

5. oktober 2015

Varde kommune
Naturcenteret – Grundvand
Bytoften 2, 6800 Varde

att.: Hardy Skov

Ansøgning om tilladelse til ændring af vandbehandling på Oksby og Ho Vandværk efter vandforsyningslovens § 21.

Indhold

1 Indledning	2
2 Formål	2
3 Baggrund	2
4 Tidligere erfaringer og udførte undersøgelser	3
5 Teknisk grundlag for ændring af vandbehandlingen	3
6 Teknisk beskrivelse af løsning	6
7 Risiko vurdering	9
8 Yderligere oplysninger	12
Bilag 1: Kort med boringsoversigt og tidsserier for NVOC	
Bilag 2: Slam analyse af skyllevand fra pilotanlæg (Eurofins)	
Bilag 3: Proces og instrumentering af ny vandbehandlingsproces	
Bilag 4: Indretning af kemikalie rum	
Bilag 5: Sporstof indhold og sikkerhedsdatablad PIX-111	
Bilag 6: Sporstof indhold og sikkerhedsdatablad H ₂ O ₂ (35 – 50 %)	

1. Indledning

På vegne af Oksby og Ho Vandværk anmodes Varde kommunes kommunal bestyrelse hermed om tilladelse til ændring af den eksisterende vandbehandling, jf. lov om vandforsyning mv. § 21.

Ændringen omfatter:

- Tilsætning af brintperoxid (H_2O_2) til grundvand.
- Tilsætning af jernklorid ($FeCl_3$) til grundvand.

2. Formål

Formålet med ændringen af vandbehandlingsanlægget er, at forbedre den leverede vandkvalitet fra vandværket mht. farvetal, organisk kulstof (NVOC) og partikler. Formålet er også at levere en mere ensartet og forbedret vandkvalitet på ledningsnettet ved store sæsonmæssige udsving i vandforbruget.

3. Baggrund

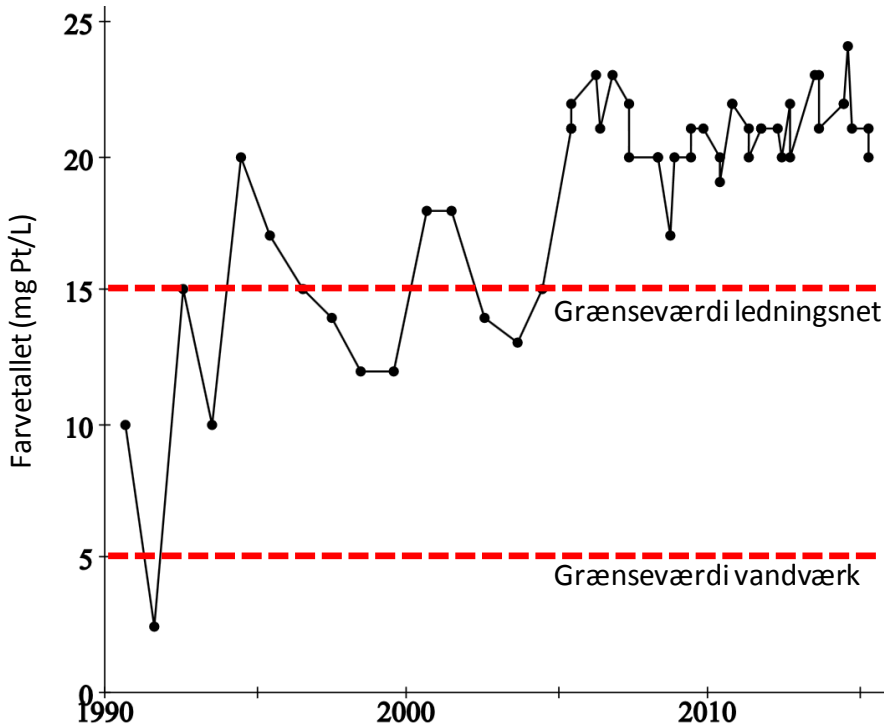
Oksby og Ho Vandværk har en indvindingstilladelse på 400.000 m³/år og udnytter omkring 330.000 – 350.000 m³.

