

# Nye data om drikkevandsbehandling

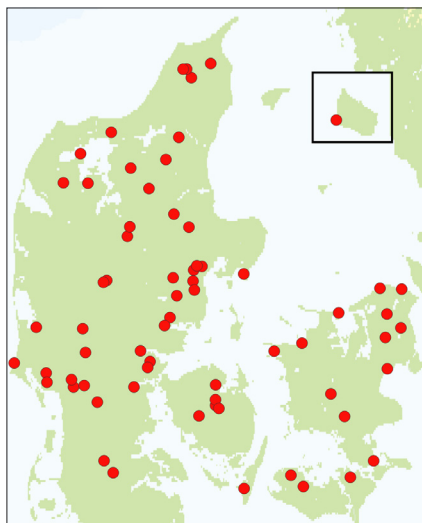
Den danske vandbranche har en stolt tradition for at bruge vandrelaterede data via offentlig tilgængelige platforme som Jupiter. Traditionen er nu suppleret med en ny platform, Merkur, der indeholder tekniske data om vandværkernes normalbehandling af grundvand. Ved hjælp af nøgleparametre og referenceværdier skaber Merkur grundlaget for at forandre den måde vandværker designes og driftes.

LOREN RAMSAY, HENRIK BJØRN &  
DITTE ANDREASEN SØBORG

I Danmark bliver en beundringsværdig mængde af vand-relaterede data stillet til rådighed via web-baserede platforme. Eksempler inkluderer Regionernes register over forurenede grunde, GEUSs nationale borings-database Jupiter, ledningsejerregisteret LER og DANVAs program for Benchmarking og Vandstatistik. Disse og andre platforme bidrager til øget udvikling, bedre velfærd og et velfungerende samfund.

## Procesdata i vandbehandling

Med denne kulisse er det desto mere overraskende, at der har været en udpræget mangel på tekniske data om drikkevandsbehandling. Denne mangel skyldes blandt andet, at lovmæssige datakrav har fokus på slutproduktet (færdigbehandlet drikkevand) og derfor ikke kræver indrapportering og deling



Figur 1. Geografisk placering af vandværker, der p.t. har givet tilsagn eller deltager i Merkur.

af data om drikkevandsbehandling. I mangel af objektive målinger, har design og drift af vandbehandlingsprocesser i udstrakt grad været nødsaget til alene at bruge subjektive erfaringer. Erfaringer har enorm værdi, men en bedre balance mellem objektive målinger og erfaringer åbner nye muligheder.

Det skal ikke fornægtes, at procesdata om vandbehandling i visse tilfælde bliver anskaffet og endda gemt, fx i et vandværks SRO-system. Men disse data forbliver isolerede på det enkelte vandværk og anvendes sjældent til sammenligning med andre vandværker eller til referenceværdier.

## Vandværkernes overskridelser

En opgørelse fra jan. 2019 /1/ viser, at der forekommer knap 500 aktuelle overskridelser af vandkvalitetskriterier på danske vandværker. Opgørelsen blev udført pr. stof og pr. vandværk og gælder kun for den seneste udførte måling på vandværket. Hermed blev historiske overskridelser ikke medtaget. Den parameter, der hyppigst overskrider, er ammonium, efterfulgt af E. coli og mangan.

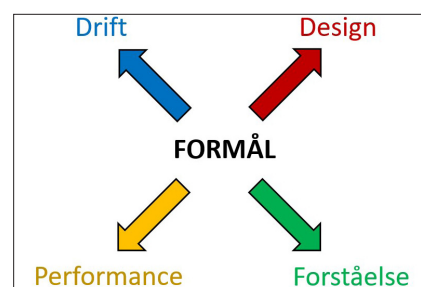
Opgørelsen viser, at de fleste overskridelser skyldes utilstrækkelig vandbehandling fremfor forurenede grundvand og kontaminering af distributionssystemet tilsammen.

