

Bacheloroppgave:

FORPROSJEKT
NYTT VANNVERK PÅ GÅLÅ

FORFATTER(E): **Åge Øverjordet**

Dato: **24.05.2010**



SAMMENDRAG

Tittel:	Forprosjekt nytt vannverk på Gålå	Nr. : Gr.12
		Dato : 24.05.10
Deltaker(e):	Åge Øverjordet	
Veileder(e):	Dr.scient, Bjørn E. Berg	
Oppdragsgiver:	Sør-Fron kommune	
Kontaktperson:	Vidar Rohaugen	
Stikkord (4 stk)	vannkvalitet, desinfisering, korrosjonskontroll, kapasitetsberegning	
Antall sider: 81	Antall bilag: 11	Tilgjengelighet (åpen/konfidensiell): åpen
Kort beskrivelse av bacheloroppgaven:		
<p>Sør-Fron kommune må bygge nytt vannverk på Gålå, da dagens anlegg ikke har tilstrekkelig kapasitet til å levere vann til framtidig godkjent utbygging av hytter i området. Kommunen har dermed behov for en utredning av hvor mye vann et nytt vannverk må kunne levere og hvilken vannbehandling som bør velges. Nødvendig størrelse på bygg, kostnadsoverslag og anbefalt geografisk plassering ønskes også vurdert.</p> <p>På tross av at de historiske vannprøveresultatene er funnet mangelfulle, er det antatt at alternative vannkvalitetsnivå som grunnlag for beregning av nødvendig log-reduksjon i vannbehandlingen. Det er kommet fram til at UV-behandling med en stråledose på $40\text{mJ}/\text{cm}^2$ er tilstrekkelig til sluttdesinfisering. Til korrosjonskontroll er det anbefalt å gå for vannglass. Nødvendig kapasitet er beregnet til 1309m^3 i døgnet. For å finne om sluttdesinfiseringen er tilstrekkelig er det anbefalt å gjennomføre ett kartleggingsprogram med tanke på om råvannskilden er egnet til enkel vannbehandling, og ett program for å bestemme vannkvalitetsnivået. Når disse er gjennomført kan en med god sikkerhet si om den anbefalte behandlingen er tilstrekkelig, eller om det trengs flere prosesser for å ha nødvendige hygieniske barrierer i vannbehandlingen. Nødvendig størrelse på bygget er anslått til 50m^2, til en kostnad på ca. kr. 2.538.000 + prosjektering. Anbefalt geografisk plassering er vist i vedlegg.</p>		



FORORD

Denne oppgaven er avslutningen på min bachelorutdanning ved Høgskolen i Gjøvik.

Oppgaven er utført på oppdrag fra Sør-Fron kommune, som også er min arbeidsgiver. Jeg har prøvd å være bevisst på min rolle, slik at utredningen ble utført på oppdrag fra en ekstern oppdragsgiver, og ikke som ansatt i kommunen.

Jeg fikk på oppstartsmøte med veileder tips om en meget verdifull rapport som jeg har brukt i stor grad i mitt arbeid. Rapporten som har tittelen; "Veiledning til bestemmelse av god desinfeksjonspraksis", er skrevet med tanke på å veilede de som arbeider med drikkevann til bedre å forstå betydningen av drikkevannforskriftens krav om to hygieniske barrierer. Veiledningen setter tall på hygienisk barrierevirkning av tiltak i nedslagsfelt, vannkilde og i vannbehandling utover sluttdeinfeksjon. Etter det jeg har erfart så presenterer denne rapporten en litt "utradisjonell" og ny måte å beregne hygienisk barrierevirkning på.

Jeg må rette en stor takk til Kjetil Furuberg hos Norsk Vann AB på Hamar, for kvalitetskontroll på min forståelse av denne rapporten, og verdifulle tips til mitt arbeid.

Etter som jeg begynte å jobbe med problemstillingene, viste det seg at oppgaven tok en litt annen vei enn jeg hadde sett for meg før jeg begynte. Det viste seg at de historiske vannanalysene som kommunen har utført ikke er tilstrekkelige til å kunne bestemme kvaliteten på råvannskilden verken ved bruk av SFT sin veileder 97:04 eller Norsk Vann sin rapport 170.

På grunn av at dette skal framstilles som en vitenskapelig rapport med utstrakt bruk av kildehenvisninger, er det valgt å bruke begge metodene til kartlegging av råvannskvalitet.



Det er derfor anbefalt å gjennomføre to forskjellige kartleggingsprogrammer, og så er det med bakgrunn i de analyseresultatene som foreligger gjort en vurdering av hvilket resultat en kan forvente seg på disse kartleggingsprogrammene. Da kunne jeg gå videre og anbefale prosesser på vannbehandlingsanlegget ut i fra dette.

Det er i samråd med veileder valgt å ikke gå inn på tekniske løsninger med skisser, da oppgaven ville blitt for omfattende.

Andre personer jeg må takke er Per Otto Humberstet hos Norconsult A/S på Lillehammer for konstruktive tilbakemeldinger på min rapportframstilling, og min veileder Bjørn E. Berg som har gitt meg nyttige tips om kilder og hvordan rapporten skal framstilles. Jeg må også takke COWI AS i Fredrikstad som ga meg et kostnadsoverslag på det behandlingsanlegget jeg hadde kommet fram til.