Vandværket på Blåvandvej 87A anvender i dag fem indvindingsboringer med god ydeevne, der er filtersat i glacielle sand aflejringer under tykke postglacielle og interglacielle marine aflejringer (Eem). Boringerne har alle et væsentligt indhold af den skadelige luftart metan samt NVOC (se bilag 1).

Grundvandet indeholder også målelige mængder af simple organiske syrer (myresyre og eddikesyrer). Grundvandets høje indhold af organiske stoffer og metan skyldes naturlige processer ved nedbrydning af organisk stof i grundvandsmagasinet – disse processer frigiver også ammonium, jern og fosfor til grundvandet.

Oksby og Ho Vandværk har over en længere periode haft et stigende farvetal som det fremgår af Figur 1 nedenfor. Farven kan ses visuelt, som en svag gul-brun farve mod en hvid baggrund ved større vanddybde – f.eks. i hvid sanitet, badekar, spa, swimmingpool osv.

”Farvetallet” som er et mål for drikkevandets farve ligger over kvalitetskravet (5 Pt mg/l af værk, 15 Pt mg/l i ledningsnet prøver). Farven kommer fra det naturlige indhold af organisk stof i grundvandsmagasinet.



Figur 1. Farvetallet i prøver på vandværk og ledningsnet - Oksby og Ho Vandværk

Forbrugerne ser ofte mørke udfældninger og bundfald i nogle særlige områder af ledningsnettet. Det er som regel områder, hvor der er store sæsonbetingede forbrugsvariationer domineret af fritidshuse o. lign. Forbrugere, der oplever dette ofte, anser vandet som uæstetisk og snavset og opfatter det som en gene. Klager fra forbrugere giver anledning til en del øget drift med udkald til udskylninger og oprensning på ledningsnettet.

4. Tidligere erfaringer og udførte undersøgelser

Det fældningskemikalie (aluminium) som blev anvendt på vandværket før 2004 har kunnet fjernet noget af det organiske stof. Efter at vandværket stoppede tilsætning af aluminium i forbindelse med ombygning af vandbehandlingen i 2004 – 2005, har farvetallet været over 15 mg Pt/l. Tilsætning af aluminium er generelt ikke ønskelig pga. en lav grænseværdi (0,1 mg/l) og mistanke om betydning for udvikling af Alzheimers syndrom.

