



Miljøministeriet  
Miljøstyrelsen

# **Indsamling af vandbehandlingsdata**

## **Rapport 1 i projektet "Smart Re-design of Drinking Water Production"**

MUDP Rapport

September 2023

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Ditte Andreassen Søborg

Loren Ramsay

Fotos:

Ditte Andreassen Søborg

ISBN: 978-87-7038-541-1

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

# Indhold

|                                        |           |
|----------------------------------------|-----------|
| <b>Forord</b>                          | <b>4</b>  |
| <b>Sammenfatning</b>                   | <b>7</b>  |
| <b>1. Introduktion</b>                 | <b>8</b>  |
| <b>2. Metode</b>                       | <b>9</b>  |
| 2.1 Pibeorgel                          | 9         |
| 2.2 Juletræ                            | 9         |
| 2.3 Proton Pack                        | 10        |
| 2.4 Anlægs- og driftsparametre         | 12        |
| 2.5 Prøvetagning                       | 12        |
| 2.5.1 Niveaubestemte vandprøver        | 12        |
| 2.5.2 Niveaubestemte filtermedieprøver | 13        |
| 2.5.3 Returskyllevandsprøver           | 13        |
| 2.6 Måle- og analysearbejde            | 13        |
| 2.6.1 Feltparametre                    | 13        |
| 2.6.2 Jern, ammonium og mangan         | 13        |
| 2.6.3 Turbiditet                       | 13        |
| 2.6.4 Filtermedie ekspansion           | 14        |
| 2.6.5 Totalporøsitet                   | 14        |
| 2.6.6 Partikeldensitet                 | 14        |
| 2.6.7 Filtermedie coating              | 14        |
| 2.6.8 Kornstørrelsesfordeling og –form | 14        |
| 2.6.9 ATP                              | 14        |
| 2.6.10 qPCR og sekvensering            | 14        |
| 2.6.11 Fremgangsmåde ved prøvetagning  | 15        |
| <b>3. Resultater</b>                   | <b>16</b> |
| <b>4. Diskussion</b>                   | <b>17</b> |
| 4.1 Filtermedie ekspansion             | 17        |
| 4.2 Vandprøvetagning                   | 17        |
| 4.3 Filtermedieprøver                  | 18        |
| 4.4 Returskyllevandsprøver             | 19        |
| 4.5 Analyser                           | 19        |
| <b>5. Referencer</b>                   | <b>20</b> |
| <b>Bilag 1.Indsamlede parametre</b>    | <b>21</b> |

# Forord

Denne rapport er en del af fyrtårnsprojektet "Smart Re-design of Drinking Water Production", som blev udført i perioden 2018 - 2022 og finansieret af projektdeltagernes egenfinansiering samt den offentlige støtteordning Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDP) under Miljøministeriet. Projektets formål er at re-designe vandbehandling ved en dyb forståelse og en radikal nytænkning af vandbehandlingsprocessen. Da projektet omhandler helt almindelig dansk vandbehandling, er projektets resultater relevante for alle danske vandforsyninger.

Fyrtårnsprojektet er formidlet gennem 12 rapporter, samt en serie konferenceindlæg, tidskriftsartikler, og seminarer. Desuden er en række løsninger demonstreret ved fuldskaalanlæg på hhv. Østerbyværket syd for Aarhus og Lundeværket nord for Odense.

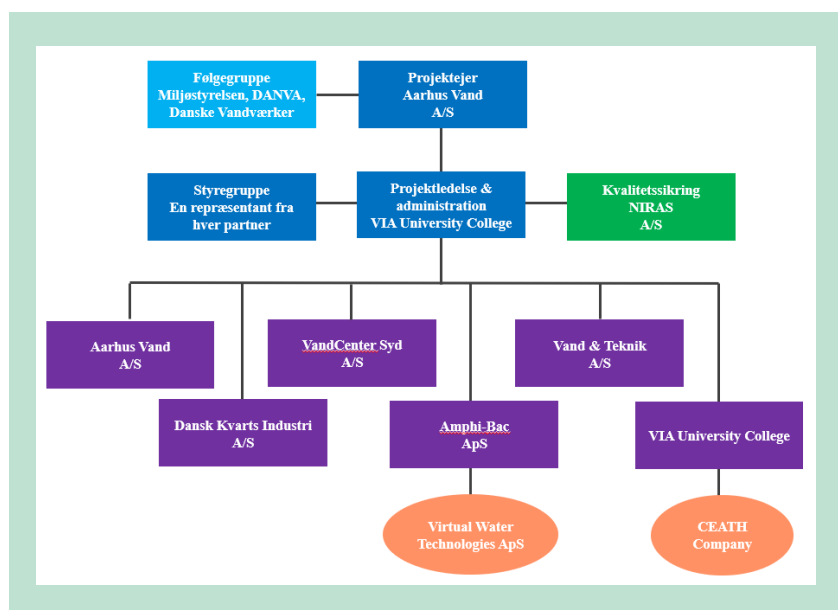
## Baggrund

I Danmark er drikkevandsproduktion baseret på grundvand. Grundvandet behandles ved en ret enkelt proces, der kaldes for "normalbehandling" (Karlsen og Sørensen, 2014). Denne proces består af iltning af vandet efterfulgt af en biofiltrering med gravitations- eller trykfiltre. Biofiltrering indebærer en kompleks blanding af fysiske, kemiske og mikrobiologiske elementer. Da det indvundne grundvand ofte er kemisk reduceret, kan vandet indeholde opløste stoffer som jern, ammonium og mangan, der skal fjernes/omdannes. Avanceret vandbehandling kommer kun på tale, hvis der også er behov for at fjerne f.eks. gasser (svovlbrinte, metan, aggressiv kuldioxid), hårdhed, arsen eller pesticider. I Danmark anvendes hverken chlor eller andre former for kemisk desinfektion under behandling eller distribution af vandet.

Biofiltrering er hjertet af normalbehandling af drikkevand i Danmark. Design og drift af biofiltrering har dog ikke ændret sig væsentligt i mere end 100 år. Manglende proces- og mikrobiologisk viden kombineret med en konservativ tilgang har medført, at videreudvikling af biofiltrering har været begrænset, og at filtre har været betragtet som en black box. Nye og billigere mikrobiologiske analyser, sofistikerede prøvetagningsmetoder, at-line målinger og andre fremskridt har nu åbnet denne black box i vandbehandlingen og gjort det muligt at undersøge, forstå og manipulere processen i højere grad end før.

## Projektorganisation

Projektet blev udført af syv partnere og to underleverandører, se FIGUR 1 nedenfor.



