

Forprosjekt reservevannforsyning

Kragerø kommune

Skisseløsning vannbehandling



Revisjonshistorikk

Rev	Dato	Beskrivelse av endringen	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
00	24.04.2026	Kommentarversjon	NOINHA, NOSEBA, NOMANR	NO1F6P	NOINHA
			27.04.2026	28.04.2026	28.04.2026
01	05.06.2026	Endelig versjon	NOINHA, NOSEBA, NOMANR	NO1F6P	NOINHA
			26.05.2026	02.06.2026	05.06.2026

Sammendrag

Kragerø kommune har, etter pålegg fra Mattilsynet, behov for å etablere en reservevannforsyning som tilfredsstiller kravene i drikkevannsforskriften. Kommunestyret vedtok i 2025 å benytte Farsjø som ny råvannskilde. Reservevannverket skal kunne forsyne hele kommunen, både alene og i kombinasjon med eksisterende vannverk ved Grøtvann. Rapporten er en del av forprosjektet og har som formål å utrede og anbefale skisseløsninger for vannbehandlingen, som grunnlag for videre prosjektering og anskaffelse.

Premissene for vurderingene er blant annet:

- dokumentert variasjon i råvannskvalitet gjennom året
- krav til tilstrekkelige hygieniske barrierer iht. Norsk Vann sin veileder for mikrobiell barriereanalyse (MBA)
- behov for robust drift, høy leveringssikkerhet og etterlevelse av gjeldende regelverk

Hovedfunn

Råvannskvalitet

Analyser av råvannet fra Farsjø (2022–2026) viser generelt god kjemisk kvalitet, uten påvisning av plantevernmidler eller PFAS. Samtidig er det registrert sesongvise perioder med forhøyet farge, partikkelinnhold og mikrobiologiske indikatororganismer, særlig i forbindelse med nedbør og avrenning. Dette tilsier at vannbehandlingen må håndtere variasjoner og sikre stabil kvalitet.

Mikrobiell barriere analyse (MBA)

MBA er gjennomført i tråd med Norsk Vann rapport 209/2014. Analysen viser at råvannet klassifiseres på et nivå som krever flere hygieniske barrierer. For å oppnå nødvendig barrierehøyde må løsningen kombinere tiltak i nedbørfeltet, effektiv partikkelseparasjon og pålitelig desinfeksjon. Det pekes også på at ytterligere kildebeskyttende tiltak rundt Farsjø kan gi økt sikkerhet og barrierekreditt.

Vurdering av prosessalternativer

Flere prosessløsninger er vurdert. Kontinuerlig spykende sandfilter (Dynasand) fremstår som en robust og godt egnet løsning for farge- og partikkelfjerning, og gir betydelig log-reduksjon av bakterier, virus og parasitter. Membranfiltrering vurderes som teknisk egnet, men har høyere investerings- og driftskostnader og større sårbarhet for variasjoner i råvannskvalitet.

Når det gjelder korrosjonskontroll, vurderes vannglass (natriumsilikat) som en aktuell og kostnadseffektiv metode, særlig med tanke på eksisterende støpejernsrør i deler av ledningsnett. Det anbefales likevel å teste metoden på råvannet før endelig valg.

Anbefalinger

Rapporten anbefaler å gå videre med en vannbehandlingsprosess basert på:

- forbehandling med siling/trykksiler
- kontinuerlig spykende sandfilter (Dynasand) som hovedbarriere for partikkel- og fargefjerning
- sluttdeinfeksjon som sikrer tilstrekkelig hygienisk barriere
- tilrettelegging for god overvåkning, redundans og driftssikkerhet

Samlet sett konkluderer rapporten med at den anbefalte prosessløsningen gir et godt og robust grunnlag for å sikre trygg reservevannforsyning til Kragerø kommune i tråd med gjeldende krav.

I tillegg til valg av prosessløsning gir rapporten anbefalinger for videre planlegging, dimensjonering og gjennomføring av reservevannverket.

Anlegget anbefales dimensjonert for å kunne dekke kommunens fulle vannbehov alene, tilsvarende kapasiteten ved eksisterende hovedvannverk. Det legges vekt på høy grad av redundans i alle kritiske prosesstrinn, slik at nødvendig vannleveranse kan opprettholdes også ved driftsavvik eller vedlikehold.

For råvannsinntaket i Farsjø anbefales en utforming og et inntaksdyp som gir best mulig og mest stabil råvannskvalitet gjennom året, samtidig som løsningen sikrer god driftssikkerhet og mulighet for inspeksjon og vedlikehold. Råvannsinntak, overføringsledning og vannbehandlingsanlegg må ses i sammenheng ved videre prosjektering.

Når det gjelder lokalisering og layout, anbefales løsninger som legger til rette for god tilgjengelighet, rasjonell drift og mulighet for fremtidig utvidelse.

Det er ikke gjennomført en oppdatering av kostnadsestimatet fra forrige fase i forbindelse med denne rapporten. Basert på de vurderte prosessløsningene vurderes det imidlertid ikke som sannsynlig at anlegget vil kunne realiseres til en lavere kostnad enn tidligere estimert.

Avslutningsvis i rapporten er det vurdert og gitt anbefalinger for valg av entreprisemodell og anskaffelsesstrategi. Sweco anbefaler at anskaffelsen av vannbehandlingsanlegget deles i to entrepriser:

1. Prosessanlegg
2. Øvrige arbeider

I tillegg kommer egen(e) entrepriser for ledningsanleggene (inntaksledning og rentvannsledning).

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	7
1.1	Bakgrunn og formål	7
1.2	Rapportens innhold og avgrensninger	7
2	Aktuelt lovverk og myndighetskrav	7
2.1	Formål med kapitlet	7
2.2	Regelverk og veiledning	8
2.2.1	Krav i drikkevannsforskriften – hygienisk sikkerhet	8
2.2.2	Krav til leveringssikkerhet og beredskap	8
2.2.3	Krav i vannforskriften	8
2.2.4	Krav til dokumentasjon og etterprøvbarehet	8
3	Eksisterende vannforsyning	9
3.1	Råvannskilde og vannbehandlingsanlegg	9
3.2	Vannforbruk	10
3.3	Vannkvalitet	10
3.4	Vannledningsnett	10
3.5	Relevans for ny vannbehandlingsprosess	10
4	Farsjø – vannkilde og råvannskvalitet	11
4.1	Kort beskrivelse av kilden	11
4.2	Nedbørfelt	11
4.3	Tilgjengelig vannmengde	12
4.4	Råvannskvalitet	12
4.4.1	Gjennomføring av prøvetaking	12
4.4.2	Kartlagte parametere	13
4.4.3	Fysikalske parametere	17
4.4.4	Kjemiske parametere	18
4.4.5	Mikrobiologiske parametere	19
4.4.6	Andre parametere	20
4.4.7	Samlet vurdering av råvannskvalitet	20
5	Mikrobiell barriere analyse (MBA)	20
5.1	Formål og metode	20
5.2	Kvalitetsnivå på råvann (steg 1)	22
5.3	Nødvendig barrierehøyde (steg 2)	23
5.4	Kreditt for tiltak i vannkilde og nedbørfeltet (steg 3)	24
5.5	Kreditt for vannbehandling før desinfeksjon (steg 4)	24
5.6	Kreditt for desinfeksjonstiltak (steg 5)	25
5.7	Total barrierestatus (steg 6)	25
5.8	Samlet vurdering og konsekvenser for videre prosessvalg	26
6	Behov for forbedret vannkvalitet og kapasitet	26
6.1	Produksjons- og leveringskapasitet	26
6.2	Leveringssikkerhet og beredskap	26
6.3	Ønsket drikkevannskvalitet	27
6.4	Konsekvenser av MBA for vannbehandling	27
6.5	Nødvendige behov for vannbehandling	27
6.6	Samlet behov for vannbehandling	28

7	Prinsipper for vannbehandling.....	28
7.1	Formål og avgrensning	28
7.2	Overordnede mål for vannbehandlingen.....	29
7.3	Grunnleggende prinsipper for vurdering	29
7.4	Prinsipper for hygieniske barrierer og desinfeksjon	29
7.5	Prinsipper for partikkel- og fargefjerning	29
7.6	Prinsipper for korrosjonskontroll.....	30
7.7	Robusthet, fleksibilitet og fremtidige behov	30
7.8	Andre driftsmessige forhold	30
7.9	Sammenheng mot vurderte prosessalternativer	30
8	Vurderte prosessalternativer	31
8.1	Innledning og metode for vurdering	31
8.2	Tidligere utredninger	31
8.3	Oversikt over vurderte prosessalternativer	31
8.4	Fjerning av farge og partikler	32
8.4.1	Koagulering og filtrering ved direktefiltrering/kontaktfiltrering.....	32
8.4.2	Membranfiltrering (nanofiltrering).....	33
8.5	Korrosjonskontroll	33
8.5.1	Vannglass	34
8.5.2	Alkalisk filter	34
8.6	Hygieniske barrierer og desinfeksjon	35
8.6.1	UV-bestråling	35
8.6.2	Klor.....	35
8.6.3	Vurdering desinfeksjon	35
8.7	Supplerende prosesser	35
8.7.1	Trykksiler.....	35
8.7.2	Kullfilter	36
8.8	Slambehandling / slamhåndtering.....	36
9	Erfaringer fra andre anlegg	37
10	Sammenligning av to aktuelle prosessløsninger og innspill til valg av prosessløsning.....	38
10.1	Innledning	38
10.2	Sammenstilling av fordeler og ulemper	38
10.3	Innspill til skisseløsning for vann- og slambehandling.....	40
10.4	Forutsetninger for videre prosjektering.....	41
11	Dimensjonering av prosessanlegget	41
11.1	Generelt	41
11.2	Redundans og linjeinndeling.....	41
12	Råvannsinntak.....	42
12.1	Inntaksdyp.....	42
12.2	Inntaksarrangement.....	42
12.3	Premisser for planlegging av inntaksledning	43
13	Forsyning til ledningsnett/høydebasseng	43
13.1	Lokalisering.....	44
13.2	Planløsning / layout	44
14	Kostnadsestimat	44

15	Entreprensemodell og anskaffelse	45
15.1	Entreprenseformer	45
15.1.1	Utførelsesentreprenser	45
15.1.2	Totalentreprense.....	45
15.1.3	Fordeler og ulemper ved de ulike entreprenseformene	46
15.2	Entreprenseinnndeling	46
15.2.1	Delt entreprenseinnndeling.....	47
15.2.2	En samlet entreprense	47
15.2.3	Fordeler og ulemper ved de ulike entreprenseinnndelingene ...	47
15.3	Erfaring fra andre anlegg	48
15.4	Anbefaling til kontraktstrategi.....	48
15.5	Konkurransestrategi.....	49
16	Referanser.....	50

Vedlegg

Vedlegg 1	Resultater fra kartlegging av råvannskvaliteten i Farsjø
Vedlegg 2	Notat 10247101_N01_RIVA_Dimensjonerende vannmengder
Vedlegg 3	Notat 10247101_N02_RIVA_Dimensjonering av overføringsledning fra Fossetangen til Grøtvann

1 Innledning

1.1 Bakgrunn og formål

Kragerø kommune fikk i 2020 vedtak om pålegg fra Mattilsynet om å etablere reservevannforsyning for å oppfylle kravene til leveringssikkerhet i drikkevannsforskriften. I hovedplanen for VA fra 2021 til 2031 ble det satt mål om å etablere reservevannforsyning i løpet av planperioden. Kommunestyret i Kragerø vedtok i møte 13.03.2025 at Farsjø velges som råvannskilde.

Det skal etableres et komplett nytt reservevannverk bestående av ny kilde (Farsjø), inntaksledning, råvannspumpestasjon, vannbehandlingsanlegg, høydebasseng og rentvannsledning for påkobling til eksisterende ledningsnett ved Tyvann/Støa.

Reservevannløsningen skal kunne forsyne alle kommunens vannabonnenter både alene og med delvis forsyning fra dette anlegget og delvis forsyning fra eksisterende vannverk (Grøtvann).

Denne rapporten er en av flere fagrapporter som utgjør forprosjektet for reservevannverket. Formålet er å utrede aktuelle skisseløsninger for vannbehandlingen og gi anbefalinger for videre prosjektering og anskaffelse av vannbehandlingsanlegget.

1.2 Rapportens innhold og avgrensninger

Rapporten omfatter følgende:

- Beskrivelse av råvannskvalitet basert på prøvetaking
- Mikrobiell barriere analyse (MBA)
- Presentasjon av prosessalternativer for vannbehandling
- Anbefalt prosessløsning
- Dimensjoneringsgrunnlag
- Råvannsinntak
- Entreprenørmodell og anskaffelse

Rapporten omfatter ikke løsninger for bygg, elektro, automasjon etc. for nytt vannbehandlingsanlegg. Den omfatter heller ikke risiko- og sårbarhetsanalyse (ROS) utover det som overlapper med MBA. Det utarbeides en egen ROS-analyse parallelt med denne rapporten.

2 Aktuelt lovverk og myndighetskrav

2.1 Formål med kapittelet

Dette kapittelet beskriver relevante lover, forskrifter og myndighetskrav som legger føringer for planlegging, utforming og drift av vannforsyningssystemer. Kapittelet omhandler generelle krav til hygienisk sikkerhet, leveringssikkerhet og dokumentasjon, uavhengig av valgt vannkilde og teknisk løsning på et overordnet nivå.

Kravene som presenteres her legger premisser for videre analyser, herunder mikrobiell barriere analyse (MBA) og vurdering av alternative vannbehandlingsprosesser, men inneholder ikke konklusjoner knyttet til råvannskilden eller valg av konkrete tekniske løsninger. Prosjektspesifikke vurderinger, herunder råvannskvalitet, sårbarhet, behov for barrierehøyde og valg av vannbehandlingsprosess, behandles i egne kapitler.

2.2 Regelverk og veiledning

De viktigste føringene for planlegging og drift av vannforsyningssystemer er gitt gjennom drikkevannsforskriften (FOR-2016-12-22-1868) med tilhørende veiledning fra Mattilsynet. Forskriften stiller krav til at vannforsyningen skal levere helsemessig trygt drikkevann og ha tilstrekkelig robusthet mot hendelser som kan påvirke vannkvalitet og levering.

Vannforskriften (FOR-2006-12-15-1446) gir rammer for beskyttelse av vannforekomster og fastsetter miljømål for overflatevann og grunnvann. I tillegg legges relevant veiledning og anbefalinger fra bransjeorganisasjoner, herunder Norsk Vann, til grunn der dette er hensiktsmessig.

2.2.1 Krav i drikkevannsforskriften – hygienisk sikkerhet

Drikkevannsforskriften [1] stiller krav om at vannforsyningssystemer skal planlegges, bygges og driftes slik at abonnentene til enhver tid sikres hygienisk betryggende drikkevann. Dette innebærer at systemet skal ha tilstrekkelige hygieniske barrierer mot mikrobiologiske farer eller stoffer som i antall eller konsentrasjon utgjør en mulig helsefare.

Hygieniske barrierer kan etableres gjennom en kombinasjon av kildebeskyttelse, vannbehandling og driftsmessige tiltak. Barrierene skal være uavhengige av hverandre og samlet gi nødvendig beskyttelse mot relevante mikroorganismer. Kravene forutsetter at barriereeffekten er dokumenterbar og etterprøvable, og at løsningen er tilpasset vannforsyningssystemets sårbarhet.

2.2.2 Krav til leveringssikkerhet og beredskap

Drikkevannsforskriften stiller videre krav til leveringssikkerhet, herunder at vannforsyningen skal være robust mot teknisk svikt, driftsforstyrrelser og uønskede hendelser. Vannverkseier skal sørge for at kritiske anleggsdeler er utformet med nødvendig redundans, slik at svikt i enkeltkomponenter ikke medfører uakseptabel reduksjon i vannkvalitet eller bortfall i vannforsyningen.

Krav til leveringssikkerhet omfatter også beredskap og evne til å håndtere avvikssituasjoner, blant annet tilgang på reservevann, nødstrøm og etablerte rutiner for drift under ekstraordinære forhold. Disse kravene gjelder både for normal drift og ved hendelser som kan påvirke vannforsyningen over kortere eller lengre tid.

2.2.3 Krav i vannforskriften

Vannforskriften [2] har som formål å sikre en helhetlig beskyttelse og bærekraftig bruk av vannressursene. Forskriften stiller krav om at tiltak og inngrep ikke skal føre til forringelse av tilstanden i vannforekomster, og at fastsatte miljømål skal nås.

For vannforekomster som benyttes til drikkevannsformål innebærer dette særskilte hensyn til beskyttelse av råvannskilder og deres nedbørfelt. Tiltak knyttet til vannuttak og tekniske installasjoner skal vurderes opp mot gjeldende miljømål og krav til økologisk og kjemisk tilstand.

2.2.4 Krav til dokumentasjon og etterprøvbarehet

Myndighetene stiller krav til at hygienisk sikkerhet og leveringssikkerhet dokumenteres gjennom systematisk farekartlegging og risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS-analyser). Dokumentasjonen skal vise at vannforsyningssystemet har tilstrekkelige og uavhengige barrierer, og at løsningene gir nødvendig beskyttelse mot identifiserte farer.

For vannbehandlingsanlegg innebærer dette blant annet krav til dokumentasjon av barriereeffekt, driftsforutsetninger og håndtering av avvik. Dokumentasjonen skal være etterprøvable og danne grunnlag for både myndighetsoppfølging og videre planlegging og prosjektering.

3 Eksisterende vannforsyning

3.1 Råvannskilde og vannbehandlingsanlegg

Kragerø kommune benytter i dag innsjøen Store Grøtvann som drikkevannskilde. Store Grøtvann ligger i Sannidal, nord for E18. Vannbehandlingsanlegget ligger i den sørlige enden av vannet.

Grøtvann vannbehandlingsanlegg ble bygget i 1972 og har en dimensjonerende kapasitet på 540 m³/time (150 l/s).

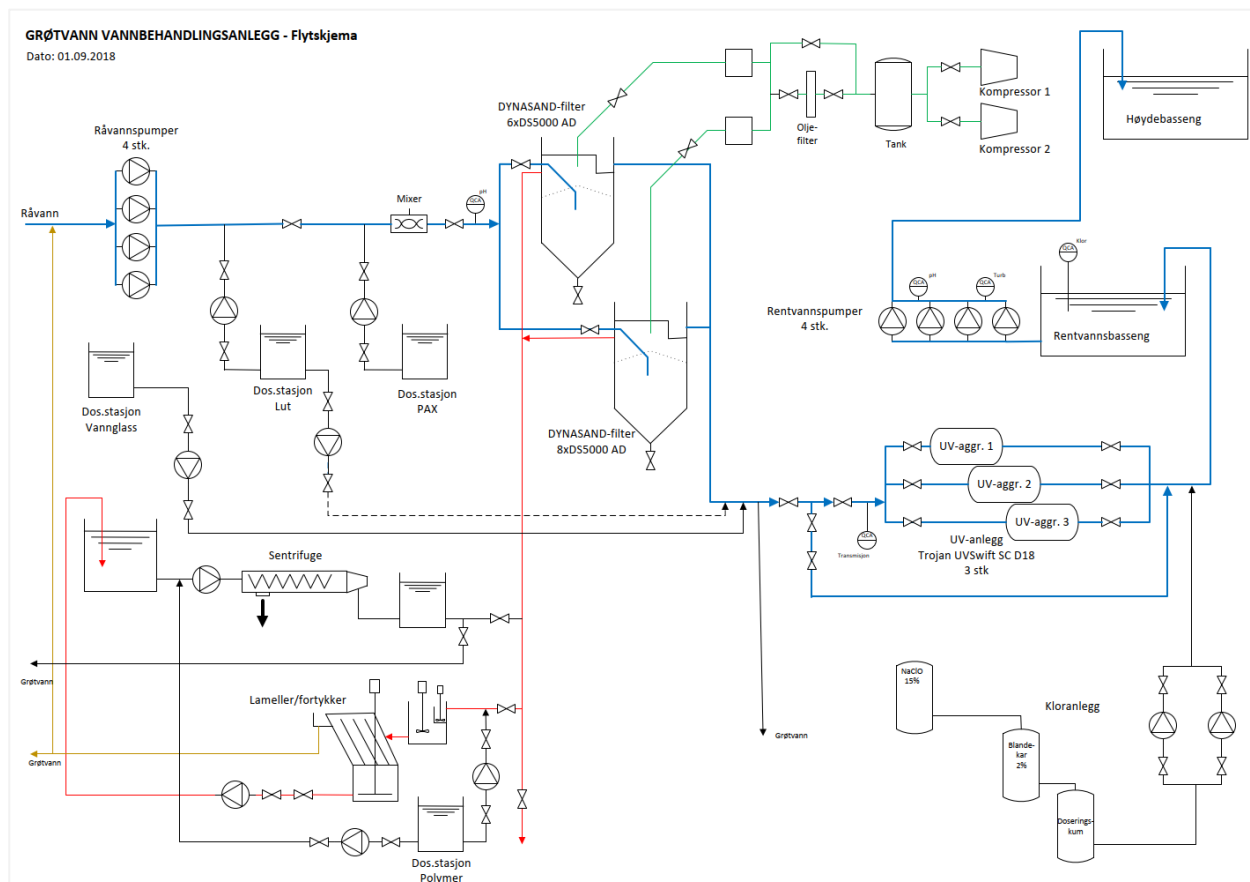
Kort beskrivelse av prosessflyt i dagens vannbehandlingsanlegg

Råvann pumpes til anlegget og pH-justeres med lut for å oppnå optimale betingelser for koagulering. Deretter doseres et aluminiums-basert fellingmiddel (PAX) før vannet ledes til kontinuerlig spykende sandfiltre (Dynasand-filtre), hvor humus, farge og partikler fjernes. Anlegget har i alt 14 filtre i parallell fordelt på to linjer, en linje med seks filtre og en med åtte filtre.