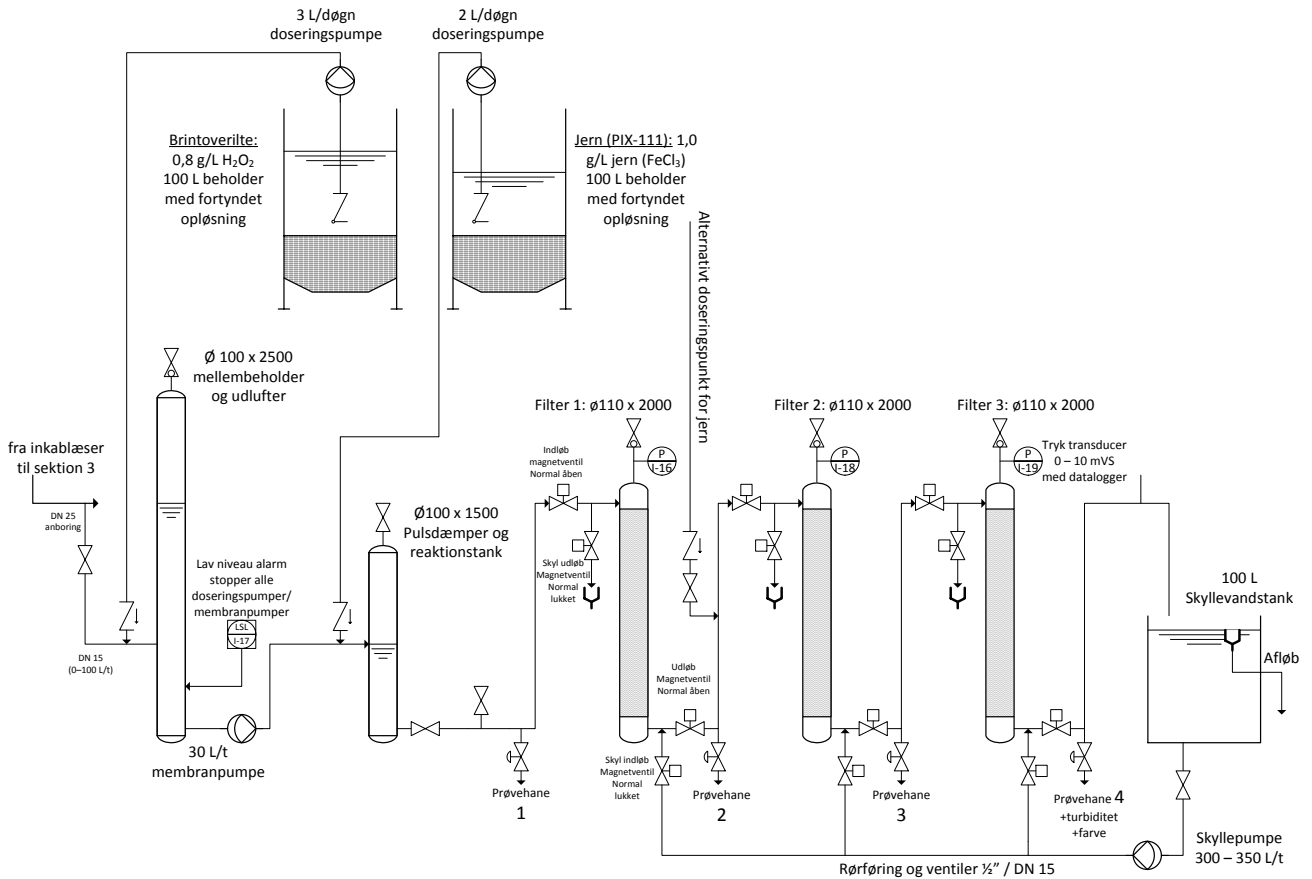
AKTOR innovation har på vegne af vandværket undersøgt om ionbytning kunne anvendes (udført af Vitens, hollandsk vandforsyningsselskab i 2013). Konklusionen var at ionbytning kan anvendes, men at anlægsomkostningerne vil være ret store (8 – 10 mio. kr.).

Vandværket har i 2014 haft Krüger til at undersøge kemisk jernfældning, men også denne metode har vist sig dyr i både anlæg og drift.

5. Teknisk grundlag for ændring af vandbehandlingen

AKTOR innovation har i 2015 gennemført laboratorieforsøg og pilotforsøg med kombineret kemisk iltning og fældning med hhv. brintperoxid (brintoverilte, H_2O_2) og jern (jernklorid, $FeCl_3$) – se Figur 2.

