

Analyse og vurdering av ytelse til dagens vannforsyningssystem i Træna kommune

Analyzing and evaluating performance of the current water supply system in Træna municipality

Trondheim Mai 2022

Navn:
Van Sui Cer

Intern veileder:
Marius Møller Rokstad

Ekstern veileder: Anders Budde

Prosjektnr:
2022 - 23

Rapporten er ÅPEN



Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for bygg- og miljøteknikk

Rapporten er ÅPEN

Problemdefinering/prosjektbeskrivelse og resultatmål

Prosjektbeskrivelse:

Per dagens dato har Træna kommune utfordringer i forbindelse med stabil og energieffektiv vannforsyning grunnet lang avstand fra fastlandet og manglende tilgang til ferskvann i grunnvannet. Med ønske fra kommunen skal det kartlegges variasjoner i vannbehov, samt behov for vannlagring i høydebassenget for å møte variasjoner i forbruket, og se på metoder for forbehandling med membranteknologi og potensialet for energigjenvinning i vannbehandlingsprosessen.

Problemdefinering:

- Vannforbruk
Det er store variasjoner i vannforbruk på grunn av behovet til befolkning (500 personer), bedrifter (fiskerelaterte), turisme og Trænafestivalen (3000 personer hver sommer). Derfor skal det kartlegges og dokumenteres vannbehovet i kommunen for forskjellige situasjoner/scenarier.
- Vannlagring
Dagens utjevningsbasseng på Husøy er i dårlig stand og har lite utjevningsvolum. Dermed er det også nødvendig med kartlegging av behov for vannlagring i høyde- og utjevningsbassenget for å møte variasjoner i vannforbruket.
- Vannbehandling
Ettersom Træna kommune legger opp til å endre drikkevannproduksjonen til kun avsalting i sin hovedplan for vann og avløp, skal det ses litt nærmere på metoder for forbehandling, potensialet for energigjenvinning og vanngjennomstrømningen innenfor vannbehandling med membranteknologi.

Problemstilling:

«Analyse og vurdering av ytelse til dagens vannforsyningssystem under forskjellige situasjoner for vannforbruk og -produksjon i Træna kommune»

Resultatmål:

Målet med prosjektet er å finne ut variasjoner innenfor vannforbruket/vannbehovet under forskjellige situasjoner, og behov for vannlagring i høydebasseng slik at det skal være en flyt balanse mellom lagring og forbruket. Resultatene fra disse skal brukes til å gi svaret på hvor stor vanngjennomstrømning kan være, og om metoder for forbehandling og energigjenvinning. Til slutt skal alle resultatene presenteres og drøftes om utfordringer og forbedringsmuligheter under forskjellige situasjoner for vannforsyning i en slutt rapport.

Stikkord fra prosjektet:

Vannforbruk, Vannproduksjon, Vannbehandling, Membranteknologi

Forord

Jeg har alltid vært fascinert av drikkevannssystemet i Norge helt siden jeg først kom hit i 2013. Det å kunne drikke et glass vann rett fra springen uten å måtte koke det var en av de beste opplevelsene jeg har hatt i Norge. Valg av tema har derfor passet veldig bra for meg som alltid har vært nysgjerrig over hvordan vannforsyningssystemet fungerer.

Det å skrive denne bacheloroppgaven har vist seg å være lærerikt, utfordrende og inspirerende. Gjennom prosjektet har jeg opparbeidet meg både bedre forståelse og kunnskap innen drikkevannsforsyning, og fått muligheten til å benytte meg av faglige kompetanser fra de siste to og halvt årene på en relevant og spennende måte.

Jeg vil først og fremst takke min hovedveileder Marius Møller Rokstad, som har hjulpet meg med denne oppgaven stort og smått under prosessen. En stor takk rettes til andre veiledere ved NTNU, Rolf Edvard Petersen og Sveinung Særgrov, som har stilt opp og satt av tid til veiledning underveis. En spesiell takk til min oppdragsgiver Træna kommune for muligheten til å skrive denne oppgaven og finansiell støtte, og Anders Budde og Einar Arne Lomahaug for gode innspill gjennom e-post, møter og befarung i Træna kommune.

For det andre vil jeg takke Norges Teknisk-naturvitenskapelige Universitetet for å gi meg muligheten til å studere og lære de spennende emnene på byggingeniørutdanningen i løpet av de siste tre årene. For det tredje ønsker jeg å takke min familie og venner som har vært gode støttespillere i hele reisen. Sist, men ikke minst, vil jeg gjerne takke alle de som har kjempet og skattet for at det skal være gratis utdanning i Norge.

Trondheim, 20. mai 2022

Van Sui Cer

Van Sui Cer

Sammendrag

Et godt vannforsyningssystem er stabilt og energieffektivt, og er viktig for å sørge at befolkningen alltid har tilgang til nok rent og trygt vann til ulike formål i daglige behov.

Per dagens dato har Træna kommune utfordringer i forbindelse med stabil og energieffektiv vannforsyning, grunnet lang avstand fra fastlandet og manglende tilgang til ferskvann i grunnvannet. Prosjektet går ut på å kartlegge variasjoner i vannbehov grunnet befolkningsvariasjoner i løpet av året og behov for vannlagring i høydebassenget for å møte disse variasjonene, samt se på metoder for forbehandling med membranteknologi og potensialet for energigjenvinning i vannbehandlingsprosessen.

Hensikten med denne oppgaven er å analyse og vurdere ytelsen til dagens vannforsyningssystem under forskjellige situasjoner for vannforbruk og produksjon i Træna kommune. Det er blitt analysert for vannkjemi fra innsamlet data fra forskjellige vannprøvetakingspunkter i kommunen. Deretter har vannkvaliteten blitt dokumentert basert på disse dataene. Det er også blitt beregnet og dokumentert vannbehov og variasjoner i vannbehovet til forskjellige formål. I tillegg er det også tatt forutsetninger på vannlagringsbehov i høydebasseng, og størrelsen på høydebassenget. Når det gjelder vannbehandling med membranteknologi, er det vurdert og foreslått enkelte løsninger slik at anlegget har tilstrekkelige, hygieniske barrierer og stor nok vanngjennomstrømning for å unngå beleggdannelse, samt potensialet for energigjenvinning i prosessen.

Resultatene fra vannprøvene viser at vannkilden Sanna og Galtneset er egnet som gode vannkilder, men råvannsmagasinet er mer egnet som en brukbar vannkilde. Ettersom antall råvannsprøver gjennom årene har variert veldig, bør det etableres en tilstrekkelig prøvetakingsplan med oversikt over parametre hver prøve skal analyseres for. Beregninger i oppgaven viser at høydebassenget bør dimensjoneres for ca. 1400 m³. Siden Træna kommune har besluttet å gjøre om Galtneset vannverk til et hovedvannverk, er det foreslått å redusere strømbehovet, ved å øke energigjenvinning i selve prosessen. I tillegg er det foreslått å la inntaket til Galtneset ligge dypere, slik at kvaliteten på råvannet opprettholder den samme gode kvaliteten fremover.

Summary

A well-performing water supply system is stable and energy efficient, and is important to ensure the population's access to sufficient amounts of safe and clean water for their daily necessities and various other purposes.

As of today, Træna municipality has challenges related to a stable and energy efficient water supply, due to the long distance from the mainland and a lack of access to fresh water in the groundwater. The purpose of this project is to map the variations in water demand based on the variations of the population and activities that take place in this municipality throughout the year. The need for water storage in elevation/equalization basin to meet variations in consumption will also be studied, as well as methods for pre-water treatment with membrane technology and potential for energy recovery in the water treatment process.

The purpose of this thesis is to analyze and assess the performance of the current water supply system under different situations for water consumption and production in Træna municipality. The collected data for water chemistry from various water sampling points in the municipality has been analyzed, and the water quality based on these data have also been documented. Water demand and variations in water demand have also been calculated and documented for various purposes. Assumptions about water storage needs in the equalization basin have also been made as well as the size of the basin. Some solutions regard to water treatment with membrane technology have also been assessed and proposed, so that the plant has sufficient hygienic barriers and enough water flow to prevent coating formation, as well as the potential for energy recovery in the process.

The results from the water samples show that the water source Sanna and Galtneset are suitable as good water sources, but the raw water reservoir as a usable water source. As the number of raw water samples has varied greatly over the years, a sufficient sampling plan should be established. Calculations done in this thesis, show that equalization basin should be dimensioned for approximately 1400 m³. Since Træna municipality has decided to turn the Galtneset waterwork into a main one, it has been proposed to reduce the need for electricity by increasing energy recovery in the process itself. In addition, it is also proposed a deeper seawater intake to Galtneset so that the quality of the water maintains the overall good quality in the future.

Innholdsfortegnelse

| | |
|--|-----|
| Forord | i |
| Sammendrag | ii |
| Summary | iii |
| Innholdsfortegnelse | iv |
| Figurliste | vii |
| Tabelliste | ix |
| Terminologi | x |
| 1.0 Innledning | 1 |
| 1.1 Tidligere arbeider om samme emne | 1 |
| 2.0 Eksisterende vannforsyningssystemet | 2 |
| 2.1 Generelt | 2 |
| 2.2 Vannkilder | 2 |
| 2.2.1 Sanna | 3 |
| 2.2.2 Råvannsmagasin Husøy | 3 |
| 2.2.3 Galtneset | 4 |
| 2.3 Vannbehandlingsanlegg | 4 |
| 2.3.1 Husøy vannbehandlingsanlegg | 4 |
| 2.3.2 Galtneset vannbehandlingsanlegg | 5 |
| 2.4 Vannkvalitet | 7 |
| 2.4.1 Parametre for råvannskvalitet fra Sanna og vannmagasinet Husøy | 8 |
| 2.4.2 Råvann Sanna | 9 |
| 2.4.3 Råvannsmagasin Husøy | 12 |
| 2.4.4 Rentvannskvalitet fra Husøy vannbehandlingsanlegg | 14 |
| 2.4.5 Råvannskvalitet fra Galtneset | 16 |
| 2.4.5 Vannkvalitet fra nettprøver (drikkevann) | 20 |
| 2.5 Høydebasseng | 21 |

| | |
|---|----|
| 2.6 Ledningstrase | 22 |
| 2.7 Vannproduksjon | 23 |
| 2.8 Vannforbruk | 24 |
| 3.0 Vannbehov | 25 |
| 3.1 Befolkningsutvikling | 25 |
| 3.2 Eksisterende Industri | 26 |
| 3.3 Næringslivsutvikling | 26 |
| 3.4 Trænafestivalen | 27 |
| 3.5 Vann til brannslukking | 27 |
| 4.0 Vannforbruk og vannproduksjon | 28 |
| 4.1 Forbruk i husholdninger | 28 |
| 4.2 Forbruk i industri | 28 |
| 4.3 Forbruk i reisevirksomhet | 29 |
| 4.4 Tap via lekkasje | 29 |
| 4.5 Forbruksvariasjoner | 29 |
| 4.6 Beregning av vannforbruk | 31 |
| 5.0 Vannbehandlingsanlegg og høydebasseng | 34 |
| 5.1 Vannbehandlingsanlegg | 34 |
| 5.1.1 Husøy vannbehandlingsanlegg | 34 |
| 5.1.2 Vurdering | 34 |
| 5.2 Generelt om Høydebasseng | 37 |
| 5.2.1 Eksisterende høydebasseng | 37 |
| 5.2.2 Vurdering | 37 |
| 6.0 Vannbehandling med membranteknologi | 39 |
| 6.1 Membranfiltrering | 39 |
| 6.2 Osmose og omvendt osmose | 42 |
| 6.3 Metoder for forbehandling | 44 |

| | |
|--|----|
| 6.4 Dagens forbehandlingsmetoder i Galtneset | 46 |
| 6.5 Ytelsesberegninger av Galtneset vannverk | 50 |
| 6.6 Potensiale for energigjenvinning | 55 |
| 7.0 Konklusjon | 60 |
| 7.1 Vannkilden | 60 |
| 7.2 Vannkvalitet | 60 |
| 7.3 Vannbehov, vannproduksjon og lekkasje | 61 |
| 7.4 Vannlagringsbehov i Høydebasseng | 61 |
| 7.5 Vannbehandlingsanlegg i Husøy | 61 |
| 7.6 Vannbehandlingsanlegg i Galtneset | 62 |
| 7.7 Usikkerhet i dataene | 62 |
| Kilder: | 63 |
| Vedleggsliste | 70 |

Figurliste

| | |
|--|----|
| Figur 1: Træna sett ovenfra (34) | 2 |
| Figur 2: Råvannsmagasinet (35) | 3 |
| Figur 3: Husøy vannverk | 5 |
| Figur 4: Galtneset vannverk (35) | 6 |
| Figur 5: Ulike prøvesteder på Træna | 7 |
| Figur 6: Gjennomsnittsverdier av vannparametre for råvann fra Sanna 2012-2021 | 9 |
| Figur 7: Gjennomsnittsverdier av vannparametre for råvann fra Sanna 2012-2021 | 9 |
| Figur 8: Gjennomsnittsverdier av vannparametre for råvann fra råvannsmagasin Husøy 2012-2019..... | 12 |
| Figur 9: Gjennomsnittsverdier av vannparametre for råvann fra råvannsmagasin Husøy 2012-2021..... | 12 |
| Figur 10:Gjennomsnittsverdier av vannparametre for rentvann fra HVBA 2012-2021 | 14 |
| Figur 11:Gjennomsnittsverdier av vannparametre for rentvann fra HVBA 2012-2021 | 14 |
| Figur 12:Gjennomsnittsverdier av vannparametre for råvann fra Galtneset 2012-2021 | 16 |
| Figur 13:Gjennomsnittsverdier av vannparametre for råvann fra Galtneset 2012-2021 | 16 |
| Figur 14:Gjennomsnittsverdier av vannparametre for rentvann fra Galtneset 2012-2021 | 18 |
| Figur 15: Gjennomsnittsverdier av vannparametre for rentvann fra Galtneset 2012-2021 | 18 |
| Figur 16: Høydebasseng sett bakfra (midt) og små lekkasje fra sidene | 21 |
| Figur 17: Plan Husøy med eksist. hovedvannledninger og felles avløpsledninger (Vedlegg 5-75) | 22 |
| Figur 18: Variasjoner i produksjon fra Husøy vannbehandlingsanlegg | 23 |
| Figur 19: Variasjoner i produksjon fra Galtneset vannbehandlingsanlegg..... | 24 |
| Figur 20: Summasjonskurve for vannforbruk i 2021..... | 30 |
| Figur 21: Prinsipiell oppbygging av membranfiltrering (50) | 39 |
| Figur 22: Membranteknologi visuell oversikt (45)..... | 40 |
| Figur 23: Ulike måter å bringe vannet i kontakt med membranen (4)..... | 41 |
| Figur 24: Osmose og omvendt osmose (51) | 42 |
| Figur 25: Et tverrsnitt av omvendt osmose membranmodul (45) | 43 |
| Figur 26: Strømning av vannet gjennom membranen- single pass (57) | 44 |
| Figur 27: Kvalitet for typiske vannparametre ved 15 m under havvann (53)..... | 46 |
| Figur 28: Overflatekonsentrasjon for en standard spiralmodul (50)..... | 55 |
| Figur 29: En oppsetning av peltonturbin (67)..... | 56 |

| | |
|---|----|
| Figur 30: En oppsetning av hydraulisk turbolader (67)..... | 57 |
| Figur 31: Prinsippet til en trykkveksler (66)..... | 58 |
| Figur 32: Vannkostnad vs energikostnad med ERT og PX (62) | 59 |

Tabelliste

| | |
|---|----|
| Tabell 1: VA-uttrykk og symboler..... | x |
| Tabell 2: Gjennomsnittsverdi av vannparametre fra periode 2012-2021 | 8 |
| Tabell 3: Vannforbruket i m ³ fra fiskeindustrien per år og dag | 32 |
| Tabell 4: Det totale vannforbruket i m ³ per døgn med og uten Træna Seafood AS | 33 |
| Tabell 5: Fordeler og ulemper ved alternativ 1 til vannbehandlingsanlegget..... | 35 |
| Tabell 6: Fordeler og ulemper ved alternativ 2 til vannbehandlingsanlegget..... | 36 |
| Tabell 7: Kapasitetsberegning for det nye høydebassenget..... | 38 |

Terminologi

Tabell 1: VA-uttrykk og symboler

| Uttrykk og symboler | Beskrivelse |
|---------------------|--|
| Råvann | Vannet som brukes til å produsere drikkevann fra |
| Rentvann | Ferdigbehandlet rent drikkevann |
| Kimtall | Antall bakterier som utvikles under standard betingelser fra et bestemt vannvolum etter fortykning |
| Koliforme bakterier | Bakterier som kommer fra tarminnhold hos mennesker eller dyr. Det finnes også i råtnende plantematerialer |
| Konduktivitet | En elektrolytts evne til å lede elektrisk strøm mellom to elektroder med gitt overflate og avstand |
| Turbiditet | Mål for nedsatt siktbarhet i vann på grunn av oppslemmet, partikulært materiale |
| Fluks | Mengde rentvann som trenger gjennom membraner |
| Algetoksiner | Fellesbetegnelse på giftstoffer produsert i alger |
| Hygienisk barriere | Barriere som skal beskytte vannkilde fra forurensninger |
| Permeat | Det rensede vannet fra membranfiltrering |
| Konsentrat | En oppkonsentrert strøm fra membranfiltrering |
| Pluggkjøring | Rensetiltak for å vedlikeholde ledningsnettet |
| PE | Spesifikk belastning eller forbruk per person med hensyn til vannvolum og/eller forurensningsmengde per døgn |
| ppm | “Parts per million”, benyttes for å angi svært lave konsentrasjoner av et stoff |
| mVS | Enhet for vannforsyning (meter vannsøyle) |

1.0 Innledning

“Vannforsyning var en av de første oppgavene kommunene tok seg av i bysamfunnene. Etter hvert kom landkommunene etter. Ideen var- og er fortsatt at vannforsyning og eierskap til ledningsnett må løses av innbyggerne i fellesskap. Fra den spede starten av utbyggingen av vann- og avløpsnett frem til i dag, er dette en av kommunenes mest sentrale oppgaver.”
(Norsk vann, Smart water Cluster, Governing member Norway, Vannklyngen (28))

Træna kommune eier og drifter tre fullrenseanlegg for drikkevann, to på Husøy og ett i Selvær. Hovedmålet for forvaltningen av vannforsyningssystemet i Træna kommune er å sørge for at abonnentene som er tilknyttet kommunale vannforsyningsanlegg får nok vann med tilfredsstillende kvalitet gjennom et sikkert ledningsnett og et økonomisk effektivt forsyningssystem. Kommunen sliter med å oppnå dette hovedmålet, grunnet lang avstand fra fastlandet og manglende tilgang til ferskvann i grunnvannet.

Hovedfokuset i denne oppgaven skal handle om vannforsyningssystemet og renseanleggene på Husøy, og den skal ta for seg dokumenteringer av vannbehov og variasjoner til forskjellige formål, samt vannlagringsbehov i utjevningsbassenget for å møte disse variasjonene på Husøy. En stor del av oppgaven går også ut på å se på metoder for forbehandling med membranteknologi og potensialet for energigjenvinning i vannbehandlingsprosessen, omvendt osmose.

1.1 Tidligere arbeider om samme emne

Norconsult A/S i Bodø har i 2021 utarbeidet en hovedplan for vann og avløp på Træna. Denne omtaler en mulig overgang fra eksisterende nanofiltreringsanlegg for ferskvann til å bruke et avsaltningsanlegg som hovedanlegg, ut fra forutsetninger som blir gjort i hovedplanen. Det er også gjort et overslag på hvilken kapasitet et nytt utjevningsbasseng må bygges for. Videre står det at utjevningsbassenget bør bygges først, ettersom den har høyere prioritet enn oppgraderte vannbehandlingsanlegg per dagens dato status for vannforsyningen i kommunen.

En stor del av informasjon om eksisterende vannforsyningssystem i denne oppgaven er hentet fra/basert på denne hovedplanen (1) fra Norconsult A/S.

2.0 Eksisterende vannforsyningsystemet

2.1 Generelt

Træna er et øyrike bestående av 477 øyer, holmer og skjær, og en liten kommune i Nordland fylke som ligger på Helgelandskysten omkring polarsirkelen. Den har et tradisjonelt kystklima, med raske værromslag som gir sval sommer og mild vinter. (7)



Figur 1: Træna sett ovenfra (34)

Husøy vannverk er et kommunalt vannverk som forsyner rent vann til nesten hele befolkningen i Træna kommune. Vannverket består i dag av to vannbehandlingsanlegg på Husøy og et vannbehandlingsanlegg på Selvær, begge med hvert sitt tilhørende distribusjonsnett. Vannforsyningen i hele Husøy skjer med selvføll fra Husøy høydebasseng med maksimalt vanntrykk 4,2 bar.

2.2 Vannkilder

Husøy vannverket forsynes i dag av tre råvannskilder, Sanna, råvannsmagasinet på Husøy og Galtneset.

2.2.1 Sanna

Sanna er en øy som ligger nord-vest for Træna. På øya samles det ferskvann av overflateavrenning fra et nedbørsfelt på 0,2 km² som består av bart fjell, hav og strandavsetninger. Det er ikke mye vann som magasineres i selve grunnen grunnet grunt løsmassedekket. Dette fører til at avrenning varierer mye avhengig av nedbørsmengde over året. Vannet fra nedbørsfeltet blir samlet opp i en overføringskum på øya Sanna. Fra denne kummen blir vannet videre ført til råvannstank på Husøy vannbehandlingsanlegg. Råvannstanken har et overløp som fører vannet videre til råvannsmagasinet når det blir mye vann i råvannstanken.

2.2.2 Råvannsmagasin Husøy

Råvannsmagasin på Husøy er en kunstig innsjø som er demmet opp med/av en demning med høyde på ca. 7 m og volum på ca. 30 000 m³. Magasinet blir benyttet som vannkilde når det er lite tilførsel av vann fra Sanna i perioder med lite nedbør. Hvert år i sommerhalvåret oppblomstrer blå-grønne alger i magasinet på grunn av høye temperatur på vannet, grunt vann og tilgang til næring for bakteriene. Grunnet høy risiko for at oppblomstringen av alger kan være giftig og farlig, kan ikke magasinet benyttes som vannkilde når det er alger i vannet. Vannfiltrering med aktivt kullfilter er den eneste måten å fjerne alger, noe som dagens vannbehandlingsanlegg ikke har. Træna kommune har økt prøvetakingsfrekvens av råvannet, slik at de har kontroll på oppblomstringen og forberedt på å ta vannkilden ut av drift.



Figur 2: Råvannsmagasinet (35)

2.2.3 Galtneset

Vannkilden Galtneset er saltvann som hentes fra havet nord for Galtneset. Saltvannet blir benyttet som råvann i Galtneset vannbehandlingsanlegg og i vannbehandlingsanlegget til industribedriften Pelagia AS.

2.3 Vannbehandlingsanlegg

2.3.1 Husøy vannbehandlingsanlegg

Husøy vannbehandlingsanlegg ble bygd i 1998 og består av et vannbehandlingsbygg og membranlegg. I dag mottar Husøy vannbehandlingsanlegg råvann pumpet fra Sanna, og er dimensjonert for 26 m³/h og 550 m³/d (ved nye membraner). Det er beregnet ca. 22 driftstimer i døgnet fordi membranene vaskes daglig. Vannbehandlingsprosessen foregår ved at vannet fra inntaket går gjennom trykksil, nanofiltrerings-membraner (NF-membraner) og UV-bestråling. Husøy vannbehandlingsanlegg har per dagens dato en rekke utfordringer med kvalitet på vannet på grunn av oppblomstring av blå/grønne alger i råvannsmagasinet, og drift av anlegget grunnet gammelt styresystem og manglende redundans på UV-bestråling.

Oppblomstring av blå/grønne alger har forårsaket høy turbiditet og gitt vannet et grumsete utseende. Dette gjør at membranene tetter seg fort og fører til at det må gjennomføres ca. 4-5 ganger kjemisk vask per år, mot normalt 1 gang per år. I tillegg reduserer dette membrankapasiteten og øker energiforbruk for å trykke vann gjennom membranene. Siden det er gammelt styresystem i anlegget, er det vanskelig å skaffe reservedeler. I dag verken stopper eller utløses alarm dersom UV-bestråling bortfaller. En annen utfordring er produksjonskapasiteten, ettersom produksjon fra Husøy vannbehandlingsanlegg alene er ikke nok til å forsyne hele året. Dermed må det suppleres fra Galtneset vannbehandlingsanlegg og produseres nok vann til å dekke forbruket. Anlegget har heller ikke nødstrømsaggregat, noe som kan være problematisk ved strømbrudd.