Til slutt vil jeg takke Sør-Fron kommune for innvilget 20 % studiepermisjon våren 2010, slik at jeg kunne sitte hjemme å skrive denne oppgaven på dagtid.

Sør- Fron og Gjøvik, 24.mai 2010

Åge Øverjordet



INNHOLDSFORTEGNELSE

Sammendrag	2
Forord	3
1. INNLEDNING	7
1.1 Organisering av rapporten	7
1.2 Definering av oppgaven	7
1.3 Tidligere arbeider om samme emne	7
1.4 Målgruppe for rapporten.....	8
1.5 Valgte arbeidsformer	8
2. RÅVANNSKILDE.....	9
2.1 Type vannkilder	9
2.2 Vurdering av vannkilder på Gålå.....	9
2.3 Konklusjon angående valg av vannkilde	11
2.4 Karakterisering av valgt vannkilde.....	11
2.4.1 Klassifisering av vannets egnethet til drikkevann	13
2.5 Konklusjon angående karakterisering av valgt vannkilde.....	16
3. VANNBEHANDLINGSANLEGG.....	17
3.1 Vannkildens vannkvalitetsnivå.....	17
3.1.1 Konklusjon angående vannkvalitetsnivå	21
3.2 Hygieniske barrierer	22
3.3 Barrierehøyde	23
3.4 Log-kreditt.....	24
3.4.1 Behov for partikkelfjerning	29
3.4.2 Konklusjon angående behov for partikkelfjerning	32
3.5 Nødvendig inaktiveringsgrad i sluttdeinfeksjon	34
3.6 Valg av type sluttdeinfeksjon.....	34
3.6.1 Konklusjon angående valg av type sluttdeinfeksjon.....	36
3.7 Behov for korrosjonskontroll.....	41
3.7.1 Metoder for korrosjonskontroll	43
3.7.2 Konklusjon angående valg av korrosjonskontroll	47
4. NØDVENDIG KAPASITET PÅ ET NYTT VANNVERK	48



4.1	Eksisterende bebyggelse og hoteller på Gålå	48
4.2	Dimensjoneringsgrunnlag.....	48
4.3	Konklusjon dimensjoneringsgrunnlag	53
4.4	Nødvendig kapasitet ved full utbygging og tilknytning på Gålå.....	53
5.	GEOGRAFISK PLASSERING AV VANNVERKET	55
5.1	Bakgrunn for valg av plassering.....	55
5.2	Anbefalt plassering av vannverket	55
6.	STØRRELSE PÅ BYGG/KOSTNADSOVERSLAG	57
7.	KONKLUSJON.....	58
8.	LITTERATURLISTE.....	60
9.	VEDLEGG	61



1. INNLEDNING

1.1 Organisering av rapporten

Rapporten er delt i 9 hovedkapitler med tilhørende underkapitler. Det er opptil flere konklusjoner på valg og anbefalinger som er gjort under hvert hovedkapittel, og de som er ansett som viktigst inngår i innholdsfortegnelsen. Alle delkonklusjonene er sammenfattet under kapittel 7.

Arbeidet er basert på en kildekartlegging av ulike kilder. I de tilfeller det har vært hensiktsmessig har originale tabeller og figurer blitt satt inn.

Det er spesielt en referanse som har vært brukt i stor grad under arbeidet. Det er Rapport 170 fra Norsk Vann, som danner grunnlaget for utredningen under kapittel 3. Også vannforsyningens ABC har vært brukt i stor grad.

1.2 Definerings av oppgaven

Oppgavens hovedmål har vært å gjøre en faglig vurdering av hvilken vannbehandling som bør velges på et nytt vannverk på Gålå, og beregne hvor mye vann dette anlegget må kunne klare å levere. Delmålene har i tillegg vært å anbefale geografisk plassering, og anslå nødvendig størrelse på bygg med tilhørende kostnadsoverslag.

1.3 Tidligere arbeider om samme emne

Norconsult A/S på Lillehammer har i 2009 utarbeidet en rammeplan for vannforsyning på Gålå. Denne omtaler mulige kombinasjoner av behandlingsprosesser på et nytt vannverk. Det er også gjort et overslag på hvilken kapasitet et nytt vannverk må bygges for.

Her foreslås det vannbehandling med kontinuerlig klorering og UV, og at korrosjonskontroll må vurderes hvis det senere skulle oppstå behov for det.

Nødvendig kapasitet er anslått til 1160 m³ i døgnet. Det står videre at det forutsettes utarbeidet et forprosjekt for nytt vannbehandlingsanlegg, og at valg av vannbehandling og vanninntakets dybde m.m. treffes der.



1.4 Målgruppe for rapporten

Målgruppen for rapporten vil i første rekke være Sør-Fron kommune som er oppdragsgiver. Det vil være aktuelt å lese rapporten både for fagfolk, politikere og andre. Derfor er det forsøkt å lage rapporten forståelig også for de som ikke har bakgrunn innen dette fagområdet.

Den vil også være aktuell for andre kommende studenter ved HIG. Veileder og sensor er selvfølgelig også en målgruppe.