**FIGUR 1.** Diagram over projektorganisation.

Projektets følgegruppe og styregruppe bestod af følgende personer:

#### Følgegruppe

Bolette D. Jensen, Miljøstyrelsen (formand)  
 Dorte Skræm, DANVA  
 Robert Jensen / Henrik Hermansen, Danske Vandværker  
 Flemming Fogh Pedersen, Aarhus Vand (projektejer)  
 Loren Ramsay, VIA University College (projektleder)

#### Styregruppe

Flemming Fogh Pedersen, Aarhus Vand  
 Finn Møllerup, VandCenter Syd  
 Jens Kristensen, Vand og Teknik  
 Claus Hove Sørensen, Dansk Kvarts Industri  
 Søren Bastholm Olesen, Amphi-Bac  
 John Kristensen, NIRAS  
 Loren Ramsay, VIA University College

## Projektets arbejdsplaner og rapporter

Projektet er inddelt i arbejdsplaner og rapporter, se nedenfor. Arbejdsplanerne og rapporterne er identificeret som "åbne" eller "kommercielle" for at tydeliggøre, hvornår resultater frit formidles til hele branchen og hvornår resultater holdes internt blandt de relevante partnere af hensyn til kommercielle interesser.

### Arbejdsplan 1: Etablering af designgrundlag (åben)

Rapport 1: Indsamling af vandbehandlingsdata  
 Rapport 2: Merkur: Web-baseret platform til vandbehandlingsdata

### Arbejdsplan 2: Tekniske forsøg (åben)

Rapport 3: Flytning af filtermediekorn under returskyl  
 Rapport 4: Jernfjernelsesdybde i biofiltre  
 Rapport 5: Biostimulering med ammonium  
 Rapport 6: Jernfjernelse i returskyl  
 Rapport 7: Filtermediers gangtid

### Arbejdsplan 3: SmartSand (kommerciel)

Rapport 8: Udvikling og produktion af SmartSand (fortrolig)

### Arbejdsplan 4: SmartArkitektur (åben)

Rapport 9: Vandbehandlingsmodel

**Arbejdspakke 5: Fyrtårnsdemonstration i fuldskala (åben)**

Rapport 10: Demonstrationsanlæg ved Østerbyværket

Rapport 11: Demonstrationsanlæg ved Lundeværket

**Arbejdspakke 6: Projektledelse**

Rapport 12: Sammenfatning

# Sammenfatning

Denne rapport omhandler indsamling af vandbehandlingsdata og er Rapport 1 af 12 om fyrtårnsprojektet "Smart Re-design of Drinking Water Production". Formålet med Rapport 1 er at skabe det nødvendige designgrundlag for udviklingsarbejdet i projektets efterfølgende arbejds-pakker ved måling af nøgle-procesparametre på eksisterende vandbehandlingsanlæg hos Aarhus Vand (AV) og VandCenter Syd (VCS).

Der er undersøgt 10 vandværksfiltre: 5 åbne filtre ved VandCenter Syd samt 1 lukket og 4 åbne filtre ved Aarhus Vand. De 10 filtre er fra 10 forskellige vandværker.

Indledningsvist blev analyseparametre, analysemetoder og udstyr til felt- og laboratoriearbejdet fastlagt. Herefter blev der indsamlet anlægs- og driftsdata på de 10 vandværksfiltre og der blev udført egentlig prøvetagning af tre medier: vand, filtermedie og returskyllevand. Blandt det anvendte prøvetagningsudstyr var pibeorgel, juletræ, proton pack og filtermedieprøvetager.

De målte parametre omfatter ilt, pH, ledningsevne, redox, temperatur, jern, mangan, ammonium, turbiditet, filtermedie ekspansion, porøsitet, partikeldensitet, filtermedie coating, kornstørrelsesfordeling og -form, ATP, qPCR og sekvensering. Efter måling blev alle data indført i den web-baserede database for vandbehandling, Merkur (se Rapport 2).

Rapporten afslutter med en diskussion af udfordringer med indsamling af data samt de praktiske løsninger, der blev fundet.

# 1. Introduktion

Formålet med Rapport 1 er at skabe det nødvendige designgrundlag for udviklingsarbejdet i projektets efterfølgende arbejdsplaner ved måling af nøgle-procesparametre på eksisterende vandbehandlingsanlæg hos Aarhus Vand (AV) og VandCenter Syd (VCS). Det er vigtigt for det senere designarbejde, at data indhentes fra flere af forsyningernes vandværker for at få indblik i den variation, som en redesignet drikkevandsproduktion skal kunne leve op til.

Et forprojekt blev udført, hvor en række nye undersøgelsesmetoder blev afprøvet på fire vandværker, Elsted og Kasted ved AV samt Lindved og Holmehaven ved VCS. Forprojektets udbytte omfattede:

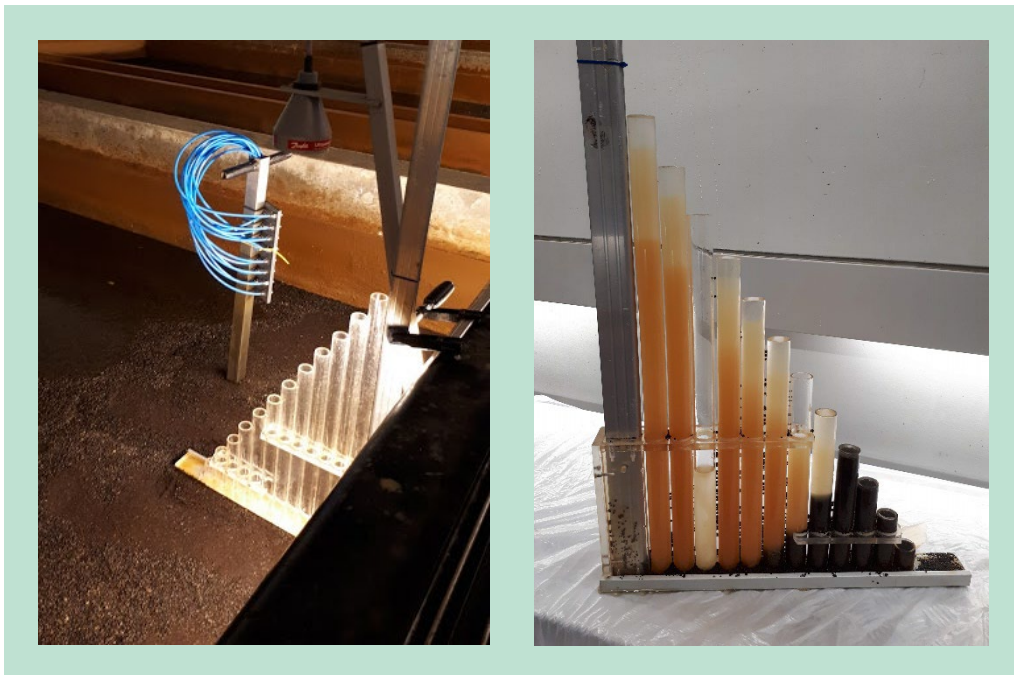
1. Test af udstyret Proton Pack til indsamling af filtermedie i dybden af vandværkers sandfiltre.
2. Test af udstyret Juletræet til indsamling af vandprøver i dybden af vandværkers sandfiltre.
3. Test af udstyret Pibeorgelet til vurdering af filtermedie ekspansion.
4. Udarbejdelse af en foreløbig liste over standardparametre, der er centrale for det videre udviklingsarbejde, og som skulle indsamles til Rapport 1. Disse omfatter:
  - a. Filtermedie ekspansion under returskyl
  - b. Kornstørrelsesfordeling som funktion af dybde
  - c. Bakterietyper og aktivitet i filtermediets biofilm (lagdeling)
  - d. Dybdeprofiler af vandfasens jern-, mangan, og ammoniumindhold
  - e. Anlægsdata (fribord, filterareal, filtermedietype og -lagtykkelse, beluftsning-metode)
  - f. Driftsdata (vandkvalitet, flow, returskylleprogram)

## 2. Metode

Nedenfor beskrives de metoder, der blev anvendt i denne aktivitet.