Figur 3: Husøy vannverk

2.3.2 Galtneset vannbehandlingsanlegg

Avsaltingsanlegget for sjøvann Galtneset ble bygd i 2003, og har ubegrenset tilgang på råvann. Kapasiteten ble doblet i 2010 ved installering av en ny linje med membraner grunnet høyt forbruk og vannbehov fra industri. Det kan produseres ca. 460 m³/d vann per linje ved 22 timers driftstid. Det er bare en linje som er i drift i dag, og den andre linja er permanent ute av drift på grunn av endringer i vannbehovet etter industribedriften Pelagia fikk eget vannbehandlingsanlegg. Vannbehandlingsprosessen foregår ved at vannet fra inntaket går gjennom sandfilter, trykksil, RO-membraner, UV, marmorfilter og videre til utløpspumper. Prosessen har god redundans i alle ledd med tilfredsstillende nødstrøm for begge linjer.

Tross for å være nyere og i bedre tilstand enn Husøy vannbehandlingsanlegg, har anlegget også en del utfordringer på grunn av gammelt styringssystem. Det er behov for mye driftstilsyn på grunn av alarmer som kunne vært unngått ved oppgradering av styringssystemet, men systemet er så gammelt at det er vanskelig å få tak i reservedeler. I tillegg har membranene lang bestillingstid, noe som også kan være en utfordring hvis det oppstår en akutt situasjon. Dimensjonen på anlegget er stor i forhold til dagens forbruk etter industrien sluttet å kjøpe vann fra kommunen på grunn av høye priser. Anlegget deler

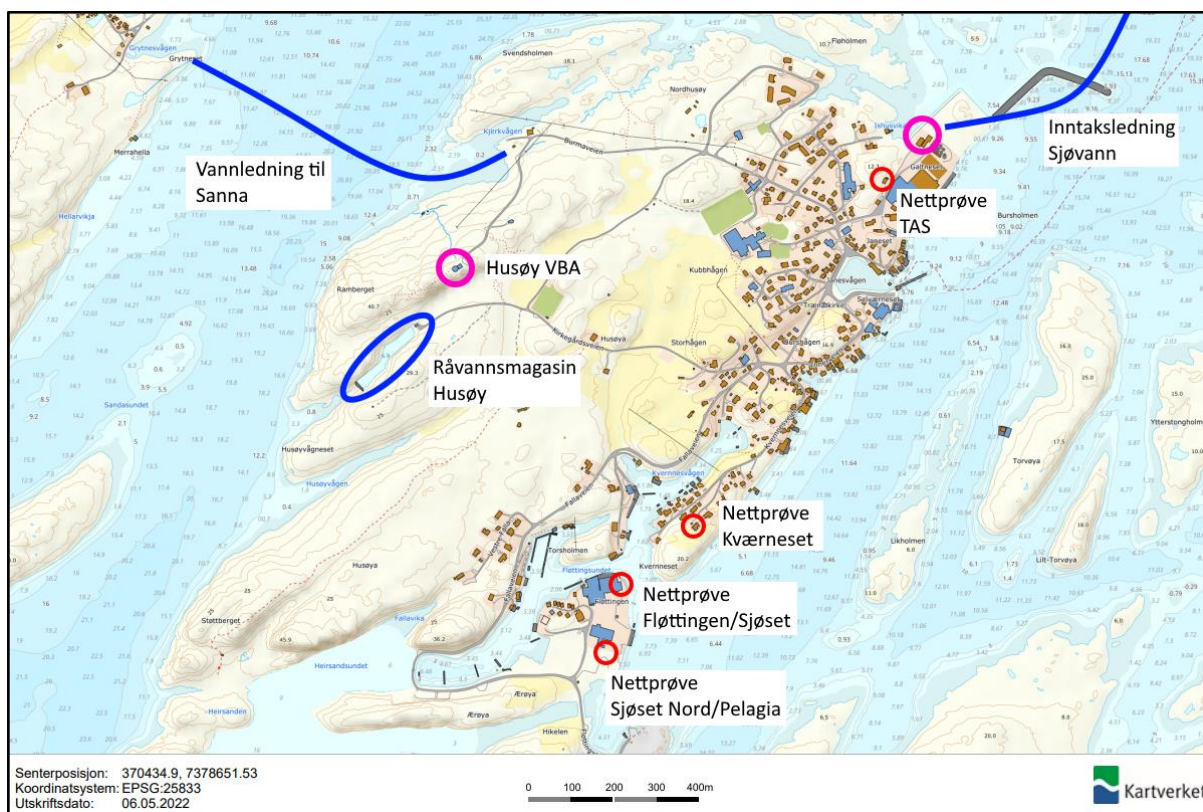
inntaksledningen med industrien og dette har ført til flere utrykninger grunnet pumpestans. Andre problemer er begroing i inntaksledningen, høye energikostnader og vedlikeholdskostnader fordi anlegget driftes ikke jevnlig som det burde ha vært for et samsvarende anlegg.



Figur 4: Galtneset vannverk (35)

2.4 Vannkvalitet

Ifølge §5 i drikkevannsforskriften (17) skal drikkevannet være “trygt, klart og uten fremtredende lukt, smak og farge”. For å oppfylle dette kravet har Træna kommune tatt vannprøver hvert år fra råvannet og drikkevannsprøver fra forskjellige steder på nettet. Antall vannprøver har variert veldig fra år til år, og fra sted til sted. For eksempel var det kun tatt vannprøver fra råvannet og rentvannet fra Galtneset i 2018. Perioden mellom 2012-2016 er det tatt minst 4 vannprøver fra alle steder hvert år, men i 2017 så var det tatt bare 2 ganger fra disse samme stedene.



Figur 5: Ulike prøvesteder på Træna

Vannprøvene fra de fleste stedene er blitt analysert for fysisk-kjemiske vannparametre som pH, fargetall, konduktivitet, turbiditet og mikrobiologiske parametre som kimtall, koliforme bakterier, og E. coli i henhold til den norske drikkevannsforskriften. På enkelte plasser er det også blitt analysert for klorid og UV-transmisjon, i tillegg til de tidligere nevnte parametrene. Alle data presentert i kapittelet “Vannkvalitet” er hentet fra analyser av råvann og drikkevann fra perioden 2012 til 2021.

2.4.1 Parametre for råvannskvalitet fra Sanna og vannmagasinet Husøy

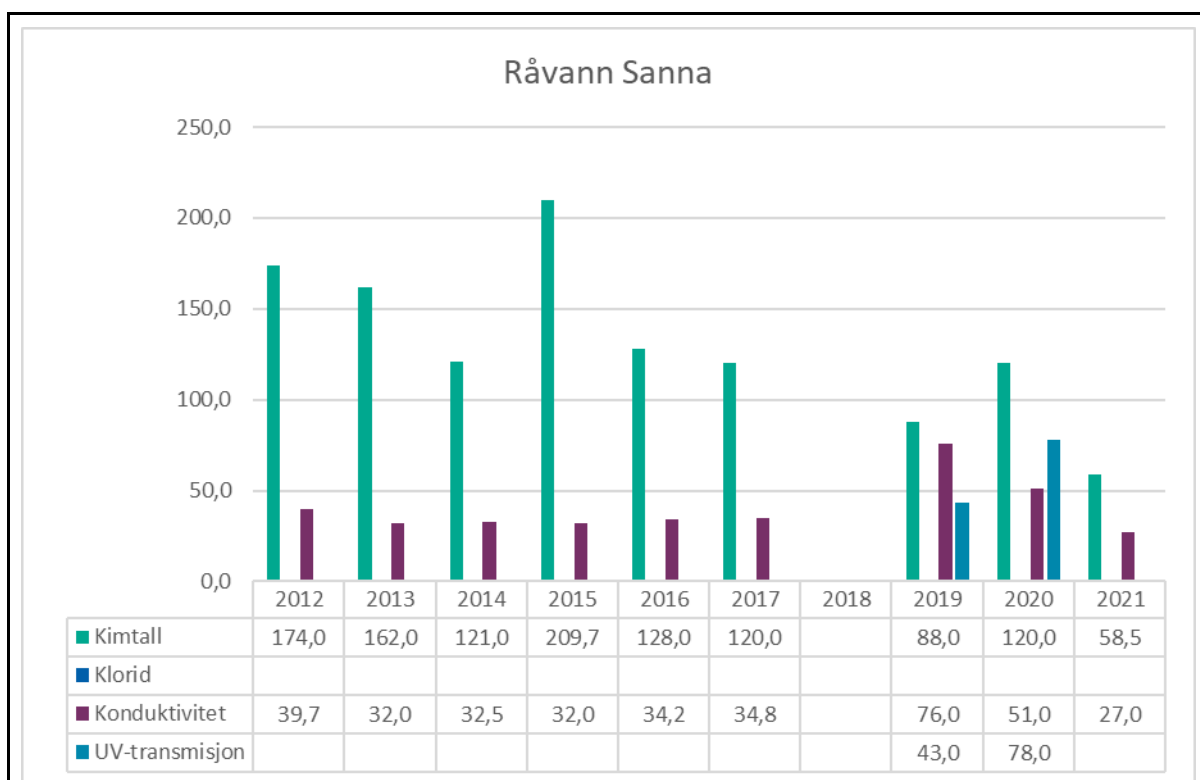
| Parameter | Råvannsmagasin Husøy | Råvann Sanna | Grenseverdier | Enhet |
|---------------------------|----------------------|--------------|---------------|------------|
| Kimtall 22°C | >238,7 | >118,1 | 100 | cfu/ml |
| Koliforme bakterier | <5,8 | <2,0 | 0 | cfu/100 ml |
| E. coli | <2,0 | <1,0 | 0 | cfu/100ml |
| pH | 6,6 | 6,7 | 6,5-9,5 | |
| Farge | <33,8 | <10,2 | 20 | mg Pt/l |
| Konduktivitet | 21 | 35,9 | 250 | mS/m |
| Turbiditet | <1,5 | <0,2 | 1 | FNU |
| UV-transmisjon % per 5 cm | 21 | 60,5 | - | |

Tabell 2: Gjennomsnittsverdi av vannparametre fra periode 2012-2021

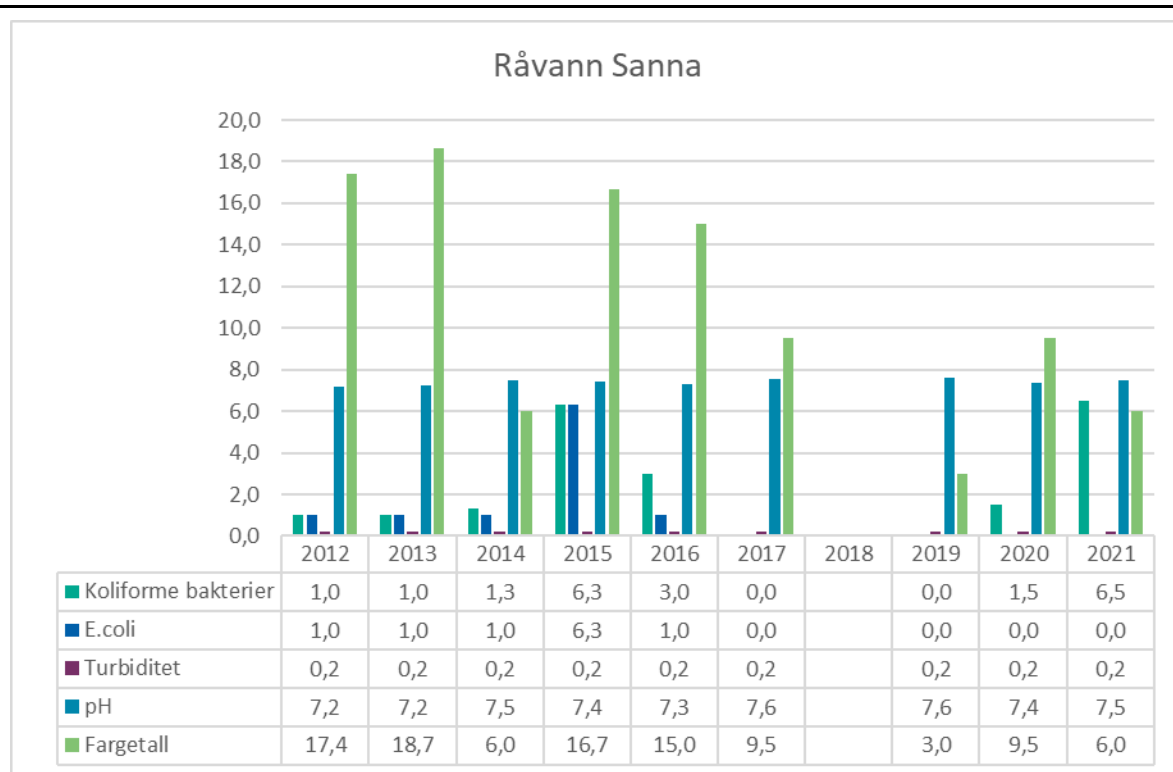
Gjennomsnittsverdiene til vannparametrene viser at kvaliteten på råvann fra Sanna og råvannsmagasinet er forskjellige, tross for at råvannet i vannmagasinet stammer fra Sanna. Bortsett fra pH verdien, er alle andre verdiene litt forskjellige fra hverandre. Man kan se fra tabellen at råvann fra Sanna har lavere verdier på mikrobiologiske parametre og noen av de fysiske-kjemiske parametre i forhold til verdiene fra råvannsmagasinet.

Hovedgrunnen til disse forskjellene kan være beliggenheten til råvannsmagasinet, siden det ligger ubeskyttet i et område med menneskelig aktivitet. I tillegg er området svært populært blant fuglene på øya ifølge hovedplanen (1). Dermed er det ikke en overraskelse at det finnes E. coli og koliforme bakterier i råvannet. Det er også nevnt i hovedplanen (1) at før 2003 ble spylevannet fra membranlegget ledet tilbake til råvannsmagasinet for å gjenvinne mest mulig vann. Dette førte til oppkonsentrering av farge, turbiditet og innhold av mikroorganismer, og at dette kunne ha bidratt til økt fargetall og turbiditet i råvann fra vannmagasinet. Ifølge drikkevannsforskriften (10) omfatter kimtall naturlig forekommende mikroorganismer som finnes i jord, næringsrikt vann, på planterester, og i slam/belegg. Helsemessig har høye verdier for kimtall ikke mye å si, men det kan være en indikasjon på at det er slamansamlinger i vannmagasinet, noe som kunne ha vært forårsaket av sedimentering av partikulært materiale i bunnen.

2.4.2 Råvann Sanna



Figur 6: Gjennomsnittsverdier av vannparametre for råvann fra Sanna 2012-2021



Figur 7: Gjennomsnittsverdier av vannparametre for råvann fra Sanna 2012-2021

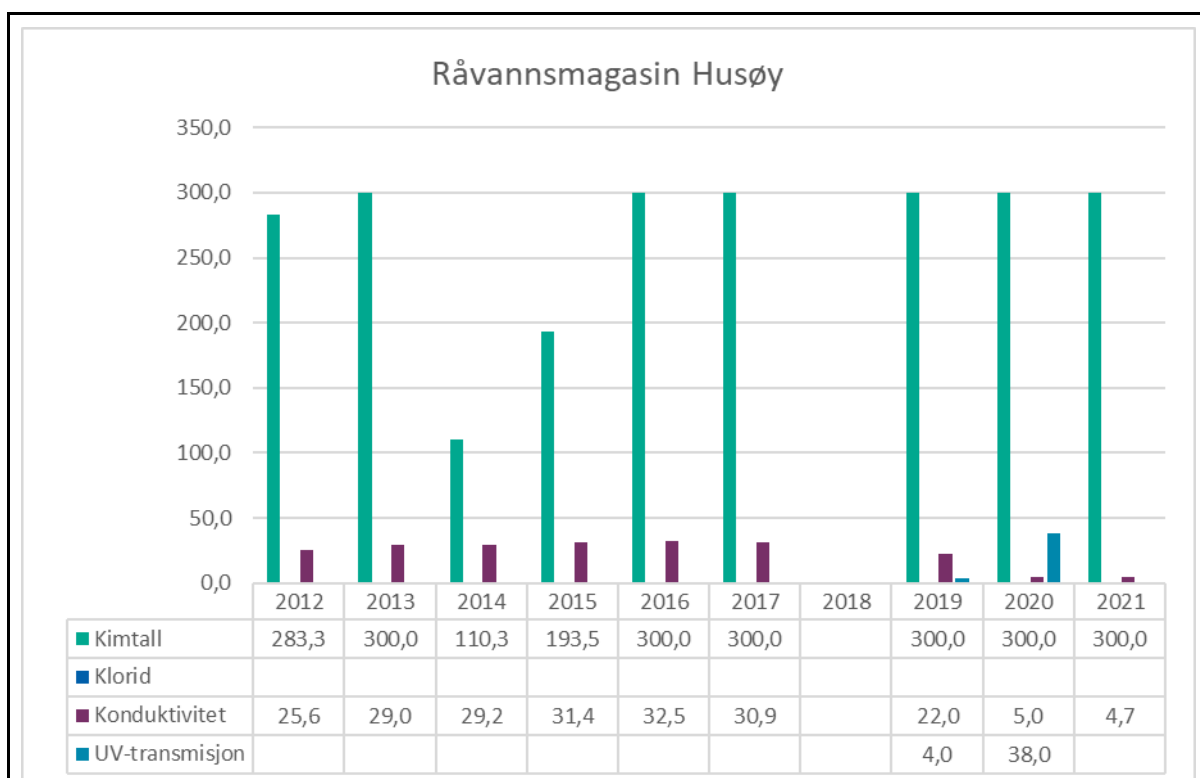
| Målepunkt | |
|--|--|
| Råvann Sanna | |
| Parameter | Kommentar |
| Kimtall (22°C) | Har vært synkende i løpet av de 10 årene. Verdier under tiltaksgrensen i 2019, 2020 og 2021. Viser at det er mindre slam/biofilmdannelse i vannkilden. |
| Koliforme bakterier | |
| E. coli | |
| pH | Har vært stabilt gjennom alle årene. |
| Fargetall | Har også vært synkende de fleste årene, bortsett fra i 2020 og 2021. |
| Konduktivitet | Økte litt i 2019 og 2020. Dette kan være en indikasjon på at det har blitt mer salt i vannet. |
| Turbiditet | Har vært under grenseverdien. |
| Klorid | |
| UV-transmisjon (% per 5 cm) | |
| Totalvurdering | |
| <p>I 2020 var det økning i både fargetallet og UV-transmisjon. Dette var mistenkelig ettersom fargetall og UV-transmisjon henger sammen, og høyere fargetall burde ha gitt lavere UV-transmisjon. Dersom man skal sammenligne verdier for fargetall og UV-transmisjon i 2019 og 2020, burde da UV-transmisjon i 2020 ha vært lavere siden det var et høyere fargetall, men det kan også skyldes menneskelige feil eller feil i prøvetaking- og analysemetoder.</p> <p>Vannkvalitet og vannføring varierer med årstid og nedbør, og dermed er det enklere å regulere og kontrollere avrenning i mindre nedbørsfelter generelt, men i Trænas tilfelle har det ført til en del ulemper i tillegg. Det grunne dekket fører til lite magasinering av vann og lav oppholdstid i grunnen, noe som reduserer selvrensingsevnen til vannet. Dette påvirker også den naturlige kvaliteten på vannet, siden lite vannvolum reduserer også vannets fortynningseffekt for forurensning fra luften og andre menneskelige aktiviteter rundt selve</p> | |

kilden. Den største utfordringen når det gjelder råvannet i Sanna er mangel på sprangsjikt som i andre typer innsjøer slik at det kan adskille overflatevann og dypvann.

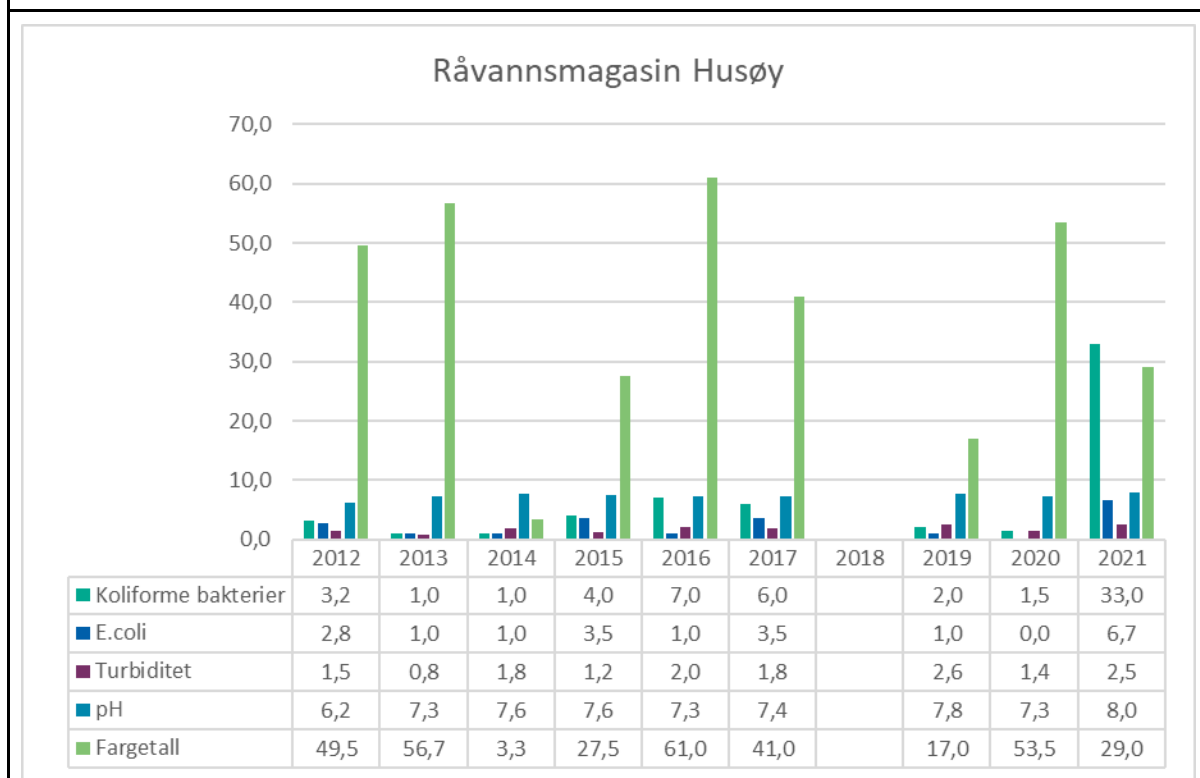
Årsaken til økninger i vannparametrene kan være en økt nedbørsmengde i de aktuelle årene. Siden nedbørfeltet til vannkilden Sanna består av bart fjell, hav og strandavsetninger og løsmassedekket er grunt, kan veldig mye av løsmasser i overflaten vaskes bort av nedbør og samles opp i overføringskummen, for å så bli videreført til råvannstanken i Husøy vannbehandlingsanlegg.

Etter totalvurdering av vannparametre viser det seg at råvannet fra Sanna er egnet som en brukbar vannkilde ut ifra dagens forurensende aktiviteter som foregår i nærheten av kilden.