1.5 Valgte arbeidsformer

Oppgaven er utført alene, slik at det har ikke vært behov for å lage noen regler for hvordan arbeidet skal gjennomføres. Framdriftsplanen på prosjektbeskrivelsen som måtte godkjennes før arbeidet startet er forsøkt fulgt så godt det har latt seg gjøre. Det har ikke vært ført noen logg over arbeid som er utført de forskjellige dagene, da undertegnede har gjort alt arbeidet selv.

Det har vært jobbet intensivt en dag i uka for det meste, og i tillegg har det vært noen lengre perioder med opptil 4-5 dager om gangen.

Det har flere ganger vært oversendt foreløpig utført arbeid til oppdragsgiver og veileder for kommentarer. Det er bare de to mest vesentlige e-postene som vedlegges i rapporten. Det er avholdt to møter med veileder; ett oppstartsmøte i februar og ett avsluttende møte i mai. Ellers har kommunikasjon foregått via e-post.

Det er forsøkt å få god spredning i referansene til faglitteratur på hvert enkelt emne som er omtalt.



2. RÅVANNSKILDE

2.1 *Type vannkilder*

De aktuelle vannkildene kan deles inn i to grupper; overflatevann og grunnvann. Overflatevann er det vannet som samler seg i elver, bekker, vann og innsjøer. Grunnvann er sammenhengende vannmasser som fyller hulrom i løsmasser og fjell. Det har vært mest vanlig å benytte overflatevann for større vannverk, og grunnvann for enkelthus og småanlegg [1].

2.2 *Vurdering av vannkilder på Gålå*

De fleste norske vannverk benytter innsjøer som drikkevannskilde [2].

Overflatevannkildene kan deles i [2]:

- Leirførende elver og algepåvirkede innsjøer
- Humuspåvirkede elver og innsjøer
- Store, dype, lite påvirkede innsjøer
- Elver og bekker

Av grunnvannsforekomster så er det generelt grunnvann i løsmasser som er best beskyttet. Dette på grunn av at strømningshastigheten er langt større (kortere oppholdstid til selvrensing i grunnen) i sprekkdannelser i fjell enn i løsmasser, og at en fjellbrønn lett kan bli forurenset av avløpsvann og dreinsvann [2].

Grunnvannskildene kan deles i [3]:

- **Grunnvann i løsmasser**

Vann som har vært transportert gjennom løsmasser i umettet og mettet sone i flere døgn. For å være en tilstrekkelig barriere overfor bakterier og virus har det vært vanlig å oppgi en oppholdstid på minst 60 døgn.

- **Grunnvann fra borebrønner i fjell**

Boret eller sprenget fjellbrønn med eller uten løsmasseoverdekning.



- **Grunnvann fra kunstig infiltrasjon**

Overflatevann som blir forbehandlet på sin veg gjennom grunnen. Dersom beregnet oppholdstid gjennom grunnen er minst 3 døgn og transport gjennom grunnen er minst 10m, kan en slik kilde til en viss grad regnes som en hygienisk sikring.

- **Overflatevannpåvirket grunnvann**

Vann fra grunnen som stammer fra kunstig infiltrasjon, der beregnet oppholdstid er mindre enn 3 døgn eller vannets transport gjennom grunnen er mindre enn 10 meter, eller at det viser tegn til at det er påvirket av overflatevann - for eksempel av en hydrogeologisk ekspertutredning.

Overflatevannpåvirket grunnvann blir behandlet som overflatevann [3].

NGU gjorde i 2001 en hydrogeologisk feltbefaring på oppdrag fra Sør-Fron kommune (vedlegg A). Mulighetene for større grunnvannsuttak i Gålå-området ble da vurdert.

Anbefaling fra NGU:

”På bakgrunn av resultatene fra den utførte feltbefaringen vil ikke NGU anbefale kommunen å gjennomføre videre undersøkelser av grunnvannsmulighetene i Gålå-området, men heller søke andre alternative løsninger på den kommunale vannforsyningen (fullrensing, overføring)”.

Det vil med bakgrunn i dette være lite sannsynlig å finne egnet grunnvannskilde i løsmasser med 60 døgns oppholdstid som kan levere tilstrekkelige vannmengder til et nytt vannverk.

Undersøkelser av typiske karakteristika viser at råvannskvaliteten fra store, dype innsjøer og grunnvann fra løsmasser er tilnærmet like god, og at det er disse vannkildene som normalt har den beste råvannskvaliteten [2].

Det er Gålåvatnet som brukes som vannkilde på eksisterende vannverk på Gålå i dag, i tillegg til en grunnvannsbrønn som viste seg å gi for lite vann alene.



2.3 Konklusjon angående valg av vannkilde

Det anses ikke som aktuelt å gå videre med å undersøke muligheten til å ta ut grunnvann til et nytt vannbehandlingsanlegg på Gålå. Det forutsettes for denne utredningen at det benyttes overflatevann fra Gålåvatnet.