### 2.1 Pibeorgel

Udstyret benævnt "Pibeorgelet" har til formål at måle filtermedie ekspansion under et returskyl. Udstyret blev i projektet yderligere brugt til at måle vandstanden under de enkelte dele af returskylleprogrammet. Pibeorgelet er produceret og lånt af NIRAS. Udstyret, der kan ses af FIGUR 2, er lavet af plexiglas og aluminium. Før returskyl placeres udstyret på overfladen af filtermediet, så plexiglasrørenes øverste kant sidder i 5 cm intervaller fra 5 - 60 cm over filtermediet.



**FIGUR 2.** Venstre: Pibeorgel placeret i drænet filter inden returskyl. Højre: Resultatet efter et returskyl.

### 2.2 Juletræ

Udstyret benævnt "Juletræet" har til formål at muliggøre udtagning af niveaubestemte vandprøver i 10 cm intervaller fra et vandværksfilter. Juletræet, der ses af FIGUR 3, blev produceret af VCS i rustfrit stål. Udstyret består af en stamme med 15 grene, placeret for hver 10 cm vinkelret på hinanden rundt om grenen, så prøvetagning fra én gren påvirkes mindst muligt af prøvetagning fra de øvrige. Grenene nummereres 1-15 nedefra. Hver gren består af et filter (huller dækket af et net), som er bundet til egen slange, der løber indvendigt i stammen. Ved hjælp af en slangepumpe kan prøver fra hver dybde udtages individuelt. Juletræet nedsættes i et filter under et returskyl.



**FIGUR 3.** Juletræet. Øverst til venstre: klar til nedsætning. Øverst til højre: isat filter og koblet til slangepumpe. Nederst til venstre: gren med filter. Nederst til højre: bunden af Juletræet og illustration af grenenes placering.

## 2.3 Proton Pack

Udstyret benævnt "Proton Pack" (fra Ghost Buster filmene) har til formål at kunne udtage niveaubestemte filtermedieprøver. Proton Pack udstyret blev produceret af VIA University College og er lavet af plast. Proton Pack, der ses på FIGUR 4, virker ved brug af et vakuum fra en støvsuger, et 28 mm indre diameter 140 cm langt spyd (blå) til nedstik i forskellige dybdeintervaller og en hydrocyklon med en 500 ml prøveflaske på bunden. Proton Pack blev i forprojektet testet med et 100 cm langt spyd. Det aktive filterlag blev dog dokumenteret til at række dybere, og nødvendigheden af at udvide spyddet til 140 cm blev fastlagt. Derudover, blev det fastlagt, at den mest præcise prøvetagning i forhold til dybdeintervaller blev udført i et drænet filter.



**FIGUR 4.** Proton Pack under prøvetagning af filtermedie i drænet filter. Det ses, hvordan filter-sandet slynges rundt i hydrocyklonen og ender i glasflasken, når der tilsluttes vakuum via støvsugeren koblet med støvsugerslangen til hydrocyklonens top.

Fordele med denne vakuummetode er, at prøven stammer fra et nøjagtigt dybdeinterval (i forhold til at banke et spyd ned i filtermediet), at der er lav risiko for krydskontaminering fra forskellige dybder da spyddet ikke tages op mellem prøver (men blot føres dybere efter skift af prøveflaske), samt at kornene behandles forholdsvis blidt under optagning (i forhold til f.eks. en snegl), hvormed coatingen er mere intakt.

Udstyret er udviklet af Silhorko Eurowater A/S forud for dette projekt. Det er konstrueret til prøvetagning af filtermedie ved indføring gennem en DN15 kuglehane med indvendig lysning på 10 mm siddende på filterbeholderen, som det ses på FIGUR 5. Udstyret består af et ca. 1 m, 10 mm udvendig diameter rustfrit stålør, der afsluttes af en bøjet bredere ende, hvor filtermediet føres mod en steril pose i en opsamlingsbeholder. Filtermedieprøvetagning foretages ved, at vandtrykket under drift af filtret presser filtermediet gennem prøvetageren, mens denne bevæges ind og ud gennem kuglehanen. Der bankes på enden af prøvetageren for, at filtermediet ikke sætter sig fast i denne.



**FIGUR 5.** Udstyr og filtermedieprøvetagning fra lukket filter.

## 2.4 Anlægs- og driftsparametre

De aktuelle filtre blev gennemgået, og diverse anlægs- og driftsparametre blev dokumenteret. Forprojektets foreløbige liste over standardparametre blev udvidet med baggrund i nødvendige datainput til benchmarkingsparametre identificeret i forbindelse med Rapport 2 samt til de øvrige arbejdsplaner i MUDP-projektet. Bilag 1 indeholder en liste over de indsamlede parametre. I Bilag 1 Tabel A findes en liste over data, der indsamles forud for feltarbejdet og under feltarbejdet. Dertil indeholder Tabel A en checkliste for indsamling af de rette prøver af vand, filtermedie og returskyllevand. I Bilag 1 Tabel B findes en liste over de analyser, der blev udført på vand, filtermedie og returskyllevandsprøver.

## 2.5 Prøvetagning

Nedenfor beskrives udtagning af hhv. vand-, filtermedie, og returskyllevandsprøver.

### 2.5.1 Niveaubestemte vandprøver

Ved anvendelse af Juletræet, blev der fra åbne filtre udtaget vandprøver for hver 10 cm i dybder fra umiddelbart over toppen af filtersandet til toppen af bærelaget (den dybde, hvormed Juletræet kunne nedsættes under et returskyl). Juletræet blev isat filteret under returskyl, hvor det optimalt blev placeret minimum 30 cm fra alle kanter af vandværksfiltrene og i en dybde, der dækkede hele filteret og samtidig tog højde for opnåelse af en prøve af vandet lige over filtermediet. Vandprøverne blev indsamlet umiddelbart inden et returskyl, dvs. ved slut af en gangtid. Dette foregik ved, at Juletræet blev koblet til en slangepumpe med 4 pumpehoveder (peristaltisk slangestørrelse 25), se FIGUR 3 øverst til højre. Prøver blev udtaget i en bestemt rækkefølge (nederst til øverst), for at strømmingen af en given prøve ikke blev forstyrret af pumpning fra den foregående prøve. Der blev forpumpet i nogle minutter (flow = 100 ml/min) til stabile forhold var dokumenteret for feltparametrene ilt, pH, ledningsevne og redox. Derpå blev udtaget filtrerede (60 ml sprøjte og 0,45 µm skivefilter) og ufiltrerede prøver fra hvert niveau. Prøver til jern- og mangananalyse blev udtaget i 100 ml plastflasker med konserveringssyren HNO<sub>3</sub>. Prøver til ammoniumanalyse blev kun udtaget ufiltreret i 500 ml plastflasker.