2.4.3 Råvannsmagasinet Husøy



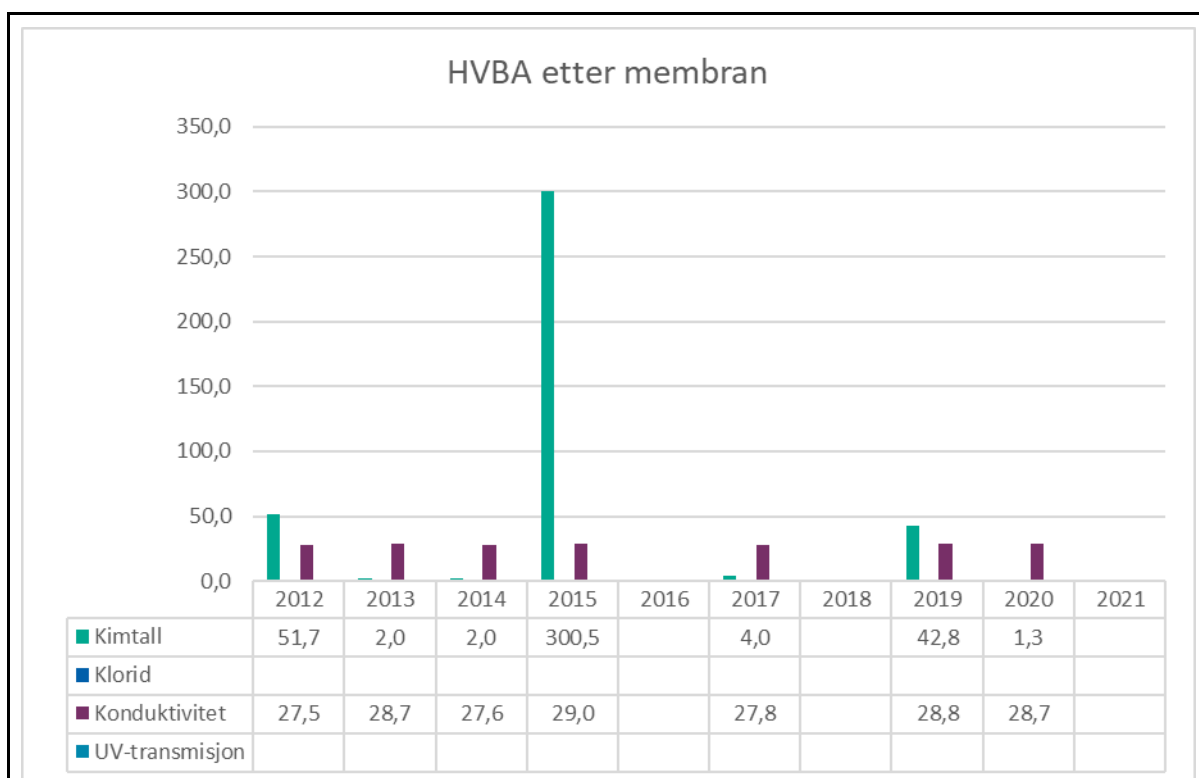
Figur 8: Gjennomsnittsverdier av vannparametre for råvann fra råvannsmagasinet Husøy 2012-2019



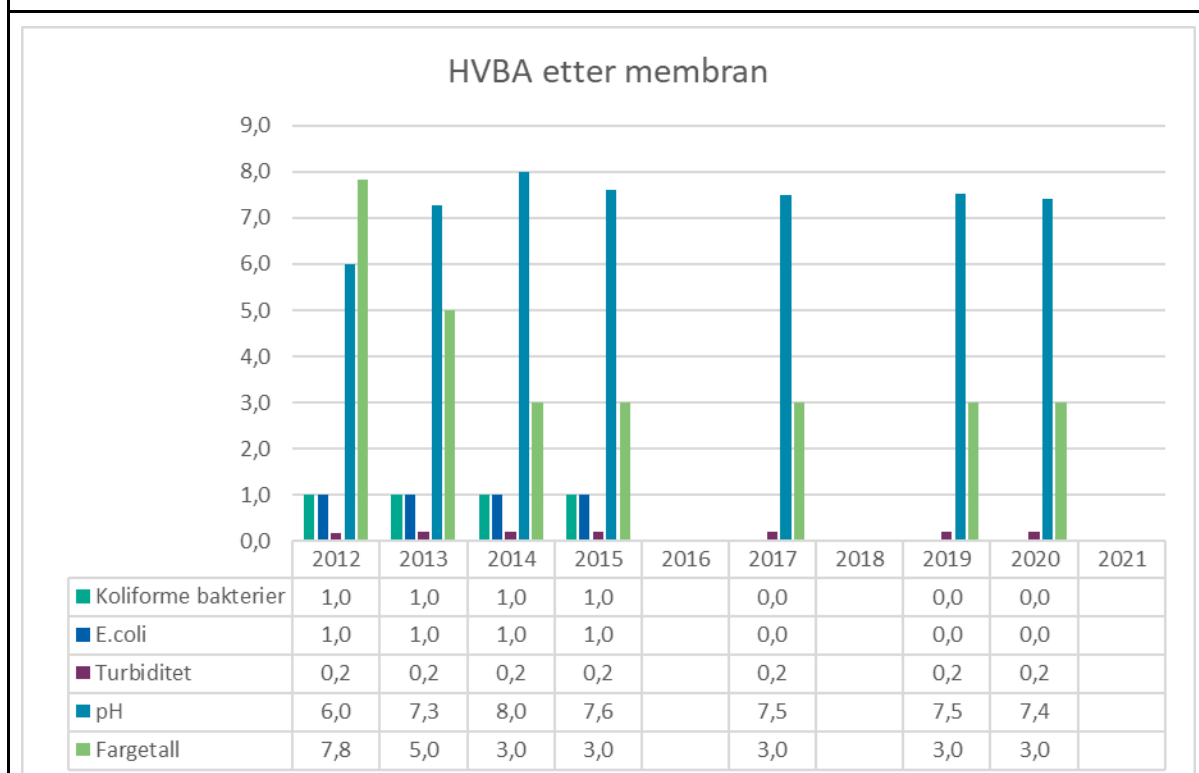
Figur 9: Gjennomsnittsverdier av vannparametre for råvann fra råvannsmagasinet Husøy 2012-2021

| Målepunkt | |
|---|--|
| Råvannsmagasinet Husøy | |
| Parameter | Kommentar |
| Kimtall (22°C) | Høye verdier i råvannsmagasinet, tross for at vannet stammer fra Sanna. Tyder på at det er slam/biofilmdannelse i magasinet. |
| Koliforme bakterier | |
| E. coli | |
| pH | Verdiene er stabile, tross høyt innhold av humus. |
| Fargetall | Samsvarer med råvann Sanna. |
| Konduktivitet | Samsvarer med råvann Sanna. |
| Turbiditet | |
| Klorid | |
| UV-transmisjon (% per 5 cm) | Samsvarer med råvann Sanna. |
| Totalvurdering | |
| <p>Kimtallet over tiltaksgrensen tilsier at det er behov for tiltak/rensing.</p> <p>Andelen av andre mikrobiologisk parametre er mye høyere i vannmagasinet. Dette kan tyde på at det skjer veldig mye forråtning av plantemateriale i bunnen, i tillegg til annen forurensing forårsaket av bla. dyreliv og menneskelig aktivitet. Det er høyere verdier på fargetall, og det viser at vannet har rikt innhold av naturlige organiske materialer, noe som igjen kan påvirke lukt og smak av vannet.</p> <p>Totalvurdering av disse verdiene fra vannmagasinet viser at råvann fra magasinet er dårlig (uten noe tiltak)/brukbar (med riktige tiltak) som en vannkilde, avhengig av forurensende aktiviteter.</p> | |

2.4.4 Rentvannskvalitet fra Husøy vannbehandlingsanlegg



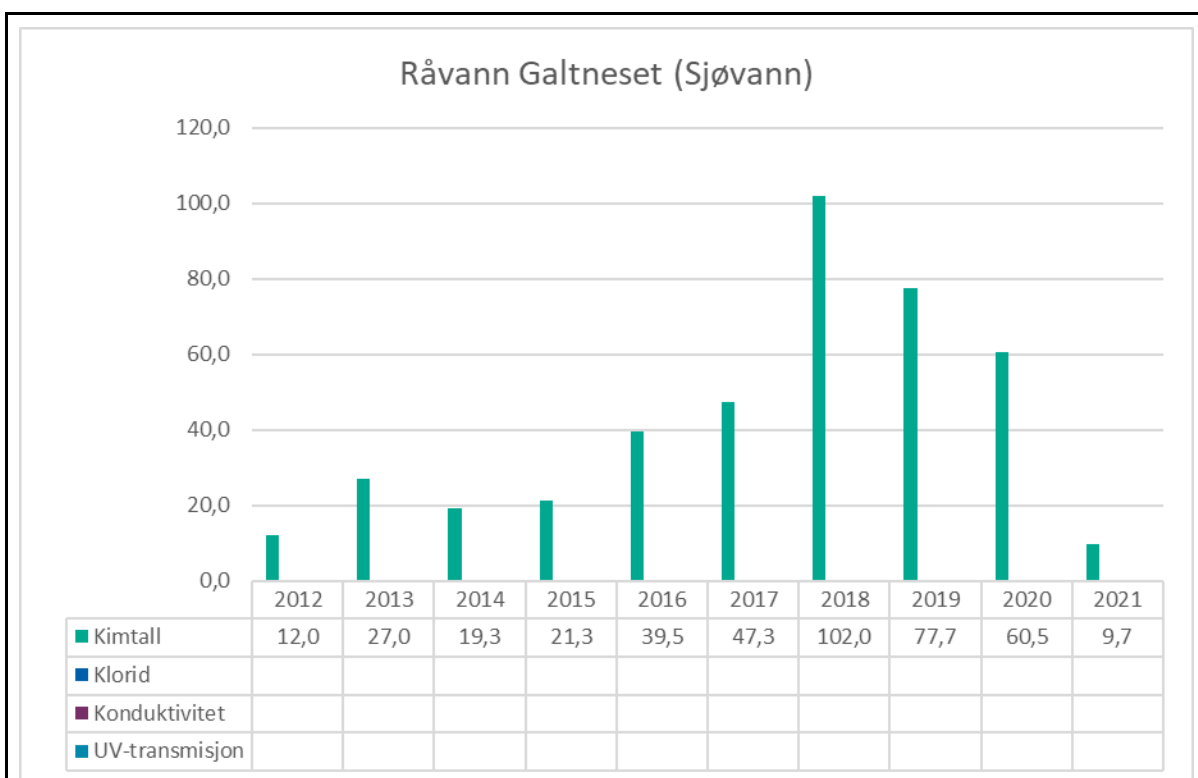
Figur 10: Gjennomsnittsverdier av vannparametre for rentvann fra HVBA 2012-2021



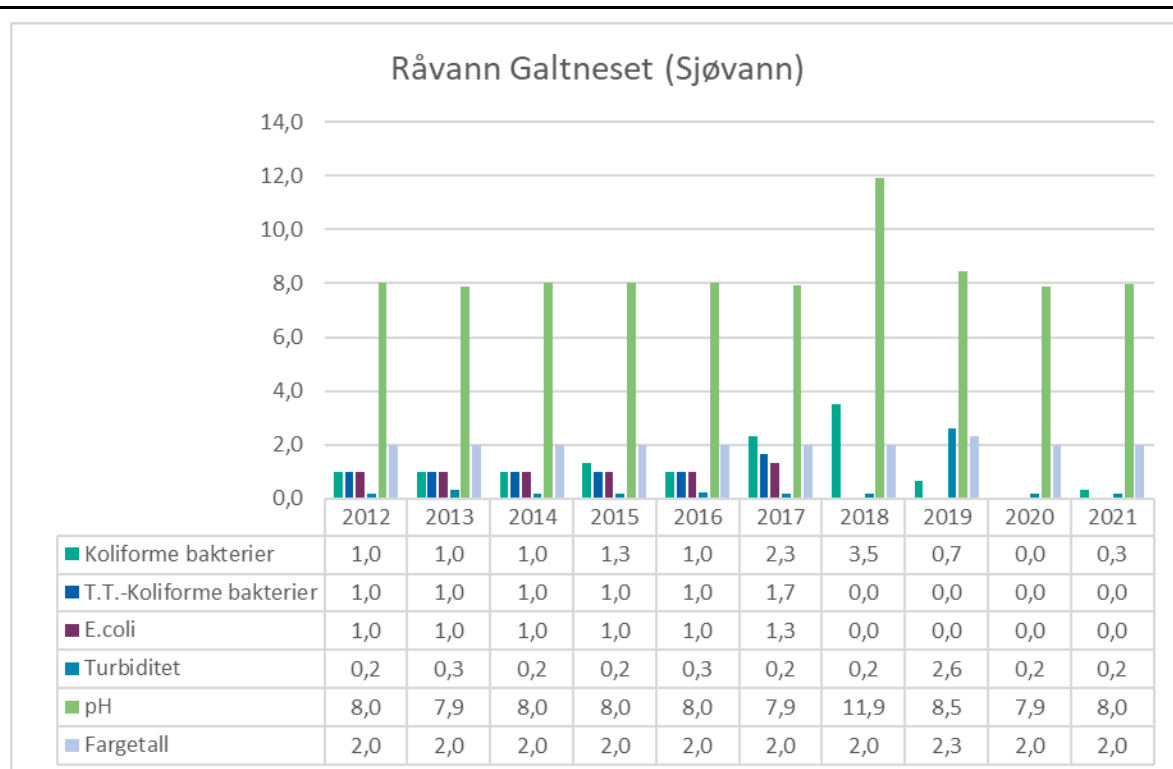
Figur 11: Gjennomsnittsverdier av vannparametre for rentvann fra HVBA 2012-2021

| Målepunkt | |
|--|--|
| Rentvann fra Husøy vannbehandlingsanlegg (HVBA) etter membran/UV | |
| Parameter | Kommentar |
| Kimtall (22°C) | Høye tall i noen av de årene, særlig i 2015. Mulige årsaker på manglende reduksjon på kimtall i 2015 kan være: <ul style="list-style-type: none"> - Målefeil når spranget er såpass stort - For lav effektivitet på membran/UV det året - Systemsvikt det året |
| Koliforme bakterier | |
| E. coli | |
| pH | Stabile verdier siden 2014. |
| Fargetall | Stabile verdier siden 2014. |
| Konduktivitet | Stabile og under tiltaksgrensen. |
| Turbiditet | |
| Klorid | |
| UV-transmisjon (% per 5 cm) | |
| Totalvurdering | |
| <p>Selv om det ble funnet mikrobiologiske bakterier perioden mellom 2012-2015, viser resultatene fra de senere årene at det har blitt forbedringer i vannbehandlingsanlegget siden 2017. Totalvurdering av resultatene viser at vannet har en god kvalitet, og at vannbehandlingsanlegget fungerer som det skal.</p> | |

2.4.5 Råvannskvalitet fra Galtneset



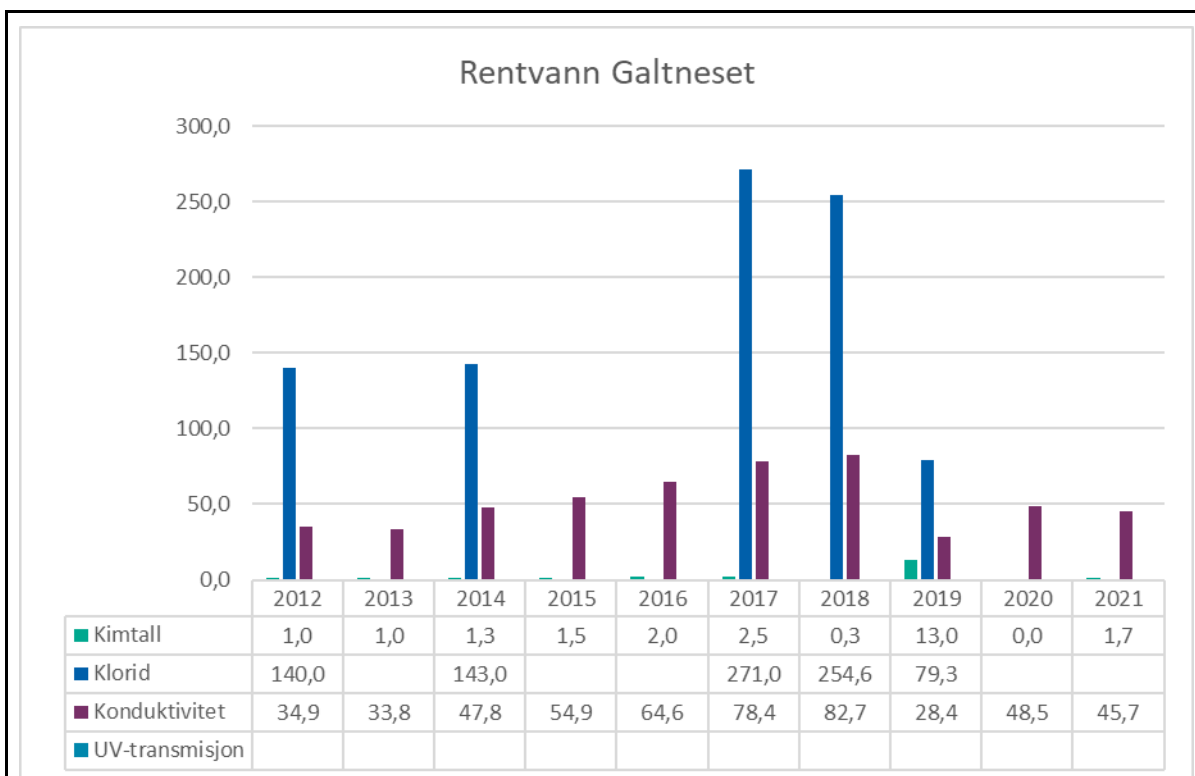
Figur 12: Gjennomsnittsverdier av vannparametre for råvann fra Galtneset 2012-2021



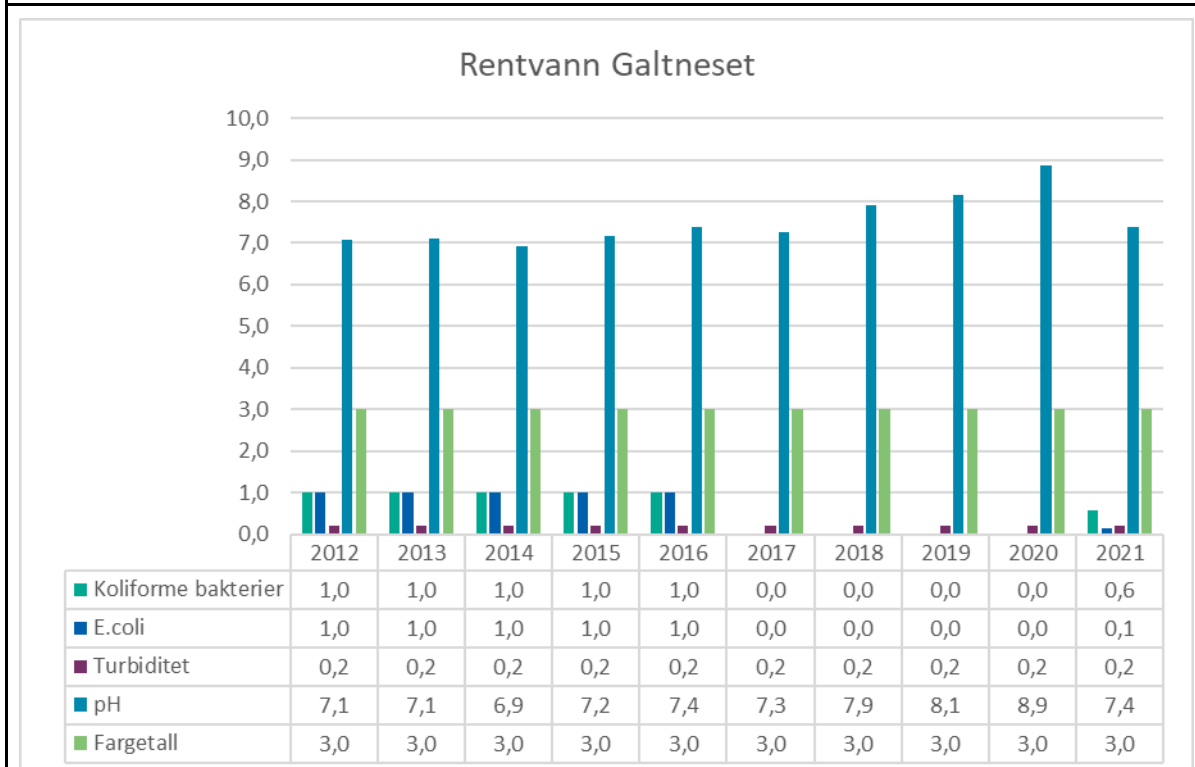
Figur 13: Gjennomsnittsverdier av vannparametre for råvann fra Galtneset 2012-2021

| Målepunkt | |
|--|---|
| Råvann Galtneset | |
| Parameter | Kommentar |
| Kimtall (22°C) | |
| Koliforme bakterier | |
| E. coli | |
| pH | Det ble registrert høy pH verdien på 11,9 i 2018. Grunnen til dette er mest sannsynlig målefeil ettersom det er stabile verdier i de andre årene. |
| Fargetall | |
| Konduktivitet | Ikke analysert |
| Turbiditet | |
| Klorid | |
| UV-transmisjon (% per 5 cm) | |
| Totalvurdering | |
| <p>Generelt sett er råvannskvalitet fra Galtneset mye bedre enn det fra Sanna og vannmagasinet ettersom verdier på nesten alle vannparametre ligger under grenseverdier, bortsett fra de mikrobiologiske parametre. Dette fordi inntaket ligger på ca.12 m dyp i havet, og sprangsjiktet adskiller overflatevann og dypvann slik at vertikal-transportering av forurensende stoffer i vannet reduseres samtidig som det beskytter vanninntaket. (20)</p> | |

2.4.4 Rentvannskvalitet fra Galtneset



Figur 14: Gjennomsnittsverdier av vannparametre for rentvann fra Galtneset 2012-2021



Figur 15: Gjennomsnittsverdier av vannparametre for rentvann fra Galtneset 2012-2021

| Målepunkt | |
|--|---|
| Rentvann Galtneset | |
| Parameter | Kommentar |
| Kimtall (22°C) | |
| Koliforme bakterier | |
| E. coli | |
| pH | |
| Fargetall | |
| Konduktivitet | |
| Turbiditet | |
| Klorid | Verdiene fra 2017-2018 er høyere enn grenseverdi for klorid etter drikkevannsforskriften, som er på 250 mg/l. |
| UV-transmisjon (% per 5 cm) | |
| Totalvurdering | |
| <p>Prøveresultatene for rentvann Galtneset viser at de fleste fysisk-kjemiske og mikrobiologiske parametre er blitt redusert betydelig, og at vannbehandlingssystemet fungerer optimalt. Konduktivitet i råvann fra Galtneset var ikke blitt analysert og man får dermed ikke sammenliknet resultatene.</p> <p>Høyt innhold av klorid i vannet kan påvirke smak på vannet, og kan bidra til korrosjon i vannledninger. Det burde ha vært analysert for klorid etter 2019 også for å kartlegge årsaken og redusere mengden, men dette har ikke skjedd ut ifra analyseresultatene.</p> <p>Siden resultatene etter vannbehandlingen ligger såpass lavt under grenseverdier, er det trygt å si at vannet har god kvalitet.</p> | |

2.4.5 Vannkvalitet fra nettprøver (drikkevann)

Tilgjengelige/eksisterende data fra Træna kommune viser at det er blitt tatt nettprøver fra 5 forskjellige plasser i løpet av 2012-2021. Resultatene er presentert i *Vedlegg 5: Nettprøver fra Træna 2012-2021*. Analyseresultatene viser at vannkvaliteten er god og har vært stabil, med de fleste vannparametre under grenseverdier. Kimtall har overskredet grensen et par ganger, men som nevnt tidligere er høye verdier på kimtall ikke farlig for helse. Overskredet kimtall indikerer slamdannelse på distribusjonsnettet og derfor bør det gjøres vurderinger på hva som kan være årsaken. Data viser også ustabile kloridverdier mellom 2013-2017, men dette kunne ha vært forårsaket av høye kloridverdier i rentvann fra Galtneset ettersom rentvannet hadde høye kloridverdier i noen av de årene mellom 2013-2019. Figur 3 fra hovedplanen (1) viser at årsforbruket på Husøy tilsvarte ca. 145 000 m³ i 2018, av dette forbruket var råvannsuttaket fra Sanna på ca. 66 000 m³ og uttaket fra råvannsmagasinet på ca. 20 000 m³. Dette vil da si at forbruksmengden fra Galtneset i 2018 var på ca. 59 000 m³, en mengde som kunne ha påvirket klorid verdier på vannet.

2.5 Høydebasseng

Vannverket har et høydebasseng som ble bygd i 1972, og er bygd i plasstøpt betong med utvendig kledning av teglstein. Dette bassenget har et volum på 550 m³. Vannet fra Husøy vannbehandlingsanlegget blir overført direkte til høydebassenget, før det føres inn på forsyningsnettet med selvfall. Fra Galtneset vannbehandlingsanlegget blir vannet pumpet direkte ut på nett etter vannivået i høydebassenget.

Ifølge hovedplanen (1) er tilstanden til bassenget dårlig og slitt tross for oppgraderinger som ble gjort på 90-tallet. I dag varierer høydebassengdekning mellom 1-2 døgns reserve, avhengig av når på året det er og det totale vannforbruket. Til tider kan det være høye gjennomsnittlige døgnforbruk grunnet høy produksjon i fiskeindustrien. Dette forbruger reservekapasiteten og gjør vannforsyningen sårbar dersom det skulle oppstå en ulykke eller driftsproblem i vannverket.



Figur 16: Høydebasseng sett bakfra (midt) og små lekkasje fra sidene

2.6 Ledningstrase



Figur 17: Plan Husøy med eksist. hovedvannledninger og felles avløpsledninger (Vedlegg 5-75)

Råvannet fra Sanna pumpes til råvannstanken i Husøy vannbehandlingsanlegg av frekvensstyrte pumper. Inntaksledningen til Galtneset vannbehandlingsanlegg ligger på ca. 12 m dyp med en lengde på ca. 700 m. Ledningen er tilkoblet 12 pumper i en inntakskum, hvor to av disse er kommunale pumper. Etter behandling blir trykket til vannet fra Galtneset økt til det samme som Husøy vannbehandlingsanlegg.