2.4 Karakterisering av valgt vannkilde

Gålåvatnet kommer inn under kategorien; ”Store, dype, lite påvirkede innsjøer”. For å kunne komme i denne kategorien må følgende krav oppfylles [2]:

- maks dyp større enn 20m
- middeldyp større enn 10m
- ikke spesielt vindpåvirket

Gålåvatnet har en maks dybde på 40m, middeldyp på ca. 18m, et volum på 54 mill. m³ og en overflate på 3 km². Det vises til vedlegg B for dybdekart.

Om sommeren vil det i slike innsjøer bli et varmere overflatelag over et kaldere dypvannslag [2]. Dypvannslaget vil ha en tilnærmet konstant temperatur på omkring 3,94°C, som er den temperaturen der vannet har sin største tetthet [13, s.319] .

Tetthetsforskjellen som følge av temperaturvariasjon vil gjøre at disse lagene i liten grad blandes. Mellom overflate- og dypvannslag er det et temperatursprangsjikt. Siden de fleste forurensninger tilføres i overflatelaget, vil en ved å plassere et vanninntak under sprangsjiktet i en dyp innsjø om sommeren, kunne oppnå en barriere mot forurensning. Dette betinger at volumet under sprangsjiktet holder til ca. et halvt års forbruk. Om vinteren vil isen være en effektiv beskyttelse mot forurensning [2].

Om våren og høsten da temperaturen i vannmassene mer eller mindre utjevnes, vil det bli sirkulasjon i hele vannmassen og barrieren nedbrytes [2].



Med bakgrunn i dette kan en si at et inntak under sprangsjiktet i en dyp innsjø, i store deler av året vil gi vann med tilfredsstillende helsemessig kvalitet og jevn temperatur.

Store, dype innsjøer kan være mer eller mindre eutrofierte. Dette betyr næringsrike, som en følge av utslipp fra bebyggelse, industri og jordbruk. De fleste av de eutrofierte innsjøene er for øvrig mindre og grunnere [2].

Ved økte tilførsler av næringssalter vil den biologiske produksjonen i vannmassene øke, og resultere i økende nedbrytning av organiske stoffer. Nedbrytning av organiske stoffer skjer under forbruk av oksygen [7].

Dette kan føre til oksygenfattige forhold i bunnlagene der vanninntaket etableres. I slike tilfeller vil et dypvannsinntak være uheldig [7].

Ved lave oksygenkonsentrasjoner vil bl.a. fosfat, mangan og jern løses ut fra sedimentene i vannet [7].

Tabell 1 – Karakterisering av eutrofieringstilstand [2]

Parameter	Ønskelig	Brukbar	Tvilsom
Total P, µg P/l	<7	7-11	>11
Klorofyll a, µg/l	<2	2.0 – 3.6	>3.6

Sør-Fron kommune har gjennomført vassdragsovervåkning i perioden 2005 – 2007. Kartleggingen er basert på Statens forurensningstilsyns veileder 97:04, der klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann er omtalt. Det er i denne veilederen også utarbeidet et anbefalt overvåkingsprogram med oppgitte grenseverdier på ulike parametere for å kunne si i hvilken grad vannkilden er egnet til drikkevannsforsyning med enkel vannbehandling (finsiling, desinfisering og pH-justering).

Oppdragsgiver gir uttrykk for at det er vesentlig å slippe unødig kompliserte rensprosesser, slik at et nytt behandlingsanlegg blir så enkelt som mulig å drifte (se vedlegg I).



Sør-Fron kommune har tatt en analyse i september 2005, to analyser i 2006 (juli og september) og tre analyser i 2007 (mai, juli og september).

Det er analysert på **næringssaltene** total fosfor og total nitrogen. For å påvise **organisk stoff** er det analysert på fargetall, **forsurende stoffer**; pH og **tarmbakterier**; TKB.

De 4 analysene på Total-P fra Gålåvatnet i denne perioden viser alle verdier under 7 µg P/l. Alle prøvene er tatt ut i overflaten. Det er ikke analysert på Klorofyll a. Viser ellers til vedlegg C for fullstendige analyseresultater.

I SFT sin veileder er det totalt 6 mulige virkningstyper å analysere på for å kartlegge en vannforekomst. Det er i Sør-Fron kommune sin kartlegging ikke tatt med analyser på de to virkningstypene **miljøgifter** (tungmetaller) og **partikler** (blant annet turbiditet).

2.4.1 Klassifisering av vannets egnethet til drikkevann

Ved klassifisering av vannets egnethet til drikkevann med enkel vannbehandling blir det lagt hovedvekt på vannets innhold av tarmbakterier, vannets farge, partikkelinnhold og algevekst (som følge av næringssalter). Utløsning av jern og mangan som følge av oksygensvikt vil også bety mye for drikkevannskvaliteten. Tungmetaller utelates siden dette er et svært begrenset problem i norske drikkevannskilder [7].

Det må foreligge gode og omfattende undersøkelser av vannforekomsten og dens vannkvalitet, for å kunne klassifisere tilstand og egnethet [7].

Kartleggingen må foregå gjennom et helt år, og det må være dataserier og ikke enkeltobservasjoner som legges til grunn. Kartleggingene må avspeile både årstidsvariasjoner og dybdevariasjoner [7].