For at råde bod på de mange overskridelser samt manglen på data om vandbehandling blev den nye database, Merkur, sat i søen.

## Merkur

Merkur er en åben, webbaseret platform til systematisk lagring og formidling af data om drikkevandsbehandling. I skrivende stund er der ca. 75 vandværker, der har afleveret – eller er i gang med at aflevere – data til Merkur, se Figur 1. De deltagende vandværker bruger alle biofiltrering, men har varierende størrelser, filtertyper (gravitation og tryk), og opstillinger (enkelt/dobbelt/tredobbelt filtre-

DEN EUROPÆISKE UNION  
Den Europæiske Fond  
for Regionaludvikling  
Finansieret som et led i EU's reaktion  
på COVID-19-pandemien  
Vi investerer i din fremtid  
Danmarks  
Erhvervsfremmebestyrelse



Figur 2. De vigtigste formål med den nye dataplatform.

ring). Kortet viser den geografiske placering af vandværkerne.

Som ved andre databaser er der mange forskellige potentielle brugere. Disse brugere inkluderer forsynings driftspersonale og ledere, entreprenører, leverandører, rådgivere, myndigheder, studerende og forskere. Da der ikke tidligere er indsamlet denne type data, har opstilling af databasen krævet udvikling. For det første skulle det besluttes, hvilke data, der bør indsamles. Herudover skulle der udvikles prøvetagningsmetoder, analysemetoder, og referenceværdier for hver nøgleparameter. Herudover skulle databasens struktur fastlægges, og brugerfladen skulle udvikles.

## Nøgleparametre

En række nøgleparametre er blevet udviklet for at lette sammenligning med referenceværdier og andre vandværker.

Fem eksempler på nøgleparametre i Merkur er forklaret i artiklen i de fem bokse. Bemærk, at alle fem beregnes ud fra eksisterende data, dvs. fra basispakken (se "Datapakker" nedenfor).

## Formål

Blandt de vigtigste formål med Merkur er driftsoptimering, designforbedring, dokumentation af performance samt frembringelse

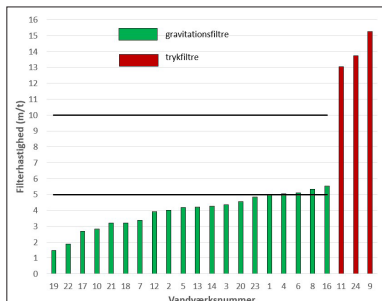
## 1 Filterhastighed

... er måske den mest grundlæggende af alle nøgleparametre for vandbehandling. Filterhastigheden ( $V$ , i m/t) udregnes ved at dele flowet ( $Q$ , i m<sup>3</sup>/t) med filterarealet ( $A$ , i m<sup>2</sup>). Parametere varierer oftest fra time til time (især ved gravitationsfiltre), afhængigt af antallet af boringer, der kører.

$$V = \frac{Q}{A}$$

Fastlæggelse af den optimale filterhastighed er ikke ligetil. For høje hastigheder forkorter vandets kontakttid og river okkerpartikler af filtermediet. Omvendt kræver for lave hastigheder større anlæg, medfører kortere gangtider som følge af kagefiltrering samt øger tykkelsen af diffusionslaget omkring hvert mediekorn.

Omkring 1900-tallet var det almindeligt at anvende "slow sand" filtrering med ca. 0,1 m/t. I de følgende årtier blev "rapid sand" filtrering populær med ca. 5-10 m/t. Trykfiltrer designs ofte til 10-15 m/t, mens den nyere "high rate" filtrering kan komme helt op på 30 m/t.



Figur 3. Aktuelle filterhastigheder (typisk daglig maksimum set over en måned) for danske vandværker. Referenceintervallet er for gravitationsfiltre. Grafen viser, at filterhastigheder generelt er lave i Danmark.