Etter filtrering justeres pH med vannglass før vannet desinfiseres i UV-anlegg. Klor benyttes som sekundær desinfeksjonsbarriere og reserve ved bortfall av UV. Det ferdig behandlede drikkevannet pumpes videre til høydebasseng.

Spylevann og slam fra filterprosessen behandles separat gjennom fortykking og avvanning, med retur av vannstrømmer til Grøtvann og bortkjøring av avvannet slam til Nilsbukjerr.

Figur 1 viser flytskjema for vannbehandlingsanlegget.



Figur 1 Flytskjema for Grøtvann vannbehandlingsanlegg

3.2 Vannforbruk

Grøtvann vannbehandlingsanlegg har de siste årene hatt en årlig vannproduksjon på rundt 2,45 millioner m³ per år. Vannforbruket i Kragerø varierer mye gjennom året, og er høyest om sommeren.

Nøkkeltall for døgnproduksjon (gjennomsnitt 2022-2025):

- Høyeste døgnproduksjon: 10 250 m³/døgn (427 m³/time)
- Gjennomsnittlig døgnproduksjon: 6 700 m³/døgn (279 m³/time)
- Laveste døgnproduksjon: 4 900 m³/døgn (204 m³/time)

Måledata for 2025 viser en gjennomsnittlig vannproduksjon på 283 m³/time (79 l/s) over året. Det ble registrert tre dager i 2025 med svært høy timesproduksjon, mens produksjonen ellers, særlig i sommerperioden, ligger opp mot 530–540 m³/time. Svært høye verdier som ligger godt over anleggets dimensjonerende kapasitet, skyldes kommunikasjonsvikt i driftsovervåkingen som fører til at produsert vannmengde for flere timer samles opp og registreres på en time mens øvrige timer mangler registrering.

Det vises til vedlagt notat (vedlegg 2) for mer data om vannproduksjonen ved dagens anlegg.

3.3 Vannkvalitet

Råvannsdata for Store Grøtvann for perioden 2020–2022 viser stabile råvannsforhold. Vannet har gjennomgående moderat/høyt fargetall, med gjennomsnittsverdier over anbefalt nivå for behandlet drikkevann, noe som indikerer humusrikt overflatevann og behov for effektiv fargefjerning i vannbehandlingen. Turbiditeten er lav og stabil gjennom hele perioden. Den mikrobiologiske kvaliteten er generelt god, med svært lave forekomster av *E. coli* og intestinale enterokokker, samt en tydelig reduksjon i koliforme bakterier i 2022. pH-verdiene er stabile og noe lave, mens kimtall ved 22°C viser varierende nivåer uten indikasjon på unormale endringer. Samlet sett stiller råvannskvaliteten krav til gode hygieniske barrierer og tilpasset behandling for å sikre forskriftsmessig drikkevann.

3.4 Vannledningsnett

Det samlede vannledningsnettet i kommunen utgjør om lag 651 km, hvorav ca. 353 km er kommunale ledninger og ca. 298 km private stikkledninger [3]. Ledningsnettet består i hovedsak av plastledninger (PE/PVC), hvor en stor andel er etablert etter år 2000. Det finnes imidlertid også enkelte ledningsstrekninger i støpejern (om lag 15 %), hovedsakelig i sentrale og eldre bebyggelsesområder samt på deler av hovedledningen fra Grøtvann mot sentrum.

Selv om plastledninger dominerer, så er det forekomst av støpejernledninger som gjør at korrosjonskontroll vil være et relevant tema ved valg av vannbehandling.

3.5 Relevans for ny vannbehandlingsprosess

Kommunens erfaringer fra eksisterende vannbehandlingsanlegg gir et viktig grunnlag for vurdering av ny vannbehandlingsløsning. Dagens prosess viser at overflatevannkilder i området stiller krav til effektiv fjerning av partikler, farge og mikrobiologisk forurensning, samt behov for sikre hygieniske barrierer.

Samtidig gir driftserfaringene grunnlag for å vurdere robusthet, driftsmessig kompleksitet og fleksibilitet i alternative prosessløsninger. Disse forholdene tas med videre som referanse i vurderingen av aktuelle vannbehandlingsprosesser for reservevannforsyningen fra Farsjø.

4 Farsjø – vannkilde og råvannskvalitet

4.1 Kort beskrivelse av kilden

Farsjø er en del av Kragerøvassdraget og ligger ved E18 i Sannidal. Innsjøen er delt i to deler, med selve Farsjø i sør og det mindre Svenumsvannet i nord, med et smalt sund mellom de to. Hovedtilløpet kommer fra Toke via Lundereidelva og Dalsfoss. I tillegg er det et sidetilløp fra Våsjøvannet. Utløpet er i sørenden av Farsjø og går via Tisjø til Tveitereidvannet.

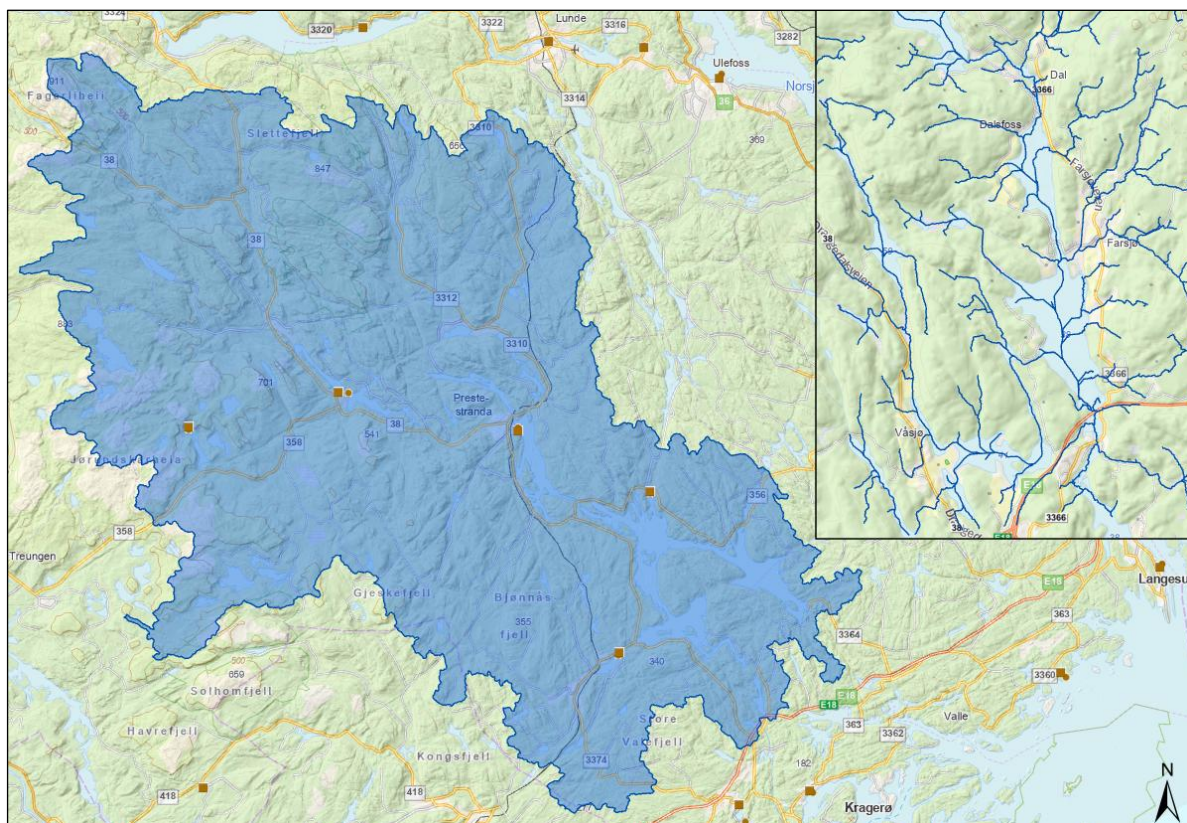
Ifølge vann-nett.no har Farsjø (inkludert Svenumsvannet) ett arealet på ca. 0,8 km² [4]. Dypeste punktet er målt til ca. 55 meter.

Det er i dag fem kraftverk fra utløpet av Toke og ned til havet ved Kragerø, hvorav ett av disse (Dalsfoss) ligger oppstrøms Farsjø.

4.2 Nedbørfelt

Nedbørfeltet til Farsjø er bestemt ved bruk av NEVINA og er vist i Figur 2. Arealet på nedbørfeltet er 1 200 km² og består i hovedsak av skog, men også noen innsjøer, uklassifisert areal, myr, snaufjell og dyrket mark [5].

Det er både bebyggelse og potensielle forurensningskilder som avløpsrenseanlegg, verksteder, bensinstasjoner, jernbane (Sørlandsbanen) og riks- og fylkesveier med tungtransport i nedbørfeltet som kan utgjøre en fare for kvaliteten på råvannkilden. Det er ikke avdekket gammel industri, deponier eller andre større forurensningskilder i nedbørfeltet, men slike forurensningskilder kan likevel ikke utelukkes.



Figur 2 Nedbørfeltet til Farsjø (hovedbilde) og avrenningslinjer mot Farsjø (innfelt). Kommunale renseanlegg er markert med brune punkter.

4.3 Tilgjengelig vannmengde

For å bestemme om det er tilstrekkelig mengde vann til uttak av drikkevann fra Farsjø er det tidligere hentet ut data fra både NEVINA [5] og fra målestasjon 17.10.0 Dalsfoss [6] som ligger ca. 1,5 km oppstrøms Farsjø. Det foreligger ikke nyere data og derfor benyttes samme data som i rapporten *Kragerø kommune – Reservevannforsyning – Valg av råvannskilde* fra forrige fase av prosjektet.

Dataene fra NEVINA og målestasjonen ved Dalsfoss viser at Farsjø både har et gjennomsnittlig tilsig (middelavrenning) og tilsig ved lavvannføring som er større enn vannbehovet til Kragerø kommune.

Skagerak Kraft AS har konsesjon for regulering av Toke-magasinet. Etter gjeldene manøvreringsreglement (fastsatt 6.2.2015) skal det holdes en minstevannføring på 4 m³/s ved målestasjon Dalsfoss [7].

Data fra NEVINA

Middelavrenningen i dataene er spesifikk avrenning beregnet fra NVEs avrenningskart for perioden 1961-1990. 5-persentil sommer er den laveste vannføringen i perioden fra 1. mai til 30. september. Verdiene er vist i Tabell 1 nedenfor.

Tabell 1 Middelavrenning og lavvannføring for Farsjø

	l/s/km ²	l/s	m ³ /t
Middelavrenning (1961-1990)	26,6	31 282	112 615
5-persentil sommer (1/5-30/9)	1,1	1 294	4 658

Data fra målestasjon 17.10.0 Dalsfoss

Målestasjonen har vannføringsdata (døgnverdier) fra 1908 til 2026.

Tabell 2 inneholder gjennomsnittlig vannføring og vannføring for 5-persentil om sommeren. Det er vist verdier for to tidsperioder, hele måleperioden fra 1908 til 2022 og verdier for siste 10 år, for å kunne vurdere om det har vært endringer i vannføringen de seinere årene. Dataene indikerer at gjennomsnittlig vannføring er større de siste 10 årene enn i hele måleperioden, mens 5-persentilen om sommeren er lavere siste 10 år. Årsakene til dette kan være flere og sammensatte, og er ikke vurdert nærmere.

Tabell 2 Vannføringsdata (døgnverdier) fra målestasjon 17.10.0 Dalsfoss

Periode	Gjennomsnittlig vannføring		5-persentil sommer (1/5-30/9)	
	m ³ /s	l/s	m ³ /s	l/s
Hele måleperioden (1908 – 2022)	31,0	31 000	5,9	5 900
Siste 10 år (2016 – 2022)	34,1	34 100	4,5	4 500

4.4 Råvannskvalitet

4.4.1 Gjennomføring av prøvetaking

Råvannskvaliteten i Farsjø er kartlagt gjennom risikobasert prøvetaking, som er utført i følgende tidsperioder:

- Periode 1: August 2022 til juli 2023 (24 prøveuttak)
+ ekstra prøveuttak høsten 2023 for å kartlegge jern og mangan (4 prøveuttak)
- Periode 2: April 2025 til mars 2026 (18 prøveuttak)

Norsk Vann rapport 209/2014 Veiledning i mikrobiell barriere analyse (MBA) [8] er benyttet som utgangspunkt for frekvens på prøvetakingen. Det er som utgangspunkt tatt prøver hver måned, og det er tatt ekstra prøver i perioder med kraftig nedbør om våren og høsten.

Prøvene i periode 1 er tatt på ca. 45 meters dyp, mens prøvene i periode 2 er tatt på 40 meters dyp. Enkelte prøver i periode 1 ble tatt fra brua ved Nesland fordi det var is i området der båten lå.

Samtidig med prøvetakingen er det foretatt målinger av blant annet temperatur og oksygen på flere dyp ved bruk av digitalt måleinstrument. I tillegg er det gjennomført utvidede kjemiske og mikrobiologiske analyser, samt analyse på pesticider (plantevernmidler) på enkelte prøveuttak.

I vedlegg 1 vises datoer for prøveuttak sammen med vannføringen i Farsjø. Vannmengdene er hentet fra målestasjon 17.10.0 Dalsfoss som ligger ca. 1,5 km nord for Farsjø.

Kapittel 4.4.2 inneholder en oversikt over hvilke parametere som er kartlagt og en beskrivelse av hvorfor disse er relevante å kartlegge, mens resultatene er oppsummert i kapittel 4.4.3 (fysikalske parametere), 4.4.4 (kjemiske parametere), 4.4.5 (mikrobiologiske parametere) og 4.4.6 (andre parametere). Kapittel 4.4.7 inneholder en samlet vurdering av vannkvaliteten i Farsjø basert på resultatene fra prøvetakingen.



Figur 3 Bilde fra prøvetaking

4.4.2 Kartlagte parametere

Nedenfor beskrives kort hvilke parametere som er kartlagt, deres relevans og eventuelle krav i drikkevannsforskriften. Det ble tatt utgangspunkt i aktuelle parametere i drikkevannsforskriften samt andre parametere som har betydning for vannbehandlingen. I tillegg er det tatt stikkprøver på enkeltparametere som vil bli tatt inn i ny drikkevannsforskrift (PFAS og Bisfenol A).

Kapittelet er inndelt som følger:

- **Fysikalske parametere** (parametere som beskriver vannets fysiske egenskaper, som klarhet, partikkelinnhold og temperatur, og som påvirker både estetisk kvalitet og effektiviteten av vannbehandlingen)
- **Kjemiske parametere** (beskriver vannets kjemiske sammensetning og stabilitet, inkludert stoffinnhold og forhold som kan påvirke korrosjon, helse og drift av distribusjonsnett)
- **Mikrobiologiske parametere** (beskriver forekomst av mikroorganismer som kan representere helserisiko, og som benyttes til å vurdere hygienisk sikkerhet og barrierebehov)
- **Andre parametere** (forhold som ikke direkte inngår i standard kvalitetsparametere, men som kan ha betydning for vannkvalitet, drift, beredskap eller framtidige krav)

Fysikalske parametere

Fargetall	Høyt fargetall i norske overflatevannkilder skyldes normalt høyt innhold av humus. Humusinnhold med fargetall høyere enn 15 mg Pt/l gir en synlig gulbrun farge på vannet. Humus i vann reduserer virkningsgraden av ulike prosesser for desinfeksjon av vannet. <u>Krav i drikkevannsforskriften:</u> Drikkevannsforskriftens grenseverdi for farge er «akseptabel for abonnentene», men Mattilsynet anbefaler at fargetallet ikke overskrider 20 mg/l Pt.
Konduktivitet (ledningsevne)	Konduktivitet er et samlet uttrykk for aktiviteten av kationer og anioner i vannet, dvs. et mål på vannets totale saltinnhold. Betydningen av høyt saltinnhold avhenger av de stoffene vannet inneholder. <u>Krav i drikkevannsforskriften:</u> Drikkevannsforskriftens grenseverdi for konduktivitet er 250 milliSiemens (mS/m) ved 20°C.
Oksygennivå	Oksygeninnholdet i vannet har ingen helsemessige effekter, men hvis oksygenfattig vann kommer inn i ledningsnettet, kan organisk materiale konsumere alt oksygenet, noe som skaper anaerobe forhold som kan føre til lukt- og smaksproblemer samt korrosjon. Eutrofiering kan redusere oksygennivået når biomasse brytes ned, og lavt oksygen-nivå kan føre til utfelling av jern og mangan. For å opprettholde oksiderende forhold på distribusjonsnettet bør drikkevannet ha minst 70 % metning av oksygen. <u>Krav i drikkevannsforskriften:</u> Ingen spesifikke krav.
pH	pH er et mål på aktiviteten til hydrogenionet i en løsning og sier noe om hvor sur eller basisk løsningen er. Hvis pH er under 7 er løsningen sur, er pH høyere enn 7 er løsningen basisk. Er pH lik 7 er løsningen nøytral. pH påvirkes av temperaturen i løsningen. <u>Krav i drikkevannsforskriften:</u> Drikkevannsforskriftens tiltaksgrenser for pH er 6,5-9,5. Verdier utenfor dette området krever at tiltak iverksettes. I merknaden heter det at vannet ikke skal være korrosivt. Normalt er norsk overflatevann fra naturens side surt og kalkfattig.
Temperatur	Målet med temperaturmålingene er å kartlegge sprangsjiktet og eventuelle sirkulasjonsperioder. Informasjon om hvor sprangsjiktet ligger er viktig ved plassering av vanninntaket, som bør ligge under sprangsjiktet. Tilnærmet lik temperatur på alle dybder i vannet er karakteristisk for perioder med fullsirkulasjon, der vannmassene er godt omblandet. <u>Krav i drikkevannsforskriften:</u> Ingen spesifikke krav.
Turbiditet	Turbiditet er et mål på partikkelinnhold i vannet, spesielt finpartikulært materiale. Det sier dermed noe om hvor klart vannet er. Årsaken til turbiditet i norske vannkilder kan være sterk algevekst, breslam, utfelte jern- og manganhydroksider og erosjonsprodukter. <u>Krav i drikkevannsforskriften:</u> Drikkevannsforskriftens grenseverdi for turbiditet er «akseptabel for abonnentene», men Mattilsynet anbefaler at turbiditeten ikke overskrider 1 NTU ved vannforsyningssystemer som benytter overflatevann.
UV-transmisjon	UV-transmisjon angir hvor mye ultrafiolett (UV) lys som kan passere gjennom vannet, og måles normalt som en prosentandel (T%). Det indikerer vannets klarhet og effektiviteten av UV-lys i å inaktivere mikroorganismer. Høy UV-transmisjon betyr klart vann og mer effektiv UV-desinfeksjon, mens lav UV-transmisjon signaliserer grumset vann og mindre effektiv UV-desinfeksjon. <u>Krav i drikkevannsforskriften:</u> Ingen spesifikke krav.