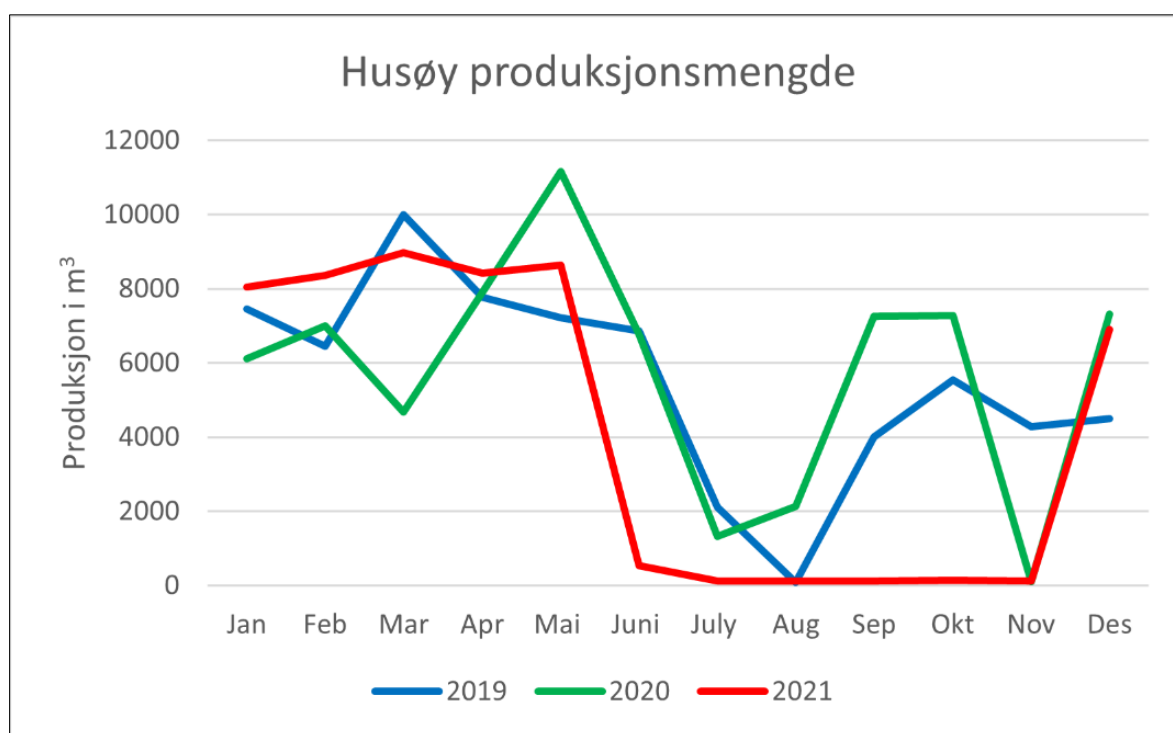
Ledningsnettets hovedsakelig består av PVC-trykkrør og mindre ledninger av PE, som ble lagt tidlig på 70-tallet. Siden da har det foregått lite utskifting av ledninger, men det er ikke blitt registrert mange problemer med ledningsbrudd på vannforsyningsnettets, med unntak av noen lekkasjer grunnet gamle anboringsklaver, muffeskjøter og ventiler som er rustet fast.

Ifølge hovedplanen (1) er det kommet fram til at lekkasje utgjør ca. 35% av det totale forbruket i 2020, men med mye usikkerhet. Dette fordi Træna kommune ikke har vannmålere

på vannforsyningsnettet for å registrere lekkasjer. Det å måle lekkasjeandel fra nattforbruk ut fra høydebassenget er også vanskelig i og med at forbruket fra industrier kan være høyt og varierende om natten. Lekkasje fører uansett kommunen store økonomiske tap siden produksjon av vannet medfører store kostnader.

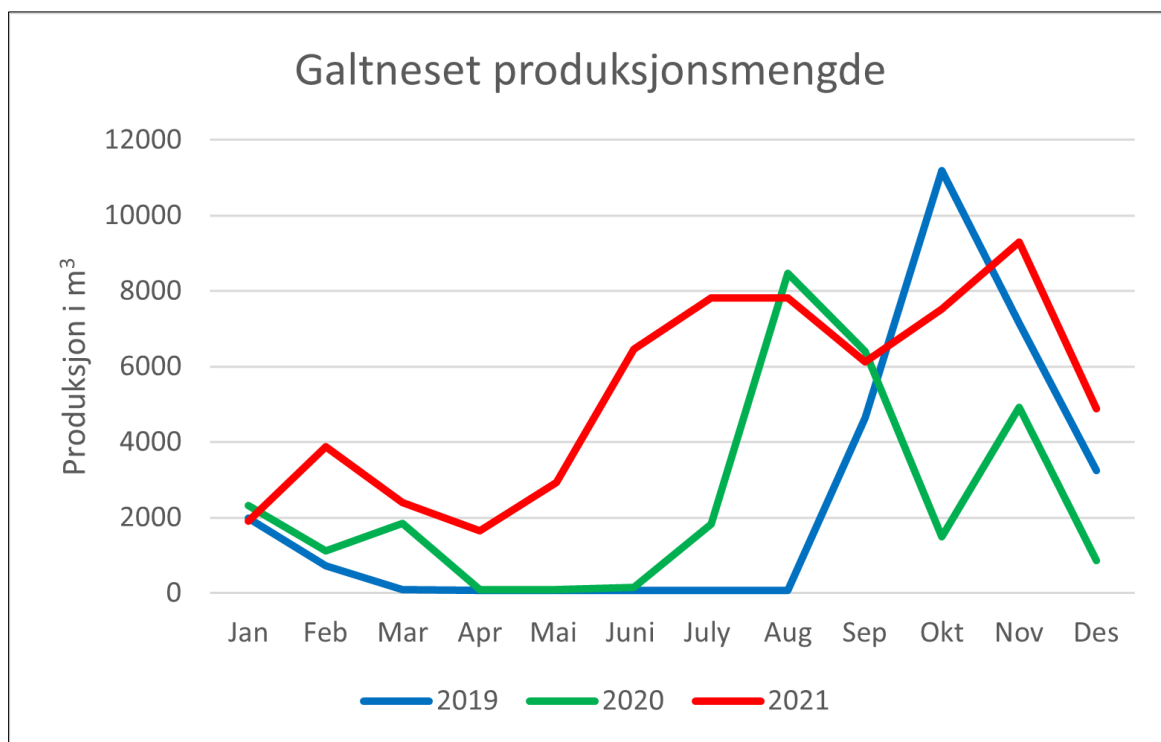
2.7 Vannproduksjon

Ifølge hovedplanen (1) har råvannsuttaget fra Sanna variert mellom ca. 66 000 m³ i 2018 til 119 000 m³ i 2020. Dersom man skal beregne et årlig gjennomsnitt, tilsvarer dette 181 m³ og 326 m³ per dag i de respektive årene. Fra vannmagasinet på Husøy har vannbalansen variert mellom uttak på 20 000 m³ og overskudd på 29 000 m³ mellom 2015-2020. Fra Husøy vannbehandlingsanlegg har produksjonskapasitet variert mellom 330-350 m³/døgn på sommeren, og mellom 280-300 m³/døgn på vinteren de siste årene. Disse tallene samsvarer med uttaket fra Sanna, og tyder på at det ikke er store lekkasjer i tilkoblingen mellom råvannstanken og Husøy vannbehandlingsanlegget.



Figur 18: Variasjoner i produksjon fra Husøy vannbehandlingsanlegg

Produksjonskapasitet i Galtneset vannbehandlingsanlegget er på ca. 460 m³ per døgn ved én produksjonslinje, men det produseres vann i dette anlegget kun ved behov. Vanligvis grunnet økt forbruk eller ved lavt vannivå i høydebassenget.



Figur 19: Variasjoner i produksjon fra Galtneset vannbehandlingsanlegg

Figur 18 viser at produksjonen på Husøy vannbehandlingsanlegg har vært høye i periode med liten algeoppblomstring i råvannsmagasinet. Og figur 19 viser høye produksjon fra Galtneset i de perioder hvor det er mindre produksjon i Husøy, noe som igjen henger sammen med utfordringer på Husøy grunnet algeoppblomstring i sommerperioder.

2.8 Vannforbruk

Det er utfordrende å angi et konkret tall på vannforbruk på Husøy i Træna kommune siden det er veldig avhengig av årstid og aktivitet i industrien. Høy produksjon i fiskeindustrien har til tider gitt høyt vannforbruk hele døgnet, som for eksempel i oktober 2019 da gjennomsnittlig døgnforbruk for hele måneden var på 540 m³ per døgn. I perioden mellom 2015-2020 har årsforbruket av vann på Husøy variert fra 95 800 m³/år til 144 400 m³/år.

3.0 Vannbehov

Ifølge Lindholm (3) er vannbehovet som vannforsyningssystemet skal tilfredsstille sammensatt av flere delbehov.

Formel for utregning av det totale vannbehovet er:

$$Q_T = Q_h + Q_i + Q_o + Q_a + Q_t$$

Q_T = Det totale vannbehovet (for å dekke det totale forbruket samt tap gjennom lekkasjer etc.)

Q_h = Vannbehov i husholdninger (for å dekke forbruket til daglige formål)

Q_i = Vannbehov i industri (for å dekke forbruket til produksjon og arbeidsstokk i arbeidstid)

Q_o = Vannbehov i offentlige bygninger (for å dekke forbruket til skoler, sykehus etc.)

Q_a = Vannbehov til andre formål (for å dekke forbruket gatespyling, fontener etc.)

Q_t = Tap (gjennom lekkasjer, sløsing etc)

I tillegg til de nevnte delbehovene skal det legges til slokkevann etter plan- og bygningsloven. (17) Alle disse behovene danner grunnlaget for det totale vannbehovet Q_T . Det vil da si at vannproduksjonsmengde skal være stor nok til å tilsvare vannbehovet ($Q_P = Q_T$). Med tiden er det variasjoner i vannbehov, vannforbruk og tap, og vannverket må være i stand til å levere nok vann i alle situasjoner til enhver tid.

3.1 Befolkningsutvikling

Per fjerde kvartal 2021 har Træna kommune 450 fastboende innbyggere (6), og ca. 393 av disse bor på Husøy. Folketallet har vært synkende i de siste årene, men Træna kommune har et mål om 555 fastboende på Træna innen år 2030 etter kommuneplanens samfunnsdel (29) fra 2017. Forventet befolkningsutvikling i Træna i 2030 er på 438, og 485 i 2050 ifølge SSB (6) sine befolkningsframskrivninger. Derfor skal det tas utgangspunkt i en befolkning på ca. 500 fastboende innbyggere videre i denne oppgaven, fordi i fiskesesongen kan innbyggertallet være høyere enn antall fastboende grunnet mange tilreisende arbeidere som bor på Træna, lik situasjonen man opplevde i 2020.

3.2 Eksisterende Industri

Det er to industribedrifter som befinner seg på Træna i dag, Pelagia AS og Træna Seafood AS.

Pelagia AS

Pelagia AS avdeling Træna holder til på Galtneset på Husøy. Denne fiskeindustribedriften produserer fiskeprodukter med størst produksjon på vinteren. Ifølge hovedplanen har totalt årsforbruk vært på mellom 80 000 og 100 000 m³ over de siste årene. Bedriften har et eget vannverk som ble bygd i 2014, men kjøper likevel vann fra kommunen når produksjonen er høy. Dette utgjorde en vannmengde på ca. 10 000 m³ i 2020. Bedriften har også planer om å øke produksjonsmengde, og det vil medføre en estimert økning i vannforbruk på 30-40% og skal etter planen kjøpes fra kommunen.

Træna Seafood AS

Træna Seafood AS holder til på Fløttingen på Husøy. Bedriften driver med kjøp/salg og eksport/import av fisk og sjømatprodukter. Bedriften kjøper vann fra kommunen, og i 2020 var vannforbruket ca. 41 000 m³.

Ifølge en nyhetsartikkel som ble publisert av NRK (56) i januar i år, skal denne bedriften legges ned grunnet økonomiske vanskeligheter etter 2 år med pandemi og usikkerheter. Likevel skal tilsvarende vannforbruksmengde fra denne bedriften tas med i videre beregninger av det totale vannforbruket, ettersom hovednæringen i Træna kommune er fisking og det ikke er usannsynlig at noen vil kjøpe fasilitetene til Træna Seafood.

Det er heller ikke helt feil å anta at andre lignende bedrifter kommer til å starte opp når situasjonen i verden og økonomien normaliserer seg etter pandemien.

3.3 Næringslivsutvikling

Reisevirksomhet

Undersøkelser som ble utført av Remmen (31) viser at det finnes 92 eksisterende sengeplasser rundt omkring på Husøy fordelt på tre overnattingsmuligheter, et rorbuanlegg (etablert 1994) med 13 hytter (totalt 44 senger), en bed & breakfast (etablert 2018) med 26 sengeplasser og en gjestegård (etablert 1989) med 22 sengeplasser.

Træna kommune har planer om å øke satsingen på reiseliv og stedsutvikling på Træna, noe som kommer til å øke tilførselen av turister. For akkurat dette formålet har kommunen i tillegg også planer om å bygge et hotell med 36 sengeplasser.

Gaia Salmon AS

Gaia Salmon AS har planer om å etablere seg med landbasert oppdrettsanlegg for sjømat på Galtneset på Husøy. Det blir nevnt i hovedplanen at foreløpig vannforbruk er kun til personforbruk på om lag 2 000 m³ per år. Det kan bli mer behov for ferskvann på lang sikt, men dette er ikke foreløpig helt sikkert.

3.4 Trænafestivalen

Trænafestivalen er en musikkfestival som blir arrangert i måneden juli hvert år, og har en positiv økonomisk utvikling for mange bedrifter i det lokale samfunnet. Ifølge Remmen (31) tiltrekker festivalen seg omlag 5000 tilreisende til Træna, og de fleste av disse tilreisende som kommer til festivalen sover i telt, i båt osv.

3.5 Vann til brannslukking

Det blir beskrevet i teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (17) med veiledning at slokkekapasitet må være minst 20 l/s for småhus og 50 l/s for annen bebyggelse. Her i dette tilfellet er det vurdert for 20 l/s med trykk på minst 1 bar (ca. 10 mvs) for slokkevann, ettersom det er god avstand mellom husene på Husøy. Siden ledningsnettets hovedsakelig består av 160 mm ledninger eller mindre, er det heller ikke nok kapasitet til å tilfredsstillende 50 l/s slokkekapasitet. I tillegg har kommunen gode/tilstrekkelige brannvannsystem med sjøvannspumpen som står klar til bruk til enhver tid.

4.0 Vannforbruk og vannproduksjon

Når det gjelder vannforbruk og vannproduksjon er det viktig at vannforsyningssystemet har god nok kapasitet til å levere nok vann med nok trykk til alle formålene.

4.1 Forbruk i husholdninger

Træna kommune har lav vannmålerdekning, og dermed store usikkerheter om reelt husholdningsforbruk. I hovedplanen står det skrevet at ca. 25% av det totale vannforbruket er personforbruk for fastboende innbyggere og tilreisende sesongarbeidere. Ut ifra beregninger utført av Norconsult om årsforbruk på Husøy, tilsvarer det gjennomsnittlige årsforbruket for perioden mellom 2015-2020 ca. 29250 m³. Ifølge statistikk fra SSB (6) for befolkningsutvikling i Træna kommune viser det seg at det gjennomsnittlige folketallet for denne perioden var på 462. Basert på disse tallene kan det antas et vannforbruk per person på 173 l/p.d.

Etter definisjon fra Norsk Vann er PE (38), personekvivalent, en spesifikk belastning eller forbruk per person med hensyn til vannvolum og/eller forurensningsmengde per døgn. Dette innebærer at en person tilsvarer en PE for standard boliger. Tidligere i oppgaven under punkt 3.1, er det nevnt at det skal tas utgangspunkt i 500 personer for videre beregninger i oppgaven. Dermed settes antall abonnenter fra husholdninger til å være 500 PE med et standard forbruk på 200 l/p.d per person med hensyn på befolkningsvekst i fremtiden og sikkerheten rundt vannforsyningen.

4.2 Forbruk i industri

Dersom Pelagia AS øker produksjonen sin, er det forventet en økning på ca. 30-40% i vannforbruket. Dette kommer til å tilsvare en vannmengde på ca. 13000-14000 m³/år. Det er brukt 14000 m³ i videre beregninger. Træna Seafood AS har et forbruk på ca. 41 000 m³ i 2020, og det kan antas samme mengde for årene som kommer. Gaia Salmon AS skal trenge ca. 2000 m³ til personforbruk per år. Det er ikke tatt med hensyn til vannbehov i lang sikt med tanke på nye etableringer grunnet usikkerheter rundt dette.

Det totale vannbehov/forbruket fra industrien kommer da til å tilsvare en mengde på ca.57000 m³/år. Det er en betydelig økning i forbruket fra industrien ettersom gjennomsnittsforbruk for

industri i perioden mellom 2015-2020 utgjorde omlag ca. 40950 m³/år (35% av totalt forbruk gjennom årene).

4.3 Forbruk i reisevirksomhet

Med de 92 eksisterende sengeplasser og 36 nye sengeplasser fra det nye hotellet, er det totale antallet sengeplasser på 128. Dette tilsvarer da 128 PE, og det er gjort videre beregninger med et forbruk på 200 l/p.d etter anbefalinger i VA/Miljø Blad nr.100 (40) for høystandard hytter.

4.4 Tap via lekkasje

Ifølge Lindholm (3) er lekkasjene i det norske vannledningsnettets meget store med en gjennomsnittlig lekkasjeprosent på ca. 32%. Lekkasjeprosenten varierer mye for de ulike vannverkene.

Det står i hovedplanen at lekkasjeandelen er usikker siden kommune ikke har vannmålere på vannforsyningsnettets for å registrere lekkasjer. Dermed er lekkasjeandelen estimert til å være ca. 30-35% av det totale vannforbruket, ut fra målinger av nattforbruk fra høydebassenget. Etter beregninger for vanntap med lekkasje på 35% i perioden mellom 2015-2020, viser beregninger (se vedlegg 6) at det gjennomsnittlige tapet utgjorde en mengde på ca. 40 000 m³/år. Dette er ganske normalt i norsk målestokk, og derfor er det blitt benyttet lekkasje på 35% til videre beregninger i oppgaven.

4.5 Forbruksvariasjoner

Vannforbruket varierer over tid fra time til time, dager, uker, måneder og år. Ifølge Lindholm (3) kan forbruket være dobbelt så høyt som det midlere forbruket over døgnet i de mest intense forbrukstidene. Det ekstra forbruket forsynes vanligvis av fra nærliggende høydebasseng som utjevner disse forskjellene.

For å kunne gjøre beregninger for vannbehovet i forskjellige situasjoner lettere, brukes det følgende variasjonskoeffisienter:

f_{maks} : det maksimale døgnforbruket i alle av årets døgn per forbruket i det midlere døgn

f_{min} : det minimale døgnforbruket i alle av årets døgn per forbruket i det midlere døgn

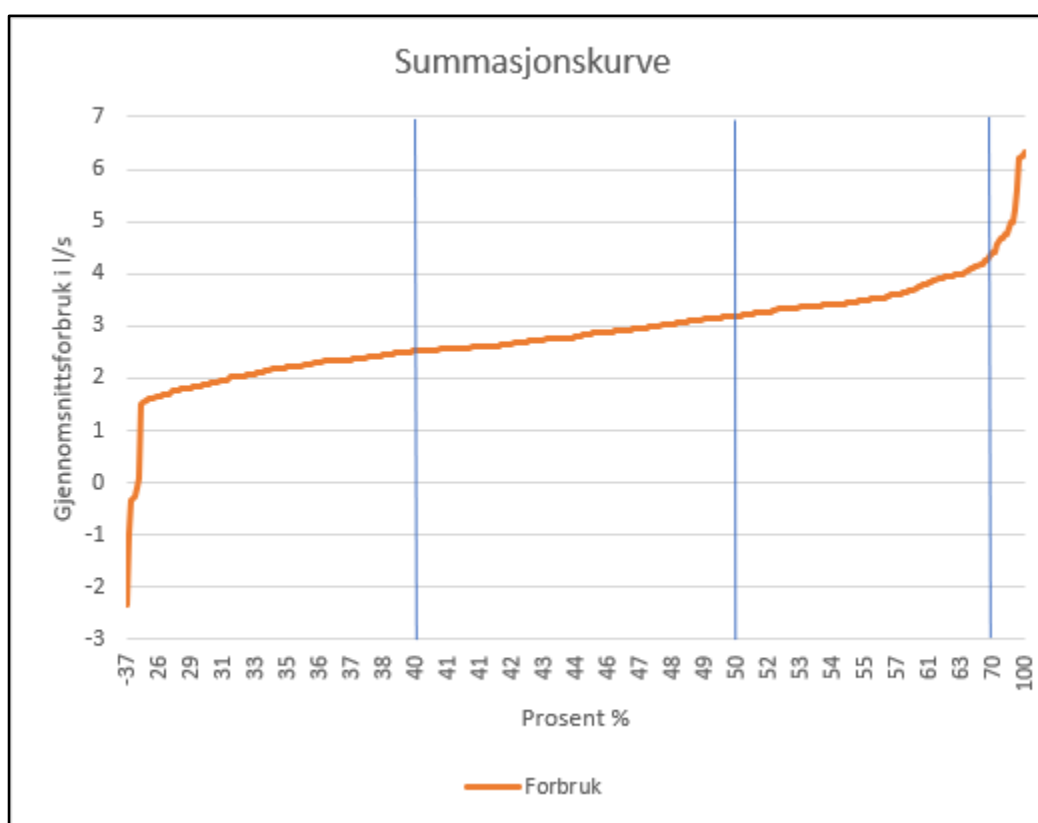
k_{maks} : det maksimale timeforbruket i alle av døgnetts timer delt på forbruket i den midlere timen

k_{min} : det minimale timeforbruket i alle av døgnetts timer delt på forbruket i den midlere timen

Ved bruk av data for døgnsforbruket i 2021 (vedlegg 8-9) blir den variasjonskoeffisienten:

$$f_{\text{maks}} = \frac{\text{det maksimale døgnsforbruk}}{\text{det midlere døgnsforbruk}} = \frac{6,34 \text{ l/s}}{2,91 \text{ l/s}} = 2,2$$

Figur 20 viser at gjennomsnittsförbruket i 2021 lå mellom 1,5 - 4 l/s for de alle fleste dager. Det var fem dager med negative verdier på forbruket i løpet av året, og disse verdiene presenterer vannmengde som ble videreført til høydebassenget da det produserte for mye vann. Dermed er disse negative verdier ikke relevante for vannforbruket. Av hele året var det 12 dager med verdier vesentlig høyere enn 4, og disse høye verdier gjelder for dagene i vintermånedene, særlig i oktober, november og desember. I hovedplanen står det skrevet at vannforbruket kan ofte være høye i vinterhalvåret grunnet fiskeing, og dette samsvarer da med høye verdier som ble registrert i 2021.