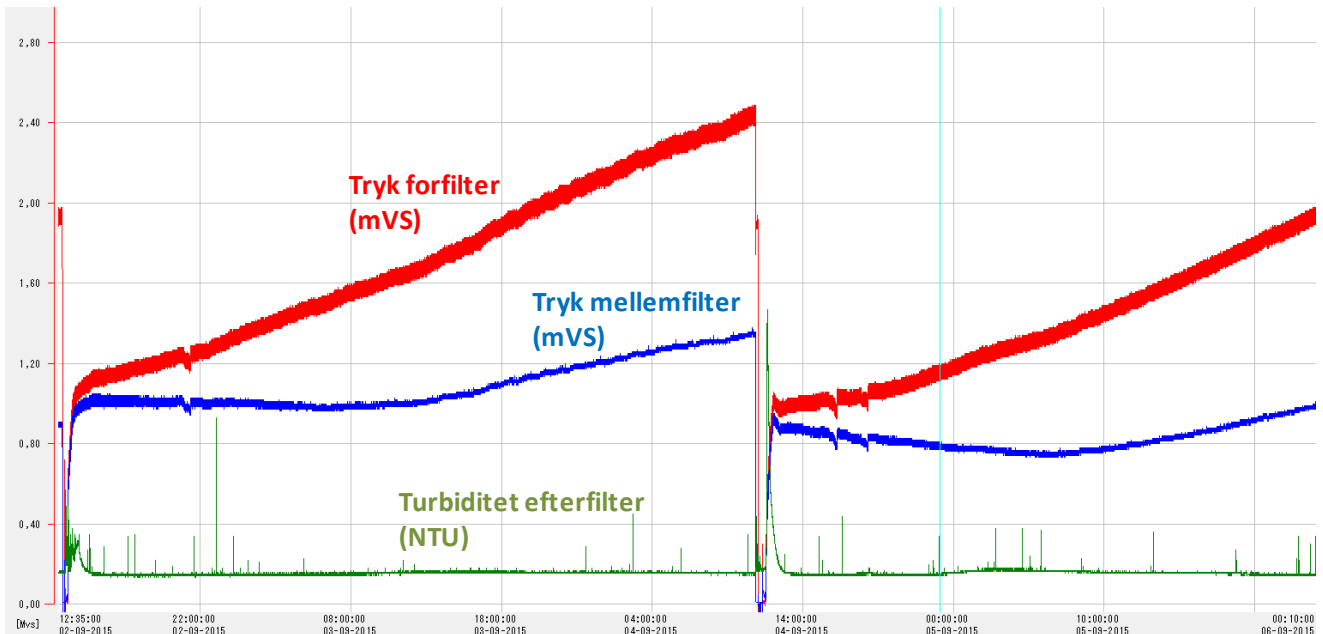
Forsøgene har vist, at kombination af kemisk iltning og fældning med en forbedret filtrering vil give en tilfredsstillende vandkvalitet, både mht. farvetal, jern og NVOC (se Tabel 1 og Figur 3). Den forbedrede filtrering bliver etableret ved at ændre filteranlægget fra eksisterende dobbelt filtrering til 3-dobbelt filtrering med to-medie filtre og finkornet sand.



Figur 2 Skematisk opsætning af pilotforsøg udført på Oksby og Ho Vandværk i august – september 2015

Tabel 1 Resultater af analyser af vandprøver fra udløb af pilotanlæg (Eurofins)

Prøvedato	Test	Farvetal (mg Pt/L)	Jern (mg/L)	NVOC (mg/L)
25-08-2015	Jern tilsætning 2,5 mg/l	14	0,031	3,2
26-08-2015		13	<0,01	3,4
27-08-2015		13	<0,01	3,4
28-08-2015		13	0,020	3,3
02-09-2015	Jern tilsætning 5,0 mg/l	11	0,016	3,1
03-09-2015		9,7	0,011	3,0
07-09-2015		13	0,037	3,4
08-09-2015		15	0,029	3,4



Figur 3 Udvikling i tryk i forfilter og mellemfilter efter filterskylning af forfilter d. 2/9, samt forfilter + mellemfilter d. 4/9. Turbiditeten ud af efterfilteret ligger konstant omkring 0.15 NTU, men stiger kortvarigt lige efter filterskylning.

Undersøgelsen nåede frem til de følgende konklusioner:

- Det normale vand fra vandværket indeholder en del partikler som giver et bidrag på 15 – 20 % af drikkevandets farve og også har betydning for klarheden (turbiditet). Forsøgene viser at partiklerne bundfælder meget langsomt – både ved rentvandstanken og ude på ledningsnettet.
- Over længere tidsrum (2 – 4 dage) sker der dog nogen bundfældning. Derfor opstår der dårligere vandkvalitet på ledningsnettet når partiklerne, der er bundfældet, hvirvles op ved lejlighedsvist lokalt højt forbrug – f.eks. fyldning af spa bade og swimmingpools.
- Farvetallet kan reduceres til 10 mg Pt/l og NVOC til under grænseværdien på 4,0 mg/l ved at tilsætte 5 – 8 mg jern/l og fjerne de dannede partikler fra vandet med effektiv filtrering.
- Man kan udnytte grundvandets naturlige jernindhold (ca. 3,0 mg/l) ved at tilsætte brintperoxid (2 – 3 mg/l) til kemisk fældning. Så vil den nødvendige ekstra jerntilsætning være 5 mg/l for at opnå tilstrækkelig reduktion af farvetal og NVOC.
- Slam produktionen forøges med ca. 200 %. Prøver af skyllevandet fra pilotanlægget viser, at det producerede okkerslam indeholder 30 % jern, 6 % organisk kulstof og 0,1 % mangan (se bilag 2). Slammet har gode bundfældningsegenskaber og det vurderes at udledning af skyllevand til grøft efter bundfældning vil have samme vandkvalitet som hidtil.

- Det vurderes at udledningen af skyllevand ikke vil forøges, fordi den optimerede proces vil bidrage til mindre skyllevandsforbrug. Det producerede okkerslam som i dag afhentes af DK Vandservice kan forsat bortskaffes til Herning biogas (til bekæmpelse af svovlbrinte).
- Pilotforsøgene har vist, at det er muligt at optimere vandværkets eksisterende filteranlæg og samtidigt bevare vandværkets behandlingskapacitet (3 x 50 m³/time)
- Det er nødvendigt at forbedre filtreringen og opnå et lavere indhold af partikler.

Det er næppe økonomisk og miljømæssigt bæredygtigt at sænke farvetallet til under grænseværdien på 5 mg Pt/L ab værk, da det vil kræve meget store mængder af kemikalier. Forsøgsresultaterne viser, at Oksby og Ho Vandværk kan producere drikkevand med et farvetal ned til omkring 10 mg Pt/L og dermed overholde grænseværdien på 15 mg Pt/l gældende for ledningsnettet.

6. Teknisk beskrivelse af løsning

Proces og instrumentering (PI-diagram) af den foreslåede tekniske løsning er vist i bilag 3.

Den nye vandbehandling udnytter, at der ved tilsætning af brintperoxid (H₂O₂) sker en reaktion med grundvandets indhold af opløst jern. Denne proces der også kaldes *Fentons reagens* producerer hydroxyl radikaler (OH·) som har et kraftigt oxidations potentiale:

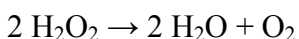


Fentons reagens bidrager med en delvis oxidation af det organiske stof i grundvandet, hvilket forbedrer fældningen af det organiske stof. Samtidigt omdannes grundvandets opløste ferro-jern (Fe²⁺) til tungt opløseligt ferri-jern (Fe^{III}), der bidrager til fældning af det organiske stof. Restproduktet fra processen er okkerslam og vand.

Der udfældes ca. 0,20 – 0,25 g NVOC/g jern og der må derfor tilsættes yderligere ca. 5 g jern/m³ for at opnå tilstrækkelig fjernelse af NVOC, farve og partikler.

Målet er at opnå et indhold af NVOC på ca. 3,0 mg/l (i dag ca. 4,0 mg/l), farvetal på 10 mg Pt/l (i dag 22 – 25 mg Pt/l) og et jernindhold på 0,01 mg/l (i dag 0,05 – 0,10 mg/l)

Overskydende brintperoxid nedbrydes til ilt



Denne reaktion sker både spontant uorganisk (filtrenes belægninger af manganoxid) og biologisk gennem filtrenes mikroorganismer (deres enzym systemer catalase og peroxidase).

Brintperoxid af tilstrækkelig renhed til anvendelse til drikkevand og fødevarer (se bilag 6 for data) tilfører ikke grundvandet andre stoffer end vand og ilt. Næsten tilsvarende renhed kan opnås for jernkemikaliet PIX-111 (se bilag 5).