Tabell 2 – Anbefalt prøvetakingsfrekvens som vurderingsgrunnlag for vannkvalitet med tanke på råvann til drikkevann med enkel vannbehandling [7]

Virkning av	Parametere	Prøvetakings- frekvens
Tarmbakterier	TKB, ant./100ml	Minst månedlig, helst ukentlig
Organiske stoffer	Fargetall mg Pt/l Jern, µg Fe/l Mangan, µg Mn/l Oksygen, %	Vår, sommer, høst og vinter
Fysisk-kjemiske parametere	pH Turbiditet, FTU	Vår, sommer, høst og vinter Minst månedlig
Næringssalter	Total fosfor, µg P/l Klorofyll a, µg/l	Minst månedlig fra juni til september, helst hver 14.dag

Ved prøvetaking i store og dype innsjøer i fjellområder i Sør-Norge bør det tas uttak til en blandprøve fra 3-5 ulike nivå fra 0 -10 meters dyp i perioden juni – september for å undersøke virkning av næringssalter. For de andre virkningstypene analyserer en vanligvis på vann fra det aktuelle inntaksdypet for det potensielle drikkevannsanlegget [7].

Prøvetakingsstasjon bør plasseres i området omkring innsjøens antatt dypeste punkt, det vil si der inntaket etableres [7].

Tabell 3 – Vurderingsgrunnlag for vannkvalitet med tanke på råvann til drikkevann med enkel vannbehandling [7]

Råvann - drikkevann		Egnethetsklasser			
Virkninger av:	Parametre	1 Godt egnet	2 Egnet	3 Mindre egnet	4 Ikke egnet
Tarmbakterier	Termotol. koli. bakt., ant./100 ml	0*	0**	-	> 0***
Organiske stoffer	Fargetall, mg Pt/l	< 10	10 - 20	-	> 20
	Jern, µg Fe/l	< 50	50 - 200	-	> 200
	Mangan, µg Mn/l	< 20	20 - 50	-	> 50
	Oksygen, %	> 70	< 70	-	-
Fysisk-kjemiske parametre	pH	7,5 - 8,5	6,5 - 8,5	< 6,5 / > 8,5	-
	Turbiditet, FTU	< 0,4	0,4 - 4	-	> 4

* 90 % av prøvene må tilfredsstille den angitte verdi, de øvrige kan ligge i området 0-10 TKB/100 ml
 ** For vannverk som forsyner > 10.000 personer, skal minimum 70% av prøvene tilfredsstille angitte verdi, for vannverk > 1.000 personer skal minimum 60% av prøvene tilfredsstille tabellverdien, og for vannverk > 100 personer skal minimum 50% tilfredsstille tabellverdien. De resterende prøven kan ligge i området 0-10 TKB/100 ml.
 *** Under 50% av prøvene tilfredsstiller tabellverdien, eller enkeltverdier > 10 TKB/100 ml

Tabell 4 – Støtteparametere for vurdering av vannkvalitet med tanke på råvann til drikkevann med enkel vannbehandling [7]

Råvann - drikkevann		Egnethetsklasser			
Virkninger av:	Parametre	1 Godt egnet	2 Egnet	3 Mindre egnet	4 Ikke egnet
Næringssalter	Total fosfor, µg P/l	<7	7 - 11	11 - 20	>20
	Klorofyll a, µg/l	<2	2 - 4	4 - 8	>8

Klasse 1:

Godt egnet med enkel vannbehandling (finsiling og desinfisering)

Klasse 2:

Egnet med enkel vannbehandling, men kan trenge pH-justering og/eller lufting.



Klasse 3:

Mindre egnet med enkel vannbehandling, og det kan være nødvendig med ytterligere vannbehandling.

Klasse 4:

Ikke egnet med enkel vannbehandling, og råvannet krever omfattende vannbehandling som membranfiltrering eller kjemisk felling før desinfisering.

2.5 Konklusjon angående karakterisering av valgt vannkilde

Sør-Fron kommune sin kartlegging av Gålåvatnet er ikke omfattende nok til at resultatene kan brukes til å bestemme i hvilken grad Gålåvatnet er egnet til drikkevann med enkel vannbehandling. Det er ikke analysert på alle anbefalte parametere, det er ikke tatt mange nok prøver i løpet av et år og prøvene er ikke tatt ut på flere dybdeprofiler.

Det anbefales derfor å starte et prøveprogram iht. tabell 2 for å oppfylle kravene til kartlegging av råvann til drikkevann med enkel vannbehandling i SFT sin veileder 97:04.

I tillegg til de parameterne som inngår i prøveprogrammet i veilederen bør temperatur på vannet måles i flere dybdeprofiler gjennom året (fire ganger). Dette for å kunne bestemme hvor lagdelingen mellom bunnsjiktet (hypolimnion) og sprangsjiktet (metalimnion) befinner seg, i og med da temperaturen i bunnsjiktet er jevn hele året [1, s.27]. Dette kommer til nytte da vanninntakets dybde skal bestemmes.



3. VANNBEHANDLINGSANLEGG

3.1 Vannkildens vannkvalitetsnivå

For å kunne komme fram til en anbefaling om valg av vannbehandlingsanlegg og renseløsning er det nødvendig å få oversikt over vannkildens vannkvalitetsnivå [3].

