord og vandområder i Danmark. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 338 s. - Videnskabelig rapport nr. 397. <http://dce2.au.dk/pub/SR397.pdf>

Andersen, H.E., Baatrup-Pedersen, A., Blicher-Mathiesen, G., Christensen, J.P., Heckrath, G., Nordemann Jensen, P. (red.), Vinther, F.P., Rolighed, J., Rubæk, G. & Søndergaard, M. 2016. Redegørelse for udvikling i landbrugets fosforbrug, tab og påvirkning af Vandmiljøet. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 86 s. - Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 77. Link: <http://dce2.au.dk/pub/TR77.pdf>

Andersen, H. E., Rubæk G.H., Hasler, B.E., Jacobsen, B.H. Virkemidler til reduktion af Fosforbelastningen af Vandmiljøet. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 379 2020. Link: <https://dce2.au.dk/pub/SR379.pdf>

Blicher-Mathiesen, G., Thorsen, M., Houlborg, T., Petersen, R.J., Rolighed, J., Andersen, H.E., Jensen, P.G., Wienke, J., Hansen, B. & Thorling, L. 2023. Landovervågningsoplände 2021. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt center for Miljø og Energi, 284 s. - Videnskabelig rapport nr. 526. <http://dce2.au.dk/pub/SR526.pdf>

Bøgestrand, J. (red.) (2000). *Vandområder – Vandløb og kilder 1999*. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU nr. 336.

Diapure [www.diapure.eu](http://www.diapure.eu)

FosLav. Kompakte filterløsninger til minimering af fosfortab til vandmiljøet. <https://projekter.au.dk/foslav>

Grant, R., Laubel, A. & Kronvang, B. (1997). Nedvaskning af fosfor til dræn. Vand og Jord 4, 169-172.

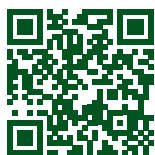
Heckrath G.J. AU-Agro, Bruun Hansen H.C KU-PLEN, Hoffman C.C AU-Bios mfl. 2025. Kompakte fosforfiltre.

Hoffmann CC, Kronvang B, Andersen HE, Kjærgaard C. 2013. Kvantificering af fosfortab fra N og P vådområder, Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi. pp. 42. [https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Kvantificering\\_af\\_fosfortab\\_fra\\_N\\_og\\_P\\_vaadomraader\\_rev\\_26062014\\_final.pdf](https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Kvantificering_af_fosfortab_fra_N_og_P_vaadomraader_rev_26062014_final.pdf)

Johansson, L.S., Søndergaard, M. & Sørensen, P.B. (2024). Søer 2022. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 96 s. - Videnskabelig rapport nr. 591. [https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige\\_rapporter\\_500-599/SR591.pdf](https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_500-599/SR591.pdf)

Kjærgaard, C., Hoffmann, C.C. og Greve, M.H. 2009. Risikovurdering af fosfortab fra lavbundslande. Vand og Jord nr. 2, pp 62-65

Krishnankutty, V., Vijayan, K., Valsalan, R., Francis, M. C., Johnson, S. M., & Mathew, D. (2025). Metagenomic analysis of rice rhizosphere in a uniquely fertile Kole wetland reveals the microbiome contributing to enhanced nutrient availability. *Ecological Genetics and Genomics*, 100353.



**SCAN OG LÆS MERE OM:**  
FosLav. Kompakte filtersystemer for fosfor i drænvand fra høj- og lavbundsland



**SCAN OG LÆS MERE OM:**  
Er fosforfilter et muligt fremtidigt drænvirkemiddel?



**SCAN OG SE VIDEO OM:**  
FosLav – Kompakte filtersystemer for fosfor i drænvand fra høj- og lavbundsland



**SCAN OG LÆS MERE OM:**  
Nyt GUDP-projekt vil fjerne fosfor fra lavbundsland