Kjemiske parametere

Alkalitet	Alkalitet er vannets kapasitet til å nøytralisere en sterk syre til en bestemt pH-verdi, og den er 0 når pH < 4,5. I norske overflatevann er alkaliteten hovedsakelig avhengig av innholdet av karbonsyrens salter, karbonat, hydrogenkarbonat og hydroksid. Alkalitet benyttes derfor som en indikator på konsentrasjonen av disse. Ved forsurening av vannet, på grunn av sur nedbør, er det sterke mineralsyrer som svovelsyre, saltsyre og/eller salpetersyre som dominerer. Undersøkelser i Norge viser at en alkalitet på cirka 0,6 mekv/l er nok for god korrosjonsbeskyttelse av vanlige materialer. <u>Krav i drikkevannsforskriften:</u> Ingen spesifikke krav.
Aluminium (Al)	Aluminium er en av de vanligste metallene i jordskorpen. Innhold av oppløst aluminium vil variere i vannet ut ifra hvor surt, nøytralt eller alkalisk vannet er. <u>Krav i drikkevannsforskriften:</u> I drikkevannsforskriften er det satt en grenseverdi på 200 µg/l Al. Ved bruk av Al-salter til koagulering i vannbehandlingsprosessen, anbefales det at aluminiuminnholdet i drikkevannet skal ligge under 150 µg/l
Jern (Fe)	Jern i drikkevann er normalt ikke helseskadelig ved de konsentrasjonene som forekommer i naturlige vannkilder. Høyt jerninnhold kan imidlertid gi uønskede estetiske og tekniske effekter, som metallisk smak, misfarging av vannet og avleiringer i rør og apparater. I lite humuspåvirkede overflatevann er jerninnholdet vanligvis lavt (under 0,04 mg Fe/l). I humusholdige overflatevann kan jern bindes til humus og forekomme i høyere konsentrasjoner, opptil ca. 500 µg Fe/l, noe som kan redusere vannkvaliteten. <u>Krav i drikkevannsforskriften:</u> Drikkevannsforskriftens grenseverdi for jern er 200 µg/l Fe, men det anbefales at det ligger på under 100 µg Fe/l for å ikke skape bruksmessige problemer.
Kalsium (Ca)	Kalsium i drikkevann påvirker smaken, vannets hardhet, og korrosjon i husholdningsapparater og rør. Høyt kalsiuminnhold gir frisk smak, men kan føre til kalkoppbygging i apparater. Lavt kalsiuminnhold kan gi flat smak og kan forårsake korrosjon på metaldeler i rørsystemer. De fleste norske overflatekilder har bløtt vann og kalsiuminnholdet er sjelden over 15 mg Ca/l. <u>Krav i drikkevannsforskriften:</u> Drikkevannsforskriften har ingen grenseverdi eller tiltaksgrense for hardhet eller kalsium. Undersøkelser og erfaring viser at et kalsiuminnhold på over ca. 15 mg Ca/l bidrar til å redusere korrosjon i metalliske ledninger og armatur.
Mangan (Mn)	Mangan i drikkevann kan gi dårlig smak og gjøre vannet udrikkelig ved konsentrasjoner over 100 µg Mn/l. Selv ved nivåer lavere enn det som anses helsemessig utrygt, kan vannet oppleves som udrikkelig. Konsentrasjoner høyere enn 50 µg Mn/l kan føre til avsetninger i ledningsnettet, som kan være av kjemisk eller bakteriologisk natur. Begroing med manganbakterier kan gi store slammengder, som skaper problemer for brukerne. Manganinnholdet i norske vannkilder ligger normalt under 50 µg Mn/l. Høye konsentrasjoner skyldes ofte naturlige forekomster og kan variere med geologiske forhold. <u>Krav i drikkevannsforskriften:</u> Drikkevannsforskriftens tiltaksgrense for mangan er 50 µg /l Mn.
Total organisk karbon (TOC)	Totalt organisk karbon (TOC), og kjemisk oksygenforbruk, er et mål på organisk stoff i vannet, både humusstoffer og andre organiske stoffer blant annet fra jordbruks- og industriutslipp. I en rekke vannforekomster er innholdet av organisk stoff høyt som følge av produksjon av alger. Vannforekomster kan også ha høyt innhold av organisk stoff på grunn av utslipp fra jordbruk og næringsmiddelindustri. <u>Krav i drikkevannsforskriften:</u> Drikkevannsforskriftens grenseverdi for TOC er «Ingen unormal endring», men som indikasjon på god drift av koaguleringsanlegg som skal fungere som hygienisk barriere, bør TOC ut fra anlegget være under 3 mg C/l.

Mikrobiologiske parametere

Clostridium perfringens	Clostridium perfringens er en anaerob bakterie som forekommer i tarmene til de fleste dyr og mennesker, men som også kan forekomme i jord og søle. Funn av Clostridium perfringens kan indikere gammel fekal forurensning i vannet (den overlever lengre enn E. coli og Intestinale enterokokker i vann), men den kan også indikere tilstedeværelse av parasitter. <u>Krav i drikkevannsforskriften:</u> Tiltaksgrensen for Clostridium perfringens, inklusive sporer, er 0 CFU/100 ml. Det vil si at det må settes inn tiltak hvis det påvises Clostridium perfringens i vannet.
E. coli	E. coli er en samlebetegnelse for en gruppe bakterier som finnes naturlig i tarmsystemet til mennesker og dyr. E. coli overlever kun i kort tid i naturen og kan ikke formere seg der. Funn av E. coli er derfor et sikkert tegn på at vannet er forurensset av kloakk nylig. <u>Krav i drikkevannsforskriften:</u> Grenseverdien i drikkevannsforskriften er 0 CFU/100 ml. Det vil si at E. coli ikke skal påvises i drikkevannet.
Intestinale enterokokker	Intestinale enterokokker er bakterier som finnes i tarminnholdet fra mennesker og dyr. De forekommer normalt i lavere konsentrasjoner enn E. coli i avføring hos mennesker, men i høyere konsentrasjoner i avføring fra husdyr, særlig drøvtyggere. Intestinale enterokokker overlever lenger i naturen enn koliforme bakterier. De overlever lengre i vann enn E. coli og er mer resistente for desinfeksjonsmiddel. Intestinale enterokokker kan derfor indikere eldre forurensning av vannkilden og være en bedre indikator på at det er virus i vannet. <u>Krav i drikkevannsforskriften:</u> Grenseverdien i drikkevannsforskriften er 0 CFU/100 ml. Det vil si at intestinale enterokokker ikke skal påvises i drikkevannet.
Koliforme bakterier	Koliforme bakterier er en gruppe bakterier som kan finnes naturlig i tarmen hos mennesker og varmblodige dyr, men som også kan finnes i vann og i jordsmonnet. Som følge av at koliforme bakterier kan vokse ute i naturen, anbefaler WHO at funn av slike bakterier ikke brukes som en indikator på fekal forurensning. Funn av koliforme bakterier er derimot mer egna å benytte som tegn på svikt i vannbehandlingen, biofilm i rørledningsnett eller innlekk av uønsket materiale fra planter og dyr. <u>Krav i drikkevannsforskriften:</u> Grenseverdien i drikkevannsforskriften er 0 CFU/100 ml. Det vil si at koliforme bakterier ikke skal påvises i drikkevannet.

Andre parametere

Plantevernmidler (pesticider)	Plantevernmidler er kjemiske stoffer som brukes for å kontrollere skadedyr, ugress, og plantesykdommer i landbruket og andre sektorer. Høy eksponering for plantevernmidler kan føre til helseproblemer som hormonforstyrrelser og kreft hos mennesker. Bruken av plantevernmidler er strengt regulert i Norge, og det er også strenge krav til at drikkevann ikke skal inneholde rester av plantevernmidler. <u>Krav i drikkevannsforskriften:</u> Grenseverdien for summen av de enkelte plantevernmidlene som analyseres er 0,50 µg/l.
PFAS	PFAS (per- og polyfluorerte alkylstoffer) er en gruppe syntetiske kjemikalier med vann- og fettavstøtende egenskaper. De brukes i en rekke produkter og industrielle prosesser, inkludert non-stick belegg på stekepanner, impregnering av tekstiler, og brannskum. PFAS-stoffer er svært stabile og brytes ned veldig sakte i miljøet. Betydelige nivåer av PFAS kan gjøre vannforekomsten uegnet til drikkevann, og PFAS er vanskelig og kostbart å fjerne under vannbehandlingen. <u>Krav i drikkevannsforskriften:</u> Grenseverdien for sum 4 PFAS (PFOS, PFOA, PFNA og PFHxS) er 0,004 µg/l.

Klorofyll a	Klorofyll a er et pigment som finnes i planter, alger, og cyanobakterier, og brukes som en indikator på algevekst og vannkvalitet. Høy konsentrasjon av klorofyll a i drikkevannskilder kan indikere eutrofiering, som kan føre til produksjon av skadelige algertoksiner og påvirke vannkvaliteten negativt. <u>Krav i drikkevannsforskriften:</u> Drikkevannsforskriften inneholder ikke grenseverdi eller tiltaksgrense for klorofyll a, men Mattilsynet og VKM peker på klorofyll a som en nyttig støtteparameter ved vurdering av biologisk risiko i overflatevann, spesielt i innsjøer og magasiner brukt til drikkevann.
Bisfenol A	Bisfenol A (BPA) er en kjemisk forbindelse som er mye brukt i produksjonen av plast, og finnes blant annet i emballasje for mat og drikke, kosmetikk og medisinsk utstyr. I den nye drikkevannsforskriften (som gjennomfører EUs drikkevannsdirektiv (EU) 2020/2184) er bisfenol A innført som en ny kjemisk parameter med følgende krav 2,5 µg/L. <u>Krav i drikkevannsforskriften:</u> Det er ikke grenseverdi eller tiltaksgrense for Bisfenol A i dagens drikkevannsforskrift, men det vil komme krav i ny forskrift, som er på 2,5 µg/L.
Øvrige parametere i prøvegruppe B	Øvrige parametere i prøvegruppe B inkluderer blant annet følgende (eksempler i parentes): • Miljøgifter (PAH-forbindelser inkl. benzo(a)pyren, trihalometaner, 1,2-dikloreten og cyanid) • Organiske forbindelser (tetrakloreten, trikloreten og benzen) • Metaller (bly, kadmium, arsen, nikkel, kobber og kvikksølv) • Uorganiske ioner (nitrat, nitritt, sulfat, klorid og fluorid) <u>Krav i drikkevannsforskriften:</u> Drikkevannsforskriften inneholder grenseverdier eller tiltaksgrenser for parameterne.

4.4.3 Fysikalske parametere

Analyseresultater

Analyseresultatene viser at Farsjø har et moderat til høyt fargetall (32-48 mg/l Pt). Det skyldes at vannet inneholder mye organisk materiale som gir vannet farge. Målingene av pH viser at vannet er surt (pH 5,7-6,6), noe som indikerer et korrosivt vann. Både høyt fargetall og lav pH er normalt i overflatevann.

Analyseresultatene viser at turbiditet er lav og stabil i begge periodene, noe som indikerer gode partikkelforhold i råvannet. UV-transmisjonen er moderat og noe lavere i 2025/2026 enn i 2022/2023, som er i tråd med høyt fargetall og økt organisk innhold i vannet.

Tabell 3 nedenfor viser en oppsummering av analyseresultatene for fysikalske parametere samt grenseverdi og/eller tiltaksgrensen for drikkevann i drikkevannsforskriften. Røde tall markerer verdier over (eller under) grenseverdien eller tiltaksgrensen for drikkevann i drikkevannsforskriften. En komplett oversikt over prøveresultatene finnes i vedlegg 1.

Tabell 3 Oppsummering av analyseresultater for fysikalske parametere i Farsjø.

Parameter	Grenseverdi /tiltaksgrense ¹	Enhet	Største verdi		Laveste verdi		Gjennomsnitt	
			2022/2023	2025/2026	2022/2023	2025/2026	2022/2023	2025/2026
Fargetall	20 ²	mg/l Pt	45	48	32	37	36	42
Konduktivitet	250	mS/m ved 20°	2,08	2,64	<0,10	0,57	1,81	1,80
pH	6,5 - 9,5		6,2	6,6	5,7	5,8	6,1	6,2

¹ Gjelder for drikkevann i drikkevannsforskriften

² Anbefalt verdi fra Mattilsynet

Parameter	Grenseverdi / tiltaksgrense ¹	Enhet	Største verdi		Laveste verdi		Gjennomsnitt	
			2022/2023	2025/2026	2022/2023	2025/2026	2022/2023	2025/2026
Turbiditet	1 ²	FNU	0,69	0,68	0,27	0,21	0,45	0,38
UV-transmisjon	-	5 cm (%)	10,2	8,4	5,1	4,2	7,9	6,8

Måling av temperatur og oksygennivå

Temperaturmålinger utført i periodene 2022/2023 og 2025/2026 indikerer at Farsjø har fullsirkulasjon fra omtrent midten av november til april/mai. I 2023 ble sirkulasjonsperioden avsluttet i midten av mai. I 2025/2026 indikerer målingene at sirkulasjonsperioden ble avsluttet tidlig i april 2025, mens det under prøvetakingen sent i mars 2026 fortsatt ble registrert fullsirkulasjon i vannmassene.

Temperaturprofilene viser at sprangsjiktet normalt ligger mellom 5 og 10 meters dyp, men at det i enkelte perioder kan forskyves ned til om lag 20 meters dyp.

Oksygenmålingene viser at oksygenmetningen i Farsjø i perioder med fullsirkulasjon, fra omtrent midten av november til april/mai, er relativt ensartet gjennom hele vannsøylen og ligger nær full metning.

Utenfor sirkulasjonsperiodene viser oksygenprofilene økende variasjon med dybden, der oksygenmetningen avtar i de dypere vannmassene. Laveste oksygenmetning var rundt 68 % i 2022/2023, sammenlignet med ned mot 45 % i 2025/2026. Denne fordelingen samsvarer med perioder med lagdeling i Farsjø og begrenset omblending.

Det ble ikke gjennomført oksygenmålinger i perioden 17.12.2025–26.03.2026. Målingene fra 26.03.2026 er heftet med noe usikkerhet som følge av delvis defekt oksygensensor, og datagrunnlaget for vinterperioden er derfor begrenset.

4.4.4 Kjemiske parametere

Analyseresultatene viser verdier av aluminium, jern og mangan som ligger over tiltaksgrensen i drikkevannsforskriften. Øvrige parametere ligger godt under grenseverdi/tiltaksgrense for drikkevann i drikkevannsforskriften.

Mengden aluminium i vannet er i mer enn halvparten av prøvene på eller over tiltaksgrensen på 0,2 mg/l. I enkelte prøver er det registrert verdier opp mot 0,24 mg/l, mens snittet ligger like under 0,2 mg/l.

Resultatene for jern og mangan var høye i prøvene som ble tatt før sirkulasjonsperioden i vannet startet høsten 2022. Dette gjaldt særlig for mangan. Jern og mangan er typisk å finne i grunnvannskilder og der det er lite oksygen. Høsten 2023 ble det tatt ekstra prøver på flere dybder. Disse viste ikke like høye verdier som prøvene fra høsten 2022 som ble tatt på 45 meters dyp. Basert på måten prøvene blir tatt på (antall meter fra vannoverflaten), antas det at prøvene tatt ut i 2022 har blitt tatt nærmere bunnen i Farsjø enn prøvene som ble tatt året etter. De oppfølgende prøvene tatt ut høsten 2023, hvor det ble tatt ut prøver på flere dyp, viser at nivå av mangan og jern i vannet øker jo nærmere en er bunnen. Alle prøvene som er tatt i 2025/2026 er tatt på 40 meters dyp og viser verdier av jern og mangan under tiltaksgrensen i drikkevannsforskriften.

Farsjø har lav alkalitet og lite kalsium i vannet. Dette, sammen med lav pH, indikerer korrosivt vann.

Tabell 4 nedenfor viser en oppsummering av analyseresultatene for kjemiske parametere samt grenseverdi og/eller tiltaksgrensen for drikkevann i drikkevannsforskriften. Røde tall markere verdier over grenseverdien eller tiltaksgrensen for drikkevann i drikkevannsforskriften. En komplett oversikt over prøveresultatene finnes i vedlegg 1.

² Anbefalt verdi fra Mattilsynet for turbiditet ut fra vannbehandlingsanlegget for vannforsyningssystemer som benytter overflatevann

Tabell 4 Oppsummering av analyseresultater for kjemiske parametere i Farsjø.

Parameter	Grenseverdi /tiltaksgrense ¹	Enhet	Største verdi		Laveste verdi		Gjennomsnitt	
			2022/2023	2025/2026	2022/2023	2025/2026	2022/2023	2025/2026
Alkalitet	-	mmol/l	0,07	0,07	0	0	0,04	0,04
Aluminium	0,2	mg/l	0,24	0,23	0,16	0,15	0,19	0,19
Jern ²	0,2	mg/l	0,26	0,18	0,11	0,12	0,16	0,14
Kalsium	-	mg/l	1,8	1,5	1,2	1,2	1,4	1,3
Mangan ²	0,05	mg/l	0,16	0,02	0,01	0,01	0,04	0,01
Total organisk karbon (TOC)	-	mg/l	6,2	6,5	4,9	5,1	5,5	5,6

4.4.5 Mikrobiologiske parametere

Det er funn av fekal forurensning i samtlige prøver med unntak av en prøve tatt i mai 2023. Resultatene fra 2022/2023 viser jevnt over bedre mikrobiologisk vannkvalitet i perioder når sprangsjiktet er etablert i vannet, enn i perioder hvor vannet var i fullsirkulasjon. I 2025/2026 ble de fleste prøvene tatt i perioder når sprangsjiktet er etablert.

Det er målt høye verdier av koliforme bakterier, men også intestinale enterokokker og E. coli i september og oktober 2025. I samme periode var det høy vannføring i Farsjø. Dette indikerer at det tidvis kan være høy grad av både fersk og eldre fekal forurensning i vannet i perioder hvor det ikke er naturlig beskyttelse i form av ett sprangsjikt. Påvisning av C.perfringens er også en indikator for at det kan forekomme tilstedeværelse av parasitter.

Tabell 5 nedenfor viser en oppsummering av analyseresultatene for mikrobiologiske parametere samt grenseverdi og/eller tiltaksgrensen for drikkevann i drikkevannsforskriften. Røde tall markere verdier over grenseverdien eller tiltaksgrensen for drikkevann i drikkevannsforskriften. En komplett oversikt over prøveresultatene finnes i vedlegg 1.

Tabell 5 Oppsummering av analyseresultater for mikrobiologiske parametere i Farsjø.

Parameter	Grenseverdi /tiltaksgrense ³	Enhet	Største verdi		Laveste verdi		Gjennomsnitt	
			2022/2023	2025/2026	2022/2023	2025/2026	2022/2023	2025/2026
Clostridium perfringens	0	antall/100 ml	6	3	0	0	1	0
E. coli	0	antall/100 ml	24	12	0	0	1	2
Intestinale enterokokker	0	antall/100 ml	31	24	0	0	2	4
Koliforme bakterier	0	antall/100 ml	>200	>200	0	2	22	72

¹ Gjelder for drikkevann i drikkevannsforskriften

² Inkluderer fire ekstra prøver tatt høsten 2023

³ Gjelder for drikkevann i drikkevannsforskriften

4.4.6 Andre parametere

Resultatene for de utvidede kjemiske og mikrobiologiske analyser samt analyse på plantevernmidler (pesticider) viser ingen verdier som overskrider grenseverdiene og/eller tiltaksgrensene for drikkevann i drikkevannsforskriften. Det er ikke påvist plantevernmidler eller PFAS i noen av prøvene som er analysert.

En komplett oversikt over analyseresultatene finnes i vedlegg 1.