”Vannbehandlingsprosessene skal være tilpasset den aktuelle råvannskvalitet, forholdene i tilsigsområdet, materialene i og utformingen av transportsystemet. For å sikre hygienisk betryggende drikkevann, skal eier av godkjenningsspliktig vannforsyningssystem gjennom valg av vannkilde®, beskyttelse av denne (disse) og etablering av vannbehandling sørge for at det til sammen finnes minimum 2 hygieniske barrierer i vannforsyningssystemet. En av disse skal sørge for at drikkevann blir desinfisert eller behandlet på annen måte for å fjerne, uskadeliggjøre eller drepe smittestoffer. Mattilsynet kan, så fremt det kan vises at summen av virkningen av beskyttelse av vannkilden og forholdene i grunnen til sammen er hygienisk betryggende, i den enkelte sak bestemme at vann fra grunnvannskilde ikke behøver desinfiseres eller behandles som nevnt” [4].

”Siden det finnes mange forskjellige vannbehandlingsprosesser, med forskjellige formål og egenskaper, er det bl.a. avgjørende å ha god kjennskap om råvannskvaliteten for å kunne velge riktig vannbehandling”[5].

Mikroorganismer som krever hygieniske barrierer [3]:

- **Virus**

Dette er de minste mikroorganismene som kan forårsake sykdom. Typisk størrelse <0,1 µm. I Norge er de såkalte Norovirus i den gruppen av virus som hyppigst er årsak til vannbårne sykdomsutbrudd som magesyke. Det finnes også hepatittvirus som kan gi gulsott. De aller fleste virus inaktiveres i alminnelighet godt med klor.

- **Bakterier**

Bakterier er litt større enn virus. Typisk størrelse er ca. 1µm. Hyppigst forekommende bakterie i Norge er Campylobakter som gir mage- og tarminfeksjoner. Andre bakterier er E.coli og Salmonella.



- **Parasitter**

Parasitter er større enn bakterier. Typisk størrelse er 3-10 μm . Parasitter er langt mer resistente overfor klor enn bakterier og virus. De mest typiske parasittene er Giardia og Cryptosporidium som begge kan forårsake kraftige sykdomsutbrudd.

Det vil være en umulig oppgave å analysere på alle mulige slags patogene agens (fellesbetegnelse på virus, bakterier og parasitter). Derfor er det vanlig å analysere på mikrobielle indikatororganismer (normale tarmbakterier) [6].

Vi skiller på indikatorer for fersk og gammel fekal vannforurensning (forurensning av avføring fra mennesker og dyr) [3].

For å få indikator på forekomst av fersk fekal vannforurensning analyseres det på koliforme bakterier og E.coli. På samme måte analyseres det på Clostridium perfringens sporer som indikator for gammel fekal vannforurensning [3].

Ingen av disse analysene er gode indikatorer for nærvær av virus og parasitter. Det er i Norge ikke vanlig å analysere rutinemessig på virus. Dette på tross av at virus svært ofte er en årsak til vannbårne sykdommer. I mangel på dokumentasjon og erfaring med slike analyser blir analyser på virus pr. i dag ikke benyttet til å fastslå vannkildens vannkvalitetsnivå [3].

I drikkevannsforskriften er det heller ingen krav til analyse på parasitter. En eventuell forekomst av parasitter kan være helt avgjørende for valg av hygieniske barrierer. Ved bestemmelse av vannkildens vannkvalitetsnivå tar man utgangspunkt i at dersom de historiske rutineanalysene indikerer fekal forurensning skal det utføres et utvidet prøveprogram på parasittene Giardia og Cryptosporidium [3].



Den historiske registreringen basert på rutineanalyser skal basere seg på de siste 3 år [3].

Sør-Fron kommune har analyseresultater både fra det ”nye” anlegget som ble bygd i 2003 og et gammelt anlegg fra 1988 som de har overtatt fra Gålå hotell. På anlegget fra 2003 så ble det gjort forsøk på å sette ned en grunnvannsbrønn noen få meter fra Gålåvatnet. Denne brønnen viste seg å ha for liten kapasitet alene. Derfor ble det lagt et inntak 5-6 m ut i Gålåvatnet. Når vannforbruket er såpass stort at grunnvannsbrønnen ikke tar inn nok vann alene så vil inntaksledningen fra Gålåvatnet fylle opp brønnen. Det er derfor usikkert om råvannet som pumpes inn på dette behandlingsanlegget til enhver tid skal betraktes som en type grunnvann eller overflatevann.

Vanninntaket på behandlingsanlegget fra 1988 ligger ca. 100m ut i vannet på omtrent 9m dybde. Analyseresultatene viser eksempelvis forskjellig pH-verdi på råvannet på de to behandlingsanleggene (se vedlegg D).

Det anses derfor slik at vannprøveresultatene på behandlingsanlegget fra 1988 er mest representativt for vannkvaliteten i Gålåvatnet. Denne inntaksledningen ligger på 9m dyp.

Det foreligger ikke opplysninger om hvilken lagdeling denne dybden tilhører. Uansett må et nytt behandlingsanlegg dimensjoneres for å levere tilfredsstillende vannkvalitet i de periodene da forurensningen i overflatelaget når ned til dypere vannmasser.