Den forventede kemikalie tilsætning:

H₂O₂: 6 mL per m³: Fortynding 6 : 1.000.000
PIX-111 25 mL per m³: Fortynding 25 : 1.000.000

Overskydende jern og udfældet organisk stof fjernes ved filtrering og ved regelmæssig filterskylning opsamles okkerslam i skyllevandsbassinet. Det overskydende skyllevand udledes til grøft efter bundfældning (ca. 3 % svarende til 10.000 m³/år).

Vi vurderer, at kombinationen af brintperoxid og jern giver klare fordele ved kun at tilføre grundvandet én naturligt forekommende komponent (jern) som alligevel skal fjernes.

Dette kan sammenlignes med anvendelse af kalium permanganat (KMnO₄) og aluminiumsprodukter, der anvendes på Fanø vandværk, Vejers Vandværk og Skagen ny vandværk. Disse produkter tilfører hhv. mangan og aluminium som også skal fjernes i forbindelse med vandbehandlingen.

Tilsætning af brintperoxid er siden 2012 blevet anvendt af Kalvehave Vandværk (Vordingborg Kommune) til fjernelse af svovlbrinte.

Følgende optimeringstiltag sikrer den hydrauliske kapacitet på minimum 50 m³/time, samt forbedret hygiejne og overvågning af vandkvalitet i alle 3 sektioner:

- Tilsætning af brintperoxid og jern med smarte digitale doseringspumper (overvåger doseringsmængde og kemikalie niveau)
- Ekstra mellempumpe trin
- Overvågning af vandspejl i alle filtre
- Nedlæggelse af åbne overfald i flowbox, der erstattes med reguleringsventil i lukket system
- Overvågning af turbiditet (partikler) og opløst ilt i udløbet.

Vandværkets SCADA system opgraderes til at integrere og overvåge de nye komponenter og signaler.

Kemikaliedosering indrettes i tidligere kemikalie rum der i perioden siden 2004 har været anvendt til andre formål. Rummet der indrettes til gul zone

har dør med læsserampe (grøn zone) for kemikalier og grav der kan anvendes til opsamling af spild (se bilag 4).

Vandbehandlingskemikalierne brintperoxid og jern tilsættes til grundvandet direkte fra doseringsklare opløsninger. Kemikalierne i fødevarer/drikkevarer godkendt kvalitet leveres i flydende form som hhv. 35 % H₂O₂ og 13,5 % jern (PIX-111) i IBC palletanke på 1,0 m³.

Det årlige forbrug forventes at være 2 m³ 35 % H₂O₂ og 9 m³ PIX-111. Den årlige slamproduktion vurderes at være 3 tons jern svarende til ca. 10 tons tørstof eller 200 m³ (5 % TS).

I forbindelse med ombygning etableres nødvendig SCADA, kemikalierum og doseringsudstyr.

Filtermaterialerne er optimeret med hensyn til mængder og kornstørrelse for at sikre bedst mulige funktion.

Filteranlæggets volumen forøges ved at forhøje skyllevandsrenderne og der etableres en mere finkornet filtermasse og tredobbelt filtrering. Dette sikrer effektiv tilbageholdelse af partikler og tilstrækkelig opholdstid til biologisk omsætning af ammonium, mangan og de organiske syrer.

Alle tre sektioner bliver opbygget til tredobbelt filtrering:

- Forfilter:
 - 400 mm bærelag: 16/32, 8/16, 4/9, 2/4,
 - 80 mm kvartssand 1,0 – 2,0 mm
 - 80 mm kvartssand 0,7 – 1,2 mm
 - 300 mm kvartssand 0,4 – 0,8 mm
 - 300 mm antrazit 0,6 – 1,6 mm
- Mellemløse:
 - 400 mm bærelag: 16/32, 8/16, 4/9, 2/4,
 - 80 mm kvartssand 1,0 – 2,0 mm
 - 80 mm kvartssand 0,7 – 1,2 mm
 - 450 mm kvartssand 0,4 – 0,8 mm
 - 150 mm antrazit 0,6 – 1,6 mm
- Efterfilter
 - 400 mm bærelag: 16/32, 8/16, 4/9, 2/4,
 - 80 mm kvartssand 1,0 – 2,0 mm
 - 80 mm kvartssand 0,7 – 1,2 mm
 - 600 mm kvartssand 0,4 – 0,8 mm

Ombygning og indkøring af den nye vandbehandling gennemføres sektionvis. Herved sikres det, at den nye proces er fuldt indkørt og stabil i den enkelte sektion før den næste sektion tages ud af drift.