4.4.7 Samlet vurdering av råvannskvalitet

Samlet viser råvannsanalysene at vannkvaliteten i Farsjø varierer gjennom året, med perioder med forhøyet farge, partikkelinnhold og mikrobiologiske indikatorer. Observasjonene er basert på tilgjengelige analysedata og gir et representativt bilde av råvannets egenskaper innenfor undersøkelsesperiodene.

Denne samlede beskrivelsen av råvannets egenskaper danner grunnlag for videre vurderinger av behov for hygieniske barrierer og valg av vannbehandlingsprosess, som behandles i påfølgende kapitler.

5 Mikrobiell barriere analyse (MBA)

5.1 Formål og metode

Norsk Vann har utarbeidet veileder for mikrobiell barriere analyse (MBA), som kan benyttes til å avgjøre hva som vil være tilstrekkelige hygieniske barrierer for et vannverk [8].

MBA-veiledningen inneholder en beregningsmodell for mikrobiell barriere analyse. Det innebærer en analyse av barrieresituasjonen i et vannverk for å kartlegge hva som bør settes inn av barrieretiltak ut ifra hvilken mikrobiell kvalitet det er i råvannet og hvilken kildebeskyttelse som foreligger. Tabell 6 viser en skjematisk oversikt over stegene i analysen.

Veilederen og beregningsmodellen er under revidering, men siden arbeidet med revisjonen ikke er ferdig, har vi lagt til grunn eksisterende veileder og modell.

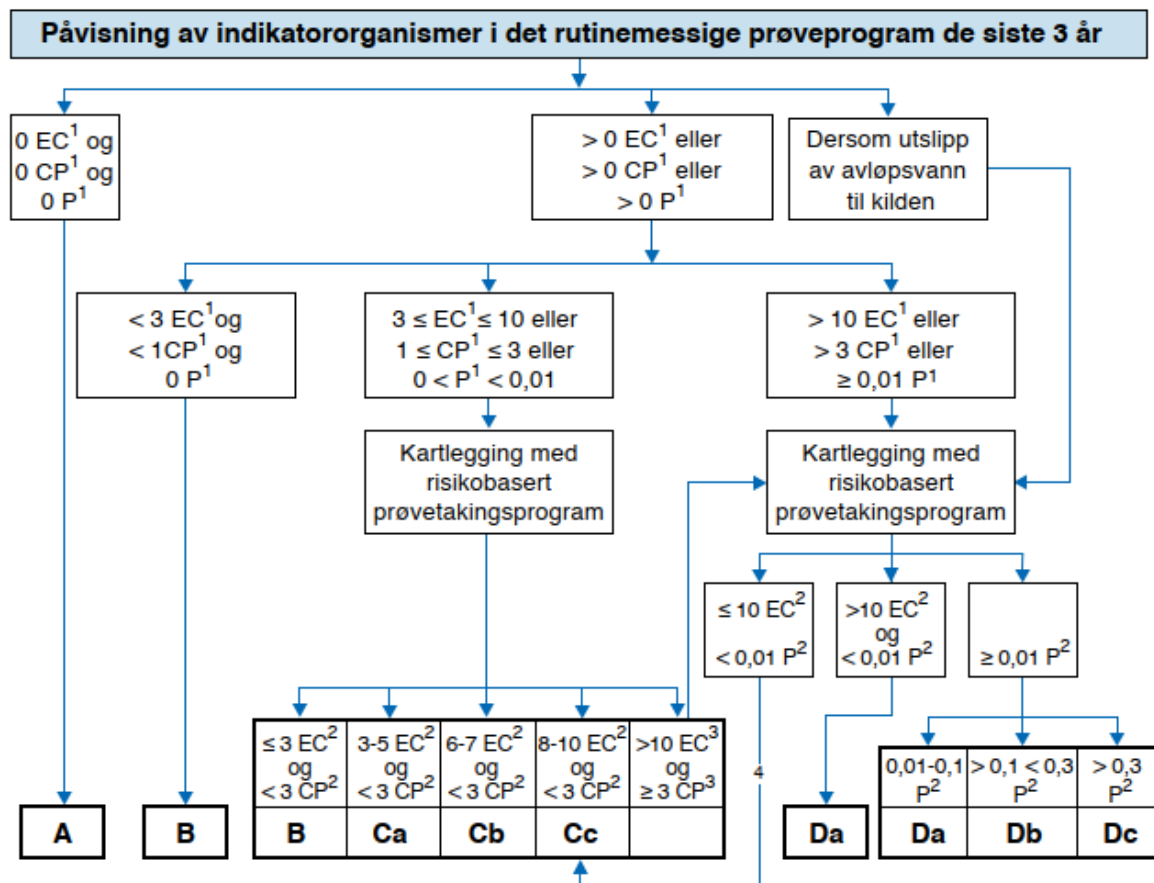
Tabell 6 Oversikt over stegene i prosedyren for analyse av mikrobielle barrierer [8]

Steg	Bestemmelse av	Avhengig av
1	Kvalitet på råvann	- Historiske data for råvannskvalitet - Nye data fra risikobasert prøveprogram
2	Nødvendig barrierehøyde	- Kvalitet på råvann - Størrelse på vannverk
3	Barrierer i nedbørfelt og vannkilde	- Barrieretiltak i nedbørfelt og vannkilde - Overvåkning av råvannskvalitet
4	Partikkelseparasjonsbarrierer i vannbehandlingen	- Vannbehandlingsmetoder - Styring og overvåkning av vannbehandling
5	Desinfeksjonsbarrierer	- Desinfeksjonsmetoder - Dosering i desinfeksjonsprosessen
6	Total barrierestatus	- Nødvendig barrierehøyde + kredit for tiltak - Steg 2 ÷ steg 3 ÷ steg 4 ÷ steg 5

MBA-veiledningen må ses på som et verktøy i arbeidet med å sikre vannforsyningen. Den erstatter ikke risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS-analyser), som også er en del av en slik plan.

Veilederen er ment som et hjelpemiddel til å danne et godt beslutningsgrunnlag for valg av vannbehandling og spesielt sluttdesinfeksjon for å sikre at man har tilstrekkelig med hygieniske barrierer i vannverket, jf. Drikkevannsforskriften § 13.

For å fastsette nødvendige barrierehøyde (steg 2), må det gjøres en kartlegging av råvannskvaliteten basert på historiske og nyere data av råvannskvaliteten. I tillegg må det foretas en risikovurdering av nedbørfeltet og råvannskilden med tanke på aktuelle forurensningskilder. Resultatet av dette, sammen med påviste indikatororganismer i utførte råvannsprøver, bestemmer vannkvalitetsnivået, se Figur 4.



¹ Funn av angitt indikator [EC – *E.Coli*, CP – *Clostridium Perfringens*, P – parasitter (dersom analyse av P foreligger)] over angitt verdi (antall/100 ml) én eller flere ganger i løpet av de siste 3 år.

² Middelkonsentrasjon (antall/100 ml) av angitt indikator over prøveperioden eller registrering av angitt nivå i mer enn 1/6 av prøvene (16,7 %) over perioden. For parasitter gjelder summen av *Giardia* og *Cryptosporidium*/100 ml.

³ Eller > 20 EC eller > 6 CP i enkeltprøver.

⁴ Kan bare benyttes dersom det ikke forekommer utslipp av avløpsvann til kiden og < 3 CP påvises.

Figur 4 Bestemmelse av vannkvalitetsnivå [Figur 2.2, [8]]

Vannverkets størrelse og vannkvalitetsnivået bestemmer nødvendig barrierehøyde. Sammenhengen mellom nødvendig barrierehøyde, vannverkets størrelse og vannkvalitetsnivå er vist i Figur 5 nedenfor.

Nødvendig barrierehøyde defineres som den logaritmiske reduksjonen (log-reduksjon) av de enkelte patogengruppene som totalt sett må oppnås i vannverket. Vannverk som benytter råvann fra kilde hvor det er utslipp av avløpsvann i nedbørfeltet vil måtte ha flere tiltak i vannbehandlingen enn råvann fra en beskyttet kilde uten utslipp av avløpsvann i nedbørfeltet.

Vannverkets størrelse		Vannkvalitetsnivå i kilde			
		A	B	C	D
< 1000 personer tilknyttet	Nødvendig barriere nivå	3,0b + 3,0v + 2,0p	4,0b + 4,0v + 2,0p	a. 4,5b + 4,5v + 2,5p b. 4,5b + 4,5v + 2,75p c. 4,5b + 4,5v + 3,0p	a. 5,0b + 5,0v + 3,0p b. 5,0b + 5,0v + 3,5p c. 5,0b + 5,0v + 4,0p
1000 - 10.000 personer tilknyttet		3,5b + 3,5v + 2,5p	4,5b + 4,5v + 2,5p	a. 5,0b + 5,0v + 3,0p b. 5,0b + 5,0v + 3,25p c. 5,0b + 5,0v + 3,5p	a. 5,5b + 5,5v + 3,5p b. 5,5b + 5,5v + 4,0p c. 5,5b + 5,5v + 4,5p
> 10.000 personer tilknyttet		4,0b + 4,0v + 3,0p	5,0b + 5,0v + 3,0p	a. 5,5b + 5,5v + 3,5p b. 5,5b + 5,5v + 3,75p c. 5,5b + 5,5v + 4,0p	a. 6,0b + 6,0v + 4,0p b. 6,0b + 6,0v + 4,5p c. 6,0b + 6,0v + 5,0p

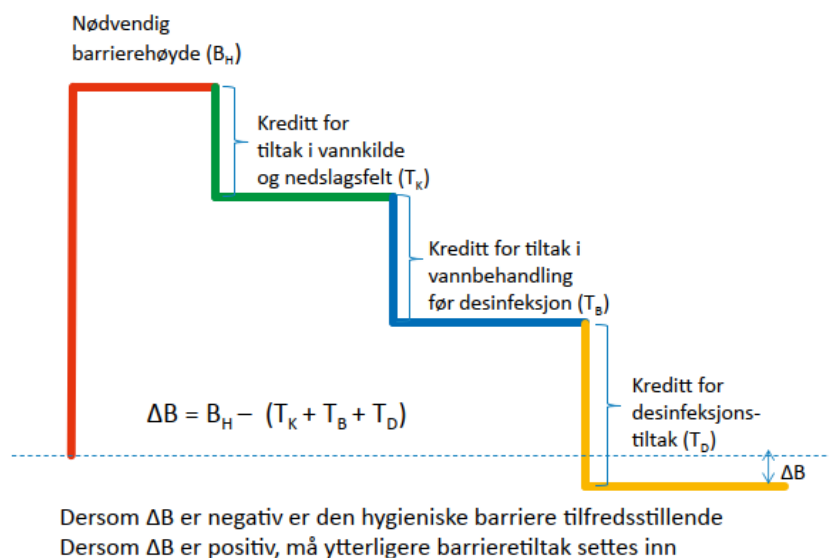
Figur 5 Sammenheng mellom nødvendig barrierehøyde, vannverkets størrelse og vannkvalitetsnivå [Tabell 2.2, [8]]

For å sikre trygt drikkevann må de hygieniske barrierene i vannbehandlingen inkludert kildebeskyttelse, være større enn den nødvendige barrierehøyden bestemt ovenfor.

Etter at nødvendig barrierehøyde, B_H , er bestemt gjøres det fradrag for følgende tiltak i stegvis rekkefølge, se Figur 6:

1. Tiltak som settes inn i vannkilde og nedslagsfelt, T_K
2. Vannbehandling utover sluttdesinfeksjon (eksempelvis koagulering, membranfiltrering), T_B
3. Overvåknings- og kontrolltiltak for vannkilde og vannbehandlingsanlegg, T_D

Resultatet angir om de tiltakene som er satt inn gir tilstrekkelige hygieniske barrierer, eller om det om må settes inn ytterligere tiltak.



Figur 6 Oversikt over trinnene i prosedyren for mikrobiell barriere analyse (MBA) [Figur 2.1, [8]]

5.2 Kvalitetsnivå på råvann (steg 1)

Analyseresultater av råvann fra Farsjø fra august 2022 til juli 2023 (år 1) og april 2025 til mars 2026 (år 2) ligger til grunn for å bestemme nødvendig barrierehøyde. Resultatene er oppsummert i Tabell 7 nedenfor.

Tabell 7 Råvannskvalitet i Farsjø gitt ved maks verdi av Clostridium perfringens, intestinale enterokokker, E. coli og koliforme bakterier (antall/100 ml) per år 2022-2023 og 2025-2026

Parameter	Enhet	2022-2023	2025-2026
Clostridium perfringens	cfu/100 ml	6	3
Intestinale enterokokker	cfu/100 ml	24	12
E. coli	MPN/100 ml	31	24
Koliforme bakterier	MPN/100 ml	>200	>200

I henhold til Norsk Vann rapport 209/2024 er analyser for E. coli, Clostridium perfringens og eventuelt parasittene Giardia og Cryptosporidium, basert på en utvidet kartlegging gjennom et risikobasert prøveprogram over ett år, med på å bestemme vannkvalitetsnivået til overflatevann.

Basert på verdiene i Tabell 7 er det påvist mikrobiologisk forurensning i råvannet for samtlige parametere både i år 1 og år 2 ved risikobasert prøvetaking. Det observeres en trend der de høyeste konsentrasjonene forekommer i sirkulasjonsperiodene om høsten og våren, jf. tabellen i kapittel 2.3 i Vedlegg 1.

Farsjø er en del av Kragerøvassdraget (også kalt Tokevassdraget eller Drangedalsvassdraget). Oppstrøms Farsjø ligger blant annet innsjøene Toke, Bjorvann og Neslandsvatn som er resipienter for avløpsrenseanleggene Prestestranda RA, Henseid RA, Bostrak RA og Neslandsvatn RA i Drangedal kommune. I tillegg er det en god del spredt avløp i nedbørfeltet og i området rundt Farsjø. Ettersom det i nedbørfeltet til Farsjø er resipienter for avløpsvann, så har det også konsekvens for bestemmelse av vannkvalitetsnivå, jf. Figur 4. Når man skal fastsette vannkvalitetsnivå for kilder med utslipp av avløpsvann, så vil det være enten Cc eller D. Når det gjelder fastsetting av detaljnivå for D, så fastsetter det etter mengden påvist E. coli og parasitter i prøvene.

Det er påvist E. coli i 16 av 40 prøver, men det er kun tre av prøvene (6,7 %) hvor nivået av E. coli er mer enn 10 CFU/100 ml. Dermed er det nivået av parasitter som er avgjørende for bestemmelse av vannkvalitetsnivået.

Den risikobaserte prøvetakingen har ikke inkludert parasitter, da dette er svært omfattende analyser. I stedet benyttes Clostridium perfringens, som er en indikator på om det finnes parasitter i vannet, jf. Folkehelseinstituttets håndbok for innhold i drikkevann [9]. Det er påvist Clostridium perfringens i ca. 30 % av prøvene som er tatt i prøveperioden. Vi har ikke tilstrekkelig grunnlag for å vurdere om parasittinnholdet tilsier vannkvalitetsnivå «Cc» eller nivå «D», men utfra en konservativ tolkning av analyseresultatene har vi valgt å plassere Farsjø i vannkvalitetsnivå «Dc». Det vil si at råvannskvaliteten ikke er tilfredsstillende, og at det er fare for mikrobiell forurensning.

5.3 Nødvendig barrierehøyde (steg 2)

Nødvendig barrierehøyde bestemmes basert på vannkvalitetsnivå og vannverkets størrelse, jf. Figur 5.

Farsjø vannverk har over 10 000 personer tilknyttet. Størrelsen sammen med vannkvalitetsnivået (Dc) til Farsjø gir nødvendig barrierehøyde på 6,0b + 6,0v + 5,0p

Tabell 8 Nødvendig barrierehøyde basert på kvalitet på råvann og vannverkets størrelse

Vannkvalitetsnivå i kilde	Dc
Vannverkets størrelse	> 10.000 personer tilknyttet
Nødvendig barrierehøyde	6,0b + 6,0v + 5,0p

5.4 Kreditt for tiltak i vannkilde og nedbørfeltet (steg 3)

Det kan gis log-kreditt for nye fysiske og restriktive tiltak i innsjøer og nedbørfeltet, samt tiltak for overvåkning av råvannskvalitet.

Ettersom det er flere kommunale renseanlegg oppstrøms i vassdraget, samt spredt avløp i nedbørfeltet til Farsjø, så gis det ingen log-kreditt for reduksjon av forurensningstilførsel.

Nedbørfeltet omfatter et stort geografisk område, blant annet nesten hele Drangedal kommune samt områder i Kragerø. Det vil være begrenset mulighet for å innføre restriksjoner på aktivitet i vannkilde eller nedbørfelt og det er derfor ikke hensyntatt restriksjoner ved vurderingen av log-kreditt.

Sprangsjiktet er kartlagt i forbindelse med prøvetakingen for å kunne plassere inntaket på et dyp som ligger under sprangsjiktet utenom sirkulasjonsperioder. Det gis log-kreditt for dette.

Det er ikke lagt til grunn økt prøvetakingsfrekvens som kan gi log-kreditt.

Vannbehandlingsanlegget bør tilrettelegges med online (sanntid) overvåkning av råvannskvalitet og automatisk avstenging av råvannskvalitet ved overskridelse av grenseverdier.

Summen av log-kreditt for tiltak nevnt ovenfor gir følgende log-kreditt knyttet til nye tiltak i innsjø/nedbørfelt og til overvåkning av råvannskvalitet

Summert log-kreditt knyttet til nye tiltak i innsjø/nedbørfelt og til overvåkning av råvannskvalitet	1,00b + 1,00v + 0,50p
--	-----------------------

Det bør vurderes tiltak i det nære området rundt Farsjø, som restriksjoner på bading, båttrafikk, nybygg (spredt avløp) og lignende, for å redusere faren for forurensning (gir mer log-kreditt). Det kan også vurderes å sanere spredt avløp rundt Farsjø.

5.5 Kreditt for vannbehandling før desinfeksjon (steg 4)

Under gis log-kreditt for tiltak i vannbehandlingsanlegget for partikkelseparering, samt fratrekk i log-kreditt for manglende overvåkningstiltak i vannbehandlingsanlegget.

I denne vurderingen er det tatt utgangspunkt i prosessen som er skissert på flytskjemaet i kapittel 10, det vil si:

- Forbehandling med trykksiler / siler. Dette er en installasjon som ikke gir log-reduksjon, men som er med på å redusere belastning på etterfølgende behandlingstrinn knyttet til «større partikler» o.l.
- Kontinuerlig spykende filter (Dynasand) for fargefjerning og partikkelavskilling.

Vannbehandling prosess 1

Det er tatt utgangspunkt i Dynasand, kontinuerlig spykende filter, hvor maks turbiditet etter sandfiltreringen er mindre enn 0,1 NTU. Det gir en log-kreditt på 2,50b + 2,00v + 2,50p.

Anlegget bør tilrettelegges med online (sanntid) overvåkning av vannkvaliteten i behandlet vann med oppfølgingstiltak ved overskridelser av grenseverdi samt kontinuering overvåkning av strømtilførsel ved bortfall av strømtilførsel. Det er dermed ikke lagt inn fratrekk for manglende driftsovervåkningstiltak.

Log-kreditt for tiltak i vannbehandlingsanlegg med partikkel-separering, inkl. eventuelle fratrekk for brister i driftsovervåkning	2,50b + 2,00v + 2,50p
--	-----------------------

Vannbehandling prosess 2

Det er ikke tatt høyde for andre vannbehandlingstiltak utover sluttdesinfeksjon enn Dynasand (prosess 1). Det gis derfor ingen ekstra log-kreditt.

Log-kreditt for tiltak i vannbehandlingsanlegg med partikkel-separering, inkl. eventuelle fratrekk for brister i driftsovervåkning	0,00b + 0,00v+ 0,00p
--	----------------------

5.6 Kreditt for desinfeksjonstiltak (steg 5)

Det er lagt til grunn at anlegget etableres med UV-anlegg som er typegodkjent i henhold til europeisk norm. Videre er det lagt til grunn stråledose på 40 mJ/cm² bestemt biososmetisk.

Anlegget bør bygges med automatisk stenging av all vannproduksjon, samt alarm og automatisk start av reservedesinfeksjon ved kortvarig doseringsbortfall eller redusert UV-effekt. Grøtvann vannverk samt høydebasseng på nettet vil kunne forsyne abonnentene. Det gis ingen fratrekk for kategori A.

