

### **3 VANDBEHANDLING**

#### **3.1 Procesidentifikation**

Vand anvendt til fremstilling af færdigt produkt skal være af drikkevandskvalitet. Vandbehandling har til formål at bibringe vandet denne kvalitet samt eventuelt at justere vandets indhold af salte efter bryggerens ønsker, idet disse har indflydelse både på produktets smag såvel som på vedligeholdelsesaktiviteter (kalkdannelse). Hvis bryggeriet anvender kommunalt drikkevand til produktion, vil et eller flere procestrin beskrevet her være unødvendige, idet drikkevandet er af drikkevandskvalitet fra kommunens side. Det er eventuelt yderligere ønskeligt at justere vandets kvalitet for at optimere på processerne og produktets kvalitet, fx fjernelse af ilt, fjernelse af kalk eller justering af alkaliniteten.

Det er ofte ønskeligt at justere pH og salte i bryghusvandet for at optimere på brygprocessen. Disse områder behandles ikke i dette dokument.

#### **3.2 Teknologi- og designbeskrivelse**

Design af et vandbehandlingsanlæg vil altid gå ud fra en vandanalyse på det indkommende råvand og bryggerens krav til vandet. Vandbehandlingen udføres traditionelt i følgende rækkefølge, idet de foregående trin har indflydelse på effektiviteten af de efterfølgende.

1. Fjernelse af suspenderet materiale (humus, jord, småsten, etc.).

Vand fra kommunalt vandværk eller en privat brønd indeholder større eller mindre mængder suspenderet materiale (kalkflager, rust, småsten, etc.), der må fjernes inden videre behandling. Når vandflowet er nul, vil materialet (langsomt) synke nedad og samles som slam i rør og tanke. Afhængigt af materialets karakter vil det være mere eller mindre vanskeligt at fjerne/pumpe væk igen, men vil under alle omstændigheder være et udpræget udgangspunkt for mikrobiel vækst.

2. Fjernelse af opløst materiale (salte, gasser).

Jern (Fe) og Mangan (Mn) er ustabile ioner og omdannes med tiden til  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  og  $\text{MnO}(\text{OH})_2$ . Fe og Mn kan derfor udfældes ved beluftning og efterfølgende filtrering i et sandfilter.

Ilt ( $\text{O}_2$ ) i vandet har en udpræget negativ effekt på produktets kvalitet, idet det bibringer øllet en oxideret smag. Iltindholdet tilstræbes derfor at være så lavt som muligt.

Hårdhedsgraden af dansk vand er ofte høj, og bryggeren ønsker ofte at justere dette. Dette kan ske ved udfældning af carbonater eller ved ionbytning, det være sig kation- eller anionbytning. Et andet alternativ til fjernelse af salte er nanofiltrering eller omvendt osmose.

3. Desinfektion (fjernelse af mikroorganismer).

Mikroorganismer fra vandforsyningen kan resultere i dannelse af biofilm i rørsystemet. Biofilm kan være særdeles vanskeligt at slippe af med igen og resulterer ofte i, at rørsystemet re-inficeres kort tid efter en sterilisering. Vandforsyningen kan i enkelte tilfælde være årsag til inficering med patogene bakterier, der kan være sundhedsfarlige.

### **3.2.1 Holdetank for indgående vand**

Ved overgang fra rør til en *settling tank* falder vandets lineære hastighed til tæt på nul, og der vil ske en *sedimentation* af suspenderet materiale i tanken. Sedimentationshastigheden afhænger af partiklernes massefylde/partikelstørrelse og vil oftest ikke resultere i en fuldstændig sedimentation, men måske 60-70% fjernelse af suspenderet materiale. Med mindre vandet har et meget stort indhold af suspenderet materiale – fx ubehandlet overfladevand i visse perioder af året – er denne metode sjældent relevant for bryggeren.

### **3.2.2 Sandfilter**

I et sandfilter ledes vandet gennem sand med partikelstørrelse på 0,8-1,2 mm diameter, som tilbageholder suspenderet materiale. Sandfilteret vil efterhånden stoppe til og må skylles fri for slam ved returskyl med vand og efterfølgende resedimentering af filtermaterialet. Filteret er typisk designet til et flow på 10-20 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>\*h og 2 m højt, ikke iberegnet headspace nødvendigt under returskylling af filteret. Filteret bør ligeledes steriliseres med fx varmt vand for at fjerne mikrobiel vækst i filteret.