Figur 20: Summasjonskurve for vannforbruk i 2021

4.6 Beregning av vannforbruk

Det skal beregnes det totale og maksimale døgnforbruket fra de ulike formålene som er nevnt i kapittel 3. Det er også nevnt i forrige avsnitt at en døgnfaktor f_{maks} brukes for å angi døgnvariasjonen, og dette tallet settes til 2,2 ut i fra beregningen. Formel for beregning av maks døgnforbruk er:

$$Q_{maks} = Q_{middel} * f_{maks}$$

hvor $Q_{middel} = Q_s * PE$

Q_{middel} : midlere døgnforbruk

Q_s : midlere spesifikk døgnforbruk per personekvivalent inkludert lekkasjevann

PE: antall personekvivalenter

Beregnet vannforbruk: Husholdninger

Vannforbruket for husholdninger er satt til 200 l/p/d per PE, og med en lekkasjeprosent på 35%, blir det midlere spesifikke døgnforbruket:

$$Q_s = \frac{200 \text{ l/p.d}}{(100-35)\%} * 100\% = 307,69 \text{ l/p.d} \approx 308 \text{ l/p.d}$$

Dette er da den mengden av vannet som må hentes fra kilden per person. Dermed er det midlere døgnforbruket fra husholdninger med forventet folketall på 500 PE blir til:

$$Q_{middel} = 308 \text{ l/p.d} * 500 \text{ Pe} = 154000 \text{ l/d} = 154 \text{ m}^3/\text{d}$$

Med dette midlere døgnforbruket, blir det maksimale døgnforbruket til:

$$Q_{maks} = 154 \text{ m}^3/\text{d} * 2,2 = 338 \text{ m}^3/\text{d}$$

Beregnet vannforbruk: Reisevirksomhet

Ettersom det totale forventede sengeplasser er på 128, skal dette regnes som 128PE med et forbruket på 200 l/p.d per sengeplass. Derfor blir det midlere døgnforbruket for reisevirksomhet til:

$$Q_{\text{middel}} = 308 \text{ l/p.d} * 128 \text{ Pe} = 39424 \text{ l/d} \approx 39 \text{ m}^3/\text{d}$$

Mengde for det maksimale døgnforbruket for reisevirksomhet blir dermed:

$$Q_{\text{maks}} = 39 \text{ m}^3/\text{d} * 2,2 \approx 87 \text{ m}^3/\text{d}$$

Beregnet vannforbruk: Industri

Det er blitt nevnt tidligere at Pelagia AS kjøpte ca. 10000 m³ av vann fra kommunen, og at det er forventet en økning på opptil 40 %. Dermed blir det forventede vannforbruket i året fra Pelagia AS ca. 14 000 m³. Det er ikke blitt tatt noen endringer i vannforbruksmengde fra Træna Seafood AS etter nevnte grunner tidligere, og derfor er det benyttes samme forbruksmengde i beregningen. Siden Gaia Salmon AS har vannbehov kun til personforbruk, er det heller ikke blitt gjort noen endringer i vannforbruksmengde. Ettersom det er mye usikkerheter knyttet til både vannbehov og forbruk i fiskeindustrien, forutsettes det ikke noe mer vannforbruk fra industri enn disse tre bedrifter.

| Bedrift | Vannforbruk i m³ per år | Vannforbruk i m³ per år med lekkasje 35% | Vannforbruk i m³ per dag med lekkasje |
|----------------------|---|--|---|
| Pelagia AS | 14000 | 21538 | 59 |
| Træna Seafood AS | 41000 | 63077 | 172,8 ≈ 173 |
| Gaia Salmon AS | 2000 | 3077 | 8,4 ≈ 9 |
| Det totale forbruket | 57000 | 87692 | 241 |

Tabell 3: Vannforbruket i m³ fra fiskeindustrien per år og dag

Beregnet vannforbruk: Brannvann

For spredt bebyggelse med småhus er mengdekravet 20 l/s, og en vanlig verdi for sløkkesid er 4 timer. Det medfører at brannvannsmengde i 4 timer blir:

$$\text{Brannvann} = 240 \text{ min} * 60 \text{ s} * 20 \text{ l/s} = 288000 \text{ l} = 288 \text{ m}^3$$

Det totale vannforbruket per døgn

Det står i hovedplanen (1) at ca. 25% av totalt vannforbruk er personbruk for fastboende innbyggere og tilreisende sesongarbeidere, 30-50% er industriforbruk mens ca. 30-35% er antatt lekkasje og resten er knyttet til næringsforbruk, fritidsboliger og annet forbruk. I denne oppgaven er det tatt i bruk 35% for industriforbruk, og 35% for lekkasje. Dersom personbruk er antatt på konstant 25%, blir det da igjen 5% for annet forbruk. Ifølge Lindholm (3) er annet forbruk fra offentlige institusjoner, næringsvirksomhet og kontoer. Man kan i Norge anta et "annet forbruk" på 70 l/p.d (3), men i denne oppgaven skal annet forbruk finnes ved 5% av summen av de alle tre hovedformålene.

| Formål | Med Træna Seafood AS i m³/d | Uten Træna Seafood AS i m³/d |
|------------------------------------|---|--|
| Husholdninger | 338 | 338 |
| Reisevirksomhet | 87 | 87 |
| Industri | 241 | 68 |
| Sum | 666 | 493 |
| Annet (5% av sum) | 33 | 25 |
| Totalt forbruk (m ³ /d) | 699 | 518 |

Tabell 4: Det totale vannforbruket i m³ per døgn med og uten Træna Seafood AS

5.0 Vannbehandlingsanlegg og høydebasseng

5.1 Vannbehandlingsanlegg

Ifølge Ødegaard (2) må vannet i de aller fleste tilfelle gjennomgå en form for vannbehandling før det ledes ut på vannforsyningsnettet som fører til forbruker. Dette fordi vannet i vannkilden kan være forurenset på grunn av belastninger fra omgivelser, eller vannets naturlige tilstand er bare ikke tilfredsstillende nok ettersom ingen vannkilder kan sies å være totalt beskyttet mot forurensing. Vannbehandlingsanleggets oppgave er å sikre befolkningen godt og trygt vann som tilfredsstiller kravene fra drikkevannsforskriften.

5.1.1 Husøy vannbehandlingsanlegg

Det er blitt nevnt tidligere at Husøy vannbehandlingsanlegg er dimensjonert for 550 m³/d ved nye membraner, men i de siste årene har produksjonskapasitet vært synkende, og variert fra 330-350 m³/d om sommeren til 280-300 m³/d om vinteren fordi permeabiliteten til membranene er temperaturavhengig. I dag benyttes det nanofiltrering der vannbehandlingsprosessen skjer ved at vannet kommer inn fra inntaket, deretter går gjennom trykksil, NF-membraner og UV-bestråling. Husøy vannbehandlingsanlegget fungerer godt for råvann fra Sanna tross for et gammelt styresystem. Dermed ligger utfordringen til vannbehandlingsanlegget hovedsakelig i kvaliteten på råvannet etter det har vært i råvannmagasinet, siden råvannet som tilføres magasinet har god nok kvalitet. Grunnet oppblomstring av blå/grønne alger, har vannet fra råvannmagasinet høy turbiditet og et grumsete utseende. Dette har ført til at membranene tetter seg fort, noe som øker energibehovet for å trykke vann gjennom membranene og utløser behov for hyppigere kjemisk vask.

5.1.2 Vurdering

Træna kommune har per dagens dato bestemt å oppgradere og optimalisere Galtneset vannbehandlingsanlegget til å bli et hovedvannverk. Hvis kommunen ønsker å beholde Husøy vannbehandlingsanlegg som et reserveanlegg bør man først finne løsninger for å forhindre gjentetting av membran/beleggdannelse, ettersom beleggdannelse reduserer kapasiteten til membranen over tid. Drikkevannsforskriften (16) krever samme vannkvalitet fra reservevannkilde som hovedkilde. Dersom begge produksjonslinjene på Galtneset

vannbehandlingsanlegget tas i bruk i full drift, skal det være lite/sjeldnere behov for reservevannkilde.

I denne rapporten er det skissert to alternativer for vannbehandling på Husøy som omfatter dagens løsninger.

Alternativ 1

Det første alternativet er å ikke benytte råvannmagasinet som en vannkilde i henhold til forslag fra Thorsen (37) om tiltak for å begrense slamansamling og belegg, siden hovedårsaken til problemet ligger her. Det skal kun benyttes råvann direkte fra Sanna, og forbehandlingstrinnet kan optimaliseres ved å sette et sandfilter etter trykksil. Trykksiler har en typisk lysåpning på 10-50 μm og benyttes for å fjerne alger og andre partikler større enn denne lysåpningen. Dette er den eneste forbehandlingen i dagens anlegg. Dersom det bygges et sandfilteranlegg mellom trykksil og membraner som kan fjerne partiklene ned til ca. 1 μm kan dette bidra til å redusere beleggdannelse i membraner. Man kan likevel la være å bygge sandfilter dersom råvannsmagasinet avvikles og vannkvaliteten fra Sanna forblir slik den er i dag.

UV-anlegget bør oppgraderes og prosjekteres for to UV-aggregater med tilhørende UV-skap for å sikre tilstrekkelig redundans ved nedetid på et av aggregatene. Alternativt kan det bygges et nødkloreringsanlegg i reserve. Det er også behov for oppgraderte styringssystemer og membraner, men det må ikke utføres umiddelbart. Dersom alt dette kan oppgraderes, kan tilstanden til Husøy vannbehandlingsanlegget anses som god.

| Fordeler | Ulemper |
|---|--|
| Lite endringer i eksisterende infrastruktur, dermed færre investeringer | Reduksjon i råvannskapasitet i perioder med lite nedbør |
| Sandfilter kan gi mindre beleggdannelse på membraner, og det krever lite tilsyn | Sandfilteranlegg krever stort areal, og vil mest sannsynlig kreve utvidelse av eksisterende bygning for VBA. |
| Bedre redundans på desinfisering av vannet med to UV-aggregater | Nytt aggregat krever litt større investeringer og ekstra driftstilsyn (avhengig av styresystem) |

Tabell 5: Fordeler og ulemper ved alternativ 1 til vannbehandlingsanlegget

Alternativ 2

Det andre alternativet er å videreføre dagens løsning; produksjon med råvann fra både Sanna og råvannsmagasinet med nødvendige tekniske oppgraderinger på Husøy vannbehandlingsanlegg. I behandlingsprosessen skal det da settes et sandfilter og GAK-filtrering (en prosess hvor det benyttes aktivt kull for å fjerne algetoksiner) før UV-aggregatene siden det er risiko for oppblomstring av bakterier i filteret. (49) Et annet alternativ kan være å ta tak i bruk skyggekuler (shade balls) i magasinet.

Skyggekuler er små plastkuler som er laget av polyetylen med høy tetthet (HDPE), et material som brukes ofte i vann- og avløpsrør, leketøy og matkasser. Diameteren til kulene er på ca. 10 cm, og er delvis fylt med vann slik at vinden ikke blåser de vekk. Hovedformålet med skyggekulene er å forhindre dannelsen av en kreftfremkallende kjemikalie, bromat, som dannes når naturlig forekommende brom reagerer med klor i nærvær av sollys. Dette er ikke aktuelt for råvannsmagasinet ettersom det ikke er noe form for direkte klorering i magasinet slik de gjør med noen reservoar i USA, men disse skyggekulene kan forhindre algevekst og fugler i å lande på vannet, noe som kan være en fordel med tanke på utfordringer rundt råvannsmagasinet. (64) Disse kulene kan også redusere fordampningshastigheten med 80-90% fordi luften i kulene fungerer godt som en god termisk isolator og hindrer varmen fra toppen å nå vannet. (65)

| Fordeler | Ulemper |
|--|---|
| En del endringer i eksisterende infrastruktur, dermed større investeringer | GAK-filtrering er en dyr prosess ettersom aktivt kull er dyrt |
| Sandfilter gir mindre beleggdannelse på membraner, og det krever lite tilsyn | Sandfilteranlegg krever stort areal |
| Bedre redundans på desinfisering av vannet med to UV-aggregater | Større investeringer, og ekstra drift tilsyn |
| Større råvannskapasitet siden begge kilder skal benyttes | Ekstra investeringer (Skyggekuler) |

Tabell 6: Fordeler og ulemper ved alternativ 2 til vannbehandlingsanlegget

5.2 Generelt om Høydebasseng

Ifølge Ødegaard (2) og Lindholm (5) er høydebassenget en del av overføringssystemet og distribusjonsnettet. Noen av de viktigste oppgavene for høydebassenget er å utjevne variasjonen av forbruket over døgnet i belastning, å sørge for vann til forbrukere ved eventuelle nødstilfeller som strømbrudd og svikt i systemet, å sørge for å ha nok vann til brannreserve og å sørge for jevnt og tilstrekkelig trykk i ledningsnettet. I tillegg skal volumet til høydebassenget ha nok kapasitet til å dekke følgende volumbehov:

1. Utjevningsvolum: utjevning av timevariasjonene over et døgn.
2. Sikkerhetsvolum: vannvolum til sikkerhetsreserve i tilfelle ledningsbrudd, svikt i vannbehandlingsanlegg eller lignende.
3. Brannvolum: vannvolum til brannreserve.

5.2.1 Eksisterende høydebasseng

Høydebassenget på Husøy er et såkalt “gjennomstrømningsbasseng”, ettersom vannet går fra Husøy vannbehandlingsanlegg til forsyningsnettet via bassenget. Fordelen med et gjennomstrømningsbasseng er at det har en bedre vannutskifting, noe som igjen gir bedre vannkvalitet, samtidig som trykkstøt i overføringsledningen dempes ifølge Lindholm (5).

Som nevnt tidligere har det eksisterende høydebassenget på Husøy et oppgitt vannvolum på 550 m³. I hovedplanen er det vurdert slik at kapasiteten i høydebassenget er lite egnet for dagens situasjon på Husøy, siden høyt vannforbruk fra fiskeindustrien benytter reservekapasitet og gjør vannforsyningen sårbar ved eventuelle uhell.

5.2.2 Vurdering

Det er foreslått minst to døgns lagringskapasitet i høydebasseng basert på gjennomsnittlig døgnforbruk i maksmåned under delmål vannforsyning 5.1 i hovedplanen. Siden dagens høydebasseng er i dårlig stand med lite kapasitet, er det utfordringer med å dekke behov for vannlagring for å møte variasjoner i forbruket. Eneste løsning er å bygge et nytt høydebasseng med større kapasitet, noe som også er blitt anbefalt i hovedplanen.

Nytt høydebasseng

Kapasiteten på det nye høydebassenget skal være basert på det totale vannforbruket beskrevet i delkapittel 4.6. For at det skal være minst to døgnns lagringskapasitet, må det dimensjoneres for:

| Kapasitet | Med Træna Seafood AS i m ³ | Uten Træna Seafood AS i m ³ |
|-----------|---------------------------------------|--|
| 1 døgn | 699 | 518 |
| 2 døgn | 2 * 699 = 1398 | 2 * 518 = 1036 |

Tabell 7: Kapasitetsberegning for det nye høydebassenget

Verdiene fra tabellen viser at volumet på det nye høydebassenget må ligge mellom 1100-1400 m³ avhengig av beslutninger fra kommunen angående industriabonnenter, ettersom disse skal kun sikres tilstrekkelig vannmengde etter avtale. Det totale forbruket på 699 m³/d ligger ikke langt unna fra det høyeste registrerte døgnforbruket for hele Husøy som var på 720 m³/d i oktober 2019 og september 2020.(1) Et forbruk på 518 m³/d er heller ikke mye lavere enn det høyeste gjennomsnittlige månedsforbruket i oktober 2019, som var på 540 m³/d. (1) Dermed er et volum på høydebasseng mellom 1000-1400 m³ rimelig å foreslå.

Som nevnt tidligere skal høydebassenget også fungere som et brannvannsmagasin med tilstrekkelige mengder av brannvann. I delkapittel 4.6 er det beregnede vannforbruket for brannvann på 288 m³. Dersom volumet på det nye bassenget ligger mellom 1100-1400 m³ er dette tilstrekkelig for å kunne levere også vann til brannsløkking i tillegg til det normale forbruket. Vannet bør kunne tappes med et trykk på minst 1 bar i vannverkets kum for dimensjonerende mengde med brannvann (11). Det bør også tilrettelegges for brannuttak og plasseres brannventiler i alle kummene langs ledningsstrekket. Om det skal benyttes brannhydranter eller brannkummer, skal besluttes av kommunen.

Kommunen har bestemt å plassere det nye bassenget mellom Galtneset vannbehandlingsanlegg og forsyningsområdet, slik at bassenget blir til et gjennomstrømningsbasseng. Vannet skal pumpes fra Galtneset vannbehandlingsanlegget til det nye høydebassenget. I rørarrangementet skal det være en separat ledning ut av bassenget for vannpumper som pumper det videre.

6.0 Vannbehandling med membranteknologi

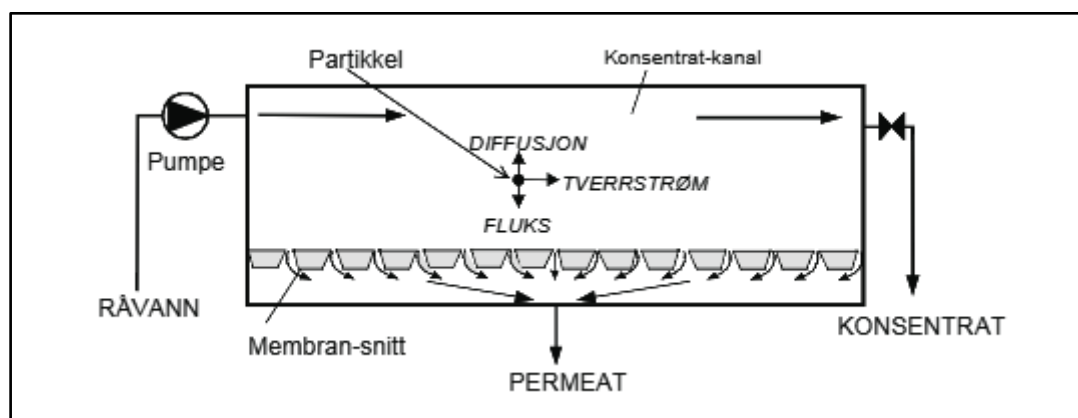
Alle menneskelige aktiviteter er avhengige av vann, og med økt aktivitet vil vannbehov også øke. Ferskvannsressurser i Træna kommune er ikke tilstrekkelig for å imøtekomme det stadig økende vannforbruchsbehovet, og dermed har kommunen bestemt å gjøre Galtneset vannverk om til et hovedvannverk. Akkurat her kommer viktigheten av membranteknologien inn, ettersom noen av de viktigste bruksområdene av denne teknologien er vannfiltrering (avsaltning) og rensing (grunnvann eller avløpsvann).

6.1 Membranfiltrering

Membranteknologi er prosesser der membraner benyttes som filtre i en separasjonsprosess som dekker et bredt spekter av problemer, fra uønskede partikler til molekyler.

Membranfiltrering er en fellesbetegnelse på en rekke separasjonsprosesser. Ifølge Ødegaard (4) separeres partikler fra vann ved at vannet presses gjennom en porøs membran ved høye trykk, mens partiklene holdes igjen grunnet deres størrelse i forhold til porenes størrelse.

Membraner sikrer stabil vannkvalitet ved å fjerne uønskede partikler, og fungerer som en selektiv barriere for partikler av en viss størrelse.



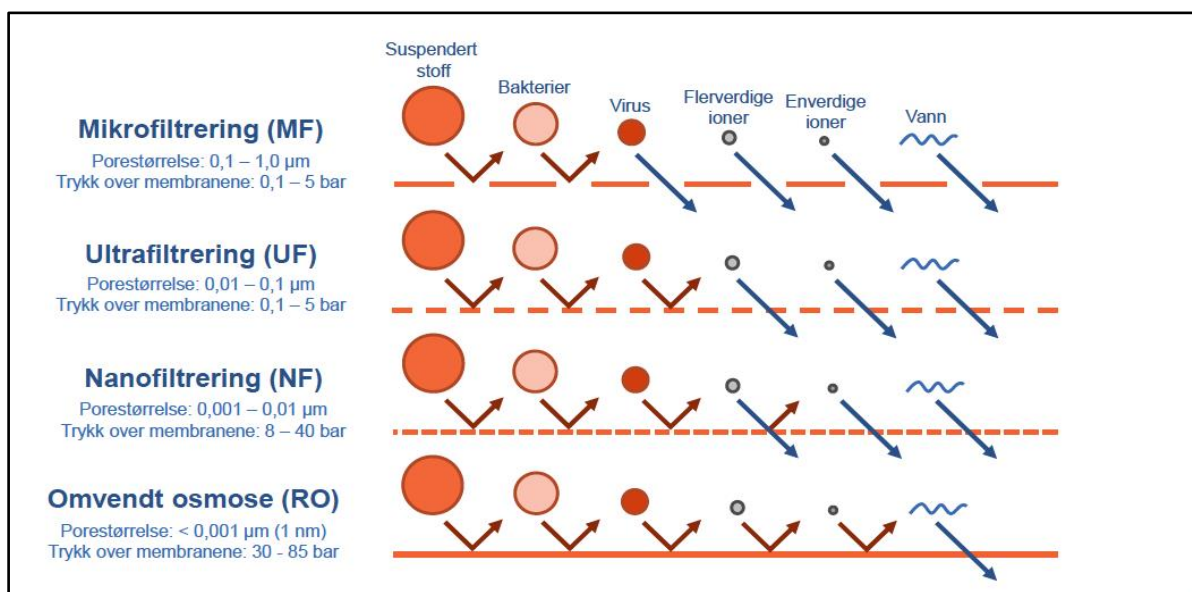
Figur 21: Prinsipiell oppbygging av membranfiltrering (50)

Membranfiltreringsteknologiene er inndelt i fire grupper:

1. Omvendt osmose: poreåpning < 1 nm - der membranene er i stand til å separere ioner, og brukes primært til avsaltning av havvann
2. Nanofiltrering: poreåpning 1-10 nm der membranene er i stand til å separere store molekyler, og benyttes primært til fjerning av humus eller andre organiske molekyler samt svært små partikler som virus.

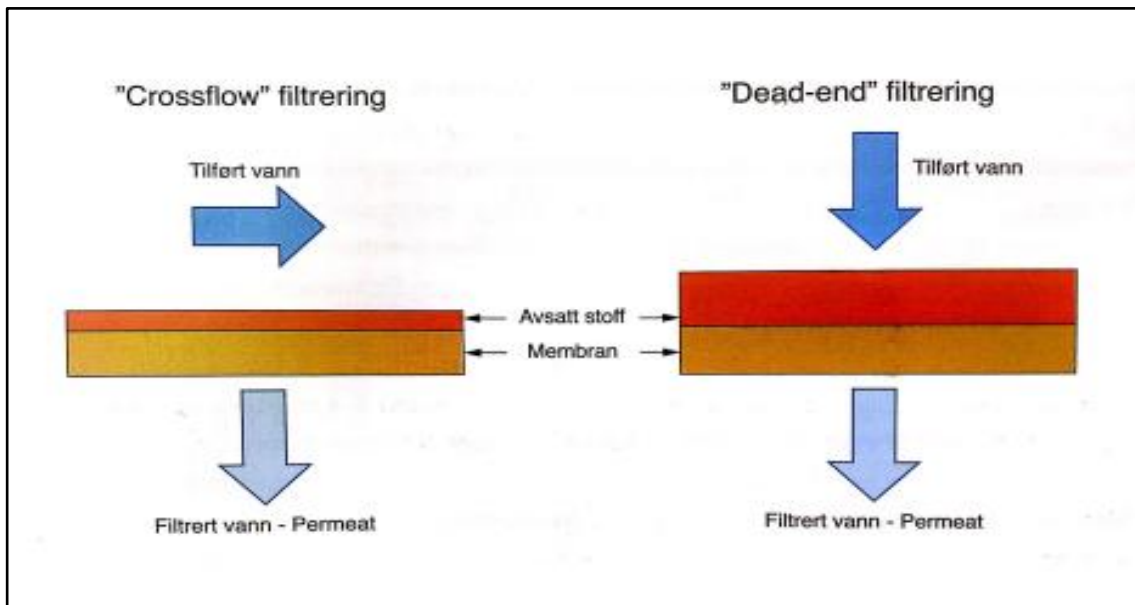
3. Ultrafiltrering: poreåpning 10-100 nm- benyttes primært til å separere små (kolloidale) og større (suspenderte) partikler, samt fjerning av mikroorganismer og utfelte fnokker.
4. Mikrofiltrering: poreåpning 100-1000 nm- benyttes primært til å separere suspenderte partikler og utfelte fnokker.

Ved membranfiltrering er gjentetting av membranen (beleggdannelse) den største utfordringen. Dette kan skyldes en rekke forhold, blant annet avsetning på overflate av membranen, blokkering av porene på grunn av partikler, biologisk vekst på overflaten av membranen og inne i porene, og mikrobiell utskillelse av polymere stoffer som avsettes på overflate og i porene.



Figur 22: Membranteknologi visuell oversikt (45)

Det finnes og benyttes ulike metoder for å hindre gjentetting av membraner i dag. Av de metodene er det valgt å se nærmere på den metoden hvor måten vannet tilføres i membranen har mye å si for forebygging/hindring av beleggdannelse.



Figur 23: Ulike måter å bringe vannet i kontakt med membranen (4)

Ved “dead-end” filtrering presses vannet vinkelrett på membranoverflaten. Som man kan se på figur 23 avsettes alle materialer på membranen og må fjernes når avsatt stoff på membranen overskrider en grense. Når avsatt stoff øker med filtreringstiden, vil også fluksen (vannproduksjonen) synke med tiden.

Ved “cross-flow” filtrering beveger vannet langs membranen, der noe av vannet filtreres gjennom membranen mens en annen del fortsetter langs membranen og bidrar til at avsetningen reduseres. Denne type filtreringen er også kalt tverrstrømfiltrering. Ved slike filtreringstyper går både oppbygninger av avsatte stoffer og reduksjon i vannproduksjon langsommere, og dermed mindre frekvens eller behov for rengjøring av membraner. I renseprosessen vil det da fås to strømmer ut av vannet:

1. det rensede vannet som kalles permeatet og
2. en oppkonsentrert strøm som kalles konsentratet.