Selve ombygningen af filteranlægget omfatter flg. faser:

- Afgrænsning af aktuel sektion fra det øvrige vandværk mht. støv.
- Fjernelse (mekanisk sugning) af eksisterende filtermateriale og bærelag
- Kontrol af betonkonstruktion og overflader, bærende bjælker og skylleluft rørsystem for korrosionsskader
- Udførelse af evt. nødvendige reparationer, samt etablering af nye rørforbindelser og gennemføringer.
- Opbygning af nye bærelag og filtermaterialer
- Færdiggørelse af mekaniske og elektriske installationer samt funktionstest
- Indkøring af vandbehandling mht. kemikaliedosering og mikrobiologi
- Delvis ibrugtagning med recirkulation under indkøring af ammonium og manganfjernelse
- Fuld ibrugtagning

Efter at tilfredsstillende hygiejnisk-mikrobiologisk kvalitet er dokumenteret kan produceret vand fra den aktuelle sektion under indkøring recirkuleres til indløb på de øvrige sektioner. Herved undgås unødigt forbrug af grundvandsressourcen. Det forventes at indkøring af ammonium fjernelse og mangan fjernelse kan forløbe op til 2 måneder pr. sektion, så der planlægges ud fra en ombygningsperiode på mindst 6 måneder.

Under ombygningen føres forøget tilsyn og kontrol med vandets mikrobielle kvalitet.

Vandværkets behandling kapacitet er ca. 80 – 100 m³/time med 2 sektioner i drift svarende til en døgnproduktion på ca. 2.000 m³, hvilket vurderes at være tilstrækkeligt i de fleste situationer bortset fra højsæsonen.

7. Risiko vurdering

Ændringen af vandbehandlingen giver anledning til en vurdering af de risici der vil være forbundet med denne nye vandbehandling. Flg. forhold er blevet analyseret:

- a. Kvalitet af de anvendte kemikalier
- b. Risikovurdering af manglende dosering eller for lille dosering
- c. Risikovurdering af overdosering
- d. Risikovurdering af spild og arbejdsmiljø
- e. Risikovurdering af biprodukter fra vandbehandlingen

Ad a) Kvaliteten af de anvendte kemikalier

Det er væsentligt ved anvendelse af kemikalier til vandbehandling at kemikalierne har en høj renhed for at undgå utilsigtet tilsætning af uønskede stoffer som f.eks. tungmetaller.

Pga. den store fortynding (i dette tilfælde en faktor 100.000) vil indhold af metaller eller andre urenheder på ppm niveau næppe være problematisk.

Til orientering er der vedlagt sporstof indhold i PIX-111 (bilag 5) og 35 % H₂O₂ (bilag 6).

Ad b) Risikovurdering af manglende dosering eller for lille dosering

Hvis doseringen af jern (PIX-111) eller brintperoxid svigter pga. fejlfunktion af pumpe eller doseringsbeholder løber tør skal SRO systemet korrigeres tilstanden. Dette gøres ved at overvåge doseringen med doseringspumpernes indbyggede flowmålere samt effekten på vandkvaliteten (turbiditet og ilt).

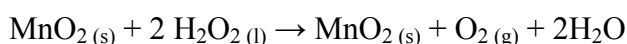
Ved selvkontrol kan indholdet af brintperoxid måles med teststrips og indholdet af jern måles med test kit.

Manglende dosering vil give en let forringet vandkvalitet, der dog stadig vil være bedre end den vandkvalitet der leveres i dag. Dette vurderes ikke som kritisk.