For Truelsbjerg vandværks lukkede filter blev vandprøver (filtrerede og ufiltrerede, som beskrevet ovenfor) udtaget gennem prøvehaner siddende for hver 20 cm på siden af filteret.

### 2.5.2 Niveaubestemte filtermedieprøver

Ved anvendelse af Proton Pack blev der udtaget filtermedieprøver fra åbne filtre i 20 cm dybdeintervaller ned til maksimum 140 cm dybde. Prøverne blev udtaget i 500 ml BlueCap glas med bred åbning. Proton Pack blev placeret minimum 30 cm fra alle kanter af vandværksfiltrene med spyddet rørende ved filtermediets overflade. Herpå blev støvsugeren startet, og spyddet blev skubbet langsomt ned over et 20 cm interval, hvorved filtermediet blev suget op til prøveflasken. Herpå blev flasken skiftet til en ny og spyddet skubbet videre ned over det næste interval. Som supplement til filtermedieprøver med Proton Pack, blev der udtaget prøver af filtermedie med en steril skovl for hver 5 cm fra de øverste 20 cm af filteret.

For Truelsbjerg vandværk, blev prøvetagning af filtermedie foretaget med filtermedieprøvetageren til lukkede filtre gennem kuglehaner, der var placeret for hver 20 cm på siden af filteret fra ca. 10 cm til 250 cm dybde.

### 2.5.3 Returskyllevandsprøver

Returskyllevandsprøver blev udtaget med en teleskopstang i 30 ml plastrør fra skyllevandsrenden for åbne filtre. For at undgå, at partikler ophobede sig i bunden af prøverøret, og for at sikre de mest repræsentative prøver af hele filteret, blev prøverne så vidt muligt taget fra midten af skyllevandsrenden i en hurtig bevægelse holdende rørets åbning væk fra strømningsretningen og taget i den ende, hvor vandet blev ledt ud.

Returskyllevandsprøver fra det lukkede filter blev udtaget via en prøvehane på siden af et rør, der ledte returskyllevandet ud til bundfældningsbeholderne.

I begge tilfælde blev det tilstræbt at dokumentere returskylleproceduren og dens enkelte trin bedst muligt. Derfor forsøgte det at sikre den først mulige prøve af returskyllevandet, der forlod filteret. Herpå blev der udtaget prøver for hver 30 s de første 2 min af returskylleprogrammets enkelte trin og efterfølgende for hvert 1 min. Ved slut af returskylleprogrammets enkelte trin forsøgte det at sikre den sidst mulige prøve af vandet, der forlod filteret.

## 2.6 Måle- og analysearbejde

Analysearbejdet blev udført ved anvendelse af en række forskellige metoder, der beskrives nedenfor:

### 2.6.1 Feltparametre

Feltparametre blev målt for niveaubestemte vandprøver ved hjælp af et WTW Multi 3430 måleapparat med følgende elektroder: WTW Sentix 940 (pH), WTW TetraCon 325 (ledningsevne), WTW FDO 925 (ilt) og WTW Sentix ORP 900 (redox). Elektroderne blev placeret i et 500 ml plastikbæger, der fyldtes med opadgående strømningsretning vha. Juletræet og slangepumpen.

### 2.6.2 Jern, ammonium og mangan

Niveaubestemte vandprøver samt rentvand- og råvandsindhold af jern, ammonium og mangan blev målt ved Agrolab Agrar und Umwelt GmbH (Tyskland) med standardmetoder (DIN EN ISO 15923-1 (M004), DIN EN ISO 17294-2 (M014, M015, M049) og DIN EN ISO 17294-2 (E 29) for hhv. ammonium, jern og mangan).

Returskyllevandsprøvers indhold af jern blev målt ved VIA University College ved anvendelse af et Hach DR 6000 spektrofotometer og kittet LCK 321.

### 2.6.3 Turbiditet

Returskyllevandsprøvers turbiditet blev målt ved VIA University College ved anvendelse af et 2100AN IS Laboratory Turbidimeter (Merck KGaA).

## 2.6.4 Filtermedie ekspansion

Filtermedie ekspansion blev målt for åbne filtre ved anvendelse af pibeorgelet, der blev fastgjort til filtret, således at bunden hvilede på toppen af filtermediet (se FIGUR 2). Der blev gennemført et almindeligt returskyl, og mængden af filtermedie, der havnede i rørene, blev målt.

## 2.6.5 Totalporøsitet

Ca. 25 ml vandhanevand blev tilsat et måleglas, og rumfanget blev aflæst. Omkring 5 g tørret filtermedie blev afvejet på en 2-decimalsvægt, og massen blev noteret ( $m_{tør}$ ). Filtermediet blev overført til måleglasset med vandet, og det nye forskudte rumfang blev aflæst. Forskellen mellem de to rumfangsaflæsninger ( $vol_{part}$ ) blev noteret. Måleglasset blev banket i bordet 20 gange for at pakke filtermediet. Herpå kunne noteres det pakkede volumen af filtersandet ( $vol_{pak}$ ). Totalporøsiteten af filtermediet ( $n_{tot}$ ) blev beregnet som nedenfor. Porøsiteten er dimensionsløs.

$$n_{tot} = 1 - \frac{vol_{part}}{vol_{pak}}$$

## 2.6.6 Partikeldensitet

Densitet af filtermediepartikler ( $\rho_{part}$ ) i mg/mL blev bestemt som forholdet mellem vægten af 5 g tørret filtermedie ( $m_{tør}$ ) og  $vol_{part}$  (se totalporøsitet), dvs.

$$\rho_{part} = \frac{m_{tør}}{vol_{part}}$$

## 2.6.7 Filtermedie coating

Total coating blev målt af Aalborg Universitet ved afvejning af ca. 20 g filtermedie før og efter syrebehandling med 4 M HCl tilført 2 g/L  $C_2H_2O_4$  (de Vet, Rietveld and Loosdrecht, 2009). Coating på filtermediet blev desuden målt for indhold af TOC (total organic carbon), jern, mangan, calcium, kobber, aluminium, arsen og fosfor ved brug af standard syreoplukning og standard analysemetoder (DS/EN 13137 Dumas (TCD) for TOC, DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:20 for de resterende parametre, Eurofins). Analyseresultaterne blev rapporteret i forhold til tørstofindhold.