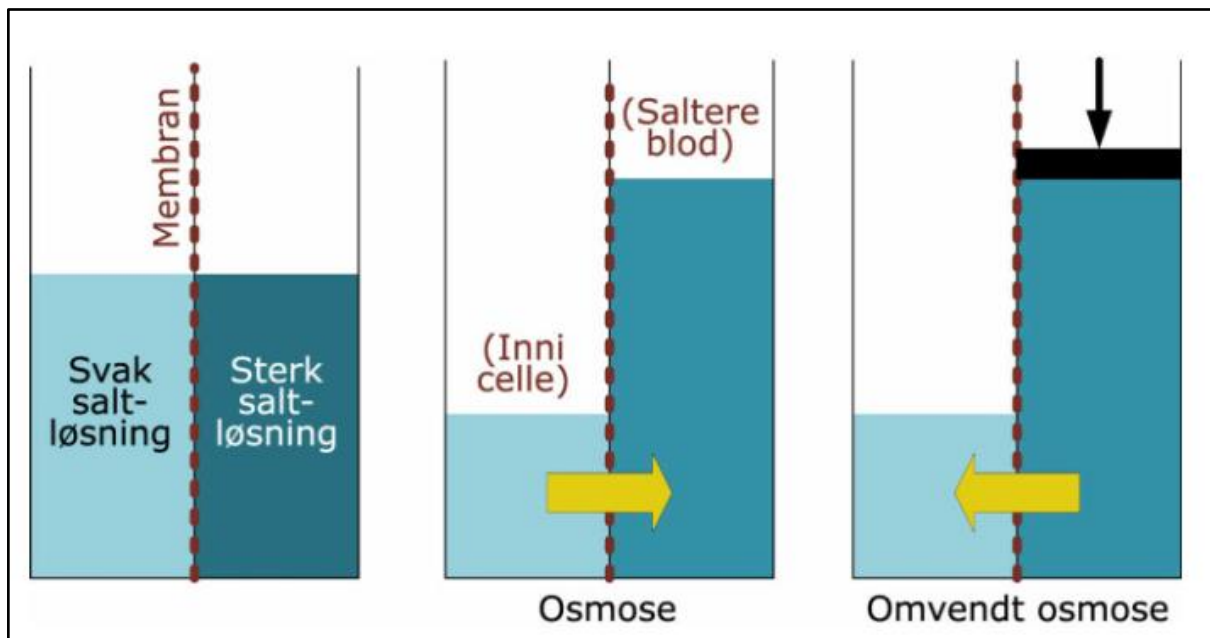
I tverrstrømanleggene er konsentratstrømmen stor, og tverrstrømanleggene kan bygges opp i flere trinn for å minske forbruket av råvann. I slike anlegg benyttes konsentratet fra første trinn som råvann for neste trinn. Resirkulering av konsentratstrømmer for å oppnå størst mulig vannproduksjon er også vanlig i tverrstrømfiltrering.

I dag benyttes Træna kommune omvendt osmose til avsalting av sjøvann med et ett-trinns tverrstrømanlegg. Derfor skal det sees nærmere på denne type teknologien, og hva det innebærer i hele prosessen fra forbehandling til energigjenvinning underveis i prosessen.

6.2 Osmose og omvendt osmose

Osmose virkemåte

Ifølge Christensen (51) blir blodet på utsiden av celleveggen salttere enn væsken inne i cellene når man drikker saltvann. Celleveggen, som fungerer som et tynt filter eller en membran, kan kun slippe gjennom vann. På figur 24 er det en semipermeabel membran som skiller en svak salt-løsning fra en sterk saltløsning. Når man drikker saltvann, blir blodet salttere enn inne i cellene. De to løsningene vil gjerne bli like sterke og salte. Derfor vil vannet fra innsiden presse seg ut gjennom membranen for å tynne ut den sterkere saltblandingen i blodet. Dermed tørker cellene ut. Dette presset kalles osmotisk trykk og er vist med den gule pilen på Figur 24. Prosessen kalles osmose.



Figur 24: Osmose og omvendt osmose (51)

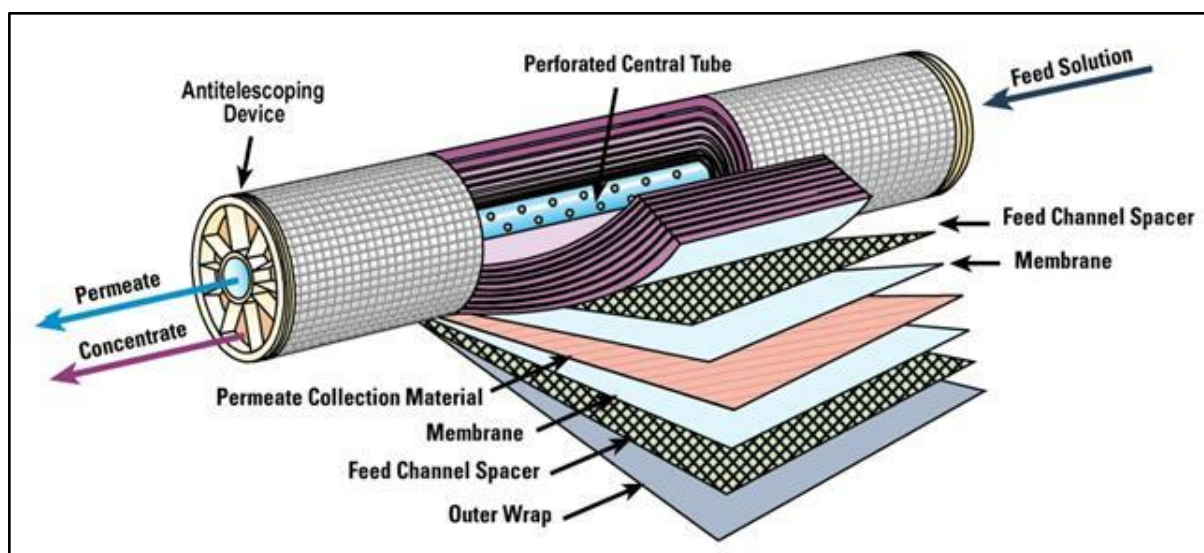
Omvendt osmose

Det omvendte av det som skjer i osmose, skjer i mange avsaltningsanlegg og prosessen kalles omvendt osmose. I avsaltningsanlegget lager pumper et trykk som er sterkere og motsatt av det

osmotiske trykket. Dette trykket gjør at vannet trykkes ut av sjøvannet (den sterke saltløsningen) og inn i tanken med ferskvannet.

Det finnes forskjellige typer av membransystemer som spiraltvinnede membraner, hulfibermembraner og rørmembraner innenfor dagens membranteknologi. Av disse tre benyttes et omvendt osmose-anlegg med tverrstrømsfiltrering i spiraltvinnede membraner primært for avsaltning av sjøvann. Denne type membranmodul er bygget opp av membranflater som ruller rundt et perforert indre rør som samler opp permeatet, se figur 25.

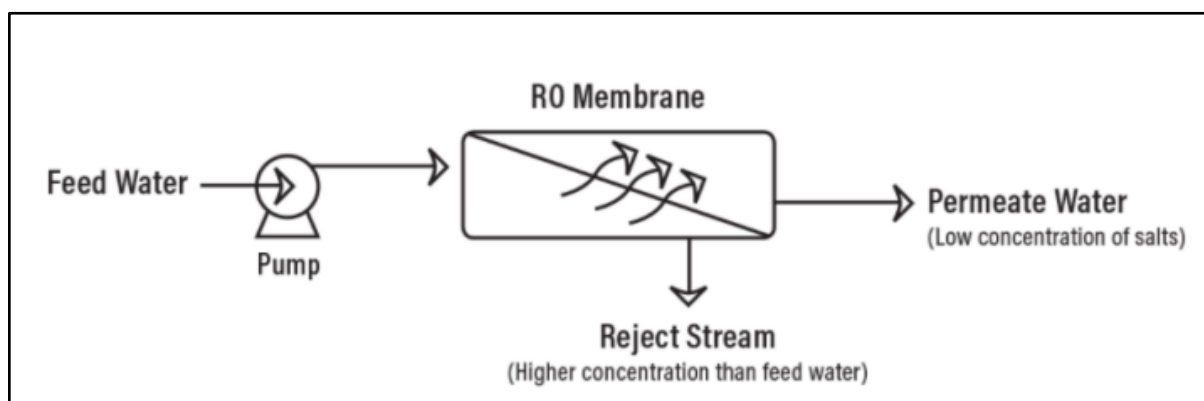
Et permeat-oppsamlerlag (permeate collection material) er plassert mellom to membranflater for å lede permeatet til det indre røret. Dette nye laget som består av et permeat-oppsamlerlag og to membraner kalles for “sandwich”, og denne “sandwichen” er forseglet i tre av endeflatene. Den åpne siden leder til det indre, perforerte oppsamlingsrøret. Flere slike “sandwicher” er lagt opp på hverandre og separert fra hverandre med et plastnett (feed channel spacer), og det hele er rullet sammen som en “swissrull”. Vannet som skal filtreres, sirkulerer i plastnettet og det filtreres gjennom membranen. Deretter ledes permeat-oppsamler laget vannet til det indre oppsamlingsrøret. Flere slike moduler kan settes etter hverandre i det ytre trykkørret, eller settes sammen til en membranrigg. (4)



Figur 25: Et tverrsnitt av omvendt osmose membranmodul (45)

Virkemåte

Når råvannet kommer inn i membranen under trykk (større enn osmotisk trykk), passerer vannmolekylene membraner mens salter og andre forurensende stoffer ikke får passere og slippes ut gjennom den konsentratstrømmen. Konsentratet føres videre til enten avløp eller til råvannsinntaket under noen omstendigheter for å resirkuleres gjennom systemet for å spare vann. Konsentratet inneholder vanligvis rundt 95-99% av de oppløste salter, bakterier og partikler fra råvannet. I et omvendt osmose system benyttes “cross-flow” filtrering som feier bort forurensninger og tillater nok turbulens til å beholde membranoverflaten ren.



Figur 26: Strømning av vannet gjennom membranen- single pass (57)

6.3 Metoder for forbehandling

Riktige forbehandlingsmetoder er viktige i vannbehandlingen. Manglende forbehandling av råvannet kan gi begroingsproblemer samt dårlig kvalitet på membranfiltrert vann. Avhengig av hvor begroing befinner seg i systemet, kan begroing klassifiseres som ekstern begroing og intern begroing.

Ekstern begroing og intern begroing

Ekstern begroing er ofte forårsaket av mineralforekomster, partikkelformet materialer eller kolloidalt stoff (smuss, silt, leire) og mikroorganismer (bakterier). Dette fordi membraner ikke tåler desinfiseringsmidler som klor, og dette gjør at mikroorganismer trives og formerer seg på membranoverflaten. Av disse er ekstern begroing ofte forårsaket av mikroorganismer (biofilmdannelse).

Intern begroing er en gradvis nedgang i membran-ytelse forårsaket av endringer i kjemisk struktur av membranen grunnet fysisk komprimering eller kjemisk degradering. Fysisk

komprimering kan være et resultat av langsiktig påføring av råvannet ved trykk over det membranene er strukturert for å håndtere, eller ved langvarig drift av membraner ved råvannstemperatur over grensen. Kjemisk degradering er en nedgang i membran-ytelse, ofte forårsaket av eksponering av membraner for kjemikalier som endrer strukturen (klor, ozon, sterke syrer og alkalier ofte pH under 3 eller over 12).

Ekstern begroing kan ofte bygges opp eller reverseres ved kjemisk rensing av membraner, men intern begroing er stort sett irreversibel på grunn av permanent skade på strukturen.

Avsaltningsanlegg med dypt åpne inntak

Ifølge Voutchkov (53) gir avsaltningsanlegg med dypt åpne inntak (inntak med dybde på 15 m eller dypere) vanligvis utmerket råvannskvalitet. Selv om råvannskvaliteten er god, trenger også saltholdig vann forbehandling for å hovedsakelig redusere partikkelbegroing.

Biofilmdannelse og kolloidalt begroingspotensial i slikt vann er relativt lavt, og typiske organiske stoffer kan ikke nå en slik dybde i store nok mengder til å skape begroingsproblemer i membraner.

Voutchkov (53) hevder også at den best egnede forbehandlingen for avsaltningsanlegget med dype inntak og god vannkvalitet ut i fra praktiske erfaringer er:

- filtrering gjennom granulært to media-filtre med en lastehastighet på 14-20 m³/m² h
- UF/MF-filtre drives av trykk med en fluks på 70-80 L/m²/h
- UF/MF-filtre drives av vakuum med en fluks på 50-60 L/m²/h.

De vanligste forbehandlingsmetodene for avsaltningsanlegg med vannkvalitet som vist på figur 26 har vært en kombinasjon av granulære mediefiltre og patronfiltre ifølge Voutchkov (53). Gravitasjonsfiltre kan brukes i stedet for trykkfiltre, men de er vanligvis dyrere, og gir ikke noen kvalitetsmessige fordeler ettersom råvannskvaliteten allerede er god. I tillegg er det betydelig lavere begroingspotensiale fordi råvannet ikke inneholder store mengder av alger ved en dybde på 15 m under vann.

| Source Water Quality Parameter | Value |
|---------------------------------------|------------|
| Turbidity, NTU | 0.5–10.0 |
| SDI ₅ | 8–10 |
| Total organic carbon, mg/L | 0.5–1.0 |
| Total hydrocarbons, mg/L | <0.01 |
| Total iron in reduced form, mg/L | <0.05 |
| Total manganese in reduced form, mg/L | <0.02 |
| Algae, cells/L | 100–20,000 |

SDI, silt density index.

Figur 27: Kvalitet for typiske vannparametre ved 15 m under havvann (53)

Det er ikke slik at alle dype inntak gir like god råvannskvalitet som på figur 26.

Lokaliseringen av inntaket har også veldig mye å si for råvannskvaliteten. Hvis inntaket er plassert i en nedstrømsbane eller i et område med hyppig sjøtrafikk (f.eks. havn, fergekai), er det kraftige omrøringer i vannet og blanding av vannmassene i et turbulent miljø. Dette kan forårsake forurensning i vannet og råvannforurensning kan spres gjennom hele dybden til vannsøylen, både horisontalt og vertikalt. Dette kan da igjen resultere i forstyrrelse av vannkvaliteten som samles opp av inntaket. Derfor er det viktig å undersøke råvannskvaliteten i nærheten av inntaket selv om anlegget har et dypt inntak. Det bør undersøkes året rundt for å oppdage når vannkvaliteten er på sitt verste, siden det er da dette vannet som skal brukes for utvalget av den mest levedyktige forbehandlingsmetoden.

6.4 Dagens forbehandlingsmetoder i Galtneset

Vurdering

Inntaksledningen til Galtneset vannbehandlingsanlegget ligger 12 m under vann, og råvannskvaliteten er god med verdier på de fleste vannparametre under grenseverdier, bortsett fra kimtall. Råvannskvaliteten er nesten like god som det som er vist på figur 26 og vannbehandlingsprosessen foregår ved at vannet fra inntaket går gjennom sandfilter, trykksil, RO-membraner, UV, marmorfilter og videre til utløpsspumper med god redundans i alle ledd med tilfredsstillende nødstrøm for begge linjer. Dersom man skal sammenlikne dagens forbehandlingsmetode i Galtneset vannbehandlingsanlegget med den metoden som blir nevnt

tidligere fra Voutchkov, kan man vurdere det slik at Galtneset vannbehandlingsanlegget har en god forbehandlingsmetode med tilstrekkelige hygieniske barriere.

I dagens anlegg brukes det trykksil etter sandfilter i vannbehandlingsprosessen. Dette gir ikke noe fordeler siden sandfiltre har bedre evne til å fjerne partikler ned til 1 μm i forhold til trykksiler, som fjerner partiklene mellom 10-50 μm . Det bør byttes ut med forfilter som har lysåpning mellom 0,1 - 2 μm hvis det er mulig, siden beleggdannelse skyldes av partikler med størrelse 0,1 - 2 μm , noe som forsøkene gjort av SINTEF viser. Resultatene fra forsøkene utført av SINTEF viser også at forfiltre med ned til 0,1 μm ga stabil kapasitet uten noe beleggdannelse, mens filtre fra 5 μm og oppover ga betydelig beleggdannelse. (50)

Vannkvalitet

Figur 14. og 15. viser lave verdier på vannparametre gjennom årene, men i 2019 var kimtallet i rentvannet på 13. Som nevnt tidligere har ikke økte kimtall mye å si for helse, men kan ses i sammenheng med et økt innhold av naturlig organisk materiale i rentvannet. Noe som er merkverdig siden anlegget har en god vannbehandlingsprosess med en god råvannskvalitet.

Ifølge Hem og Thorsen (50) hadde anlegg som produserte rentvann deler av døgnet gjennomgående høyere kimtall i rentvannet enn anlegg som hadde døgkontinuerlig produksjon (23 timer produksjon med en time vask). Grunnen til dette kan være den stille tilstanden vannet har på den rene siden av membranen, da vanntemperaturen stiger til romtemperatur og mikrobiologisk vekst øker. Dette kan også være årsaken til tilværelsen av kimtall i rentvannet fra Galtneset.

Undersøkelser gjort av Hem og Thorsen (50) viser at anleggene som oppga at de hadde hatt brudd i den hygieniske barrieren hadde høyere kimtall i rentvannet. Dette tilfellet kan også gjelde for Galtneset ettersom det er utfordringer med styringssystemet. Det kan også være sammenheng mellom brudd i den hygieniske barrieren og koliforme bakterier som blir påvist i rentvannet, selv om det ikke er store tall. Resultatene fra undersøkelser indikerer også at biofilmdannelse på rentvannssiden av membranen kan forårsake høye kimtall i rentvannet, og at en bør ha fokus på en mulig biofouling.

I Galtneset vannbehandlingsanlegg bør det etableres et system med indikatorparametre fordi uten indikatorparametre eller overvåkning som kan gi et tidlig signal om at noe er galt, vil svikten i barrieren bli påvist når for eksempel koliforme bakterier passerer membrananlegget. For eksempel: å sette en konduktivitetsmåler ved utløpet fra produksjonsanlegget slik at vannproduksjonen kan stanses og alarm utløses ved overskridelse av en grenseverdi. Grenseverdi for konduktivitet for omvendt osmoseanlegg er på 75 mS/m. (46) Det er også anbefalt at hvert membranrør har prøvetakingskraner og avstengningsventiler slik at det er mulig å ta ut ett rør ut av drift uten å måtte stenge hele anlegget. Dermed bør dette vurderes for anlegget dersom det skjer utskifting av membraner i løpet av de neste årene.

Det bør også etableres en god rutine for prøvetaking av vannet med samme vannparametre før og etter rensing i Galtneset. Hittil i dag har det blitt tatt vannprøver både før og etter rensing, men det har ikke vært regelmessig og antall ganger i året har variert fra 1 til 7. Utarbeidelsen av en prøvetakingsplan og regelmessig analysering av både råvannet og rentvannet er kravet fra drikkevannsforskriften. For å iverksette forebyggende tiltak for vannkvaliteten er det viktig at drikkevannsprøver og analysene gjennomføres, siden disse dataene kan også brukes for å overvåke og kontrollere tekniske, operasjonelle og organisatoriske forhold i anlegget, samt det å lage statistikk og databaser for videre undersøkelser og forbedringer.

Inntaksledningen

I hovedplanen står det ikke mye om begroing i membraner i Galtneset vannbehandlingsanlegg, men at det er problemer med begroing i inntaksledningen. Kapasitetsproblemet hadde vært økende i 2019, og i inspeksjonen som ble utført av kommune og Pelagia AS i samme året, viste det seg at ledningen var sterk begrodd med en reduksjon på mer enn 30 % av ledningens diameter. Nødløsningen den gangen var å kutte ledningen ca. 100 m fra silen, og montere en muffe med flens og sette på reservesil.

I høsten 2020 ble det montert ny samlestock med sluse, og det ble gjennomført pluggkjøring med ispigging før produksjonsstart i januar 2021. Pelagia AS bygget om silen slik at det ble et klapplokk i enden for å kunne pluggkjøre uten å måtte ta av silen. Nytt forsøk ble gjennomført etter produksjonstopp i desember 2021, med forbedringer basert på erfaringer fra første gang forsøket. Erfaringer fra rapporten viser at pluggkjøring med is på andre gangen gir en bedre rensende effekt innvendig i ledningen.

Begroingen i inntaket kan forklare de høye kimtallene i råvannet fra 2016 til 2020 på figur 14. Det ser ut som begroingen vokste litt etter litt hvert år fra 2016, fram til inspeksjon i 2019, året med høyest kimtall i råvannet. Grunnen til dette kan være høye trykk som måtte brukes for å suge opp råvann. Når det må brukes mer trykk for å produsere samme mengden vann grunnet begroingen i inntaket, fører det samme høye trykket til at store mengder partikler også suges opp med vannet. Etter at nødløsningen ble utført sank kimtallet litt i 2020, og i 2021 ble kimtallet betydelig redusert etter at begroingen ble fjernet med pluggkjøringen. Når det gjelder rentvannet fra Galtneset, var det litt høyere kimtall i 2019 og i 2021. Dette kunne også ha vært forårsaket av belegg som løsnet etter pluggkjøring og trengte inn i membranmodulen. Dermed viser resultatene fra vannprøvene at pluggkjøring med is er en effektiv måte å fjerne begroingen i inntaksledningen.

Ifølge Andersen og Løfsgaard (48) består sikring av sjøvannsinntak til vannproduksjon i at det legges restriksjoner på innretningens utslipp, resterende utslipp fortynnes i vannmassene, og vanninntaket legges så gunstig som mulig med hensyn til dyp, utslipp og normale strømningsretninger. Disse tiltakene gir minst en barriere mot de fleste typer kjemisk forurensning, og er videre en forutsetning for trygg vannproduksjon. For å hindre begroing i inntaket, kan det brukes elektroklorering av inntaket. Elektroklorering er en metode for kloring ved bruk av elektrolyseprosess hvor saltvann/saltvannsløsning omdannes til hypoklorittløsninger. (70) Reaksjonen for prosessen kan settes frem som:



Hypoklorittløsningen blir lagret og hydrogen fjernes ved luftblåsing av vifter. Prosessen foregår i mengder og det benyttes mikroprosessorbaserte systemer for å generere klor på kontinuerlig basis, samt gi energibesparelser. Systemet er forhåndsprogrammert, men det trenger intermitterende inngrep fra operatøren. Det trengs kun strøm i et par timer til å generere nok klor til langtidsbruk. Noen av fordelene med denne metoden er at det eliminerer faren for klogasslekkasje og sikrer uavhengighet til ekstern klorforsyning fordi klor kan produseres på stedet ved bruk av vanlig salt som råmateriale. I tillegg minimerer systemet forekomst av rørkvelning til nesten nullnivå. (70) Med denne metoden kan også forbruket tilpasses slik at man unngår overdosering av klor i perioder med lav produksjon. Men det bør da lages et vannprøveprogram for å dokumentere betryggende elektrokloring.

En annen metode for å redusere begroing er Pulse-Chlorination. Denne metoden er basert på prinsippet om at blåskjell og muslinger har en restitusjonstid etter eksponering av klorering før de åpner seg helt og starter filtrering på nytt for oksygen og næring. Pulse-Chlorination utnytter denne restitusjonstiden ved å bruke korte påfølgende perioder med klorering, vekslende med perioder uten klorering. Under den kontinuerlige kloreringsperioden stenger blåskjellene og skifter fra aerob (forbrenning med effektivitet og høy energitilførsel til musklene) til anaerob (kortvarig og mindre effektiv energitilførsel) metabolisme og lever av sine egne reserver i opptil 10 uker. Pulse-Chlorination gjør at blåskjellene må gjenta denne prosessen fra aerob til anaerob kontinuerlig, og fører dem til fysiologisk utmattelse. Dette resulterer da til mindre begroing innenfor kort tid. (71)

Som nevnt tidligere har lokalisering av sjøvannsinntak også mye å si for forurensning. Mye forurensning i råvannet kan føre til økning av begroing i inntaket, og dermed bør det tas hensyn til lokaliseringen. Inntaket bør lokaliseres gunstig i forhold til havstrømmenes retning ved å plassere det oppstrøms utslippene. Det bør også plasseres på dybder der påvirkningen fra overflaten er liten, med stabil og lav temperatur med færre mikroorganismer. (47) Dagens lokalisering av inntaket er gunstig med tanke på havstrømsretninger og plassering av utslipp. Om sommeren kan temperaturen i vannet være høyere enn på andre deler året, og dette kan da igjen føre til økt begroing samt friksjonstap i ledningen. I et slikt tilfelle kan det være bedre med lengre og dypere inntaksledning for å unngå begroing, men det kan også gi større friksjonstap i ledningen.

I Galtneset bør den plasseres dypere enn den i dag er med tanke på klimaendringer og utviklingsplaner på hovedøya Husøy som kommunen har utarbeidet.

6.5 Ytelsesberegninger av Galtneset vannverk

Det er en rekke beregninger som kan brukes til å finne ut ytelsen til et omvendt osmose-system som det på Galtneset.

Konsentratsprosent

Denne konsentratsprosenten forteller hvor effektive membraner er å fjerne partikler fra vannet og hvordan hele systemet generelt sett utfører, istedenfor hver enkelt membran. Et godt dimensjonert system med optimalt fungerende membraner kan avvise 95-99% av

partikler fra råvannet. Jo høyere avvinningsprosenten er, jo bedre systemet utfører. Dersom det er lave avvinningsprosent, tyder dette på at membraner trenges rensing eller utskifting.