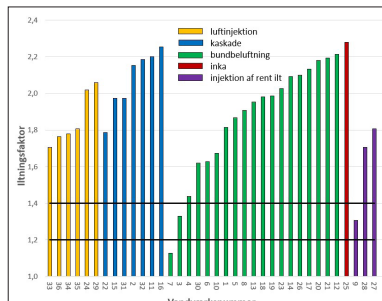
## 2 Iltningsfaktor

... er en nøgleparameter, der fortæller om vandet bliver over-iltet. Iltningsfaktoren (IF) beregnes ved at dele gennemsnittet for de sidste 3 drikkevandsmålinger fra Jupiter ( $C_{ilt}$ , i mg/L) med kvalitetskravet på 5 mg/L. En værdi på 1,0 (dimensionsløs) svarer til lige nøjagtig den nødvendige iltning.

$$IF = \frac{C_{ilt}}{5}$$

En høj iltningsfaktor kan være et udtryk for energispild ved beluftning, øget risiko for at vandet bliver kalkfældende samt risiko for problemer med luftansamlinger i filtermediet. Især for lande, der anvender overfladevand, kan en iltningsfaktor < 1 øge risikoen for iltsvind i distributionssystemet, hvis det behandlede vand ikke er biologisk stabilt. En lav faktor kan evt. også sænke reaktionshastigheder i filteret og forringe vandets smag.

Referenceintervallet for iltningsfaktoren er 1,2-1,4, dvs. en svag overiltning.



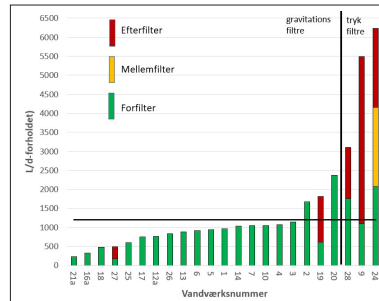
Figur 4. Aktuelle iltningsfaktorer for danske vandværker opdelt efter iltningstype. Inka beluftning giver den største overiltning, mens man i snit er bedre til at begrænse injektion af ren ilt. Generelt ses en overiltning, hvorfor der er mulighed for optimering.

## 3 L/d-forholdet

... er en nøgleparameter, der anvendes til at dimensionere et filter (indsatsmængden og kornstørrelsen af filtermediet). Parametere beregnes ved at dividere tykkelsen af de forskellige lag i et filter ( $L$ , i mm) med diameteren ( $d_{10}$ , også i mm) af de mindste korn (10%-fraktionen). Herefter lægger man resultaterne fra alle lagene – inklusive bærelagene – sammen. Parametere er dimensionsløs og et udtryk for hvor mange korn, der er stablet i hele bedhøjden.

$$L/d\text{-forholdet} = \sum_i \frac{L_i}{d_{10,i}}$$

Udtrykket blev først udviklet i forbindelse med fjernelse af partikler efter flokkulering af overfladevand /3/. Tanken er, at det nødvendige antal filtermediekorn for en god rensning er konstant. Ved brug af grovere korn skal der således anvendes et tykkere lag, og ved brug af finere korn kan man nøjes med et mindre tykt lag.



Figur 5. Aktuelle L/d-forhold for danske vandværker. Mange vandværker opnår acceptabel rensning med et L/d-forhold < 1200, som er referenceværdien. Enkelte vandværker – især dem med dobbeltfiltrering – ser ud til at være voldsomt overdimensionerede

af en dybere forståelse for vandbehandlingsprocessen. Disse formål fremgår af Figur 2.

**Driftoptimering.** Vandselskabernes driftspersonale kan udnytte data indsamlet fra mange vandværker til at fastlægge "best practice". Hermed bliver det muligt for vandselskaberne at udøve beslutninger baseret på evidens fra objektive målinger, når driften skal optimeres.

**Designforbedring.** Når en vandbehandlingsproces skal designs fra ny, kan usikkerheder resultere i, at anlæg overdimensioneres.