## 2.6.8 Kornstørrelsesfordeling og –form

Filtermedieprøver blev lufttørret og målt for kornstørrelsesfordeling og –form ved hjælp af en fotometrisk partikel analyser (Camsizer®2006, Retsch Technology GmbH) ved VIA University Colleges Vandlaboratorium. Denne metode anvender en 2-dimensions projektion af en faldende partikel (et kamera tager skyggefotos af faldende partikler). Partikeldiameter blev beregnet som den korteste korde "Xc min" af et sæt korder, som består af maksimumkorden for hvert punkt på projektionens omkreds (en korde er et linjestykke, der forbinder to punkter på omkredsen af en partikels projektion). Sfæricitet blev beregnet som følgende (hvor A og p er hhv. projektionens areal og omkreds):

$$SPHT = \frac{4\pi A}{p^2}$$

## 2.6.9 ATP

Filtermedieprøver (1-2 g) blev målt for mikrobiologisk aktivitet (ATP) ved Aalborg Universitet ved hjælp af et PhotonMaster™ Luminometer og kittet Deposit and Surface Analysis (DSA) (begge fra LuminUltra Technologies Ltd).

## 2.6.10 qPCR og sekvensering

DNA blev ekstraheret fra filtermedieprøver med FastDNA™ SPIN Kit for Soil. qPCR, og sekvensering blev udført på det ekstraherede DNA med primerne: [341F] CCTACGGGNG-GCWGCAG og [805R] GACTACHVGGGTATCTAATCC, der amplificerer 16S rRNA gen region V3-4 for bakterier. Følgende program blev anvendt for qPCR: denaturering ved 95°C i 2

min, 35 cyclers amplificering (95°C i 20 s, 50°C i 30 s, 72°C i 60 s) og en endelig elongering ved 72°C i 5 min. Sekvensering blev udført på systemet MiSeq (Illumina, USA) efter forudgående konstruering af et sekvenseringsbibliotek. Efterfølgende blev der foretaget bioinformatisk behandling af resultaterne (f.eks. trimming af sekvenserne). Hele processen blev udført ved DNA Sense.

### **2.6.11 Fremgangsmåde ved prøvetagning**

Generelt blev følgende fremgangsmåde tilstræbt ved dataindsamling:

1. Inden vandværksbesøg blev forskellige anlægs- og driftsdata noteret (se Bilag 1, Tabel A).
2. Ved slut af en gangtid, dvs. lige inden et filterskyl, blev filterdriften stoppet. Herefter blev filteret drænet fuldstændigt for vand (det lukkede filter blev ikke drænet).
3. Der blev ved åbne filtre udtaget filtermedieprøver i dybden af filteret med Proton Pack eller ved lukkede filtre med filtermedieprøvetageren. Åbne filtre blev suppleret med manuelle prøver for de øverste 20 cm.
4. Forskellige anlægs- og driftsdata blev noteret (se Bilag 1, Tabel A).
5. Pibeorgelet blev placeret på overfladen af filtermediet.
6. Der blev foretaget et normalt returskyl og returskyllevandsprøver udtaget. Juletræet blev nedsat under returskyllet.
7. Pibeorgelet blev taget op og sandmængder aflæst.
8. Filtret blev sat i normal drift.
9. Ved slut af den efterfølgende gangtid blev der udtaget niveaubestemte vandprøver og udført feltnålinger ved hjælp af Juletræet.
10. Juletræet blev taget op ved det efterfølgende returskyl.

### 3. Resultater

I forbindelse med denne rapport er der indsamlet design-relevante oplysninger om eksisterende vandbehandlingsanlæg for at kunne kvantificere variabiliteten for en række parametre. Disse oplysninger har hidtil ikke været tilgængelige, da målingerne og tilhørende metadata normalt ikke udføres og/eller registreres. Hverken GEUS' Jupiter-database (Geological Survey of Denmark and Greenland, 2018), DANVAs benchmarkingsprogram (DANVA Statistik & Analyse og Benchmarking, 2016) eller den internationale IBC-database (Griffith, 2006) indsamler data fra vandværkernes vandbehandlingsprocesser.

På baggrund af designgrundlaget beskrevet i afsnit 1.3, blev der udarbejdet tabeller over de data, der skulle indsamles (Bilag 1, Tabel A og B).

Data blev indsamlet for 10 vandværksfiltre (5 åbne filtre ved VCS samt 1 lukket og 4 åbne filtre ved AV). TABEL 1 giver et overblik over de inkluderede vandværker og deres forskellighed baseret på basale anlægs- og driftsdata. Efter analyse af vand, filtermedie og returskyllevandsprøver, blev data indført i den web-baserede platform, Merkur (se Rapport 2). I Rapport 2 ligger også udvælgelse af benchmarkingsparametre og på baggrund heraf udarbejdelse af grafer til benchmarking af vandværkernes procesdata og dermed fortolkning af resultaterne fra det indsamlede data.

**TABEL 1.** Overblik over de 10 vandværksfiltre, hvorfra data er indsamlet.

|             | Forsyning | Åbne/Lukkede filtre | Enkelt-/Dobbelt-filtrering     | Filtermedie type(r) | Filtermedieudskiftning           |
|-------------|-----------|---------------------|--------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| Dalum       | VCS       | Åbne                | Enkelt                         | Antracit/Kvarts     | 2016                             |
| Elsted      | AV        | Åbne                | Enkelt                         | Antracit/Kvarts     | 1993 (kvarts)<br>2000 (antracit) |
| Holmehaven  | VCS       | Åbne                | Enkelt                         | Kvarts              | 2011                             |
| Hovedværket | VCS       | Åbne                | Enkelt                         | Antracit/Kvarts     | 1985                             |
| Kasted      | AV        | Åbne                | Enkelt                         | Antracit/Kvarts     | 2000                             |
| Lindved     | VCS       | Åbne                | Enkelt                         | Antracit/Kvarts     | 1977(kvarts)<br>1983(antracit)   |
| Lunde       | VCS       | Åbne                | Enkelt                         | Antracit/Kvarts     | 1998                             |
| Stavtrup    | AV        | Åbne                | Enkelt                         | Antracit/Kvarts     | 2012                             |
| Truelsbjerg | AV        | Lukkede             | Dobbelt (forfilter undersøges) | Calciumcarbonat     | 2014                             |
| Østerby     | AV        | Åbne                | Enkelt                         | Antracit/Kvarts     | 2001                             |

## 4. Diskussion

Selvom en grundig plan blev fulgt under prøvetagning af de 10 vandværksfiltre, var der forskellige uforudsete hændelser eller afvigelser imellem vandværkerne, der måtte tages hensyn til. I dette kapitel omtales disse prøvetagnings og analyse-mæssige udfordringer og de praktiske løsninger, der blev fundet.

De 10 vandværker omfattede 9 vandværker med enkeltfiltrering i åbne filtre og 1 vandværk med dobbelt filtrering og lukkede filtre. Det blev besluttet, at kun forfiltret af de lukkede filtre skulle prøvetages, da vandet, der forlod dette filter, levede op til drikkevandskriterierne (BEK 1070, 2019).