(57) Man kan finne membranenes evne til å fjerne partikler ved å bruke den følgende likningen:

$$\text{Konsentratsprosent} = \frac{\text{Konduktivitet i råvannet} - \text{konduktivitet i permeat (rentvann)}}{\text{Konduktivitet i råvannet}} * 100 \%$$

Gjennomstrømning av partikler

Dette er det motsatte av konsentratsprosent beregningen, fordi dette er et uttrykk for mengden av partikler som passerer gjennom systemet. Jo lavere prosent gjennomstrømning av partikler, jo bedre er ytelse til systemet. Høy prosent av partikkelpassering kan tyde også på at membraner trenger rensing eller utskifting. (57) Likningen for å finne gjennomstrømning av partikler er følgende:

$$\text{Gjennomstrømning av partikler \%} = 1 - \text{konsentratsprosent}$$

Gjenvinningsgraden av råvannet

Gjenvinning av råvannet er mengden av råvannet som gjenvinnes som permeat/rentvann. Desto høyere gjenvinningsprosenten er, desto mer netto rentvann produseres. Dette betyr at det er mindre konsentrat som blir sendt til avløp. Det må i hvert fall passes på at gjenvinningsgraden ikke blir høyere enn det systemet er dimensjonert for. Dette fordi det kan føre til større problemer med tanke på begroing og beleggdannelse. Hem og Thorsen (50) nevner også at gjenvinningsgraden bør være mindre enn 80%, og helst ikke over 75% for å oppnå god drift. Ifølge PURETEC (57) er gjenvinning for et slikt system etablert ved hjelp av programvare som tar hensyn til en rekke faktorer i vannkjemi og forbehandlingsmetoder. Derfor er den ordentlige gjenvinningsprosenten som anlegget skal operere på er avhengig av hva den er dimensjonert for. Ved å beregne gjenvinningsprosenten, kan man raskt finne ut om systemet fungerer slik det skal. Dette kan man finne ut ved å bruke den følgende likningen:

$$\text{Gjenvinningsgraden} = \frac{\text{Rentvannsmengde i m}^3/\text{h}}{\text{Råvannsmengde i m}^3/\text{h}} * 100 \%$$

Konsentrasjonsfaktor

Konsentrasjonsfaktoren er relatert til anleggets gjenvinningsgrad. Desto mer råvann som blir gjenvunnet som permeat, desto større mengder konsentrater blir samlet og i oppkonsentrert strømmen. Dette fører til en høyere konsentrasjonsfaktor. Når konsentrasjonsfaktoren er for høy for systemet kan det føre til økt beleggdannelse på overflaten av membraner. (57)

Konsentrasjonsfaktoren kan beregnes ved følgende likning:

$$\text{Konsentrasjonsfaktor} = \frac{l}{l - \text{gjenvinningsgraden}}$$

Fluks

Fluks er den mengden av rentvann som blir produsert eller som passerer gjennom hver arealenhet membran i løpet av en gitt tid, enten per dag eller per time. Høyere fluks betyr at det blir produsert mer rentvann. Fluksen må hverken være for stor eller lite ettersom membranens fluks påvirker beleggdannelse. Derfor er slike systemer dimensjonert/designet for å operere innenfor et visst fluksområde, for å sikre at tverrstrømmen ikke er for raskt eller sakte. (57) Fluksen kan beregnes ved følgende likning:

$$\text{Fluks} = \frac{l/s \text{ av rentvannsmengde} * 3600 \text{ sekunder/time}}{\text{antall membran per trykkrør} * \text{antall trykkrør} * \text{arealet av membran}}$$

Tverrstrømhastighet

Tverrstrømhastighet er hastigheten til vannet som strømmer i tverrstrøm over membranoverflaten. Hastigheten påvirker de hydrodynamiske forholdene i cellene, og begroingshastigheten og dannelsen av belegg ved membranoverflaten. Dermed kreves det en viss tverrstrømhastighet for å holde membranen ren. (68) Tverrstrømhastigheten kan finnes ved følgende likning:

$$\text{Tverrstrømhastighet} = \frac{\text{Rentvannsmengde i m}^3/\text{s}}{\text{Tverrsnittsarealet av membranen}}$$

Vurdering

Det er ikke mulig å beregne avvisningsprosenten og gjennomstrømningsprosent av partikler i Galtneset fordi det mangler verdier på konduktivitet i råvannet. Manglende analyser av

konduktiviteten i råvann fra råvannsprøvene de siste årene gjør det vanskelig å vurdere ytelsen av dagens system, sett fra konsentratsprosenten og gjennomstrømningsprosenten.

Råvannsmengden som blir pumpet ut fra sjøvann er på 80 m³/h, og av dette blir ca. 24 m³/h (6,7 l/s) gjenvunnet som rentvann. Dette gir da en gjenvinningsgrad på 30%.

Gjenvinningsgraden på slike membraner for avsaltingsanlegget er begrenset mellom 35-45% for å opprettholde stabil drift. (58) Det viser seg at gjenvinningsgraden fra anlegget ligger lavere i forhold til grensen som er blitt satt for et lignende anlegg, men forskjellen er ikke så stor. Dermed kan det antas at anlegget og systemet fungerer slik det skal, men det er viktig at gjenvinningsgraden ikke går noe lavere enn 30% ettersom for lav sirkulasjon kan forårsake økning i beleggdannelsen. Denne gjenvinningsgraden på 30% er drevet av et trykk på 60 bar. Derfor bør gjenvinningsgraden i Galtneset heller ikke gå over 42% fordi trykket må økes for å gjenvinne mer vann, men membraner har en øvre grense for trykket på 85 bar. (58) Det vil da si at om trykket går over 85 bar, kan membranene sprekke. I tillegg vil gjenvinning av mer vann føre til økning i konsentratsprosenten, noe som igjen kan føre til mer utfelling av overmettede salter.

Gjenvinningsgraden på 30% gir en konsentrasjonsfaktor på 1,4. Dette betyr at konsentratet er 1,4 ganger mer konsentrert enn det råvannet er. For eksempel hvis råvannet inneholder 100 ppm av konsentrasjon, så ville konsentratet inneholde 140 ppm. Dersom gjenvinningsgraden blir økt til 42%, blir konsentrasjonsfaktoren 1,7 og vil konsentratet inneholde 170 ppm. En liten økning i gjenvinningsgrad kan ha betydelig påvirkning på konsentrasjonsfaktoren og det totale nivået av mineral/partikkelinnhold i konsentratet. I noen tilfeller vil en liten økning på 1 prosent i gjenvinningsgraden resultere til mer beleggdannelse grunnet mer mettet løsning med mer partikler. Dette kan reduseres systemets effektivitet og øke energikostnadene fordi trykket må økes for å produsere nok rentvann. Derfor kan begroing være avgjørende for drift av slike omvendt osmoseanlegg. Begroing kan forbedres med gunstigere gjenvinningsgrad eller prosessen kan hemmes med de riktige kjemiske forbehandlinger for å opprettholde en ønsket systemytelse. (59) Alle potensielle endringer av driftsforholdene bør dermed vurderes ordentlig med forståelser av alle potensielle konsekvenser i et slikt anlegg som Galtneset.

Galtneset vannverket har to membranrigger hvorav hver rigg består av 8 trykkrør. I et trykkrør er det seks membranmoduler som er parallellkoblet sammen av o-ringer. Disse membranmodulene har et areal på 40,9 m² hver. Dermed blir fluksen for en membranrigg:

$$\text{Fluks} = \frac{6,7 \text{ l/s} * 3600 \text{ sekunder/time}}{6 * 8 * 40,9} = 12,2 \text{ L/m}^2/\text{h}$$

Rentvannsmengde som blir produsert er på 24 m³/h, og med et tverrsnittsareal av membranen på 0,03077 m², blir tverrstrøms hastigheten:

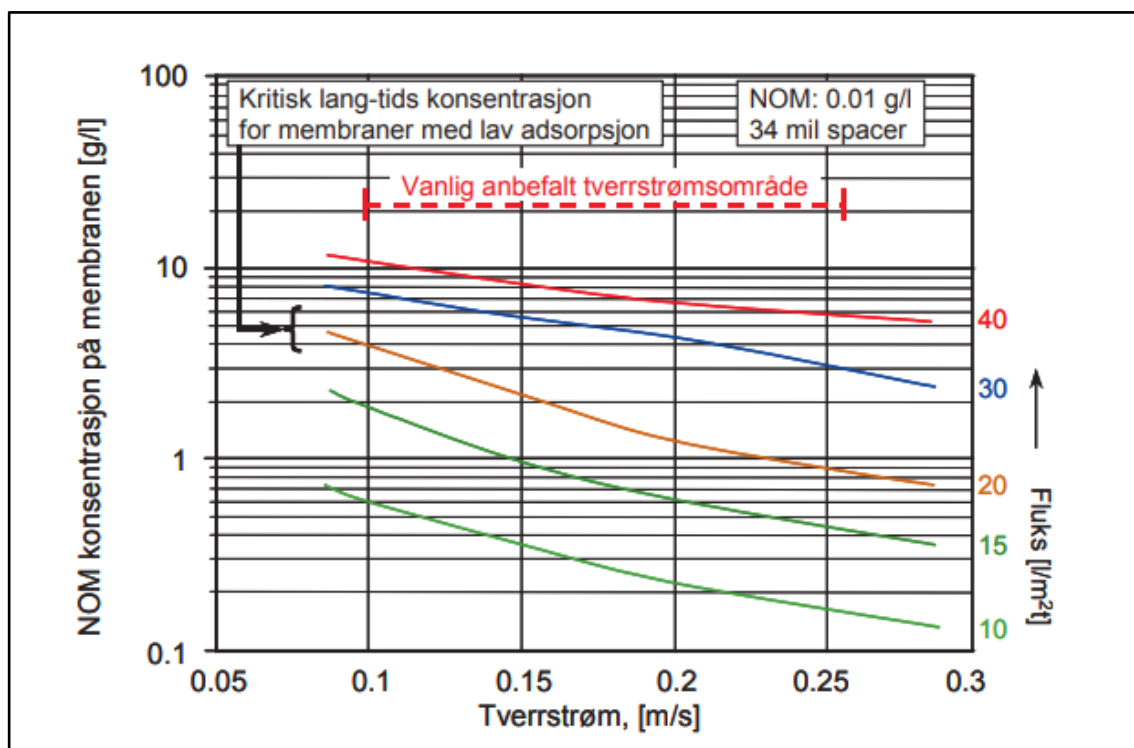
$$\text{Tverrstrøms hastighet} = \frac{24/3600 \text{ m}^3/\text{s}}{0,03077 \text{ m}^2} = 0,22 \text{ m/s}$$

En fluksverdi på 12,2 L/m²/h vil si at 12,2 L av rentvannet passerer gjennom hver kvadratmeter av membranene per time. Dette tallet kan være for høyt eller for lavt avhengig av råvannskjemi og dimensjonering av systemet. Men ifølge en generell tommelfingerregel for fluksområder fra PURETEC bør grensen for fluksen i sjøvann ligge mellom 13,6 - 20,4 L/m²/h. (57) Dersom disse verdiene sammenlignes, ligger fluksen fra Galtneset lavere enn det burde ha vært.

For at anlegget skal oppnå en fluks innenfor anbefalt grenseområde, kan det da økes råvannsmengde. Det er mulig å fortsette med dagens rentvannsproduksjonsmengde, men for at anlegget skal fungere optimalt for en lang periode bør det vurderes å øke råvannsmengde, enten ved resirkulering av konsentratet til innløpet eller pumping av mer råvann fra sjøen. Dette fordi det er viktig at fluksen ikke ligger for lavt eller høyt i forhold til anbefalte grenseverdier for å unngå beleggdannelse på lang sikt. Resirkulering av konsentrat til innløp har ofte vært nødvendig for å opprettholde tilstrekkelig tverrstrøm, og dette bidrar også til begrensninger av beleggdannelse. Men på den andre siden vil dette øke konsentrasjon i anlegget og redusere renseeffekten, noe som igjen kan føre til mer belegg. Ifølge Hem og Thorsen (50) kan både fluks og tverrstrøms hastighet påvirke renseeffekten, men forsøkene har vist at tverrstrøms hastigheten har mer innvirkning på renseeffekten enn fluksen.

Når det gjelder tverrstrøms hastigheten, er anbefalt tverrstrøms hastighet for standard 8" spiraler fra Hem og Thorsen (50) som regel 0,1 - 0,25 m/s. Hem og Thorsen (50) har også anbefalt å unngå høye verdier på hastigheten på grunn av trykkfall, og lave verdier på grunn av mer beleggdannelse. Figur 28 viser sammenhengen mellom tverrstrøm, fluks og konsentrasjon av naturlige organiske materialer på membraner for en standard spiralmodul. Tverrstrøms hastigheten i Galtneset er på 0,22 m/s, og den holder seg godt innenfor anbefalte

områder. Hvis konsentrasjoner av det naturlige organisk materialet overskrider 5 g/L på membranoverflaten, er det kritisk for beleggdannelse og nedsatt kapasitet på anlegget. Ettersom konsentrasjonen av det naturlige organisk materialet i Galtneset er under 1 g/L med en hastighet på 0,22 m/s, er det ikke fare for beleggannelsen i membranene.



Figur 28: Overflatekonsentrasjon for en standard spiralmodul (50)

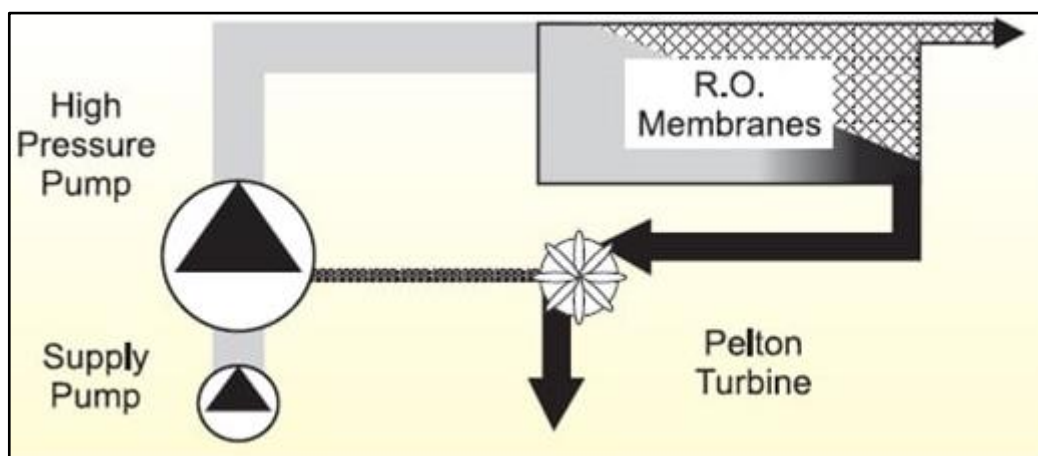
6.6 Potensiale for energigjenvinning

Før råvannet fra sjøvann kommer inn i omvendt osmose-membranene, settes råvannet under trykk av høytrykkspumpen på 60 bar. Trykkfallet over membranene er per dagens dato 10 bar, dermed frigjøres konsentratet ved høyt trykk. Det høye trykket fra konsentratet går gjennom et energigjenvinningsystem før det dumpes trykkløst til avløpet. Den første trykkgjenvinning typen som ble benyttet i kommune var en turbin, men dette måtte bytte ut grunnet høye bråk. Dagens vannbehandlingsanlegg på Galtneset har noe form for energigjenvinning av det konsentratet som går ut av systemet med et trykk på 50 bar, men kommunen har ikke konkrete tall på hvor mye energi som har blitt spart med dagens gjenvinningsystem. Derfor er fortsatt potensialet for energigjenvinning stort dersom kommunen tar i bruk de riktige energigjenvinningsenheter. Disse enhetene gjør det mulig å gjenbruke energien fra konsentratstrømmen ved at strømmen ledes til energigjenvinningsenheten, hvor energien overføres direkte til en del av innkommende

råvannet. Det finnes to hovedtyper for energigjenvinningsenheter: sentrifugalturbin/energigjenvinningsturbin (ERT) og isobarisk ERD/trykkvekslere (PX). Prinsippet til disse gjenvinningsenheter er å bruke konsentratet fra systemet for å slå mot turbinen og generere mekanisk energi slik at energiforbruket reduseres.

Energigjenvinningsturbin (ERT)

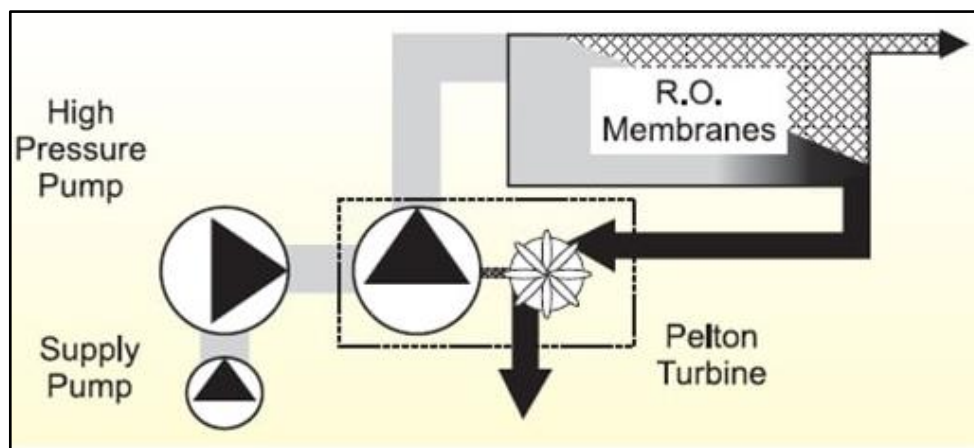
En peltonturbin er en type turbin hvor konsentratet med høytrykk spruter ut gjennom en eller flere dyser mot løpehjulet, som er forsynt med skålformede skovler. Hver skovl reverserer strømmen av konsentratet, og etterlater den med redusert energi mens den resulterende impulsen snurrer turbinen. Skovlene er montert i par for å holde kreftene på hjulet balansert for å sikre jevn og effektiv moment-overføring av væskestrålen til løpehjulet. Løpehjulet sammen med en motor driver pumpen som pumper ut vannet til systemet. (67)



Figur 29: en oppsetning av peltonturbin (67)

Hydraulisk turbolader

En modifisering av energigjenvinningsturbiner kalles hydraulisk turbolader. En eller flere dyser leder konsentratet inn på en pumpeturbin med strømning som er direkte koblet til et sentrifugal-hjul som roterer i råvannstrømmen. Råvannstrømmen er delvis trykksatt av en høytrykkspumpe. Trykket blir da forsterket av turboladerens pumpehjul. Turboladeren og høytrykkspumpen er ikke direkte koblet sammen, og dermed er det en viss grad av fleksibilitet i driften av disse enhetene. (67) Ved bruk av energigjenvinningsturbiner kan energibesparelse variere fra 30% og opptil 40% avhengig av gjenvinningsgrad og typer gjenvinningsenheter som er benyttet i systemet. (61)

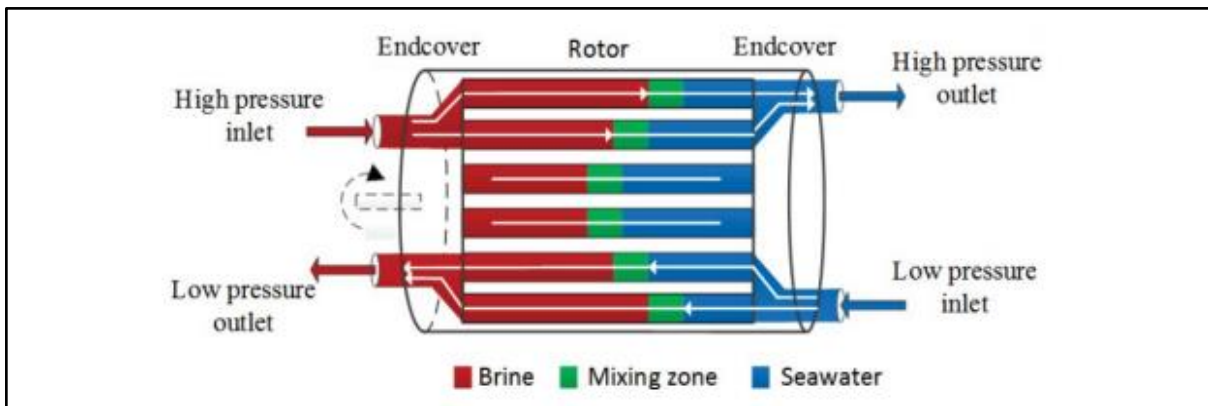


Figur 30: en oppsetning av hydraulisk turbolader (67)

Trykkvekslere (PX)/ Isobarisk ERD

Som navnet tilsier, overfører en trykkveksler trykket fra en høytrykksstrøm til en lavtrykksstrøm i en rotor, en roterende del av en maskin. En roterende trykkveksler bruker en sylindrisk rotor med langsgående kanaler som ligger parallelt med rotasjonsaksen. Rotoren snurrer inne i en hylse mellom to endedeksler. Det høye trykket fra konsentratet overføres til råvannet med en effektivitet som kan overstige 97%. Herved blir sjøvannet under trykk ført videre til membranene med en trykkøkningpumpe, som er dimensjonert for å være lik den produserende rentvannsmengde og en ekstra liten mengde som smørestrøm. Derfor reduserer trykkvekslere betydelig strømbehov for høytrykkspumpen, og dermed også den totale kostnaden for å produsere rentvann. (60)

Med trykkvekslere i avsaltingsanlegget kan man spare fra 50% og opp til 60% energi, avhengig av gjenvinningsgrad og typer gjenvinningsenheter som er benyttet i systemet. (61) Analyser gjort av Stover (60) for avsaltningsanlegg med trykkveksler indikerer at avsaltningssystemer utstyrt med trykkveksler krever svært lav energi per enhet produsert rentvann. I tillegg gir utformingen av trykkvekslere, anlegg operatøren mange fordeler i forhold til andre typer apparater fordi det ikke trengs regelmessig vedlikehold, og det gir konsekvent ytelse med enkel kontroll og betjening.



Figur 31: Prinsippet til en trykkveksler (66)

Vurdering

Data basert på det totale forbruket fra Galtneset i april 2021 viser at strømforbruket var på 4852,2 kWh, og dette tilsvarer da et gjennomsnittlig effektforbruk på 6,7 kW. Det ble produsert 1640 m³ (2,3 m³/h) rentvann samme måned. Dette vil da si at det ble brukt ca. 3,0 kW for hver kubikkmeter vann som ble produsert per time. Etersom produsert rentvannsmengde per time er på 24 m³, vil det si at det trengs ca. 71 kW med strøm for å produsere denne rentvannsmengden. (vedlegg 7) Under er det vist et eksempel på hvor mye strøm det kunne ha spart med energigjennvinningsenheter.

Eksempel:

Råvannsmengde = 80 m³/h

Trykket = 60 bar

Gjenvinningsgrad = 30%

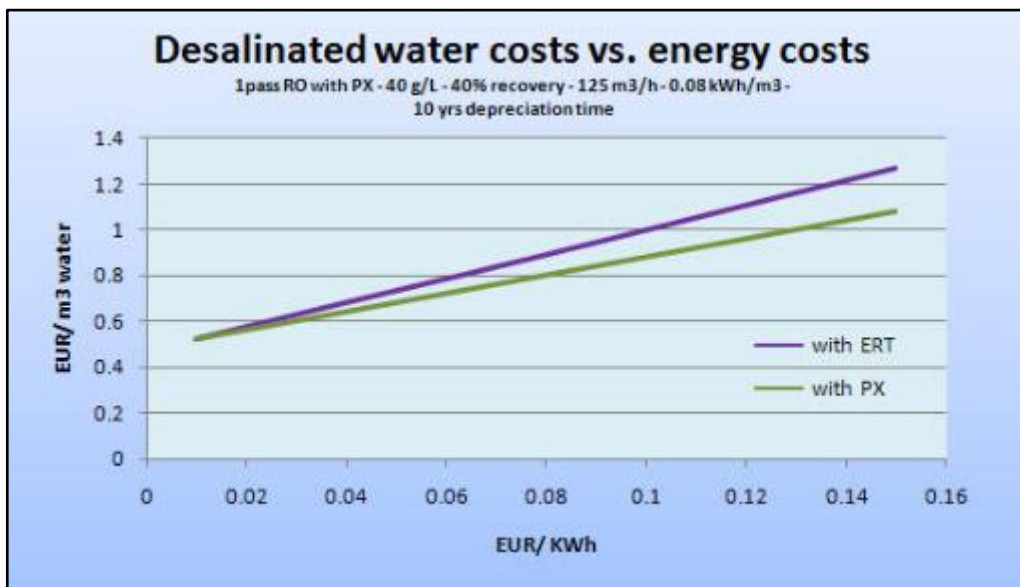
Rentvannsmengde= 24 m³/h

Dersom behovet for energi uten energigjennvinningsenheter er på 71 kW, vil det da si at det trengs: $71/24 = 2,9$ kWh strøm for å produsere en kubikkmeter av rentvann.

Energigjenvinning turbine (ERT) har energigjenvinningsgrad på 30-40%. Med en gjenvinningsgrad på 40%, kan det antas at det kommer til å trenge ca. 42,6 kW for produksjon med en slik gjenvinningsenhet. Dette vil da si at det trengs kun: $42,6/24 = 1,8$ kWh strøm for å produsere en kubikkmeter av rentvann med energigjenvinning turbine.