Ad c) Risikovurdering af overdosering

En fejl i doseringspumpe eller SRO system kan føre til overdosering af kemikalie og dermed for høje koncentrationer af brintperoxid eller jern.

Et højt indhold af brintperoxid vil blive registreret af ilt elektroden pga. nedbrydning af brintperoxid til ilt i filtrene. Filtrenes belægning af manganoxid (MnO₂) virker som en effektiv katalysator på nedbrydningen af brintperoxid.



Filteranlægget vil i drift have betydelige belægnings af mangan oxid fra den normale fjernelse af mangan. Filtrenes naturlige indhold af mikroorganismer vil også beskytte drikkevandet mod forhøjede koncentrationer gennem biologisk nedbrydning (enzymssystemerne catalase og peroxidase).

Et højt indhold af jern vil kunne give forringet vandkvalitet med forhøjede indhold af jern (okker) partikler. Dette vil blive registreret som forhøjet turbiditet af turbiditet sensorerne og som forøget tilstopning af filtrene.

Fejlovervågning og risikoformindskende systemer omfatter således:

- Egenkontrol med test strip og test kit.
- Flowmåler på kemikaliedosering,
- Sensorer til overvågning af vandspejlsniveau i de enkelte filtre
- Sensorer for opløst ilt og turbiditet i det producerede drikkevand

Ad d) Risikovurdering af forurening med H₂O₂, PIX-111 og arbejdsmiljø

Spild og andre uheld i forbindelse med håndtering og opbevaring af kemikalietanke kan principielt føre til forurening af rentvandstanke, spildevandssystemer, recipient eller arbejdsskader.

Transport af kemikalier foregår i samme niveau fra modtagelse på læsserampen til slutplacering over spildgrav/-bakke (se bilag 4). Kemikalierne står på understøttet rist så evt. spild pga. lækage eller håndtering af suge-slange til doseringspumper vil blive opsamlet.

Eksisterende gulvafløb i rummet (ved ny nødbruiser) afgrænses med opkant så evt. spild og overskydende vand fra gulvvask ikke løber i gulvafløb, men opsamles i spildgrav/-bakke og bortskaffes kontrolleret.

Kemikalie rum indrettes med nødbruiser, håndvask og skab for personlige værnemidler (handsker, beklædning, briller, maske) samt udsugning. Dørene mærkes med relevante mærkater om de opmagasinerede kemikalier.

De normale forholdsregler til sikring af adgangsforhold, tunge løft osv. udformes i forbindelse med vandværkets reviderede arbejdspladsvurdering.

Ad e) Risikovurdering af biprodukter fra kemikalie tilsætning

Tilsætning af brintperoxid kan føre til dannelse af biprodukter i form af delvis oxidation af organisk stof – primært pga. den såkaldte Fentons reagens.

Delvist oxideret organisk stof kan bidrage med et øget indhold af biologisk nedbrydeligt stof og dermed forøget kimtal. Da der er tale om meget begrænsede mængder af brintperoxid forventes der kun dannelse af små mængder af nedbrydningsprodukter og kimtallet forventes med god margen indenfor grænseværdierne. Der er i forvejen målt et indhold af naturligt forekommende organiske syrer i grundvandet som i dag fjernes i forbindelse med den konventionelle filtrering på vandværket.

Der er ikke rapporteret om dannelse af trihalomethaner (kendt fra tilsætning af klor) eller bromat (kendt fra tilsætning af ozon) ved anvendelse af brintperoxid alene. Brintperoxid anvendes til drikkevandsproduktion mange steder indenfor EU området (Frankrig, England, Tyskland, Holland) typisk i kombination med ozon og/eller UV.

Der vurderes ikke at være risiko for biprodukter fra tilsætning af jern på jernklorid form.

8. Yderligere oplysninger

Vi står til rådighed, hvis der skulle opstå behov for besvarelse af uddybende spørgsmål eller afklaring af særlige problemstillinger.

Med venlig hilsen
AKTOR innovation
Henrik Aktor