Et bedre datagrundlag for vandbehandling kan give mod til at undgå denne overdimensionering. Desuden kan et godt datagrundlag fremme større kreativitet, når der skal designs.

**Dokumentation af performance.** Merkur kan også anvendes til at vurdere performance af et vandbehandlingsanlæg. Ofte vil dette være på et overordnet niveau som kan benyttes af både forsyningsledere og forbrugere samt myndigheder i forbindelse med deres tilsynspligt.

**Frembringelse af forståelse.** Merkur hjælper til at fastlægge områder, hvor der er behov for forskning og udvikling. Det kan fx ske hvis forskelle i nøgleparametre mellem forskellige forsyninger ikke umiddelbart kan forklares. Derudover har Merkurs resultater stor værdi for både uddannelse og videreuddannelse.

### Datapakker

Forsyninger, der deltager i platformen, kan vælge mellem to forskellige datapakker. Basis-

## 4 Filtergang

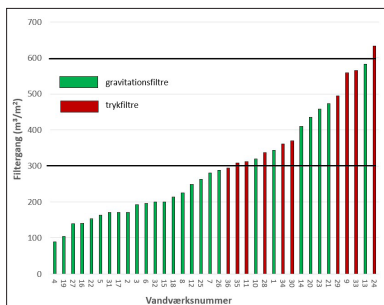
... er en nøgleparameter, der beskriver, hvor meget vand et filter behandler før det returskylles. Det behandlede vandvolumen ( $V$ , i  $m^3$ ) deles med filterarealet ( $A$ , i  $m^2$ ) for at gøre parameteren ( $FG$ , i  $m^3/m^2$ ) uafhængig af filterstørrelse.

$$FG = \frac{V}{A}$$

Generelt ønsker man at have så stor en filtergang som muligt for at reducere skyllevandsforbrug og øge produktionstiden.

Et returskyl udløses forskelligt fra vandværk til vandværk. Oftest udløses et returskyl af medgået tid eller behandlet volumen. I nogle tilfælde bruges opstuvningshøjde over filtertoppen (kun gravitationsfiltre) eller tryk i filtertoppen (kun trykfiltre). Udløsning af returskyl er ofte sat til den sikre side.

En lille filtergang kan skyldes meget jern i råvandet, en lille kornstørrelse eller lav filterhastighed.



Figur 6. Aktuell filtergang for forfiltre på danske vandværker. Ca. halvdelen af vandværker kan øge filtergangen i forhold til referenceintervallet /4/ for at reducere skyllevandsforbrug og øge produktionstiden.

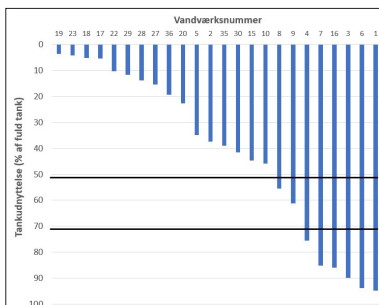
## 5 Tankudnyttelse

... er en nøgleparameter, der udtrykker, hvor meget vandspejlet i rentvandstanken varierer over et døgn. Parameteren ( $TU$ , i  $cm$ ) beregnes ved at betragte loggede vandspejlsdata over en periode på en måned og trække det laveste typiske niveau ( $VS_{lav}$ , 10%-fraktilen, i  $cm$ ) fra det højeste typiske niveau ( $VS_{høj}$ , 90%-fraktilen, i  $cm$ ).

$$TU = VS_{høj,90\%} - VS_{lav,10\%}$$

Generelt må rentvandstanke aldrig tømmes helt, da der skal være en reserve til returskyl, brand, m.m. På den anden side, må tanken ikke være fyldt hele tiden, da det vil betyde, at produktionen skal følge med det stærkt varierende forbrug. Tanke, der er fyldt hele tiden, medfører mange start/stop på kildepladsen, skift i vakuum i borer, sænkningstragte, der cykler op og ned, unødigt energitab i råvandsledninger, samt stagneret vand i rentvandstanken.