Videre bør anlegget utstyres med tiltak for å redusere risikoen ved bortfall av eller redusert effekt på UV-anlegget (UPS og nødstrømsaggregat), andre dimensjonerende tiltak (inndeling i reaktorer, separate vannmengdemålere, reserve desinfeksjonsanlegg etc.) og andre driftsmessige tiltak, slik at det ikke er nødvendig å gi fratrekk for kategori B, C og D. I forbindelse med byggingen av anlegget må det etableres ny nettstasjon eller eksisterende nettstasjon ved Farsjø må byttes for å kunne gi 400 V-forsyning. Vi har lagt til grunn at det kan dokumenteres god kvalitet på strømforsyningen til anlegget.

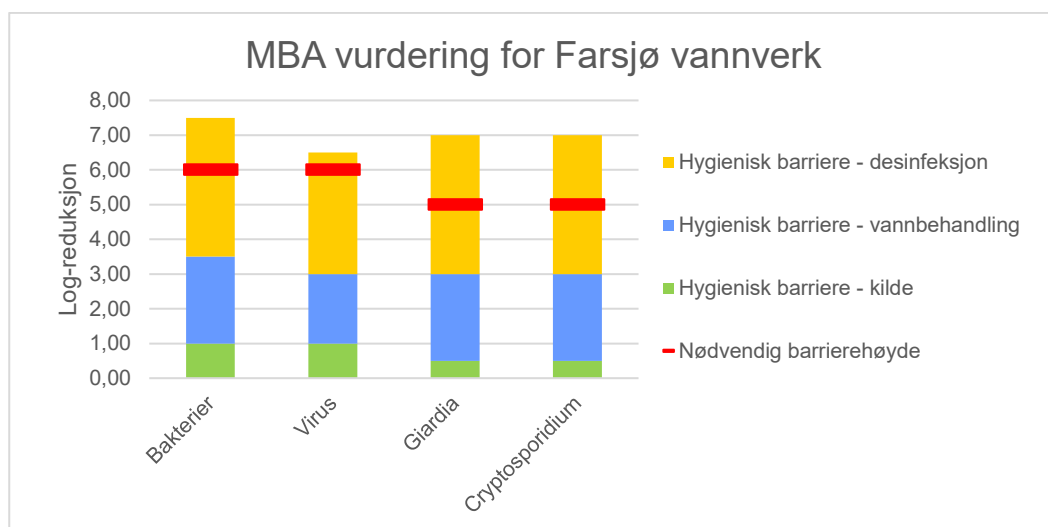
UV-anlegget må dimensjoneres med god kapasitet slik at det er liten risiko for at UV-transmisjonen ligger under kapasitetsdiagrammet.

Samlet gis det ingen fratrekk i log-kreditt for UV-desinfeksjon, forutsatt at anlegget bygges med de nødvendige tiltak.

Log-kreditt for UV-desinfeksjon inkl. fratrekk	4,00b + 3,50v+ 4,00p
--	----------------------

5.7 Total barrierestatus (steg 6)

Farsjø vannverks barrierestatus er positiv med margin på alle parametere (Figur 7). Det vil føre til at vannverket er godt rustet mot potensiell mikrobiell forurensning. Tiltakene ansees som tilstrekkelige. Dette forutsetter at anlegget bygges og utstyres med tiltak som er beskrevet over.



Figur 7 MBA vurdering for Farsjø vannverk

Barriereanalysen omfatter fysiske og kjemiske barrierer i vannforsyningssystemet, inkludert bruk av online (sanntid) overvåkning av behandlet vann og funksjoner som automatisk avstengning. Analysen vurderer imidlertid ikke digital sikkerhet knyttet til IKT- og styringssystemer (SCADA/driftskontroll) som understøtter disse funksjonene. Risiko for hendelser som følge av cyberangrep, uautorisert tilgang eller svikt i digitale systemer, og konsekvenser dette kan ha for overvåking, styring og vannkvalitet, er derfor ikke inkludert.

5.8 Samlet vurdering og konsekvenser for videre prosessvalg

Farsjø er klassifisert i kategori «Dc» som er den kategorien som krever høyest barrieretiltak.

På bakgrunn av gjennomført analyse er det behov for en prosessløsning som kan levere tilstrekkelig samlet hygienisk barrierehøyde mot relevante mikrobiologiske farer. Dette innebærer at vannbehandlingen må bestå av flere uavhengige barrierer med dokumenterbar effekt, slik at krav til hygienisk sikkerhet ivaretas både under normal drift og ved variasjoner i råvannskvalitet.

MBA-en viser videre at hygienisk sikkerhet ikke kan baseres på enkeltbarrierer alene, men forutsetter en kombinasjon av barrierer som samlet gir nødvendig beskyttelse.

Prinsipielt kan tilstrekkelig barrierehøyde oppnås gjennom ulike typer vannbehandlingsprosesser som kombinerer effektiv partikkelfjerning og desinfeksjon, eller tilsvarende prosessoppsett med dokumentert mikrobiologisk barriereeffekt.

Resultatene fra den mikrobielle barriere analysen (MBA) danner grunnlag for videre vurdering av aktuelle vannbehandlingsprosesser og kriterier for prosessvalg, som behandles i kapittel 7.

6 Behov for forbedret vannkvalitet og kapasitet

6.1 Produksjons- og leveringskapasitet

Vannforsyningssystemet skal dimensjoneres slik at det til enhver tid kan levere tilstrekkelige mengder drikkevann til kommunens abonnenter. Dimensjoneringen skal ta høyde for dagens vannforbruk og forventet fremtidig utvikling, samt nødvendige reserver for brannvann og uforutsette hendelser.

Ved etablering av nytt reservevannverk skal anlegget kunne fungere både som supplement til eksisterende vannverk og som selvstendig forsyning ved helt eller delvis bortfall av hovedvannforsyningen.

Anlegget utformes slik at netto vannproduksjon, jf. vedlegg 2, kan opprettholdes også ved bortfall av enkeltkomponenter eller prosesslinjer. Dette stiller krav til redundans og fleksibilitet i både prosessutforming og dimensjonering.

6.2 Leveringssikkerhet og beredskap

Kommunen som vannverkseier skal sikre stabil levering av helsemessig trygt drikkevann i tilstrekkelig mengde og med pålitelig kvalitet, også ved uønskede hendelser, i tråd med kravene i drikkevannsforskriften.

Leveringssikkerheten ivaretas gjennom systematisk risiko- og sårbarhetsanalyse (ROS), forebyggende vedlikehold og kontinuerlig overvåking av kritiske anlegg og prosesser. Beredskapen ivaretas med oppdaterte beredskapsplaner med klare roller, ansvar og varslingsrutiner. Dette innebærer å etablere tilstrekkelig redundans i sentrale funksjoner, herunder reservevannforsyning, nødstrøm og alternative driftsløsninger der dette er relevant, i tråd med anbefalinger fra Norsk Vann og Mattilsynet.

Konkret for vannbehandlingsanlegget betyr det at løsningene må utformes slik at svikt i enkeltkomponenter ikke medfører uakseptabelt bortfall av vannleveranse eller redusert vannkvalitet.

6.3 Ønsket drikkevannskvalitet

Vannet som leveres fra nytt vannbehandlingsanlegg skal tilfredsstillende alle gjeldende kvalitetskrav fastsatt i drikkevannsforskriften, og gi en stabil og forutsigbar vannkvalitet uavhengig av naturlige og sesongmessige variasjoner i råvannskilden og variasjoner i vannforbruk.

Vannet som leveres til distribusjonsnett skal ha tilfredsstillende hygienisk sikkerhet og fremstå som klart, fargeløst og uten sjenerende lukt eller smak. Behandlingen skal sikre lav mikrobiologisk risiko og samtidig begrense innholdet av partikler, organisk stoff og andre komponenter som kan påvirke estetisk kvalitet eller drift og tilstand i ledningsnett.

Vannbehandlingsprosessen skal tilpasses råvannets kvalitet og sårbarhet, og utformes med tilstrekkelige og uavhengige hygieniske barrierer med dokumenterbar effekt. Krav til ønsket drikkevannskvalitet omfatter mikrobiologiske, kjemiske og fysiske parametere, samt driftsmessige forhold som bidrar til god vannkvalitet og stabil drift i distribusjonssystemet.

6.4 Konsekvenser av MBA for vannbehandling

Resultatene fra mikrobiell barriere analyse (MBA) viser at råvannskilden har en mikrobiologisk sårbarhet som krever høy samlet barrierehøyde. Det er svært begrensede muligheter for å etablere barrieretiltak i nedslagsfeltet og i vannkilden. Dette innebærer at hygienisk sikkerhet i hovedsak må ivaretas gjennom vannbehandlingen. Det vil kreve sikringstiltak, utover selve vannbehandlingsprosessen. Sikringstiltakene kan innebære mer automatikk og overvåking av råvannskvaliteten og vannbehandlingsprosessen, samt automatiske stengeventiler for å unngå at det distribueres utrygt vann til abonnentene. I tillegg må det være tilstrekkelig med redundante løsninger.

6.5 Nødvendige behov for vannbehandling

Basert på vurderinger av råvannskvalitet, mikrobiologisk sårbarhet og resultatene fra mikrobiell barriere analyse, er det identifisert følgende overordnede behov som vannbehandlingen må ivareta ved nytt vannbehandlingsanlegg. Beskrivelsen er funksjonsbasert og uavhengig av valg av konkrete prosessløsninger. Konkrete løsninger vurderes nærmere i kapittel 8 og 10.

Behov for hygienisk sikring

Vannbehandlingen må sikre tilstrekkelig reduksjon og/eller inaktivering av relevante mikroorganismer slik at kravene til hygienisk sikkerhet i drikkevannsforskriften oppfylles. Behovet omfatter etablering av flere uavhengige hygieniske barrierer med dokumenterbar og etterprøvbart effekt, i tråd med resultatene fra MBA.

Behov for reduksjon av farge- og partikkelinnhold

Råvannet har moderat til høyt fargetall som følge av naturlig organisk materiale. Vannbehandlingen må derfor ivareta behovet for tilstrekkelig reduksjon av farge og partikler, slik at levert vann oppnår tilfredsstillende estetisk kvalitet og legger til rette for stabil drift og reduserer belastningen på etterfølgende behandlingstrinn og distribusjonsnett.

Behov knyttet til oksygen- og gassforhold

Oksygenmålingene viser at Farsjø har god oksygenmetning i perioder med fullsirkulasjon, mens det i lagdelte perioder oppstår redusert oksygenmetning i dypere vannlag.

Det er vurdert at det er ikke behov for et separat behandlingstrinn for å tilføre luft/oksygen eller avdrive karbondioksid e.l., men oksygenmetningen i vannet bør hensyntas ved plassering av råvannsinntaket.

Behov knyttet til jern og mangan

Det er påvist forhøyede konsentrasjoner av jern i bunnsjiktet av vannforekomsten, ved dybder på ca. 45 meter og dypere. Ved å etablere råvannsinntak i intervallet 25–35 meters dybde viser analyseresultatene at innholdet av jern og mangan i råvannet vil være tilstrekkelig lavt til at egne behandlingstrinn for fjerning av disse stoffene ikke er nødvendig.

Behov for korrosjonskontroll / pH-justering

Analyser av råvannet viser at vannet er surt og potensielt korrosivt. Det vurderes derfor som nødvendig at vannbehandlingen inkluderer tiltak for korrosjonskontroll.

Andre forhold

Kildens beliggenhet og karakter innebærer en potensiell risiko for tilførsel av mikroforurensninger. Det vurderes imidlertid ikke nødvendig å etablere et eget «føre-var»-behandlingstrinn for fjerning av slike stoffer på nåværende tidspunkt. Det anbefales likevel at anlegget prosjekteres med avsatt plass og fleksibilitet for etablering av supplerende behandlingstrinn dersom framtidige krav eller endrede forhold skulle tilsi dette.

6.6 Samlet behov for vannbehandling

Som en overordnet rammebetingelse for prosjektet er det lagt til grunn at anbefalte løsninger for vannbehandling i størst mulig grad bygger på tilsvarende prosessprinsipper og utforming som eksisterende anlegg, der dette er hensiktsmessig.

Samlet sett viser vurderingene i dette kapittelet at det er behov for et vannbehandlingsanlegg som:

- kan levere tilstrekkelig kapasitet under varierende driftssituasjoner
- har høy grad av leveringssikkerhet og robusthet
- sikrer stabil og forskriftsmessig drikkevannskvalitet
- har dokumenterbar hygienisk barriereeffekt i tråd med resultatene fra MBA

Disse overordnede behovene danner grunnlaget for fastsettelse av prinsipper og vurderingskriterier for vannbehandling, som behandles i kapittel 7, og som senere benyttes ved vurdering og sammenligning av aktuelle prosessalternativer

7 Prinsipper for vannbehandling

7.1 Formål og avgrensning

Dette kapittelet beskriver prinsipper og vurderingskriterier for vannbehandling som legges til grunn ved vurdering og sammenligning av aktuelle prosessalternativer. Prinsippene bygger på krav i regelverk, resultatene fra mikrobiell barriere analyse (kapittel 5) og identifiserte behov for kapasitet, forbedret vannkvalitet og leveringssikkerhet (kapittel 6).

Kapittelet omhandler overordnede faglige føringer og inneholder ikke valg eller anbefaling av konkrete prosessløsninger. Slike vurderinger gjøres i kapittel 8.

7.2 Overordnede mål for vannbehandlingen

Det overordnede målet med vannbehandlingen er å sikre levering av helsemessig trygt drikkevann med stabil og forskriftsmessig kvalitet, tilstrekkelig kapasitet og høy leveringssikkerhet.

Vannbehandlingen skal:

- inaktivere eller fjerne relevante mikroorganismer
- fjerne partikler og organisk materiale som kan påvirke vannkvalitet og desinfeksjonseffekt
- tilpasse vannkvaliteten til distribusjonsnettet, herunder redusere korrosivitet
- bidra til robust og forutsigbar drift under varierende råvannsforhold

7.3 Grunnleggende prinsipper for vurdering

Valg av vannbehandlingsprosess skal baseres på en helhetlig vurdering av hygienisk sikkerhet, leveringssikkerhet, vannkvalitet og driftsmessig robusthet.

Mikrobiell barriere analyse viser at hygienisk sikkerhet ikke kan ivaretas gjennom enkeltstående tiltak alene, men forutsetter flere uavhengige barrierer med dokumentert effekt. Samtidig stiller krav til leveringssikkerhet og stabil drift føringer for hvordan prosessene må utformes og kombineres. Dette innebærer at vurdering av vannbehandlingsprosesser må ta hensyn til både teknisk ytelse og systemets samlede robusthet.

På denne bakgrunn legges følgende overordnede prinsipper til grunn ved vurdering av aktuelle vannbehandlingsprosesser:

- hygienisk sikkerhet skal ivaretas gjennom flere uavhengige og dokumenterbare barrierer
- løsningene skal være robuste mot variasjoner i råvannskvalitet og belastning
- prosessene skal være driftssikre og tilpasset kommunens driftsorganisasjon
- løsningene skal kunne dokumentere stabil ytelse og barriereeffekt over tid

Disse prinsippene gjelder uavhengig av valgt teknologi og benyttes som felles vurderingsgrunnlag for sammenligning av prosessalternativer i kapittel 8.

7.4 Prinsipper for hygieniske barrierer og desinfeksjon

Resultatene fra mikrobiell barriere analyse viser behov for høy samlet barrierehøyde. Vannbehandlingen må derfor inneholde flere hygieniske barrierer med dokumentert og etterprøvbar effekt.

Ved vurdering av desinfeksjonsløsninger skal det legges vekt på:

- flere uavhengige hygieniske barrierer
- dokumentert inaktivering og/eller fjerning av relevante mikroorganismer
- stabil barriereeffekt under varierende råvannsforhold

Prosessalternativer som kombinerer effektiv partikkel- og fargefjerning med desinfeksjon gir generelt høyere samlet barriereeffekt enn løsninger som i hovedsak baserer seg på desinfeksjon alene.

7.5 Prinsipper for partikkel- og fargefjerning

Råvannets innhold av partikler og organisk materiale kan påvirke både estetisk vannkvalitet og effektiviteten av desinfeksjonsprosesser. Vannbehandlingen må derfor inkludere prosesstrinn som bidrar til tilstrekkelig reduksjon av partikler og farge.

Ved vurdering av aktuelle prosesser skal det legges vekt på:

- stabil renseseffekt under varierende råvannsforhold
- bidrag til forbedret hygienisk sikkerhet
- driftsmessig robusthet og forutsigbarhet
- håndtering av restprodukter som slam og spylevann

7.6 Prinsipper for korrosjonskontroll

Vannbehandlingen skal tilpasses slik at levert vann har egenskaper som reduserer risiko for korrosjon i distribusjonsnettet. Dette innebærer at pH, alkalitet og øvrige relevante parametere må justeres til et nivå som gir god materialbeskyttelse.

Ved vurdering av løsninger for korrosjonskontroll skal det legges vekt på:

- dokumentert effekt på vannkjemi
- stabil drift over tid
- enkel regulering og kontroll
- begrensede negative bieffekter på øvrige prosessstrinn

7.7 Robusthet, fleksibilitet og fremtidige behov

Ved vurdering av vannbehandlingsprosesser skal det legges vekt på løsningenes robusthet og driftssikkerhet under varierende råvanns- og driftsforhold. For råvannskilder med naturlige og sesongmessige variasjoner i vannkvalitet innebærer dette at prosessene må kunne håndtere endringer blant annet i fargetall, turbiditet og innhold av organisk materiale uten at dette påvirker hygienisk sikkerhet eller levert vannkvalitet.

Videre skal vannbehandlingsanlegget ha tilstrekkelig hydraulisk fleksibilitet til å håndtere store variasjoner i behandlet vannmengde. Dette omfatter evne til stabil drift både ved lav belastning og ved høye vannmengder, uten redusert prosessytelse eller økt driftsrisiko.

Ved vurdering av prosessalternativer skal det derfor legges vekt på:

- regulerbar og fleksibel kapasitet
- stabil ytelse over et variert produksjonsvolum
- begrenset sårbarhet for raske endringer i råvannskvalitet

7.8 Andre driftsmessige forhold

Ved vurdering av vannbehandlingsprosesser skal det også tas hensyn til:

- mengden spylevann som kreves under drift (relevant både med tanke på vannforbruk, størrelse på rentvannsbasseng og mengde spylevann som må håndteres)
- bruk av kjemikalier
- opplevd vannkvalitet for abonnentene
- vedlikeholdskostnader
- tilgang på reservekomponenter
- energibehov
- slamhåndtering

7.9 Sammenheng mot vurderte prosessalternativer

Prinsippene og kriteriene som er beskrevet i dette kapittelet legges til grunn for vurdering og sammenligning av aktuelle prosessalternativer i kapittel 8 og 10.

8 Vurderte prosessalternativer

8.1 Innledning og metode for vurdering

I dette kapittelet vurderes aktuelle prosessalternativer for vannbehandling i tråd med prinsipper og vurderingskriterier fastsatt i kapittel 7.

Vurderingene omfatter både hovedprosesser og eventuelle supplerende prosesser som kan bidra til stabil vannkvalitet og sikker drift over tid. Resultatene danner grunnlag for sammenligning av to aktuelle prosessløsninger, som sammenfattes i kapittel 10.

Som en del av forprosjektet er det gjennomført befaringer ved utvalgte vannbehandlingsanlegg, supplert med erfaringer fra tidligere utredninger. Disse erfaringene benyttes som støtte i vurderingen av prosessalternativer og er nærmere beskrevet i kapittel 9 I tillegg er det gjennomført møte med aktuelle prosessleverandører for å få innspill til vurderingene.

8.2 Tidligere utredninger

I forrige fase av prosjektet ble det gjort en bred kartlegging av aktuelle vannbehandlingsprosesser for råvann fra Farsjø.