Trykkvekslere har energigjenvinningsgrad på 50-60%. Dersom det antas en gjenvinningsgrad på 60%, blir strømbehovet for produksjon 28,4 kW, og dermed blir strømforbruk per time for en kubikkmeter rentvann kun $28,4/24 = 1,2$ kWh.

Beregningen i eksempelet er kun for en produksjonslinje, og når Galtneset kjøres i full drift, med to produksjonslinjer, kommer da også strømforbruket til å øke dobbelt så mye. Det å produsere rentvann fra sjøvann er en kostbar investering, men det er en rimelig løsning når pålitelig kilde til ferskvann er lite tilgjengelig. Avhengig av de lokale energikostnadene, kan valget av type enhet være kritisk. Basert på analyser gjort av Lenntech (62) er investeringskostnadene høyere med en trykkveksler, men de elektriske kostnadene er mye lavere. I et slikt sted som Husøy, øy uten energiressurser, skal kostnadsbesparelser med en trykkveksler mer signifikante i langsiktig.



Figur 32: Vannkostnad vs. energikostnad med ERT og PX (62)

7.0 Konklusjon

7.1 Vannkilden

Vannprøver fra Sanna viser at nedbørfeltet i Sanna er egnet som en brukbar vannkilde. Ettersom all nedbøren som faller i nedbørfeltet kan ende opp i vannkilden, er det viktig å unngå forurensing av vannkilden for å sikre en god drikkevannskvalitet. Derfor bør det reguleres en hensynssone eller klausuleringer for arealbruk og aktiviteter i nedbørfeltet som tilsvarer klausuleringskravene fra drikkevannsforskriften. Når det gjelder råvannsmagasinet, kan tilstandene i vannmagasinet forbedres ved å ta i bruk skyggekluser dersom magasinet skal fortsatt skal brukes som en reservevannkilde. Det å regulere hensynssoner eller klausuleringer kan også være noe for vannmagasinet, men disse tiltakene vil ikke være nok for å hindre fugleliv i vannet siden den er svært populært blant fuglene på øya slik man kan se på figur 2.

Sjøvann fra havet nord for Galtneset er en god vannkilde for anlegget. Dagens inntak ligger på ca. 12 m dyp, men det bør ligge dypere med tanke på aktiviteter og utviklingsplaner rundt øya som kommunen har til de neste årene.

7.2 Vannkvalitet

Målinger av råvannskvalitet for Sanna og vannmagasinet er foretatt årlig bortsett fra 2018, og viser varierende resultater på de fleste vannparametre. Høye verdier på E. coli i de årlige prøvene sammenfaller med sommer perioder hvor temperaturen stiger i vannkildene. Grunnet mer ustabil klima med mye nedbør og/eller kraftig vind gjennom året, har små mengder av E. coli vært påvist til alle årstider. Dermed er det viktig å regulere restriksjoner for å begrense forurensing til vannkildene.

Råvannskvaliteten for Galtneset indikerer at sjøvannet har en stabil karakter med lavt innslag av E. coli. Målinger viser også at den kjemiske råvannskvaliteten er god og nivåene har vært stabile i sjøvannet bortsett fra noen høye verdier for kimtall i enkelte prøver som kunne ha vært forårsaket av begroinger i inntaksledningen.

Når det gjelder råvannsprøver, er minstekravet til råvannsprøver i perioden mellom 2012-2021 ikke oppfylt. Ifølge §20 fra drikkevannsforskriften skal det tas minst 4 råvannsprøver per år. Dermed bør det etableres en tilstrekkelig omfattende og riktig prøvetakingsplan. I

tillegg bør det være ordentlig oversikt over hvilke parametere hver prøve skal analyseres for. For eksempel det hjelper lite at det ble analysert for konduktivitet etter rensing, men ikke før rensing, da det blir vanskelig å tolke effektiviteten til systemet.

Enkeltmålinger som viser høyere verdier enn deres grenseverdier finner man for alle parametere i løpet av 2012-2021 for alle tre vannkilder. Det kan være mange ulike årsaker til disse høye verdiene, og det finnes ingen holdepunkter for at klimaendringer har ført til endringer i råvannskvalitet, men det kan ikke utelukkes at en slik endring kan komme i framtiden.

7.3 Vannbehov, vannproduksjon og lekkasje

Beregninger fra tabell 4 viser at vannbehovet kommer til å ligge mellom 519 -700 m³/d. Træna kommune har mer enn nok kapasitet til dette behovet med to produksjonslinjer i Galtneset ettersom hver produksjonslinje har en kapasitet på ca. 460 m³/d.

Lekkasjeandelen er estimert til ca. 30-35% av det totale vannforbruket i hovedplanen. Dette er normalt i norsk målestokk, men dette koster kommunen stort ettersom produksjonskostnaden er stor. Lekkasjesøking i kommunen bør være prioritert, og for å minimere lekkasjer kan det settes opp tiltak på systematisk ledningsfornyelse, bytting av ventiler, skjøter og anboringsklaver der det er problemer slik det er anbefalt i hovedplanen.

7.4 Vannlagringsbehov i Høydebasseng

For at Høydebassenget skal dekke kravet om minst to døgn lagringskapasitet i bassenget, viser beregninger i tabell 7 at dimensjonen på bassenget bør ligge mellom 1100 - 1400 m³. Dersom det dimensjoneres for 1400 m³, skal det være lite behov for å øke kapasiteten til høydebassenget ved en drastisk og permanent økning i forbruket. I tillegg skal kapasiteten være god nok ved brann i 4 timer.

7.5 Vannbehandlingsanlegg i Husøy

Dagens vannforsyning fra Husøy kan opprettholdes og benyttes som reservevann ved behov. Ordinær vannbehandling vil bestå av trykksil, membraner og UV-bestråling, med klordosering i beredskap dersom det kun hentes råvann fra Sanna. Hvis kommunen derimot

bestemmer å benytte vannmagasinet som en ekstra vannkilde, vil det være behov for sandfilter/ GAK filter for at det skal være tilstrekkelig antall hygieniske barrierer. Dersom anlegget skal brukes for reservevannforsyning, bør det da testes for leveranse av reservevann fra anlegget til forbrukere minst en gang i året. En slik testing kan gjennomføres tidlig på sommeren (før festivalen), og måle vannkvalitet på rentvann. Deretter kan rentvannet kjøres i overløp tilbake til råvannsmagasinet. Dersom vannkvaliteten viser seg å være tilfredsstillende, har da kommunen ekstra kapasitet under festivalen, og kan sette i gang anlegget ved behov.

7.6 Vannbehandlingsanlegg i Galtneset

Træna kommune har besluttet å gjøre om Galtneset vannverk til hovedvannverk med to produksjonslinjer i drift. Dermed blir det også mer behov for strøm, men dette behovet kan reduseres ved å øke energigjenvinning i selve prosessen ved å ta i bruk trykkvekslere i systemet.

For at råvannet fra Galtneset skal ha den samme gode kvaliteten den har i dag fremover, er plassering av inntaket viktig. Stabil og betryggende vannkvalitet på inntaksdypet er avhengig av dagens restriksjoner og praksis for å begrense forurensning til vannkilden. Dermed bør inntaket til råvannet ligge dypere dersom det er mulig med tanke på forurensninger fra fremtidige bedrifter og båt/ship aktiviteter rundt inntaket.

7.7 Usikkerhet i dataene

Det er flere kilder til usikkerhet i dataene som har blitt benyttet i oppgaven:

1. Det er usikkerhet i beregninger knyttet til det totale forbruket data grunnet måleproblemer.
2. Uregelmessige vannprøver gjennom årene gjør det litt vanskelig å sammenligne data fra år til år.
3. Etersom det er blitt brukt antatt PE (personequivallenter) på 200 l/p.d, kan det medføre at verdiene fraviker realiteten.
4. Mye av datainnsamling for vannkjemi er gjort manuelt, og dette kan da også medføre til en del usikkerheter rundt dataene grunnet menneskelige feil.
5. Det er store mengder av data for både forbruk og produksjon som måtte sorteres manuelt, noe som igjen kan medføre usikkerhet i beregninger.

Kilder:

1. Norconsult. Hovedplan vann og avløp. Træna Kommune.; 2021 [Hentet 16.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://www.trana.kommune.no/hovedplan-vann-og-avloep-20202021-hoering.6418576-421047.html>
2. Ødegaard, H. Kapittel 1 Introduksjon om VA-teknikk, Vann- og avløpsteknikk (2. utgave), Norsk Vann.; 2014
3. Lindholm, O. Kapittel 7 Vannbehov og vannforbruk, Vann- og avløpsteknikk (2. utgave), Norsk Vann.; 2014
4. Ødegaard, H. Kapittel 8 Behandling av forsyningsvann, Vann- og avløpsteknikk (2. utgave), Norsk Vann.; 2014
5. Lindholm, O. Kapittel 9 Overføring og distribusjon av forsyningsvann, Vann- og avløpsteknikk (2. utgave), Norsk Vann.; 2014
6. Træna (Nordland-Norlândia). Statistisk sentralbyrå. (n.d.). [Hentet 11.04.2022]. Tilgjengelig fra <https://www.ssb.no/kommunefakta/traena>
7. Thorsnæs, G., & Engerengen, L. Træna. Store norske leksikon; 18.04.2022 [Hentet 11.04.2022]. Tilgjengelig fra <https://snl.no/Træna>
8. Tøgersen, M. Vannverk. Træna kommune; 22.08.2019 [Hentet 11.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://www.trana.kommune.no/vann-og-avloep.448571.no.html>
9. Folkehelseinstituttet. (u.å.). Algeoppblomstring I Vann. [Hentet 11.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://www.fhi.no/ml/badevann/algeoppblomstring-i-vann/>
10. Labora. (u.å.). Grenseverdier og informasjon om de ulike parameterne i drikkevann. [Hentet 11.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://labora.no/grenseverdier-parameterne-drikkevann/>
11. H. Ødegaard, B. Norheim og B. A. Norsk Vann, Vann- og avløpsteknikk (2. utgave).; 2014
12. Mattilsynet.no. (u.å.). Veiledning Til Drikkevannsforskriften § 9: Leveringssikkerhet. Mattilsynet. [Hentet 11.04.2022]. Tilgjengelig fra: https://www.mattilsynet.no/mat_og_vann/drikkevann/veiledning_til_drikkevannsforskriften_9_leveringssikkerhet.25129
13. Andersen, E., Krogh, T., & Lund, V. Planlegging og drift av UV-anlegg.; 2006 [Hentet 11.04.2022]. Tilgjengelig fra: https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2006_30398.pdf

14. Folkehelseinstituttet. Kjemiske og Fysiske stoffer I Drikkevann.;19.03.2021 [Hentet 11.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://www.fhi.no/nettpub/stoffer-i-drikkevann/kjemiske-og-fysiske-stoffer-i-drikkevann/kjemiske-og-fysiske-stoffer-i-drikkevann/>
15. Mattilsynet. (u.å.). Parametere for beskrivelse av råvannskvalitet. [Hentet 11.04.2022]. Tilgjengelig fra: https://www.mattilsynet.no/mat_og_vann/drikkevann/registreringogplangodkjenning/beskrivelse_av_raavannskvalitet.45029/binary/Beskrivelse%20av%20r%C3%A5vannskvalitet
16. Mattilsynet. Veileder til drikkevannsforskriften.; 30.11.2021 [Hentet 11.04.2022]. Tilgjengelig fra: https://www.mattilsynet.no/mat_og_vann/drikkevann/veileder_til_drikkevannsforskriften.26628/binary/Veileder%20til%20drikkevannsforskriften
17. Lovdata. (u.å.). Forskrift om Vannforsyning og Drikkevann (drikkevannsforskriften). [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2016-12-22-1868>
18. Norsk Vann. Veiledning I Mikrobiell Barriere analyse (MBA).; 2014 [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: https://www.svensktvatten.se/globalassets/dricksvatten/riskanalys-och-provtagning/norsk-vann_rapport-209.pdf
19. Folkehelseinstituttet. Vannrapport 127: Vannforsyning og Helse. Veiledning I drikkevannshygiene.; 2016 [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://www.fhi.no/publ/2016/vannrapport-127/>
20. Klaveness, D. Sprangsjikt.; 28.05.2019 [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/sprangsjikt>
21. Mattilsynet. Beredskap og Tilsyn Med radioaktivitet I Drikkevann.; 08.03.2022 [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: https://www.mattilsynet.no/mat_og_vann/drikkevann/tilsyn_med_drikkevann/beredskap_og_tilsyn_med_radioaktivitet_i_drikkevann.36197
22. Mattilsynet. Veiledning Til Drikkevannsforskriften § 19: Prøvetakingsplan.; 26.01.2021 [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: https://www.mattilsynet.no/mat_og_vann/drikkevann/veiledning_til_drikkevannsforskriften_19_provetakingsplan.25119

23. Mattilsynet. Veiledning til drikkevannsforskriften § 21: Minstekrav Til Drikkevannsprøver.; 26.01.2021 [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: https://www.mattilsynet.no/mat_og_vann/drikkevann/veiledning_til_drikkevannsforskriften_21_minstekrav_til_drikkevannsprøver.25117
24. Skoglund, S. Ny veileder for vann og avløp i fritidsbebyggelse.; 13.04.2016 [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2017/11/Skoglund.pdf>
25. Profinor. *Fra Sjøvann til Ferskvann Med Omvendt osmose.*; 21.11.2018 [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://profinor.no/fra-sjovann-til-ferskvann-med-omvendt-osmose/>
26. Norskvann. Rapport 216: Veiledning i planlegging av vannkilde og vannbehandlingsanlegg.; 2015 [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://docplayer.me/18836789-Norsk-vann-rapport-veiledning-i-planlegging-av-vannkilde-og-vannbehandlingsanlegg.html>
27. Norsk Vann. (u.å.). Vannbehandling. [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://norskvann.no/vannforsyning-og-drikkevann/vannbehandling/>
28. NRVA.no. (u.å.). Vann verdens viktigste ressurs. [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: <http://www.nrva.no/images/pdf/verdens-viktigste-ressurs.pdf>
29. Træna kommune. Træna 2030 KOMMUNEPLAN - Samfunnsdel.; 2017 [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: <http://www.tenktraena.no/app/uploads/2016/03/170427-samfunnsplan-vedtatt.pdf>
30. Træna kommune. Virkninger av økt satsing på reiseliv og stedsutvikling på Træna.; 2019 [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: <http://tenktraena.no/app/uploads/2019/11/190404-Virkninger-av-%C3%B8kt-satsing-pa%CC%8A-reiseliv-og-stedsutvikling-pa%CC%8A-Tr%C3%A6na.pdf>
31. Remmen, S. A. En kvalitativ undersøkelse om tålegrensen av turisme i et småsamfunn som Træna.; 2019 [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://tenktraena.no/2019/09/rapport/>
32. Wikipedia. Trænafestivalen.; 23.02.2022 [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://no.wikipedia.org/wiki/Tr%C3%A6nafestivalen>
33. TRÆNAFESTIVALEN. Trænafestivalen.; 2022 [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://www.trena.net/>
34. Træna kommune. (u.å.) Tenk Træna.; [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: <http://tenktraena.no/>

35. Google Earth. Råvannsmagasinet. [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra:
<https://earth.google.com/web/data=MkEKPwo9CiExVjVKSzRMS0dJVXNKRY1yUVpQdXh2UFIYM0UtMG11bEgSFgoUMDRQCzk4NTI1MjIxOENFNEE3MzUgAQ>
36. Bomo, A.-M., & Schade, M. Vannforbruk I husholdninger. En erfaringsinnhenting. 2015.; [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2015_929348.pdf
37. Thorsen, T. Prinsipper, anvendelser og utviklingstrender i membranteknologi.; 2007 [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2007_30340.pdf
38. Norsk Vann. (u.å.). Norsk Vann Kursportal. VA ordbok. [Hentet 12.04.2022].
Tilgjengelig fra:
<https://kurs.norskvann.no/mod/glossary/view.php?id=676&mode=letter&hook=P&sortkey=&sortorder=>
39. Rørentreprenørene Norge. Rørhåndboka 2022. [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra:
<http://kompetansebiblioteket.no/Rorhandboka.aspx>
40. VA/Miljø Blad. (u.å.). Nr.100: Avløp i spredt bebyggelse, valg av løsning. [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://www.va-blad.no/avlop-i-spredt-bebyggelse-valg-av-losning/>
41. PIPELIFE. R: Hydraulisk dimensjonering.;2020 [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra:
<https://www.pipelife.no/content/dam/pipelife/norway/marketing/general/r%C3%B8rh%C3%A5ndboka/r%C3%B8rh%C3%A5ndboka2021/R-Hydraulisk%20dimensjonering.pdf>
42. Saleh, T. A., & Gupta, V. K. Membrane technology.; 2016 [Hentet 12.04.2022].
Tilgjengelig fra: <https://www.sciencedirect.com/topics/chemical-engineering/membrane-technology>
43. Obotey Ezugbe, E., & Rathilal, S. Membrane Technologies in wastewater treatment: A Review.; 30.04.2020 [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7281250/>
44. Nesse, N. Membranseparasjon. Store norske leksikon.; 2017 [Hentet 12.04.2022].
Tilgjengelig fra: <https://snl.no/membranseparasjon>
45. Profinor. Membranfiltrering I Vannbehandling.; 07.04.2021 [Hentet 12.04.2022].
Tilgjengelig fra: <https://profinor.no/blog-posts/membranfiltrering/>

46. FiiZK. Membranteknologi.; 25.03.2022 [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://fiizk.com/no/product/membranteknologi/>
47. Ødegaard, H. Nyere metoder for vannrensing. 1984.; [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/1984_31803.pdf
48. Andersen, E., & Løfsgaard, B. E. Vannrapport 128: Nok, godt og sikkert drikkevann offshore (5. utgave). 2017.; [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://www.fhi.no/globalassets/nok-godt-og-sikkert-drikkevann-offshore-5.-utgave.pdf?t=1548774952151>
49. Hensel, G. Sandfilteranlegg. 2008.; [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://www.nibio.no/tema/miljo/mindre-avlop/rense-losninger/sandfilteranlegg>
50. Hem, L. J., & Thorsen, T. Driftserfaringer med membranfiltrering. 2008.; [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://docplayer.me/219322064-Norsk-vann-rapport-driftserfaringer-med-membranfiltrering.html>
51. Christensen, A. Ferskvann Fra Havet. 04.09.2015.; [Hentet 12.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://forskning.no/bransje-industri-miljoteknologi/ferskvann-fra-havet/474370>
52. Zone, J. Reverse osmosis for water treatment. 15.08.2020.; [Hentet 13.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://www.arhse.com/reverse-osmosis-for-water-treatment/>
53. Voutchkov, N. Pretreatment for reverse osmosis desalination. 2017.; [Hentet 13.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://www.sciencedirect.com/book/9780128099537/pretreatment-for-reverse-osmosis-desalination>
54. Træna kommune og Pelagia AS (avd Træna). (rapport.). Rapport etter ispigging av inntaksledning- Galtneset industriområde. 2021.; [Hentet 13.04.2022]
55. Bruijs, M.C.M. Cost Effective Fouling Control in Cooling Water Intake Systems with Environmental and Operational Benefits. 2015.; [Hentet 17.04.2022]. Tilgjengelig fra: https://doi.org/10.1007/978-3-319-19123-2_8
56. Karlsen, A. K., & Budalen, A. Træna Seafood Stenger Dørene for godt: : – veldig dramatisk for Hele Helgeland. NRK. 29.01.2022.; [Hentet 17.04.2022]. Tilgjengelig fra: https://www.nrk.no/nordland/traena-seafood-stenger-dorene-for-godt_-_-_veldig-dramatisk-for-hele-helgeland-1.15832795
57. Puretec Industrial Water. (u.å.). What is reverse osmosis? Puretec Industrial Water. [Hentet 17.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://puretecwater.com/reverse-osmosis/what-is-reverse-osmosis>

58. Lenntech. (u.å.). Water treatment solutions. Lenntech Water treatment & purification. [Hentet 25.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://www.lenntech.com/systems/reverse-osmosis/ro/reverse-osmosis-recovery-rate.htm>
59. Fravel, H. G. Understanding The Critical Relationship Between Reverse Osmosis Recovery Rates And Concentration Factors. American Membrane Technology Associations AMTA. 14.03.2018.; [Hentet 25.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://www.amtaorg.com/understanding-the-critical-relationship-between-reverse-osmosis-recovery-rates-and-concentration-factors>
60. Stover, R. L. Energy Recovery Device Performance Analysis. 14.11.2015.; [Hentet 26.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://web.archive.org/web/20081013000304/http://www.energyrecovery.com/news/pdf/ERDPerformance.pdf>
61. Lenntech. (u.å.). Reverse Osmosis Desalination Process. Lenntech Water treatment & purification. [Hentet 26.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://www.lenntech.com/processes/desalination/reverse-osmosis/general/reverse-osmosis-desalination-process.htm>
62. Lenntech. (u.å.). Reverse Osmosis Desalination Cost Analysis. Lenntech Water treatment & purification. [Hentet 26.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://www.lenntech.com/processes/desalination/energy/general/desalination-costs.htm>
63. VA/Miljø blad. Planlegging, dimensjonering og drift av drikkevannsbasseng. juni, 2017.; [Hentet 27.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://docplayer.me/114564849-Planlegging-dimensjonering-og-drift-av-drikkevannsbasseng.html>
64. Zhang, A. Will the shade balls protect our drinking water? Water Center. juli. 2019.; [Hentet 27.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://watercenter.sas.upenn.edu/will-the-shade-balls-protect-our-drinking-water/>
65. Zotomayor, C. This is how these black shade balls help the L.A. reservoir. SolidSmack. 28.06.2021.; [Hentet 27.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://www.solidsmack.com/fabrication/los-angeles-reservoir-shade-balls/>
66. Liang, K., Ma, Q., Lu, H., Fang, H., Yang, P., & Fan, J. Desalination and water treatment. oktober, 2020.; [Hentet 27.04.2022]. Tilgjengelig fra: https://www.deswater.com/DWT_articles/vol_202_papers/202_2020_14.pdf
67. AES. (u.å.). Energy Recovery Systems. [Hentet 27.04.2022]. Tilgjengelig fra: <https://www.aesarabia.com/energy-recovery-systems/>

68. Koo, C. H., Mohammed , A. W., & Suja, F. Effect of cross-flow velocity on membrane filtration performance in relation to membrane properties. Taylor & Francis. august, 2014.; [Hentet 01.05.2022]. Tilgjengelig fra: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19443994.2014.953594>
69. Krogh, T. Krav til reservevannforsyning. 2012.; [Hentet 02.05.2022]. Tilgjengelig fra: <https://docplayer.me/16218262-Krav-til-reservevannforsyning-tidligere-avdelingsdirektor-v-folkehelseinstituttet-na-pensjonist-truls-krogh.html>
70. AES. (u.å.). Electro chlorination. Sewage Treatment - Reverse Osmosis - Waste water Treatment. [Hentet 02.05.2022]. Tilgjengelig fra: <https://www.aesarabia.com/electro-chlorination/>
71. Polman, H., & Jenner , H. A. Pulse-chlorination, the best available technique in macrofouling. januar, 2002.; [Hentet 03.05.2022]. Tilgjengelig fra: https://www.researchgate.net/publication/296337679_Pulse-chlorination_the_best_available_technique_in_macrofouling_mitigation_using_chlorine
72. Trondheim kommune. Kommunedelplan Vann i Trondheim 2022-2033. 2022.; [Hentet 04.05.2022]. Tilgjengelig fra: <https://sites.google.com/trondheim.kommune.no/kommunedelplanvannitronheim/vedleggssrapport/8-vannkilder-og-vannbehandling#h.1bgcom8w7v7b>
73. Karlsen, E., & Haugen, Ø.D. Prosjektering av grunnvannsforsyning Korsvegen vannverk. mai, 2019.; [Hentet 04.05.2022]. Tilgjengelig fra: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2610474>
74. Bernhardsen, M., & Skjelberg, M. Prosjektering av vann- og spillvannsledning i Meland kommune. mai, 2019.; [Hentet 04.05.2022]. Tilgjengelig fra: https://hvlopen.brage.unit.no/hvlopen-xmlui/bitstream/handle/11250/2611693/Bernhardsen_Skjelberg.pdf?sequence=1&isAllowed=y
75. Flow Controlling AS, Plan Husøy. Eksisterende kommunal VA. 22.01.2022.; [Hentet 04.02.2022]

Vedleggsliste

- Vedlegg 1 Artikkel
- Vedlegg 2 Plakat
- Vedlegg 3 Plan Husøy
- Vedlegg 4 Analyseresultater råvann og rentvann
- Vedlegg 5 Analyseresultater nettprøve fra Træna 2012-2021
- Vedlegg 6 Beregninger av vannforbruk
- Vedlegg 7 Strømforbruk og produksjon Galtneset (April 2021)
- Vedlegg 8 Døgnforbruk Variasjoner 2021
- Vedlegg 9 Variasjonskurve (produksjonsmengde) og Summasjonskurve
- Vedlegg 10 Membran Element: SWC5 MAX