### 4.1 Filtermedie ekspansion

Pibeorgelet fungerede uden problemer ved alle prøvetagninger, men det skal overvejes, hvordan resultaterne dokumenteres. Er det bedste mål for filtermedie ekspansion højden af den længste pibe, der er helt fyldt med filtermedium, eller skal der måles, hvor mange cm filtermedie, der er endt i halvfylde piber? Man kan formode, at de halvfylde piber er et resultat af samtidig vand- og luftskyl, hvor luften hvirvler filtermediekornene op til toppen af vandspejlet. Herved vil højden af vandspejlet således få betydning for højden som filterkornene hvirvles op i. Herimod vil helt fyldte piber repræsentere den mere reelle filtermedie ekspansion fra returskyl med vand alene. Rapporteres filtermedie ekspansion på baggrund af helt fyldte piber, skal man dog holde sig for øje, at der er risiko for at miste filterkorn, hvis vandværksfiltre på baggrund heraf redesignes med mindre fribord. Alternativt skal skylning med vand og luft samtidig begrænses til, at vandspejlet når op til skyllevandsrenden.

Det blev vurderet, at en mere sikker måling af filtermedie ekspansion kunne fås ved at sætte pibeorgelet fast og udføre et manuelt skyl alene med vandskyl-trinnet.

### 4.2 Vandprøvetagning

Juletræet skulle optimalt placeres, så vandprøver kunne sikres af hele dybden af det aktive filterlag inklusiv af vandet lige over filtermediet. Da Juletræet kun kan placeres under et returskyl, er det svært at vurdere, hvor øverste gren er placeret. Det resulterede i, at vandprøver kun blev indsamlet ned til 80 cm dybde for Lindved- og Holmehaveværket mens øverste gren på Juletræet var placeret 7 cm under filtermediets overflade på Kastedværket og 40 cm under på Stavtrupværket. For de to sidstnævnte værker blev der suppleret med en manuel vandprøve af vandet over filtermediet, hvilket sikrede resultaterne for Kastedværket. For Stavtrupværket, derimod, mangles der niveaubestemte vandprøver fra de øverste 40 cm af filtermediet. Der blev på baggrund af disse erfaringer taget to beslutninger: 1) Juletræet skal hellere sættes for højt end for lavt i filteret i forhold til at tilstræbe dokumentation af opnåelse af drikkevandskriterier for alle parametre. 2) For at sikre en bedre placering af Juletræet bør man inden nedsætning sammenholde fribordet i filteret med afstanden fra toppen af Juletræet til øverste gren (75 cm).

For enkelte prøver med Juletræet blev det observeret, at filterkorn blev suget med op gennem slangerne sammen med vandet (Gren 11 og 12 på Hovedværket, Gren 11 Stavtrup, Gren 11 og 12 Østerby). I disse tilfælde blev der forpumpet længere inden prøvetagning. Ved rengøring af Juletræet sås også filterkorn siddende i filteret ved enkelte grene. Det vurderes at være en fordel ved fremstilling af Juletræet at undgå at placere åbningen af filteret nederst på grenene, så filtermedie ikke fanges, når Juletræet isættes i filteret. Ligeledes skal det undgås at presse Juletræet ned i filtret men blot lade dette glide ned i filteret under returskyl. Der synes at være

sammenhæng mellem filtre med store kornstørrelser og filtre, hvor det var nødvendigt at presse hårdt på Juletræet for at få det nede i filteret under returskyl.

For enkelte prøver med Juletræet blev der observeret luft i slangerne (Gren 15 Stavtrup, Gren 13, 14 og 15 Østerby). Selvom der blev forpumpet længe (> 10 min, flow 100 ml/min) i disse tilfælde, var det ikke muligt at sikre prøver efter den normale procedure. Dette fænomen indtraf typisk for de øverste 2-3 grene, hvilket vil sige, at prøvetagningen af de resterende grene var udført, når dette blev observeret. Det formodes, at der eksisterer luftlommer i de øverste lag af filtrene. Dette kan stamme fra filterskyllet, men ses muligvis især i filtre, hvor der overiltes i den foregående beluftning. Dette understøttes også af, at filtrene bobler, når driften stoppes. For at sikre prøver, når dette problem indtraf, blev Juletræet røkket lidt. Dette resulterede i, at det boblede kraftigt omkring Juletræet. I de fleste tilfælde begyndte vand igen at blive suget op i slangerne, men dette var okkerfarvet. Der blev forpumpet, indtil der var synligt rent vand i slangerne og prøver sikret, men der var en risiko for at opnå for høje f.eks. jernværdier for disse prøver.

Vandprøvetagning gennem prøvehaner for det lukkede filter (Truelsbjerg) kunne i nogle tilfælde ikke gennemføres, da hanerne var blokerede, formentligt med udfældet jern- og manganoxid. I disse tilfælde blev filtermedieprøvehaner anvendt til vandprøvetagning. Her var der risiko for, at filtermedie kom med i vandprøven, hvilket kan have givet anledning til for høje jern- og/eller manganværdier.

### 4.3 Filtermedieprøver

Proton Pack blev under prøvetagningerne testet med spyddet på 28 mm indre diameter og 140 cm længde i et drænet filter, som foreslået i forprojektet. Der vil naturligt være en trade-off mellem at sikre størst mulig diameter og længde af spyddet, og hvor let det vil være at suge filtermediet op. Prøvetagningerne med det nye spyd fungerede uden problemer, men det blev observeret, at der var varierende mængder af filtersand i flaskerne efter prøvetagning. Det indre rumfang i en 20 cm længde af spyddet kan beregnes som følger:

$$V = \pi \times \left(\frac{2,8\text{cm}}{2}\right)^2 \times 20\text{cm} = 123\text{ cm}^3 = 123\text{ mL}$$

De 500 ml store prøveflasker burde derfor være passende til spyddet med diameteren på 2,8 cm. Når der under prøvetagning blev observeret større eller mindre mængder, kan dette skyldes, at det har været vanskeligt at suge filtermediet op fra filteret, at der suges filtermedie ikke kun i spyddets areal men også fra siderne udenfor, eller at intervallet på de 20 cm ikke er udtaget præcist. Som kontrol af prøvetagningen blev der holdt øje med rumfanget af filtermedie i flaskerne. Det blev vurderet, at den bedste prøvetagning blev foretaget, når støvsugeren blev startet og stoppet mellem hver dybde, og når spyddet kun bevæges i en langsom nedadgående bevægelse (aldrig frem og tilbage). For at sikre nok prøvemateriale, blev der i forsøgene udtaget filtermedie fra to steder i filteret, og prøver fra samme dybde blev samlet og blandet til én prøve i en pose, inden delmængder blev udtaget til de enkelte analyser.

I nogle tilfælde blev de dybeste filtermedieprøver udtaget omkring den dybde, hvor bærelaget starter. For Lindved blev der observeret bærelag i prøven fra 120-140 cm.