Følgende prosessalternativer ble da vurdert:

- Fjerning av farge og partikler:
 - Kontinuerlig spykende filter (Dynasand)
 - Moldeprosess
 - Membranfiltrering (nanofiltrering)
 - Konfesjonell filtrering
- Korrosjonskontroll:
 - Vannglass
 - Alkalisk filter
- Inaktivering av mikroorganismer/desinfeksjon
 - UV-desinfeksjon
 - Klorering
 - Ozonering

8.3 Oversikt over vurderte prosessalternativer

Som del av dette forprosjektet er det, basert på gjennomførte befaringer og erfaringer fra tidligere utredninger, vurdert ulike prosessalternativer for vannbehandling og tilhørende slambehandling.

Det er videre lagt til grunn et overordnet premiss at anbefalte løsninger i størst mulig grad skal ha tilsvarende prosessprinsipper og utforming som dagens anlegg.

Det er i det etterfølgende vurdert:

- En fullrenseprosess av typen Moldeprosess med bruk av jernklorid som fellingskjemikalium
- En fullrenseprosess basert på kontinuerlige selvspykende filter av typen Dynasand med bruk av aluminium som fellingskjemikalium
- Ozon og biofilterprosess
- Membranfiltrering (nanofiltrering)

Etter befaring på Seljord vannverk er felling på ultramembraner, som blant annet brukes ved Seljord vannverk og Moelv vannverk, vurdert som lite aktuell. Dette skyldes blant annet behovet for bruk av flere ulike kjemikalier for å få prosessen til å drives optimalt.

For korrosjonskontroll er både bruk av marmorfiltre og vannglass vurdert.

8.4 Fjerning av farge og partikler

Farsjø har moderat/høyt fargetall. Det skyldes at vannet inneholder mye organiske materialer som gir vannet farge. Effektiv fjerning av farge og partikler vurderes som et sentralt element i vannbehandlingen, både for å sikre estetisk vannkvalitet og for å redusere belastningen på hygieniske barrierer.

Farge kan fjernes på forskjellige måter, også avhengig av hvilken størrelsesorden fargen opererer på.

- Kjemisk felling med koagulant (ofte jern eller aluminium) og eventuelt supplert med en hjelpekoagulant (ofte polymer), og avskilling ofte i filter, sedimentering eller flotasjon eller en kombinasjon av disse, er mye brukte løsninger.
- Membranteknologi enten som felling på membraner eller som ultra- / nanomembraner uten felling er en vanlig teknologi.
- Ozonering og filtrering uten kjemikalietilsetning er også en mulig løsning, men der er det ofte utfordrende å få gode resultater dersom fargetallet overstiger ca. 50 NTU.

Fargefjerningen vil normalt inngå som en del av den hygieniske barrieren ved anlegget.

8.4.1 Koagulering og filtrering ved direktefiltrering/kontaktfiltrering

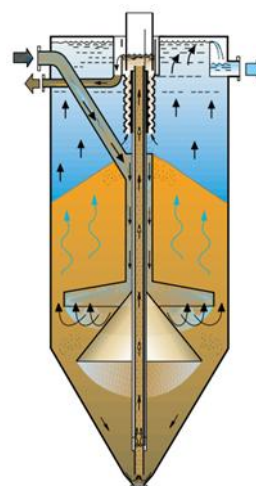
Kontinuerlig spykende filter

Dagens anlegg i Kragerø kommune har kontinuerlig spykende filter for farge- og partikkelfjerning med aluminiumbasert fellingskjemikalie, såkalte Dynasandfilter. Dette er en type oppstrøms sandfilter, der sanden alltid er i bevegelse. Fellingskjemikaliet, som tilsettes i forkant av filterne, gjør at det dannes større fnokker av partiklene og humusen i råvannet, som lettere lar seg fjerne i filteret. Metoden fungerer godt for fjerning av høye fargetall.

Figur 8 viser en typisk oppbygning av filteret. Vannet beveger seg nedenfra og opp, sanden beveger seg motsatt vei.

Kontinuerlig spykende filter kan kombineres med en aluminiumbasert fellingskjemikalie eller en jernbasert fellingskjemikalie. I Farsjø er det tidvis påvist aluminiumverdier over grenseverdi i drikkevannsforskriften, men det er ikke et kjent problem å felle med aluminiumbasert fellingskjemikalie for råvann med aluminium. Erfaringsmessig fjernes dette i prosessen.

Det er mulig å sette noen av filterne ut av drift i lavsesong, men de må vaskes for å unngå begroing.



Figur 8 Typisk oppbygning av kontinuerlig spykende filter [12]

Vurdering:

Det vurderes at kontinuerlig selvspykende filtre (type Dynasand) er en egnet prosessløsning for vannbehandlingsanlegget, men det må stilles strenge krav til prosessleverandøren som bør gis i en prosessgaranti når det gjelder redundans, faktisk kapasitet, sandflukt, mekanisk slitasje og krav til restmetallinnhold etc.

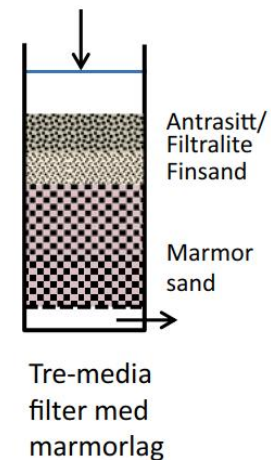
Moldeprosess

Moldeprosessen er metode bestående av direktefiltrering med et tre-media filter kombinert med partikkelfjerning og korrosjonskontroll.

Figur 9 viser en typisk oppbygning av filteret. Både antrasitt og filtralite kan være aktuelle å benytte i det øverste laget, avhengig av råvannskvaliteten. Det nederste laget, bestående av marmorsand, fungerer som korrosjonskontroll. Denne delen av filteret har også en viss effekt på fjerning av jern.

Fordelene og ulempene med Moldeprosess er lignende de for kontinuerlig spykende filter. Moldeprosess gir mer kapasitet og er mindre plasskrevende, men krever jevnlig tilbakespyling av filterene og en modningsperiode i etterkant, til forskjell fra kontinuerlig spykende filter. Det må i større grad planlegges god rulling mellom filterene slik at ikke alle er i modningsfase eller spyling samtidig. Enkelt forklart; et høyt fargetall og større vannmengder krever oftere spyling av filteret.

Det er på lik linje som for kontinuerlig spykende filter, også mulig å sette noen av filterene ut av drift i lavsesong. Det vil kreve vasking for å unngå begroing.



Figur 9 Typisk oppbygning av tre-media filter (Moldeprosess) [Figur 4.12 [10]]

Vurdering:

Det vurderes at Moldeprosess er en egnet prosessløsning for vannbehandlingsanlegget, men det vil kreve tett oppfølging ved tilsetning av fellingskjemikalie og spyleprosessen ved varierende vannkvalitet i Farsjø.

Moldeprosess krever bruk av jernkloridsulfat som fellingskjemikalie. Jernkloridsulfat er sterkt etsende og korrosivt. Dette krever god ventilasjon for å unngå at jernkloriden gir rask rustfarging/misfarging av gulv, vegger og utstyr i rommet. Søl i form av utette rørdeler kan også raskt gi rustfarging/misfarging i anlegget.

8.4.2 Membranfiltrering (nanofiltrering)

Membranfiltrering er et alternativ for fjerning av partikler, mikroorganismer og humus, og kan gi svært stabil vannkvalitet. For råvann av denne typen forutsetter membranfiltrering normalt forbehandling, eksempelvis i form av mekanisk siling eller trykksiler, for å redusere belastningen på membranene.

Membranløsninger kan ha høy investerings- og driftskostnad, og er samtidig følsomme for variasjoner i råvannskvalitet og kjemisk sammensetning.

Vurdering:

Det vurderes at membranfiltrering er en egnet prosessløsning for denne råvannskilden etter forutgående mekanisk siling / trykksiler. Også her må det stilles strenge krav til prosessleverandøren som en prosessgaranti når det gjelder redundans, faktisk kapasitet, membranslitasje, bruk av vaskemidler etc.

8.5 Korrosjonskontroll

Korrosjonskontroll skal forhindre korrosjon på vannledninger og armatur, og dermed øke levetiden på ledningsnettet og forhindre lekkasjer. Plastledninger, som utgjør en betydelig andel av ledningsnettet i Kragerø kommune er generelt mindre utsatt for korrosjon enn metalliske rørmaterialer som eksempelvis duktilt støpejern. Likevel er korrosjonskontroll nødvendig, spesielt på grunn av at en del av hovedvannledningen mellom Grøtvann og sentrum fortsatt er i støpejern og fordi det kan være en betydelig andel stikkledninger av andre materialer enn plast.

Drikkevannsforskriften har ikke lenger grenseverdier for kalsium og alkalitet, men forskriften stiller krav om at vannet ikke skal være korrosivt.

Basert på utredningene i forrige fase, erfaringer fra lignende anlegg og fra Grøtvann vannbehandlingsanlegg har Sweco og Kragerø kommune vurdert følgende prosessalternativer som mest aktuelle å utrede videre i denne fasen.

8.5.1 Vannglass

Vannglass (natriumsilikat) fungerer ved at det dannes et silikatbelegg på innsiden av vannledningene som beskytter mot korrosjon. Belegget legger seg over eksisterende korrosjonsprodukter på metallet og er selvbegrensende, det vil si at det ikke øker i tykkelse over tid. Dersom doseringen av vannglass opphører, vil belegget gradvis forsvinne. Dette er til forskjell fra korrosjonskontroll der en øker kalsium og alkalitet i vannet, såkalt karbonatisering.

Silikat vil i tillegg binde og løse opp rust og organiske stoffer i ledningsnett, noe som bidrar til å fjerne belegg og avsetninger. Dette gir renere rør, bedre hydraulisk kapasitet og reduserer behovet for spyling og vedlikehold.

Vannglass er en rimelig og plassbesparende metode. Det kreves en lagertank for glass som settes varmt slik at ikke vannglasset krystalliserer seg, minst 20 °C. Tanken bygges i PE og bør ha et volum på minst ca. 20 m³. Ved vannglasstanken plasseres en doseringsskap med minst to parallelle redundante pumper.

For at vannglass skal fungere, bør ikke innholdet av CO₂ eller kalsium i vannet være for høyt. Normalt er ikke dette et problem i overflatekilder, og analyseresultatene for Farsjø viser lavt innhold av kalsium. Det anbefales likevel at vannglass testes ut på råvannet før endelig valg av metode. Det kan også være hensiktsmessig gradvis å øke doseringen dersom man velger vannglass som korrosjonsinhibitor.

Vurdering:

Det er vurdert at bruk av vannglass er en metode som kan forsvares å bruke som korrosjonskontroll ved anlegget.

8.5.2 Alkalisk filter

Et alkalisk filter er et marmorfilter som øker kalsium, pH og alkaliteten i vannet. Ved valg av Moldeprosessen for farge- og partikkelfjerning vil det alkaliske filteret være integrert i prosessen.

Alkalisk filter kan også benyttes som et separat trinn for korrosjonskontroll etter filtrering for farge- og partikkelfjerning. For å oppnå best mulig effekt kombineres løsningen ofte med CO₂-dosering i forkant av det alkaliske filteret. Ved eventuell redusert funksjonalitet eller svikt i forutgående prosesser for farge- og partikkelfjerning vil det alkaliske filteret kunne tilbakeholde rester av partikler, som utfelt jern, og fellingskjemikalier i vannet. En slik belastning vil imidlertid medføre behov for hyppigere spyling av filterene.

Metoden er en dyrere løsning enn vannglassdosering, men det er flere erfaringer med bruk av alkaliske filter på større anlegg enn med vannglassdosering. En ulempe ved alkaliske filter er at det krever en del oppholdstid og at det kan være utfordringer ved store variasjoner i vannkvaliteten. Alderen på filtermassen kan også påvirke.

Vurdering:

Det er vurdert at et alkalisk filter kan benyttes som korrosjonskontroll i anlegget, og at det samtidig kan bidra til reduksjon av eventuell restturbiditet og metallrest i vannet. Det må vurderes nærmere om anlegget også bør være utrustet med CO₂-dosering og natronlut som reserveløsning, for å kunne oppnå

optimale nivåer av pH, alkalitet og kalsiuminnhold i det behandlede vannet. Dette gjør denne prosessløsningen dyrere enn korrosjonskontroll basert på vannglass.

I og med at dagens anlegg har vannglass, bør man være oppmerksom på at en eventuell endring til alkalisk filter vil kunne medføre driftsutfordringer og reaksjoner fra abonnentene inntil vannkjemien har stabilisert seg i ledningsnettet. Det samme kan være aktuelt dersom man velger alkalisk filter på det nye anlegget, men beholder vannglass på Grøtvann VBA.

8.6 Hygieniske barrierer og desinfeksjon

MBA-en viser at råvannskilden krever høy samlet barriereeffekt, og at hygienisk sikkerhet i hovedsak må ivaretas gjennom vannbehandlingen.

Ettersom Farsjø er en overflatekilde stilles det krav om UV som sluttdesinfeksjon for å sikre inaktivering av parasitter. UV-bestråling er avhengig av et klart vann for å ha best mulig virkningsgrad og derfor er fargefjerning også viktig med tanke på denne prosessen. Det bør også være en form for reservedesinfeksjon, eksempelvis klorering.

Ozonering krever etterfølgende filter for å fjerne restozon og vil derfor kreve mer plass. I tillegg er ozon mer krevende å drifte og er derfor ikke vurdert som aktuell som et rent desinfeksjonstrinn.

8.6.1 UV-bestråling

UV-bestråling skal være en del av desinfeksjonsprosessen. UV-anleggene skal være biodosimetrisk og typegodkjent etter europeisk norm. Det må legges opp til minst to uavhengige linjer for UV-bestråling, der begge linjene har 100 % kapasitet i forhold til maksimal vannleveranse med dårligste vannkvalitet. Tilfredsstillende rengjøringsrutiner, lager med kritiske reservedeler og automatisk avstenging ved alarmer vil være med å heve barrierehøyden til vannbehandlingsanlegget sammen med UV-bestrålingen.

8.6.2 Klor

Klorering har vært en sentral del av norsk vannbehandling i flere tiår og er fortsatt svært aktuell. I dag benyttes klor fortrinnsvis som natriumhypokloritt, som leveres som en flytende løsning med en konsentrasjon på om lag 15 %. Denne fortynnes ofte til ca. 2 til 4 % konsentrasjonsløsning før dosering og doseres ofte i små mengder som tillegg til UV-desinfeksjonen. Det anbefales at det legges til rette for bruk av natriumhypokloritt som leveres som 15 % løsning og som fortynnes og doseres lokalt som 2 % eller tilsvarende.

Produktet må lagres kjølig, men er et betydelig mer håndterbart alternativ enn for eksempel klorgass og kalsiumhypokloritt, som var vanligere tidligere.

8.6.3 Vurdering desinfeksjon

Det vurderes at det ikke er noen aktuelle alternative desinfeksjonsmetoder enn UV-bestråling og klor. Dette gjelder da UV-bestråling som hoveddesinfeksjon og med klor som supplement, enten ved konstant dosering eller som nødklor.

8.7 Supplerende prosesser

8.7.1 Trykksiler

Mange vannverk erfarer at det kan være hensiktsmessig å installere mekanisk siling inn på etterfølgende prosesstrinn for å redusere belastningen på disse og for å få ut mekanisk avskilt slam så tidlig i prosessen som mulig.

Partikler fjernes normalt mekanisk i siler med ulik spalte- eller poreåpning. Normalt er det en fordel å ha dette som installasjon helt ved innløpet til anlegget for blant annet å hindre fisk, yngel, og partikler fra å komme inn i selve vannbehandlingsprosessen. Silene kan være trykksatte og ikke trykksatte. Normalt kan en trykksil på eksempelvis 300 my være aktuelt å sette som partikkelavskilling.

Vurdering:

Sweco vurderer at dette bør vurderes implementert også på dette anlegget.

8.7.2 Kullfilter

Kullfilter er en mulighet som et tillegg til resterende prosess hvis det skulle være nødvendig. NRVA, Bleksli VV (Nesodden) og Vansjø VV er vannverk med krevende råvann og kilder som er sterkt påvirket, og som har kullfilter som et sentralt element i sin vannbehandling for å rense mot blant annet miljøgifter og for å unngå lukt og smak på vannet knyttet til algeoppblomstring eller lignende. Noen vannverk har det mer som en ekstra sikkerhet basert på råvannskildens beliggenhet, eksempelvis Lille Erte VBA.

Adsorpsjon på aktivt kull kan benyttes etter filtreringsprosessen for å adsorbere både naturlig dannede organiske mikroforurensninger og syntetisk dannede organiske mikroforurensninger, eksempler på dette kan være legemiddelrester. I tillegg kan kullfilter forbedre lukt og smak. UV-anlegg bør plasseres etter kullfilter.

Vurdering:

Med beliggenheten av råvannskilden og fare for ekstern påvirkning anbefales det at det legges til rette for å kunne etterbygge dette, men det vurderes på det nåværende tidspunkt ikke nødvendig å ta det inn i hovedbestykningen.

8.8 Slambehandling / slamhåndtering

Filtreringsprosesser, som fjerning av farge og partikler, vil generere slam. Normalt håndteres dette gjennom en egen prosess på vannbehandlingsanlegget, slik som ved dagens anlegg, eller ved påslipp til kommunalt avløpsnett etter varierende omfang av forutgående behandling ved vannbehandlingsanlegget.

Vurdering:

Basert på at det ikke er noe «utømmelig» spillvannsnett som kan ta imot spyleslammet fra anlegget kontinuerlig, så må det inn slamhåndtering / slambehandling på vannbehandlingsanlegget som skal etableres. Enkleste mulighet som vurderes, er kun fordrøyning / utjevning av spyleslammet. Spillvannsnettet og nedstrøms renseanlegg vurderes heller ikke her egnet til å ta dette imot.

Neste trinn da er å fortykke spyleslammet og returnere klarfasen i vannbehandlingsprosessen og tilføre det fortykkede spyleslammet til spillvannsnettet. Også en slik løsning har utfordringer gjennom fare for akkumulering av spyleslam i spillvannsnettet.

Neste trinn blir da avvanning av det fortykkede spyleslammet slik det i dag gjøres på dagens Grøtvann VBA og som kommunen har gode erfaringer med. Det er dermed nærliggende å installere slamavvanning også ved det nye anlegget. Rejktvannet bør vurderes å bli overført til spillvannsnettet. Dersom det ikke gjøres, må det etableres en lokal løsning for å håndtere dette. Her må man da forvente at det må søkes om utslippstillatelse, og at det gjennom en slik prosess kan komme begrensninger til rejktvannet.

9 Erfaringer fra andre anlegg

Det er gjennomført befaringer ved flere vannbehandlingsanlegg med formål å innhente relevant erfaring fra bygging og drift. Følgende vannverk er besøkt.

Notodden VBA

Notodden VBA ble bygget i 2007 med Moldeprosess og UV. Anlegget eies og driftes av Notodden kommune. Råvannet hentes fra Kloumannsjøen som er en innsjø i Tinn-vassdraget. Anlegget har en dimensjonerende kapasitet på 13 000 m³/døgn. Hensikten med befaringen var å se en annen anleggstype med direktefiltering, der korrosjonskontrollen er integrert i avskillingstrinnet, bruk av jernklorid til felling og der filtrere har diskontinuerlig drift.

Røysjø VBA

Røysjø vannbehandlingsanlegg eies av Glitrevannverket og er et av fire vannbehandlingsanlegg som forsyner Drammensregionen. Anlegget ble bygget i 1960 og sist oppgradert i 2017. Vannbehandlingen består av forbehandling gjennom trykksiler (Bernoulli-siler), UV, marmorfilter for partikkelavskilling og korrosjonskontroll samt klor. Råvannet hentes fra Røysjø, som er en godt beskyttet kilde sør for Drammen. Anlegget har en kapasitet på opptil 160 l/s. Hensikten med befaringen til dette vannbehandlingsanlegget var i hovedsak å se funksjonaliteten av trykksiler som forbehandling og drift av et marmorfilter, riktignok bygd oppstrøms som ikke er «dagens måte» å bygge dette på.

Årnes VBA

Årnes vannbehandlingsanlegg er et privat andelsvannverk som forsyner store deler av av Nes kommune på Romerike. Vannbehandlingen består av kontinuerlig spykende sandfilter (Dynasand), felling med aluminiumklorid og bruk av mikronisert marmor som en del av korrosjonskontrollen og for å bygge fnokker. Anlegget har full slambehandling. Råvannet hentes fra Dragsjøen som er en innsjø sør for Årnes. Hensikten med befaringen var å se et annet anlegg med Dynasand-filter enn Grøtvann, hvor det brukes mikronisert marmor der Grøtvann benytter natronlut.