Sør-Fron kommune har ikke analysert på Clostridium perfringens sporer (CP) de siste 3 år. I perioden 2007 - mars 2010 har det vært tatt ut 7 prøver på E.coli på behandlingsanlegget fra 2003. Ingen av disse prøvene påviste E.coli. I samme periode har det vært tatt ut 2 prøver på E.coli på behandlingsanlegget fra 1988. Ingen av disse prøvene kunne heller påvise E.coli. Sør-Fron kommune søkte grunnet økonomiske årsaker Mattilsynet om tillatelse til å benytte redusert analyseprogram i 2007, noe som ble innvilget. Dette er grunnen til de mangelfulle analysene på disse parameterne.



Dette er et for tynt grunnlag å forholde seg til når en skal komme fram til hvilket vannkvalitetsnivå en skal legge seg på for å velge tilfredsstillende hygieniske barrierer på et nytt behandlingsanlegg på Gålå.

Det mangler analyser på CP og det er tatt for få analyser på E.coli. Det anbefales for vannverksstørrelser mellom 1.000 og 10.000 personer å legge opp til et prøveomfang på 24 prøver i året [3]. (Kapittel 4 om nødvendig kapasitet på et nytt vannverk viser at det er godkjent utbygd 1536 hytter på Gålå. I tillegg er det 243 hotellsenger. Dersom man regner 4 personer pr. hytte blir det totalt 6387 personer forsynt.)

Prøveprogrammet skal også være risikobasert. Dette omfatter å ta ut prøver på de tidspunkt det er størst sjanse for å påvise forurensning av vannet i størst mulig mengde [3].

Vannkvalitetsnivåene går fra A (best) til Dc (dårligst) [3].

Så lenge man under et risikobasert kartleggingsprogram i middel finner mindre enn eller lik 10 E.coli eller mindre enn eller lik 3 CP per 100 ml, behøver man ikke inkludere parasitter i prøveprogrammet og E.coli-nivået vil bli bestemmende for hvilket kvalitetsnivå man ender på (B eller Ca, Cb og Cc) [3].

Dette anses med bakgrunn i de analysene som foreligger på E.coli tilbake til 2007 å være realistisk å oppnå.

Det anbefales derfor å gjennomføre et risikobasert prøveprogram, som omfatter analyser på:

- E.coli
- Clostridium perfringens



Det anbefales å fordele antall prøver over året slik [3]:

Vårsirkulasjon:	4 prøver
Høstsirkulasjon:	4 prøver
Normalnedbørdøgn i sommerhalvåret:	4 prøver
Døgn med kraftig nedbør om høsten og snøsmelting vår og høst:	12 prøver

Prøvene tas ut på det punkt og på det dyp der inntaket forutsettes etablert [11].

Nærmere tidspunkt for uttak av prøver må vurderes litt etter vær-situasjon [3].

Dersom man gjennom det risikobaserte prøveprogrammet finner verdier som tyder på middelverdi av E.coli over 10 eller CP over 3, eller dersom enkeltprøver på E.coli viser verdi over 20 eller CP over 6, skal man straks inkludere parasitter i prøveprogrammet [3]. Prøveprogrammet må da utvides slik at antall parasittanalyser blir like mange som de andre [3].

Dersom det risikobaserte prøveprogrammet viser at middelverdien på E.coli er mindre enn eller lik 3, og middelverdien på CP er mindre enn eller lik 3, eller at minst 1/6 av prøvene i perioden har verdier innenfor disse kravene, så får man kvalitetsnivå B [3].

3.1.1 Konklusjon angående vannkvalitetsnivå

Med bakgrunn i de begrensede rutineanalysene som foreligger fra de siste 3 år er det sannsynlig å anta at en gjennomføring av et risikobasert kartleggingsprogram vil kvalifisere til **vannkvalitetsnivå B**. Dette også med bakgrunn i at analysene skal tas ut på adskillig dypere vann enn de historiske analysene er tatt ut på.

I tilfellet det utvidete prøveprogrammet skulle vise seg å ikke overholde kravene til vannkvalitetsnivå B, vil det bli skissert et alternativ. En vil derfor bruke muligheten til å legge seg på en "føre var" linje, og synliggjøre forskjellen i nødvendig vannbehandling på vannkvalitetsnivå B og Cc. Det anses som lite sannsynlig at vannkilden ikke vil overholde middelverdiene 8-10 E.coli og mindre enn eller lik 3 CP på et utvidet kartleggingsprogram (som tilsvarer nivå Cc).



3.2 Hygieniske barrierer

”Dersom det ikke er mulig å etablere tilfredsstillende hygienisk barrierevirkning i tilsigsområde/vannkilde, må dette kompenseres for ved å bygge inn minimum to hygieniske barrierer i vannbehandlingen. Siden den siste hygieniske barrieren skal være desinfeksjon eller tilsvarende, vil de(n) første barrieren(e) ofte være en annen type vannbehandling” [5].