### **3.2.3 Termisk afgang af vand**

Ved opvarmning af vand nedsættes opløseligheden af gasser (fx ilt). Det opvarmede vand forstøves i et vandtårn med samtidig udpumpning af dampfasen. Idet ilten er forskudt mod dampfasen, vil det opsamlede vand indeholde mindre ilt end det indgående. Vacuumpumpe og opvarmning/køling af vandet gør processen forholdsvis dyr i drift.

### **3.2.4 CO<sub>2</sub> stripping af vand**

Ved tilsætning af CO<sub>2</sub> til vandet opstår en luftfase med CO<sub>2</sub> og ilt i ligevægt med vandet. Idet iltens partialtryk formindskes ved tilsætning af CO<sub>2</sub>, går ilt fra vandfase til luftfase og kan derved fjernes med en vacuumpumpe.

### **3.2.5 Katalytisk fjernelse af ilt**

Ilten kan bringes til at reagere med tilsat H<sub>2</sub>-gas ved hjælp af en metalkatalysator. Der er ingen biprodukter forbundet med processen, som omdanner ilten til rent vand. Processen skal styres nøje for at fjerne ilten effektivt.

### **3.2.6 Carbonatfældning**

Carbonater fjernes ved tilsætning af Ca(OH)<sub>2</sub>, der udfælder carbonater som calciumcarbonat CaCO<sub>3</sub>. De udfældede carbonater kan fjernes ved, at vandet henstår i en tank, hvorved carbonaterne samles i bunden eller fjernes i et sandfilter.

### **3.2.7 Ionbytningsanlæg**

Ved ionbytning pumpes vandet gennem en tank med en *anionbytter* eller *kationbytter*, der tilbageholder specifikke ioner og bytter dem ud med andre. Når ionbytterens kapacitet er opbrugt, renses anlægget fx ved returskyl med stærk syre eller andet, og ionbytterens regenereres.

### **3.2.8 Nanofiltrering og omvendt osmose**

Vandet pumpes under højt tryk gennem en semipermeabel membran, der tilbageholder salte. Det er i princippet muligt at producere totalt saltfrit (deioniseret) vand.

### **3.2.9 Desinfektion ved chlorering**

Chlor i form af natriumhypochlorit (NaOCl) eller chlorgas tilsættes vandet til en koncentration omkring 1-3 mg/l frit Chlor. Af hensyn til omdannelse og reaktionstid må koncentrationen holdes i ca. 30 minutter i en holdetank for at sikre en effektiv desinfektion. Så længe vandet indeholder chlor i den rette koncentration, har det en desinficerende virkning (ulig de efterfølgende metoder, der kun har en momentan effekt). Chloret fjernes efterfølgende i et aktivt carbonfilter inden anvendelse af vandet på grund af den negative smagspåvirkning fra chloret. Flydende NaOCl omdannes ved henstand til bl.a. chlorat, hvorved effekten reduceres.

### **3.2.10 Desinfektion ved ozonering**

Ozon (O<sub>3</sub>) dannes i en ozonreaktor og tilsættes vandstrømmen til 0,4-0,5 ppm. Reaktionen med bakterier og andre mikroorganismer er momentan, og en reaktionstid på 1 minut er tilstrækkeligt. Ozon nedbrydes med tiden og har ingen negativ smagseffekt på vandet. Hvis vandet indeholder andet organisk materiale (humus), reagerer ozon med dette, og effekten af ozoneringen er derved begrænset.

### **3.2.11 Desinfektion ved UV-belysning**

Belysning med ultraviolet lys slår bakterier og andre mikroorganismer ihjel. Vandet må være fri for partikler, for at belysningen skal være effektiv. Hvis vandet indeholder partikler, vil disse skærme for belysningen og mikroorganismene kan passere uhindret. UV-lampens effektivitet falder med tiden og må derfor udskiftes efter et fast antal operationstimer.

# Kvalitetsordning for mikrobryggerier Good Manufacturing Practice (GMP)

Udgave: 2  
Revision: 2009-11-15  
Initialer: KBM (DHI)

## 3.3 Risikovurdering

Tabel 3.1 Mulige problemer, årsager og korrigerende handlinger ved utilstrækkelig vandbehandling.