Asak VBA

Asak VBA er bygd som alternativ vannforsyning for Halden kommune og er reserve for Lille Erte vannbehandlingsanlegg. Lille Erte VBA ble bygd først og er et fullrenseanlegg basert på Moldeprosess og etterfølgende aktiv-kullfilter-anlegg. Ved valg av prosess ble det vektlagt at prosessløsningen skulle være en annen enn ved det andre hovedvannverket og da gjerne uten bruk av fellingskjemikalier. Dette gjorde at Halden kommune falt ned på å velg membranfiltrering (nanofiltrering) som sin hovedløsning. Hensikten med befaringen var i stor grad å få sett et relativt nybygd anlegg med en prosessutbyggingsprosess (i totalentreprise) som ikke er så vanlig, og et anlegg som ikke bruker kjemikalier på samme måte som på Grøtvann.

Tidligere befaringer

I tillegg anleggene over ble det gjennomført et besøk på Seljord VBA i mars 2024. Seljord VBA er bygd med felling på ultramembraner og henter råvannet sitt fra innsjøen Seljordsvannet som er en del av Seljord/Bø-vassdraget. Felling skjer ved bruk av jernkloridsulfat. Hensikten med befaringen var å få erfaringer fra bruk av felling på ultramembraner.

Oppsummering av erfaring

Ingen av de besøkte vannverkseierne oppfattes å «angre» på de prosess tekniske valg de har gjort ved sine vannbehandlingsanlegg, men man gjør ikke valg som bare har positive sider. Alle aktuelle prosessløsninger har forhold ved seg som kan oppfattes negativt eller krevende.

Befaringene avdekket like fullt at en løsning med felling med jernklorid som Notodden VBA og Seljord VBA ikke er ønskelig på grunn av at dette gir lav pH og utfordrende utseende i anlegget.

Videre sammenligning mellom Dynasand-filterløsningen og membranfiltrering følger i i neste kapittel.

10 Sammenligning av to aktuelle prosessløsninger og innspill til valg av prosessløsning

10.1 Innledning

Dette kapittelet inneholder sammenligning av vurderte prosessalternativer (2 stk.) og sammenfatter hovedprinsippene for vannbehandling, basert på en løsning som i stor grad tilsvarer dagens løsning ved Grøtvann VBA.

Det er foreløpig ikke laget noe romprogram for et nytt vannbehandlingsanlegg, men det bør prioriteres for å avklare endelig volum- og arealbehov.

10.2 Sammenstilling av fordeler og ulemper

Det er foretatt en sammenstilling av hva som er positivt for alternativene, hva som er nøytralt og hva som er negativt. Sammenligningen er gjort mellom bruk av direktefiltrering i kontinuerlige Dynasand-filtre (som dagens løsning) og membranfiltrering slik Asak VBA i Halden har bygget ut.

Følgende er lagt til grunn for vurderingen av positivt, nøytralt og negativt:

Positivt for alternativet	Nøytralt for alternativet	Negativt for alternativet
Forhold som er bedre for dette alternativet enn det andre	Forhold som er like for begge alternativene	Forhold som dårligere for dette alternativet enn det andre

Parameter / del av anlegget	Dynasand		Membranfiltrering	
Overordnede rammebetingelser				
Lik prosess som dagens anlegg		Grøtvann VBA har Dynasand-filtre som sin direktefiltreringsløsning. Det gjør prosessen kjent for driftspersonell og gir fordeler ved at kjemikalier, reservedeler etc. kan brukes på begge anleggene.		Kragerø kommune har ikke anlegg med membranfiltrering. Det vil derfor være ny prosess for driftspersonell å sette seg inn i og det vil ikke gi samme mulighet for bruk av reservedeler på tvers av anlegg.
Hygienisk barriere og desinfeksjon				
Fungerer som hygienisk barriere		Det er dokumentert at Dynasand fungerer som en hygienisk barriere forutsatt at turbiditeten i vannet er under 0,1 FNU.		Det er dokumentert at membranfilter fungerer som en hygienisk barriere forutsatt at turbiditeten i vannet er under 0,1 FNU.
Dokumentert inaktivering og/eller fjerning av mikroorganismer		Det er dokumentert at Dynasand inaktiverer og fjerner mikroorganismer forutsatt at turbiditeten i vannet er under 0,1 FNU.		Det er dokumentert at membranfilter inaktiverer og fjerner mikroorganismer forutsatt at turbiditeten i vannet er under 0,1 FNU.

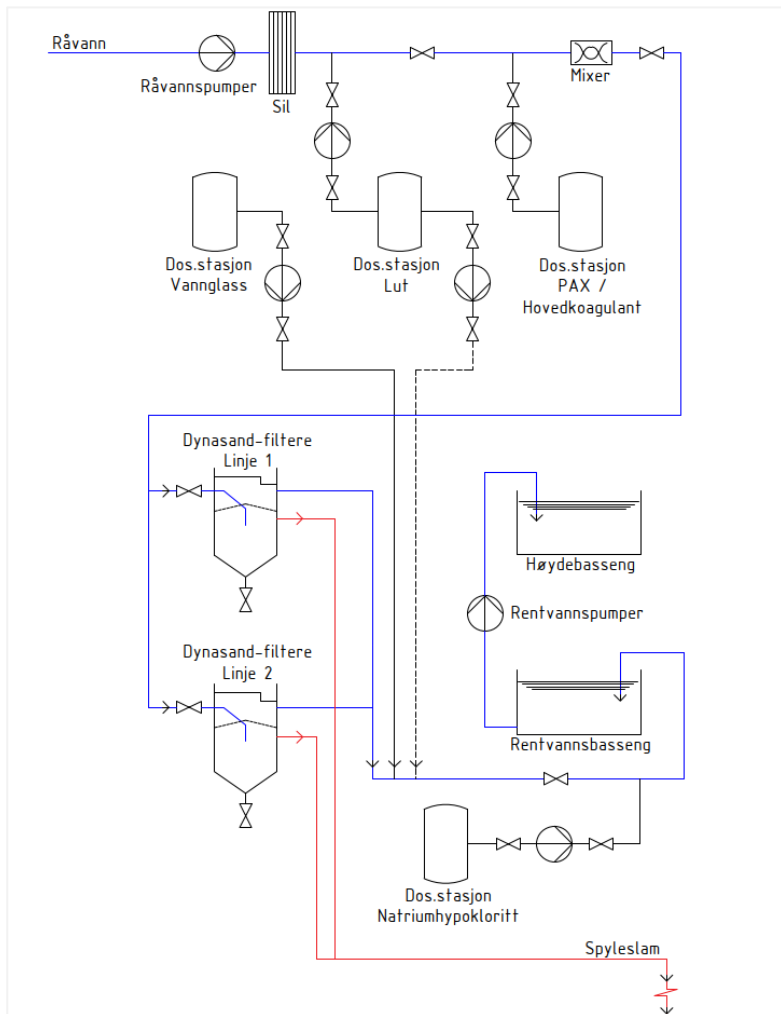
Parameter / del av anlegget	Dynasand		Membranfiltrering	
Stabil barriereeffekt under varierende råvannsforhold		Ved optimalt og normal drift er det godt barriere effekt. Kritiske forhold er ikke-optimal dosering av hovedkoagulant.		Ved normal og optimal drift er det god barriereeffekt. Membraner må overvåkes grundig slik at et evt. havari av en membran oppdages raskt og membranen / membranriggen tas ut av produksjon.
Fjerning av farge og partikler				
Stabil renseeffekt under varierende råvannsforhold		Med sikker drift skal begge prosessløsninger svare ut dette.		Med sikker drift skal begge prosessløsninger svare ut dette.
Bidrag til forbedret hygienisk sikkerhet		Ingen av prosessene har noe spesifikt fortrinn her.		Ingen av prosessene har noe spesifikt fortrinn her.
Driftsmessig robusthet og forutsigbarhet		Med sikker drift skal begge prosessløsninger svare ut dette.		Med sikker drift skal begge prosessløsninger svare ut dette.
Håndtering av restprodukter som slam og spyleslam		Rester av fellingskjemikalie i slam. Slammet må håndteres særskilt som å overføres til renseanlegg.		Ingen kjemikalier, men like fullt kan det ikke slippes direkte ut i naturen og må håndteres særskilt. Genererer mer slam enn Dynasand.
Korrosjonskontroll				
Løsningen bidrar til korrosjonskontroll		Ingen av prosessene bidrar inn i korrosjonskontrollen. Den må etableres ekstra.		Ingen av prosessene bidrar inn i korrosjonskontrollen. Den må etableres ekstra.
Robusthet, fleksibilitet og fremtidige behov				
Regulerbar og fleksibel kapasitet		Dynasand kan settes ut av drift over kortere og lengre perioder uten at filtermediet ødelegges. Kortere stans (2-7 dager) krever vasking med rent vann. Ved lengre stans må filtrene desinfiseres.		Membran har begrensninger i hvor lenge de kan være ute av drift (ca. 6 timer). Hvis det går lengre tid, blir membranene ødelagt og de må da byttes.
Stabil ytelse over et variert produksjonsvolum		Ingen av prosessene har noe spesifikt fortrinn her.		Ingen av prosessene har noe spesifikt fortrinn her.
Sårbarhet for raske endringer i råvannskvalitet		Ingen av prosessene har noe spesifikt fortrinn her.		Ingen av prosessene har noe spesifikt fortrinn her.
Andre driftsmessige forhold				
Mengde spylevann		Krever kontinuerlig spylevann (rent vann)		Mindre mengde spylevann enn Dynasand
Bruk av kjemikalier		Må bruke fortrinnsvis aluminiumsulfat til felling, polymer i slambehandlingen, natronlut for pH-justering, vannglass for korrosjonskontroll og nødklor til desinfeksjon.		Må bruke vaskemidler til større vaskeprosess ellers vannglass for korrosjonskontroll og nødklor til desinfeksjon. Generelt brukes det mindre kjemikalier her enn på en fullrenseprosess.
Bruk av energi		Det krever relativt lite energi å drifte vannbehandlingsprosessen.		Det må brukes mye energi å presse vannet gjennom membranene.

Parameter / del av anlegget	Dynasand		Membranfiltrering	
Opplevd vannkvalitet for abonnenter		Normalt ingen reaksjoner på lukt eller smak.		En del anleggseiere rapporterer om at drikkevannet kan oppleves «syntetisk»
Vedlikeholdskostnader		Lite slitedeler og derfor mindre behov for vedlikeholdskostnader.		Dyrt å bytte membraner, må normalt byttes minimum hvert 8 år.
Tilgang på reservekomponenter		Lite spesielle komponenter.		Membraner er ferskvare, lang leveringstid.

10.3 Innspill til skisseløsning for vann- og slambehandling

Basert på kapittel 8 er det mulig å legge til grunn en vann- og slambehandlingsløsning som er vist på flytskjemaene nedenfor for henholdsvis vannfasen og slamfasen.

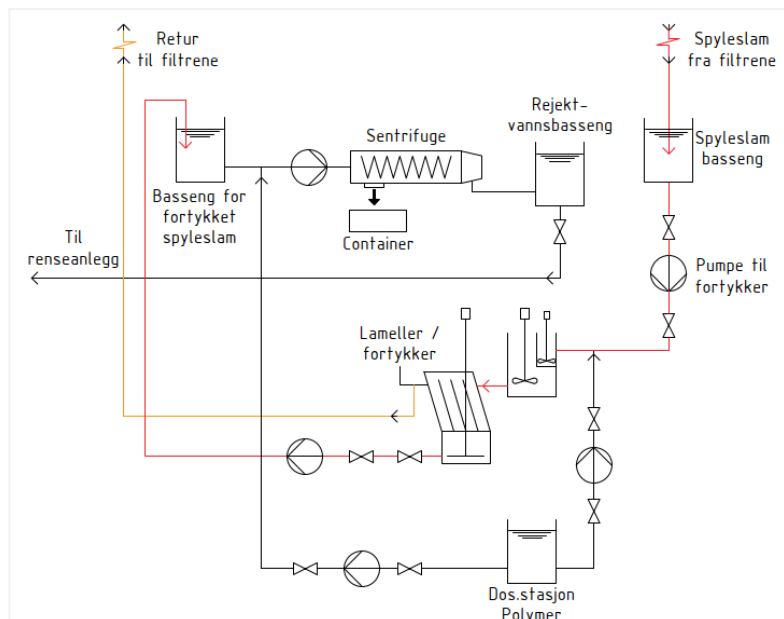
Flytskjema for vannfasen¹



Figur 10 Flytskjema for vannfasen

¹ Flytskjemaet er basert på vannglass som korrosjonskontroll.

Flytskjema for slamfasen



Figur 11 Flytskjema for slamfasen

Ved videre prosjektering bør det sees på en løsning der vaskevannet kan føres til vannfasen for gjenbruk.

10.4 Forutsetninger for videre prosjektering

For å gå videre til prosjektering, må hovedtrekkene i valgt prosessløsning fastlegges. Det må være et særlig fokus på å velge korrosjonskontrollprosess og bestemme hvor omfattende slambehandling som er nødvendig. Deretter må det være en detaljert dialog med Sulzer/Nordic Water for å avklare deres leveranseomfang og hvilke funksjonskrav / prosessgarantier som kan stilles i deres leveranse. Ytterligere prosessstrinn må detaljspesifiseres med redundans, teknisk løsning etc.

11 Dimensjonering av prosessanlegget

11.1 Generelt

Det er i kapittel 6 anbefalt at netto dimensjonerende vannproduksjon, det vil si den vannmengden anlegget til enhver tid skal kunne levere ut på ledningsnettet under normal drift, settes til minimum 540 m³/time. Vi vurderer at netto vannproduksjon på over 600 m³/time gjør anlegget unødvendig stort.

11.2 Redundans og linjeinndeling

Det legges opp til at:

- Minst en installasjon i hvert prosessavsnitt kan være ute av drift / service uten at netto vannproduksjon reduseres.
- I den grad det er spyling som setter et prosessstrinn ut av ordinær produksjon over kortere eller lenger tid, så må det i detaljprosjektering vurderes om dette prosessstrinnet / installasjonen da skal ha ytterligere redundans for å fange opp dette.
- I den grad det er aktuelt med linjeoppdeling, så anbefales det minimum to linjer. Rørføring bør ikke uten videre suppleres med hensyn på redundans

Dette innebærer at det legges opp til følgende antall:

Prosessavsnitt / teknisk installasjon	Antall og kapasitet	Kommentarer
Råvannspumping	Minst to stk. Hver pumpe må da minst kunne levere ca. 600 m ³ /h	Antagelig ønske om minst fire råvannspumper. Minst en pumpe må være stand-by ved full produksjonskapasitet
Forbehandling som siling / trykksiling	Minst to stk. Hver trykksil må da minst kunne behandle ca. 600 m ³ /h	Antallet tilpasses markedets portefølje
Kjemikalitilsetning, pH-justering og flokkulering: Kjemikalitilsetning	Minst to linjer som driftes uavhengig av hverandre, og der hver linje minst skal kunne produsere 300 m ³ /h.	
Dynasand-filtre	Minst to uavhengige linjer og samlet kapasitet på minst 600 m ³ /h	Antallet filter vurderes i samråd med leverandør og det vurderes om det skal være egne filter for retur av dekantat.
Korrosjonskontroll	Ved vannglass: Minst en lagertank og minst to doseringspumper der en kan stå stand-by	Vurderes om det er mer aktuelt å dele opp i mindre og flere pumper.
UV	Kapasitet 600 m ³ /h. Dimensjonerende UV-transmisjon vurderes.	Minst ett UV-aggregat er i stand-by ved maks vannproduksjon.
Kloreringsanlegg	En lagertank og minst to doseringstanker og 2 – 4 doseringspumper.	
Rentvannspumper	Minst to stk. Hver pumpe må da minst kunne levere ca. 600 m ³ /h.	Antagelig ønske om minst fire rentvannspumper. Minst en pumpe må være stand-by ved full produksjonskapasitet
Løsning for tilbakespyling av filtrene	Minst to uavhengige linjer	
Spyleslamhåndtering	Parallelle løsninger frem til slamavvanning som kan gjøres som ett stk.	
Støttefunksjoner som kompressoranlegg etc.	Minst en enhet skal kunne tas ut av drift uten at anlegget kolliderer	

12 Råvannsinntak

12.1 Inntaksdyp

Råvannsinntaket foreslås plassert på et dyp mellom 25 og 35 meter. Farsjø har tydelige sirkulasjonsperioder, og for å sikre stabil råvannskvalitet bør inntaket ligge under sprangsjiktet, som er registrert ned til om lag 20 meters dyp. Samtidig er det målt forhøyede konsentrasjoner av jern og mangan på 45 meters dyp, mens tilsvarende forhøyede verdier ikke er påvist fra 40 meter og grunnere. Av hensyn til vannkvaliteten anbefales det derfor at inntaket ikke plasseres dypere enn 40 meter.

12.2 Inntaksarrangement

Det må etableres et inntaksarrangement som legges så beskyttet og stabilt som mulig. Det må sikres som liten årstidspåvirkning som mulig og at ikke ulik vannføring i vassdraget påvirker inntaket. Inntaket må holde opp fra bunnen slik at ikke bunnsedimentering påvirker vannkvaliteten.

12.3 Premisser for planlegging av inntaksledning

Dette kapittelet legger overordnede premisser for planlegging av inntaksledning, basert på tilgjengelig kartgrunnlag og hydrologiske data. For å kunne fastsette endelig trasé og nøyaktig plassering av inntaket er det behov for mer detaljert bunnkartlegging. Dette vil gi bedre grunnlag for vurdering av tekniske løsninger, stabilitet, byggbarhet og drift.

Det legges foreløpig til grunn at inntaksledningens bunnpunkt etableres mellom kote +13 moh og kote +3 moh¹. Overkant gulv i 1. etasje i vannverket er planlagt på kote +43,5 moh. Høydeforskjellen mellom inntak og bygg gir føringer for valg av teknisk løsning. Detaljer knyttet til råvannspumper, trykkforhold og interne tekniske installasjoner avklares i neste fase av prosjektet.

Variasjoner i vannstanden i Farsjø er basert på data fra målestasjon Dalsfoss (Sildre), jf. tabell 10. Observerte og beregnede vannstander viser at nivåene kan variere fra ca. kote +36,2 moh ved lav vannstand til om lag kote +41,6 moh ved 50-årsflom. Disse nivåene danner grunnlag for overordnede vurderinger av inntakets funksjon ved både lavvannføring og flomsituasjoner, men gir ikke tilstrekkelig grunnlag for detaljertplanlegging.

Løsninger for råvannspumper, nødvendige løftehøyder og øvrige hydrauliske forhold skal planlegges nærmere i layout-fasen for vannverket. I denne fasen må det utarbeides en hydraulisk profil som viser sammenheng mellom vannstand i kilde, inntaksledning, pumpeplassering og interne nivåer i bygget. Endelig valg av tekniske løsninger forutsetter samordning med romprogram, byggets layout og oppdatert kart- og grunnlagsdata.

Tabell 9 Nøkkeltall for variasjoner i vannstanden i Farsjø

Situasjon	Vannstand (moh)	Kilde
Laveste vannstand etter 1.1.2000	36,21	Data fra Sildre for målestasjon Dalsfoss
Høyeste vannstand etter 1.1.2000	41,41	Data fra Sildre for målestasjon Dalsfoss
Lavvannføring	37,4	Observert vannstand
Normalvannføring	38,0	Observert vannstand
Middelflom*	40,03	Data fra Sildre for målestasjon Dalsfoss
5-årsflom*	40,64	Data fra Sildre for målestasjon Dalsfoss
50-årsflom*	41,58	Data fra Sildre for målestasjon Dalsfoss

* Vannstand lokal. Automatisk beregnet statistikk for årene 1909 - 2022 (114 år)

13 Forsyning til ledningsnett/høydebasseng

Det må etableres et basseng/lavtrykksbasseng ved vannbehandlingsanlegget som minimum er stort nok som pumpeump for pumper ut av vannbehandlingsanlegget og også kan brukes som klorkontaktbasseng. Det er ikke noe eksakt volum her som er regelbasert, men det anbefales at bassenget bygges med minimum 1000 m³ volum. Det bør kunne holde med et ett-kamret volum, og der rengjøring gjøres med dykker under drift. Dette må imidlertid tilpasses til de reguleringsmessige begrensingene som ligger i tomten og det romprogram som endelig fastsettes for anlegget.