En anden risiko ved prøvetagning med Proton Pack er, at korn fra toppen af filtret kan drysse ned i spydhullet (på den udvendige side af spyddet) for så derefter at blive suget op i næste prøve. Denne risiko blev reduceret ved at bevæge spyddet horisontalt så lidt som muligt (f.eks. mens prøveflasker blev udskiftet). Det vurderes, at denne potentielle fejlkilde har haft meget begrænset effekt på resultaterne.

## 4.4 Returskyllevandsprøver

Returskyllevandsprøver kunne i enkelte tilfælde ikke udtages som beskrevet i afsnit 2.6.3. Eksempelvis kunne der være for lidt vand i skyllevandsrenden til, at prøver kunne sikres fra midten af denne. Her blev prøver taget af vandet, der plaskede fra filteret over i skyllevandsrenden. Hermed vil prøven ikke repræsentere en blanding fra hele filtret, men kun fra et givent udsnit af filteret. Ved Stavtrup rakte filteret ud under gulvet, og der var derfor ikke adgang til skyllevandsrenden. I dette tilfælde blev der udtaget tre samtidige prøver fra vandet over filtermediet under returskyl, der efterfølgende blev blandet inden analyse. Alle analyser af returskylprøver virkede succesfulde (ingen outliers eller lignende).

Udtagning af returskyllevandsprøver blev sammenholdt med tidspunktet i returskylproceduren. I den forbindelse blev det fundet lettest i den travle prøvetagningssituation at starte et stopur ved returskylprocedurens start og derfra notere tiden, når det første vand plaskede fra filteret til skyllevandsrenden. Herfra blev der taget prøver hver 30 s eller 1 min. I forbindelse med massebalanceberegninger af jernmængder, der fjernes ved et returskyl, er prøver fra det 1. minut særlig vigtige på grund af de høje koncentrationer.

Med hensyn til indsamling af driftsinformation om returskyl, blev det noteret, at alle VCS-værker bliver skyllet manuelt hver 2.-3. måned med en særlig grundig returskylprocedure med forlænget luftskyl.

## 4.5 Analyser

Feltmålinger (ilt, pH, ledningsevne og redox) blev målt på de niveaubestemte vandprøver. Desuden blev feltmålingerne anvendt til at sikre stabile forhold inden udtagning af vandprøver. Elektroder for pH-målinger blev kalibreret inden anvendelse, mens proberne til redox, ilt og ledningsevne blev kontrolleret med en standardopløsning. Det blev observeret, at redox elektroden – den mest usikre blandt proberne - viste faldende værdier med filterdybde ved Kasted. En forklaring på dette uventet resultat blev ikke fundet.

Totalporøsitet og partikeldensitet af filtermediet blev analyseret på baggrund af små prøvemængder på 5 g og 25 ml vand og en dertilhørende størrelse målekolbe. Ved gentagne analyser og statistisk vurdering af afvigelser, er det afklaret, at større prøvemængder og målekolbe bør anvendes for at sikre mere retvisende værdier. Med andre ord, kan der forventes en variation i totalporøsitet og partikeldensitet prøverne imellem, der skyldes analysemetoden. Dette er særligt gældende for totalporøsitet, da aflæsning af sandspejl indebærer størst usikkerhed. Ligeledes blev coating af filtermediet baseret på små prøvemængder på 2 g. Større prøvemængder til denne måling kan anbefales for at reducere usikkerheden.

Filtermedie ekspansion blev målt vha. pibeorgelet. For Holmehaven og Dalum kunne filtermedie ekspansion ikke dokumenteres præcist, da alle piber var fyldte med filtermedie. Her blev rapporteret >60 cm filtermedie ekspansion. Dette kan indikere ægte fluidisering på Holmehaven, da dette værk ikke anvender samtidig skyl med luft og vand. For Dalum, er der samtidig skyl med luft og vand og et stort fribord (> 120 cm), hvorfor pibeorgelmålingerne blot kan indikere, at korn løftes op af luftbobler. For Dalum blev yderligere observeret, at filteret voksede 11 cm under returskyllet, hvilket vil sige, at de to nederste piber sad nede i filtermediet efter returskyl. Dette var en enkeltstående og uforklarlig observation. Ved efterfølgende returskyl, lå filtermediets øverste lag igen 11 cm lavere.

## 5. Referencer

Anon 2016. DANVA Statistik & Analyse og Benchmarking. [online] Available at: <<http://www.danva.dk/Medlemmer/Ledelsessystemer/DANVA-Statistik-Analyse-og-Benchmarking.aspx>>.

Geological Survey of Denmark and Greenland, 2018. NATIONAL GEOPHYSICAL DATABASE (GERDA). [online] Available at: <<http://eng.geus.dk/products-services-facilities/data-and-maps/national-geophysical-database-gerda/>>.

Griffith, A.F., 2006. Improving project system performance through benchmarking. In: Paper presented at PMI® Global Congress 2006—EMEA, Madrid, Spain. Newtown Square, PA: Project Management Institute.

BEK 1070, 2019. Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. Miljø- og Fødevaremin., j.nr. 2019-14154. <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=210700>.

de Vet, W.W.J.M. De, Rietveld, L.C. and Loosdrecht, M.C.M. Van, 2009. Influence of iron on nitrification in drinking water filters. Journal of Water Supply Research and Technology-Aqua, 58.4, pp.247–256.

# Bilag 1. Indsamlede parametre

Tabel A. Parametre.