Referenceintervallet på 50-70% skal tages med et gran salt da der kan være mange grunde til at afvige. Der kan fx være en anden beholder ude på nettet eller forbindelse til andet vandværk.



Figur 7. Aktuell tankudnyttelse for danske vandværker. Flere vandværker har næsten fyldte tanke hele tiden, hvilket normalt ses som uhensigtsmæssigt.

et levende praksisfællesskab. Et praksisfællesskab /5/ er en gruppe personer, der er stærkt engageret i en bestemt praksis (vandbehandling i dette tilfælde) og som interagerer med hinanden i løsning af praktiske opgaver. Ideen med praksisfællesskaber – udover at de kan være behagelige at tage del i – er at de fremmer læring ved samarbejde og udnyttelse af medlemmernes kompetencer. Denne læring omfatter både udtalt viden og såkaldt tavs viden, dvs. viden, der er svært at overføre via skrift og tale.

En årlig konference – Merkur Forum – blev afholdt første gang i 2022 og er en vigtig del af dette praksisfællesskab. Her er det muligt at vende udfordringer og dele løsninger med ligesindede gennem en samtækningsproces /6/. Nøgleparametrene spiller en særlig central rolle i udfoldelse af praksisfællesskabet. Parametrene giver et udgangspunkt, som kan bruges til læring og til at give samtaler fokus.

Det betyder, at Merkur betragtes ikke som et endemål, men som et værktøj, der understøtter en lærende organisation /7/. Og når læringen implementeres, er resultatet bedre vandkvalitet, større bæredygtighed og mere innovation.

### Referencer

- /1/ Miljøstyrelsen 2022: Smart Re-design of Drinking Water Production. MUDP fyrtårnsprojekt, rapport 2 af 12.
- /2/ Karlsen, E. & Sørensen, I. 2014: Vandforsyning, 3. udgave. Nyt Teknisk Forlag.
- /3/ French, D., 2012: Granular filter media: Evaluating filter bed depth to grain size ratio. Filtration & Separation 49(5), 34-36.
- /4/ Brown et. al 2016: North American Biofiltration Knowledge Base. Water Research Foundation, Project #4459.
- /5/ Wenger-Trayner, E. & Wenger-Trayner, B., 2015. Communities of Practice – a brief introduction. <https://www.wenger-trayner.com/resources-overview/>.
- /6/ Pyrko et.al. 2017: Thinking together: What makes Communities of Practice work? Human Relations Vol 70(4) 389-409.
- /7/ Dahl & Irgens 2022: Organizational learning the Nordic way: learning through participation. The Learning Organization Vol. 29(1) 229-242.

pakken kræver kun eksisterende data, der kan findes i vandværkets gemmer, fx tegninger, leverandørsedler, vandværkets SRO-system, eller rapporter.

Denne pakke indeholder data som, filterenes dimensioner, filterlagenes kornstørrelser, flow gennem behandlingsanlægget over en periode, rentvandstankenes rumfang, og meget mere.

Forsyninger kan også vælge en udvidet pakke, der kræver udtagning af vand-, filter-

medie- og skyllevandsprøver af to omgange samt udførelse af diverse analyser. Denne pakke indeholder data om vandets sammensætning nede igennem filteret, filtersandets aktuelle karakteristika i forskellige dybder, sammensætning af skyllevand som funktion af skylletid, m.m.

### Perspektiver

En fordel ved indsamling og formidling af vandbehandlingsdata er, at det understøtter

LOREN RAMSAY er docent i Program for Vandteknologi på VIA University College, Horsens, lora@via.dk

HENRIK BJØRN er lektor på Klima- og forsyningsingeniørdannelsen samt forsker i Program for Vandteknologi på VIA University College, Horsens hbj@via.dk

DITTE ANDREASEN SØBORG er forsker og leder i Program for Vandteknologi på VIA University College, Horsens dans@via.dk