Det er utarbeidet et eget notat hvor det vurderes om det bør være en eller flere rentvannsledninger ut av anlegget og aktuelle dimensjoner, se vedlegg 3.

¹ Beregnet ut fra en vannstand på kote 36 moh og inntakspunkt på 25-40 meters dyp.

13.1 Lokalisering

Vannbehandlingsanlegget er besluttet plassert på Fossetangen, i sørenden av Farsjø, etter en bred kartlegging av aktuelle tomter. Arbeidet med reguleringsplan skal påbegynnes i løpet av 2026.

13.2 Planløsning / layout

I forbindelse med utredningen av aktuelle tomter ble det utarbeidet en skisse for mulig utnyttelse av tomta på Fossetangen (Figur 12). Det er tegnet inn et bygg på ca. 1700 m² hvorav 1350 m² er tiltenkt prosessdelen og 340 m² er tiltenkt administrativ del. Størrelsen på arealene er avsatt basert på et anslag for arealbehov og må vurderes videre i de neste fasene av prosjektet.

Det er ikke gjort noe arbeid med romprogram i denne fasen.



Figur 12 Skisse som viser mulig utnyttelse av tomta på Fossetangen

14 Kostnadsestimat

I forbindelse med valg av råvannskilde ble det utarbeidet et grovt kostnadsestimat for ledningsnett, vannbehandlingsanlegg og råvannspumpestasjon. Entreprenørkostnaden for vannbehandlingsanlegget ble på dette tidspunktet estimert til 110 000 000 kr, ekskl. rigg og drift.

Det foreligger per i dag ikke tilstrekkelig grunnlag for å gjennomføre en ny kostnadsvurdering av vannbehandlingsanlegget. Basert på de vurderte prosessløsningene i denne rapporten er det imidlertid ikke grunn til å anta at anlegget vil bli rimeligere enn det som er lagt til grunn i tidligere kostnadsestimat.

Dette begrunnes blant annet med at den anbefalte løsningen innebærer et større omfang av slambehandling ved anlegget enn det som ble forutsatt i forrige fase, noe som normalt vil medføre økte investeringskostnader.

15 Entreprisemodell og anskaffelse

15.1 Entrepriseformer

I bygg- og anleggskontrakter skilles det vanligvis mellom to hovedtyper av entrepriseformer; utførelsesentrepriser og totalentrepriser. Entrepriseformene reguleres i hovedsak av standardkontraktene i NS-serien, og har betydning for ansvarsfordeling, risikoplassering og krav til byggherreorganisasjonen.

15.1.1 Utførelsesentrepriser

Utførelsesentrepriser kjennetegnes ved at byggherren har det overordnede ansvaret for prosjekteringen. Byggherre, eller byggherrens rådgivere, utarbeider arbeidstegninger og beskrivelser som entreprenøren utfører arbeidene i henhold til. Entreprenøren kan likevel ha ansvar for detaljprosjektering og produksjonstilpasninger innenfor byggherrens prosjekteringsgrunnlag.

Utførelsesentrepriser reguleres normalt av:

- *NS 8405* – Norsk bygge- og anleggskontrakt (alminnelige bestemmelser)
- *NS 8406* – Forenklet norsk bygge- og anleggskontrakt

Vanlige modeller for utførelsesentrepriser

Delte entrepriser (byggherrestyrte sideentrepriser)

Arbeidene deles opp i flere separate kontrakter, og byggherren inngår avtaler direkte med flere entreprenører. Byggherren har ansvar for koordinering mellom entreprenørene.

Hovedentreprise

Byggherren inngår én kontrakt med en hovedentreprenør for bygningsmessige arbeider, mens tekniske fag kontraheres som sideentrepriser. Hovedentreprenøren har ansvar for felles rigg og drift samt koordinering mellom entreprenørene, selv om byggherren er kontraktspart overfor sideentreprenørene.

Generalentreprise

Alle utførelsesarbeider samles i én kontrakt mellom byggherren og en generalentreprenør. Generalentreprenøren har ansvar for underentreprenører og koordinering, mens prosjekteringsansvaret fortsatt ligger hos byggherren.

15.1.2 Totalentreprise

I en totalentreprise påtar entreprenøren seg ansvar for både prosjektering og utførelse. Entreprenøren engasjerer selv nødvendige rådgivere og underentreprenører og har samlet ansvar for at kontraktskravene oppfylles.

Totalentrepriser reguleres normalt av:

- *NS 8407* – Alminnelige kontraktsbestemmelser for totalentrepriser

Vanlige varianter av totalentreprise

Funksjonsbeskrevet (klassisk) totalentreprise

Byggherren angir funksjons- og ytelseskrav, mens entreprenøren har stor frihet til å velge tekniske løsninger og bærer hoveddelen av risikoen.

Byggherreutviklet (modifisert) totalentreprise

Byggherren utarbeider et forprosjekt som legger føringer for løsninger, mens entreprenøren har ansvar for videre prosjektering og utførelse.

Samspillsentreprise

Byggherren inngår kontrakt med en samspillsgruppe der prosjektet utvikles i fellesskap i tidlig fase. Samspillsentreprise er ikke en egen kontraktstype, men gjennomføres ofte som totalentreprise med målpris og insentivmodeller.

15.1.3 Fordeler og ulemper ved de ulike entrepriseformene

Tabell 10 viser en sammenstilling av fordeler og ulemper ved utførelsesentreprise og totalentreprise. Vurderingene forutsetter en ordinær byggherreorganisasjon. Bruk av ekstern byggherrestøtte kan redusere byggherrens operative belastning, særlig ved utførelsesentreprise, uten å endre byggherrens formelle ansvar eller risikoplassering.

Tabell 10 Sammenstilling av fordeler og ulemper ved utførelsesentreprise og totalentreprise

Tema	Utførelsesentreprise	Totalentreprise
Risiko for byggherre	Generelt høy risiko, særlig for prosjektering, mengder og grensesnitt. Risikoen er størst ved delte entrepriser, noe lavere ved hoved- og generalentreprise.	Generelt lavere risiko, da entreprenøren har ansvar for både prosjektering og utførelse. Risikoen er lavest i klassisk totalentreprise, og mer delt i samspillsentreprise.
Påvirkning på løsninger	Stor påvirkningsmulighet på tekniske og arkitektoniske løsninger. Byggherren styrer prosjekteringen direkte.	Mer begrenset påvirkning, særlig i funksjonsbeskrevet totalentreprise. Noe større påvirkning i modifisert totalentreprise og samspill, spesielt i tidlig fase.
Krav til byggherreorganisasjon	Høye krav til kompetanse og kapasitet innen prosjektering, koordinering og kontraktsoppfølging. Kravene er størst ved delte entrepriser, lavere ved generalentreprise.	Lavere krav til byggherreorganisasjon. Fokus på kravspesifikasjon, oppfølging og kontroll. Samspill krever kompetanse på samhandling, men mindre detaljstyring.
Arbeidsmengde for byggherre	Stor arbeidsmengde, særlig knyttet til koordinering, endringshåndtering og fremdriftsoppfølging. Redusert noe ved hoved- og generalentreprise.	Mindre arbeidsmengde i gjennomføringsfasen. Størst innsats i tidlig fase for å definere riktige funksjonskrav.
Forutsigbarhet for kostnader	Lavere forutsigbarhet, særlig ved mangelfull prosjektering og mange endringer. Bedre kontroll på enhetspriser, men høy endringsrisiko.	Høyere forutsigbarhet for kostnader, da risiko er overført og pris ofte fast. Samspill kan gi god styring, men med delt økonomisk risiko.

15.2 Entrepriseinndeling

Entrepriseinndeling er et sentralt strategisk valg ved etablering av vannbehandlingsanlegg, ettersom anlegget er teknisk komplekst og omfatter bygning, prosessanlegg og tilhørende infrastruktur. Valg av entrepriseinndeling har betydning for risikofordeling, grensesnitt, fremdrift og krav til byggherreorganisasjonen.

Prosjektet involverer en rekke fag i både prosjektering og utførelse, herunder arkitekt, landskapsarkitekt, bygningsfysikk, brann, geoteknikk, miljø, bygg, maskin/prosess, elektro, automasjon, VVS og grunnarbeid.

15.2.1 Delt entrepriseinndeling

Ved delt entrepriseinndeling kontraheres fagene separat, enten i både prosjekterings- og utførelsesfasen eller i utførelsesfasen alene. Dersom prosjekteringen organiseres samlet, kan dette gi et helhetlig og koordinert beslutningsgrunnlag før utførelsen konkurranseutsettes i delte kontrakter.

Delt entrepriseinndeling gir byggherren stor grad av styring og fleksibilitet, særlig knyttet til tekniske løsninger og driftsmessige krav. Samtidig innebærer modellen økt risiko for byggherren, spesielt knyttet til grensesnitt, koordinering og fremdrift, og stiller høye krav til byggherreorganisasjonens kompetanse og kapasitet.

I vannbehandlingsanlegg er det særlig prosess- og automasjonsfagene som stiller spesielle krav til integrasjon, funksjon og driftsstabilitet. Disse fagene vurderes derfor ofte særskilt i entrepriseinndelingen, enten gjennom egne kontrakter eller ved tydelig avgrensede leveranser, også der øvrige fag samles i hoved- eller generalentreprise.

15.2.2 En samlet entreprise

Ved samlet entrepriseinndeling samles flere eller alle fag i én kontrakt, enten som utførelse basert på byggherrens prosjektering, eller som totalentreprise med ansvar for både prosjektering og utførelse.

Samlet entrepriseinndeling gir tydelige grensesnitt, redusert koordineringsbehov og lavere risiko for byggherren i gjennomføringsfasen. Samtidig innebærer modellen mindre direkte påvirkning på tekniske løsninger, og forutsetter tydelige og gjennomarbeidede funksjonskrav, særlig for prosess, automasjon og øvrige driftskritiske forhold.

15.2.3 Fordeler og ulemper ved de ulike entrepriseinndelingene

Tabell 11 bygger videre på Tabell 10, men med fokus på hvordan fag og kontrakter organiseres i prosjektet, snarere enn på valg av kontraktsform alene.

Tabell 11 Sammenstilling av fordeler og ulemper delt entrepriseinndeling og samlet entreprise

Tema	Delt entrepriseinndeling	Samlet entreprise
Risiko og ansvars plassering	Generelt høy risiko for byggherre. Byggherren har ansvar for prosjektering, mengder, koordinering og grensesnitt mellom fag. Risikoen er størst ved fullt delt entreprise, og noe lavere ved hoved- og generalentreprise.	Generelt lavere risiko for byggherre, da entreprenøren har ansvar for både prosjektering og utførelse innenfor definerte funksjonskrav. Risikoen er lavest ved klassisk totalentreprise, og mer delt i samspillsentreprise.
Grensesnitt og koordinering	Mange og komplekse grensesnitt mellom fag og kontrakter. Betydelig koordineringsbehov, særlig mellom bygg, prosess, elektro og automasjon. Høy risiko for uklarheter dersom samordningen er svak.	Færre og tydeligere grensesnitt, ettersom flere fag samles i én kontrakt. Redusert behov for byggherrestyrt koordinering, men fortsatt avhengig av tydelige krav og god samhandling.
Påvirkning på tekniske løsninger	Stor påvirkningsmulighet på tekniske, prosessmessige og arkitektoniske løsninger. Byggherren styrer prosjekteringen direkte og kan optimalisere løsninger med hensyn til drift og vedlikehold.	Mer begrenset direkte påvirkning, særlig i funksjonsbeskrevet totalentreprise. I samspillsentreprise er påvirkningen større, spesielt i tidlig fase før løsningene fastlegges.
Krav til byggherreorganisasjon	Høye krav til kompetanse og kapasitet innen prosjekteringsledelse, tverrfaglig koordinering og kontraktsoppfølging. Kravene er størst ved delt entreprise, og noe lavere ved hoved- og generalentreprise.	Lavere krav til detaljstyring i gjennomføringsfasen. Fokus på utarbeidelse av gode funksjonskrav, oppfølging og kontroll. Samspill stiller krav til kompetanse på samhandling og beslutningsprosesser.

Tema	Delt entrepriseinndeling	Samlet entreprise
Forutsigbarhet for kostnader og fremdrift	Lavere forutsigbarhet for både kostnader og fremdrift, særlig ved mangelfull prosjektering og mange grensesnitt. God kontroll på enhetspriser, men høy risiko for endringer og tillegg.	Høyere forutsigbarhet for kostnader og fremdrift, da risiko i stor grad overføres til entreprenør. Samspillsentreprise kan gi god styring, men med noe større økonomisk usikkerhet.
Mulighet for avlastning gjennom byggherrestøtte	Stor mulighet for avlastning. Ekstern prosjekt- og prosjekteringsledelse kan redusere byggherrens operative belastning betydelig og bidra til bedre koordinering og risikohåndtering. Byggherren beholder formelt ansvar.	Moderat mulighet for avlastning. Behovet for byggherrestøtte er generelt mindre, men støtte kan benyttes til kravspesifikasjon, oppfølging, kvalitetssikring og samspill.

15.3 Erfaring fra andre anlegg

Ulike byggherrer har valgt ulike kontraktsstrategier fra alt i en entreprise «nøkkel i døra» til en betydelig oppdeling i en rekke delentrepriser. Erfaringer fra tilsvarende vannbehandlingsanlegg viser at valg av entrepriseform og -inndeling har stor betydning for funksjon, grensesnitt og driftsmessige løsninger.

Det er vår erfaring at byggherrer som har samlet alt i stor entreprise være seg om det har vært en totalentreprise eller en mer beskrevet entreprise ikke har vært fullt ut fornøyd med sluttresultatet. Det har vært for mange diskusjoner og man har følt man ikke har fått et fullt ut anlegg slik man ønsket seg. Prosjekter der hele anlegget er samlet i én totalentreprise har i enkelte tilfeller medført utfordringer knyttet til prosessintegrasjon og byggherrens mulighet til å påvirke løsninger som er kritiske for drift og vedlikehold. Disse erfaringene tilsier at prosessanlegget bør vurderes særskilt, med tydelige ansvarsforhold og klare grensesnitt mot øvrige entrepriser.

Det er også erfart at for mye oppdeling i for mange sidestilte entrepriser gir for mange grensesnitt å håndtere og at de eventuelle kostnadsbesparelser man ville fått av det fort spises opp av byggherrens behov for økt koordinering.

15.4 Anbefaling til kontraktstrategi

Sweco anbefaler at prosjektet organiseres med delt entrepriseinndeling, der prosessanlegget leveres gjennom egen kontrakt, mens øvrige arbeider samles i én utførelsesentreprise, eventuelt organisert som hoved- eller generalentreprise.

For prosessanlegget vurderes det som mest formålstjenlig å inngå egen kontrakt med aktuell prosessleverandør, som både prosjekterer og leverer sin løsning. Dette gir tydelige ansvarsforhold for funksjon og ytelse, og reduserer risiko knyttet til grensesnitt mellom prosess og øvrige fag, jf. erfaringer beskrevet i kapittel 9.

For resterende deler av vannbehandlingsanlegget anbefales utførelse gjennom én samlet utførelsesentreprise for bygg, tekniske installasjoner og grunnarbeider på tomt. Denne organiseringen gir god styring av løsninger og tilpasninger, samtidig som antall grensesnitt begrenses. Totalentreprise kan vurderes som alternativ dersom dette vurderes å gi en mer hensiktsmessig risikofordeling.

Kontraktsinndelingen innebærer flere grensesnitt og disse må tydeliggjøres i kontraktene. Det anbefales at prosessentreprenør kontraheres først og at premisser fra prosessløsningen legger føringer for øvrige arbeider – ikke motsatt.

Det vurderes som hensiktsmessig å benytte ekstern byggherrestøtte i plan- og gjennomføringsfasen. Byggherrestøtten kan omfatte prosjekt- og prosjekteringsledelse samt detaljprosjektering og utarbeidelse av konkurransegrunnlag, og bidra til strukturert oppfølging, koordinering og forutsigbar gjennomføring.

Kommunens rammeavtale for automasjon bør vurderes benyttet, avhengig av avtalens omfang og grensesnitt mot valgt prosessløsning. Dersom rammeavtalen er teknisk forenlig og gir tilstrekkelig handlingsrom, kan dette bidra til forenklet kontraktstruktur og økt forutsigbarhet.

15.5 Konkurransestrategi

Anskaffelsene gjennomføres i henhold til anskaffelsesloven og forsyningsforskriften. Konkurransestrategien er tilpasset anbefalt entrepriseinndeling, der prosess anskaffes gjennom egen kontrakt, mens øvrige arbeider gjennomføres som utførelsesentrepriser.

Prosessanlegg

For prosessanlegget vurderes det at markedet i praksis kun omfatter én aktuell leverandør av ønsket prosessløsning (Sulzer/Nordic Water). Anskaffelsen foreslås derfor gjennomført ved intensjonskunngjøring, med påfølgende kontraktsinngåelse, forutsatt at vilkårene i forsyningsforskriften er oppfylt. Denne fremgangsmåten sikrer åpenhet om anskaffelsen og reduserer risiko for etterfølgende innsigelser.

Øvrige arbeider

Øvrige arbeider i vannbehandlingsanlegget foreslås anskaffet gjennom én utførelsesentreprise for bygg, tekniske installasjoner og grunnarbeider på tomt.

I tillegg omfatter prosjektet tilhørende ledningsanlegg i form av inntaksledning og rentvannsledning. Disse arbeidene foreslås anskaffet gjennom én eller to separate utførelsesentrepriser, tilpasset markedssituasjon og gjennomføringshensyn, og med nødvendig koordinering mot vannbehandlingsanlegget.

Anskaffelsene kan eksempelvis gjennomføres som konkurranse med forhandling etter forutgående kunngjøring, i samsvar med forsyningsforskriften. Dette gir rom for forhandlinger med tilbyderne og tilpasning av løsninger innenfor prosjektets rammer, samtidig som konkurranse og likebehandling ivaretas.

16 Referanser

- [1] Drikkevannsforskriften, 2016, (FOR-2016-12-22-1868). Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2016-12-22-1868>.
- [2] Vannforskriften, (FOR-2006-12-15-1446). Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-12-15-1446>, 2006.
- [3] Norconsult, «Hovedplan vann og avløp 2026-2035 Kragerø kommune, rev. J02 28.10.2025,» 2025.
- [4] Vann-nett, 2026. [Internett]. Available: <https://vann-nett.no/waterbodies/017-7912-L/factsheet/summary>. [Funnet 01.06.2026].
- [5] NVE, «NEVINA Nedbørfelt-Vannføring-Indeks-analyse,» 2026. [Internett]. Available: <https://nevina.nve.no/>.
- [6] NVE, «Sildre,» 2026. [Internett]. Available: <https://sildre.nve.no/map?x=380400&y=7228000&zoom=4>.
- [7] NVE, «Konsesjon Dalsfos kraftverk Øst.,» 2026. [Internett]. Available: <https://www.nve.no/konsesjon/konsesjonssaker/konsesjonssak?id=7332&type=V-1>.
- [8] Norsk Vann, «Veiledning i mikrobiell barriere analyse (MBA) (Norsk Vann Rapport 209/2014),» 2014.
- [9] Folkehelseinstituttet, «Indikatorer på mikrobiologisk forurensning i drikkevann,» 2025. [Internett]. Available: <https://www.fhi.no/sm/drikkevann/handbok-innhold-i-drikkevann/innhold-i-drikkevann/indikatorer-pa-mikrobiologisk-forurensning>.
- [10] Norsk Vann, «Veiledning for dimensjonering av vannbehandlingsanlegg (Norsk Vann rapport 212/2015,» 2015.
- [11] Sweco Norge AS, «Kragerø kommune reservevannforsyning - Valg av råvannskilde, rev. 03 18.11.2024,» 2024.
- [12] Sulzer | Nordic Water, «DynaSand,» 2026. [Internett]. Available: <https://www.nordicwater.com/product/dynasand/>.