| Problem/konsekvens   | Mulig årsag   | Korrigerende handling   |
|--|---|---|
| Slam eller partikler fra holdetank   | Tankens udløb sidder forkert i forhold til bunden<br>Sedimentation i bunden af tanken                 | Hæve tankens udløb fra bunden<br>Skylle holdetanken   |
| Reduceret flow fra sandfilter  | Filteret er tilstoppet  | Returskyl af filter   |
| Iltindholdet i vand for højt (termisk afgang og CO <sub>2</sub> stripping) | Vacuum er ikke tilstrækkeligt<br><br>Vandtemperaturen er for lav<br><br>CO <sub>2</sub> tryk for lavt | Kontroller vacuumpumpe<br>Kontroller tank for utætheder ved fx mandehul<br>Kontroller setpunkt for varmeveksler<br>Kontrollér CO <sub>2</sub> til stripper tank |
| Iltindholdet i vand for højt (katalytisk omdannelse)                       | Katalysatoren ødelagt<br>Forkerte procesparametre   | Udskifte/regenerere katalysator<br>Kontroller procesparametre (partialtryk, flow)   |
| Ingen effekt af ionbytning   | Ionbytteren er opbrugt  | Rense og regenerere ionbytter   |
| Mikrobiel vækst mellem sandfilter og desinfektionsenhed                    | Mikrobiel vækst i sandfilter<br><br>Mikrobiel vækst (biofilm) i rørsystem                             | Returskyl og sterilisering af filter<br>Sterilisering/rensning af rørsystem   |
| Mikrobiel vækst efter chlorering   | For lav koncentration af frit chlor   | Øge tilsætning af NaOCl / Cl <sub>2</sub><br>Øge reaktionstid eller holdetiden  |
| Mikrobiel vækst efter kulfilter  | Mikrobiel vækst i kulfilter<br>Mikrobiel vækst (biofilm) i rørsystem                                  | Sterilisering af kulfilter<br>Sterilisering/rensning af rørsystem   |
| Chlorat i vandet   | NaOCl-opløsning er for gammel<br>Aktivt kulfilter er mættet   | Udskifte NaOCl opløsning<br><br>Regenerere aktivt kulfilter   |
| Manglende effekt af ozonering  | Forhøjet indhold af humus eller andet organisk materiale  | Fjerne suspenderet materiale før ozoneringen  |
| Manglende effekt af UV-belysning   | Partikler i vandet skærmer for UV-belysningen<br>UV-lampens effekt er reduceret                       | Fjerne suspenderet materiale før UV-belysningen<br>Rense UV-lampens yderside<br>Udskifte UV-lampen  |

### 3.4 *Hygiejnisk design/GMP*

Rørsystemer og anlæg skal kunne rengøres og steriliseres effektivt for at undgå dannelse af biofilm. Dette kan – afhængig af udstyrstype – være med varmt vand (>80°C), dampsterilisering, eller kemisk (chlorinering, eller andre desinfektanter).

Holdetankes størrelse, etc. skal designes med henblik på maksimalt flow gennem systemet (worst case).

Omgivelserne for vandbehandlingsanlægget bør være rene og tørre og ikke være kilde til kontaminering udefra.

### 3.5 *Overvågning*

Kravene for overholdelse af Drikkevandsdirektivet 98/83/EF er mangfoldige, og det er tilrådeligt at søge vejledning hos lokale myndigheder om kravene, og hvad myndighederne i givet fald kan levere af data fra fx lokale vandforsyningsværker eller ved prøveudtagning af råvand på bryggeriet.

Derudover bør overvågningen designes, således at en effektiv styring af procesanlægget er mulig. Overvågningsparametre vil derfor afhænge både af vandets kvalitet, og måden hvorpå det behandles. Nedenstående er derfor at betragte som vejledende.

| Parameter                       | Vejledende niveau   | Målefrekvens                          |
|---------------------------------|---|---------------------------------------|
| Råvand, mikrobiologi            | I henhold til lovgivning  |                                       |
| Råvand, salte, temperatur, pH   |   | Ugentlig                              |
| Behandlet vand, mikrobiologi    | I henhold til lovgivning  |                                       |
| Trykdifferens, sandfilter, etc. |   | Daglig/kontinuerlig                   |
| Behandlet vand, iltindhold      |   | Daglig/kontinuerlig                   |
| Behandlet vand, frit chlor      | I holdetank: 1-3 ppm<br>Efter kulstoffilter: 0 ppm  | Daglig                                |
| Behandlet vand, ozon            | Efter reaktor: 1 ppm  | Daglig                                |
| UV-intensitet                   | 40.000 $\mu\text{Ws}/\text{cm}^2$ ved 254 nm<br>eller antal produktionstimer til<br>udskiftning |                                       |
| Behandlet vand, hårdhed         |   | Afhængig af proces og<br>vandkvalitet |
| Behandlet vand, salte           |   | Afhængig af proces og<br>vandkvalitet |

### **3.6 Litteratur**

W. Kunze (2004), *Technology Brewing and Malting*, VLB Berlin, 3rd ed.