| Parameter                                                               | Enhed                               | Udstyr                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| <b>Noteres forud for feltarbejde</b>                                    |                                     |                                                             |
| Navn på forsyning                                                       | -                                   | -                                                           |
| Navn på vandværk                                                        | -                                   | -                                                           |
| Antal og volumen af rentvandstank(e)                                    | stk. og m <sup>3</sup>              | -                                                           |
| Min højde af vand i rentvandstank                                       | cm                                  | -                                                           |
| Max højde af vand i rentvandstank                                       | cm                                  | -                                                           |
| Årsproduktion                                                           | m <sup>3</sup> /år                  | -                                                           |
| Åbne/lukkede filtre                                                     | -                                   | -                                                           |
| Enkelt/dobbeltfiltrering                                                | -                                   | -                                                           |
| Antal filtre                                                            | stk.                                | -                                                           |
| Filternummer til forsøg                                                 | -                                   | -                                                           |
| Filtermedie type, lagtykkelse og kornstørrelse                          | cm og mm                            | -                                                           |
| Seneste årstal for udskiftning af filtermedie eller årstal for ilægning | -                                   | -                                                           |
| Beluftsningmetode                                                       | -                                   | -                                                           |
| Returskylleprocedure (forfilter)                                        | Tid (min), Flow (m <sup>3</sup> /t) | -                                                           |
| Returskylleprocedure (efterfilter)                                      | Tid (min), Flow (m <sup>3</sup> /t) | -                                                           |
| Gangtid (forfilter)                                                     | min, dage, andet                    | -                                                           |
| Gangtid (efterfilter)                                                   | min, dage, andet                    | -                                                           |
| Krydsfelt                                                               | -                                   | -                                                           |
| Stimulering af vandbehandling med Cu                                    | -                                   | -                                                           |
| <b>Noteres under feltarbejde</b>                                        |                                     |                                                             |
| Dato og tidspunkt for forsøg                                            | -                                   | -                                                           |
| Max flow (alle linjer)                                                  | m <sup>3</sup> /t                   | -                                                           |
| Flow under forsøg (undersøgte filter)                                   | m <sup>3</sup> /t                   | -                                                           |
| Længde (åbent)                                                          | m                                   | Lasermåler                                                  |
| Bredde (åbent)                                                          | m                                   | Lasermåler                                                  |
| Diameter (lukket)                                                       | m                                   | -                                                           |
| Dybde (FM uden bærelag)                                                 | cm                                  | Evt. med målepind                                           |
| Vand brugt før/efter returskyl                                          | m <sup>3</sup>                      |                                                             |
| Filterbed ekspansion                                                    | cm                                  | Pibeorgel                                                   |
| Vandspejl under returskyl (for hver del af program)                     | cm                                  | Pibeorgel                                                   |
| Fribord (filtersand til skyllevandsrende)                               | cm                                  | Tommestok                                                   |
| Vandets opstuvningshøjde under drift                                    | cm                                  | Tommestok                                                   |
| Placering af juletræ                                                    | Hvor og hvor dybt i filteret        | -                                                           |
| Placering af Proton Pack                                                | Hvor og hvor dybt i filteret        | -                                                           |
| <b>Prøvetagning af vand, filtermedium og returskyllevand</b>            |                                     |                                                             |
| Råvandsprøve (filtreret/ufiltreret)                                     | 1 stk./2 stk.                       | 100 mL/100 og 500 mL                                        |
| Råvandsprøve (filtreret/ufiltreret)                                     | 1 stk./2 stk.                       | 100 mL/100 og 500 mL                                        |
| Niveaubestemte vandprøver (ufiltrerede)                                 | Hver 10 cm, 2 stk.                  | Juletræ, 100 og 500 mL                                      |
| Niveaubestemte vandprøver (filtrerede)                                  | Hver 10 cm, 1 stk.                  | Juletræ, slangepumpe, 100 mL, 0,45 µm filter, 60 mL sprøjte |

|                                             |                     |                                  |
|---------------------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| Feltmålinger (ilt, pH, ledningsevne, redox) | Hver 10 cm          | Juletræ, WTW udstyr, slangepumpe |
| Niveaubestemte filtermedieprøver            | I 20 cm intervaller | Proton Pack                      |
| Tidsbestemte returskyllevandsprøver         | Hvert minut         | 30 mL                            |

**Tabel B. Analyseparametre.**

| Analyseparameter                 | Enhed                   | Udstyr/Analysested                         |
|----------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------|
| <b>Vand</b>                      |                         |                                            |
| Jern (filtreret og ufiltreret)   | mg/L                    | Agrolab                                    |
| Ammonium (ufiltreret)            | mg/L                    | Agrolab                                    |
| Mangan (filtreret og ufiltreret) | mg/L                    | Agrolab                                    |
| Ilt                              | mg/L                    | WTW 3430, FDO 925                          |
| pH                               | -                       | WTW 3430, Sentix 940                       |
| Ledningsevne                     | µS/cm                   | WTW 3430, TetraCon 325                     |
| Redox                            | mV                      | WTW 3430, Sentix ORP 900                   |
| Temperatur                       | °C                      | WTW 3430, alle elektroder                  |
| <b>Filtermedie</b>               |                         |                                            |
| Kornstørrelsesfordeling og –form | µm (størrelse)          | Camsizer®2006, Retsch Technology GmbH      |
| Porøsitet                        | %                       | Aalborg Universitet                        |
| Densitet                         | g/L                     | Aalborg Universitet                        |
| Filtermedium type                | -                       | Aalborg Universitet                        |
| Coating, total                   | g                       | Aalborg Universitet                        |
| Coating, TOC                     | % ts                    | Eurofins                                   |
| Coating, TOC (beregnet)          | mg/kg ts                | Eurofins                                   |
| Coating, jern                    | mg/kg ts                | Eurofins                                   |
| Coating, mangan                  | mg/kg ts                | Eurofins                                   |
| Coating, calcium                 | mg/kg ts                | Eurofins                                   |
| Coating, kobber                  | mg/kg ts                | Eurofins                                   |
| Coating, aluminium               | mg/kg ts                | Eurofins                                   |
| Coating, arsen                   | mg/kg ts                | Eurofins                                   |
| Coating, fosfor (total)          | mg/kg ts                | Eurofins                                   |
| Tørstof                          | %                       | Eurofins                                   |
| ATP                              | pg/g                    | Aalborg Universitet                        |
| qPCR                             | ng/µL                   | DNA Sense                                  |
| DNA Sekvensering                 | OTU, Shannon Index, mm. | DNA Sense                                  |
| <b>Returskyllevand</b>           |                         |                                            |
| Jern                             | mg/L                    | DR6000, kit LCK321, VIA University College |
| Turbiditet                       | NTU                     | 2100AN IS Laboratory Turbidimeter, VIA     |

## Indsamling af vandbehandlingsdata

I Danmark er drikkevandsproduktion baseret på grundvand, der behandles ved en enkel proces, der består af iltning af vandet efterfulgt af en biofiltrering med gravitations- eller trykfilter. Herved fjernes eller omdannes jern, ammonium og mangan. Design og drift af biofiltrering, som er hjertet i vandbehandlingen, har ikke ændret sig væsentligt i mere end 100 år. Fremskridt i prøvetagning og måleteknikker i forbindelse med biofiltrering har imidlertid medført ny viden og mulighed for at undersøge, forstå og manipulere de kemiske, mikrobiologiske, fysiske og procesteknologiske elementer i drikkevandsbehandling. Vandkvaliteten er under pres, og der er en erkendelse af, at mange af de nuværende overskridelser af vandkvalitetskrav på landsplan kunne undgås ved en bedre vandbehandling.

Projektets formål er at re-designe vandbehandling fra bunden ved radikal nytænkning af drikkevandsproduktionen, hvormed der kan ske en optimering af nye og eksisterende vandværker, herunder reduktion af vandspildet ved returskyl, forkortelse af indkøringen af nye filtre samt større bæredygtighed i drikkevandsproduktion. Projektet har resulteret i formulering af 18 "redesign-principper", der handler om design og drift af drikkevandsbehandling. Principperne blev testet ved fuldskala demonstration af ny filterbeholderdesign samt ny indkøringsprocedure med SmartSand. Endvidere blev principperne udviklet på basis af ny viden om jern- og ammoniumfjernelse samt returskylleprocessen. Projektet har desuden påbegyndt udvikling af den åbne dataplatform "Merkur" til vandbehandlingsdata samt en matematisk model til at belyse virkningen af forskellige filterkonstruktioner.



Miljøstyrelsen  
Tolderlundsvej 5  
5000 Odense C

[www.mst.dk](http://www.mst.dk)