Her er det presisert at norske vannverk skal ha desinfeksjon eller tilsvarende som siste hygieniske barriere. Dette betyr at det skal være en behandling som enten [3]:

- Inaktiverer sykdomsfremkallende mikroorganismer (desinfeksjon) eller som
- Fjerner sykdomsfremkallende bakterier

Det blir satt krav om at det skal være minimum to hygieniske barrierer i et vannforsyningssystem. Desinfeksjon eller annen vannbehandling skal utgjøre den ene barrieren. En må dermed forholde seg til både begrepet; desinfeksjon, og barriere [3].

”Begrepet hygienisk barriere betegner en hindring overfor mikroorganismer, samt kjemiske og fysiske stoffer, som kan ha negativ innvirkning på helsen. En slik hindring kan være naturlig (for eksempel godt råvann med få forurensningskilder, dypt inntak), eller tillaget (for eksempel vannbehandling, restriksjoner i tilsigsområdet). Formålet med en hygienisk barriere er å hindre at slike mikroorganismer/stoffer finnes i drikkevannet i mengder som kan innebære en uakseptabel helsemessig risiko” [5].

”Den enkelte vannbehandlingsmetode bør inaktivere bakterier og virus med minimum 99,9 % (3-log) og eventuelt parasitter med 99 % (2-log), for å bli betraktet som en hygienisk barriere” [5].

”Hygieniske barrierer har forskjellige virkemåter. De må være tilpasset de aktuelle mikroorganismene/stoffene og ta hensyn til helsemessige risiki. Barrierene skal mhp. mikroorganismer fjerne, uskadeliggjøre, nedbryte eller drepe disse. For kjemiske og fysiske stoffer vil virkemåte være fortykning, nedbrytning eller fjerning. Som nevnt vil tiltak for å hindre at skadelige mikroorganismer/stoffer tilføres drikkevannet også kunne være – eller bidra til – en hygienisk barriere, jf. formålet med å klausulere et



nedbørfelt. Siden hver av de hygieniske barrierene som regel vil ha forskjellig virkemåte, vil en barriere mot bakterier ikke nødvendigvis være en barriere mot helsebetenkelige kjemiske stoffer, og omvendt” [5].

Av dette kan en skjønne at tiltak i nedbørfelt kan være/bidra til en hygienisk barriere. Det er ikke sagt hvor stor barrierevirkning et gitt tiltak vil bidra med.

”For vannforsyningsystem basert på overflatevann, kan nedbørfelt og vannkilde til sammen ikke utgjøre mer enn en hygienisk barriere ovenfor mikroorganismer” [5].

Da en barriere omfatter 3-log inaktivering av bakterier og virus, og 2-log inaktivering av parasitter, kan en konkludere med at tiltak i vannkilde og nedslagsfelt til sammen aldri kan overgå disse verdiene.

3.3 Barrierehøyde

Når vannkvalitetsnivået er bestemt, så kan man bestemme barrierehøyden.

Det er barrierehøyden som bestemmer hvor stor log-kreditt, dvs. hvor stor reduksjon av de enkelte mikroorganismegrupper (bakterier, virus og parasitter) som må etableres for å oppnå en betryggende vannforsyning [3].

Barrierehøyden bestemmes med bakgrunn i vannverkets størrelse og kvalitetsnivået i vannkilden [3].

Tabell 5 – Sammenheng mellom barrierehøyde, anleggsstørrelse og kvalitetsnivå

[3]

	Vannverk- størrelse	Vannkvalitetsnivå i kilde			
		A	B	C	D
Barrierehøyde (nødvendig log-reduksjon i vannverket totalt)	< 1000	3,0b + 3,0v + 1,0p	4,0b + 4,0v + 1,5p	a. 4,5b + 4,5v + 1,5p b. 4,5b + 4,5v + 2,0p c. 4,5b + 4,5v + 2,5p	a. 5,0b + 5,0v + 2,0p b. 5,0b + 5,0v + 2,5p c. 5,0b + 5,0v + 3,0p
	1000 – 10.000	3,5b + 3,5v + 1,5p	4,5b + 4,5v + 2,0p	a. 5,0b + 5,0v + 2,0p b. 5,0b + 5,0v + 2,5p c. 5,0b + 5,0v + 3,0p	a. 5,5b + 5,5v + 3,0p b. 5,5b + 5,5v + 3,5p c. 5,5b + 5,5v + 4,0p
	> 10.000	4,0b + 4,0v + 2,0p	5,0b + 5,0v + 2,5p	a. 5,5b + 5,5v + 3,0p b. 5,5b + 5,5v + 3,5p 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

Et nytt vannverk på Gålå kommer i gruppen 1.000 – 10.000 personer. Ut fra tabellen trengs følgende log-reduksjon i vannverket ved vannkvalitetsnivå B:

$$4,5b + 4,5v + 2,0p$$

Dette betyr 4,5 log-reduksjon av **bakterier** og **virus**, og 2,0 log-reduksjon av **parasitter**.

Til sammenligning trengs følgende log-reduksjon ved alternativet

vannkvalitetsnivå Cc:

$$5,0b + 5,0v + 3,0p$$

3.4 Log-kreditt

Log-kreditt angir verdien av ulike tiltak i nedslagsfelt, vannkilde, overvåkningstiltak og vannbehandling ut over sluttdeinfeksjon, som settes inn for å bedre barrierevirkningen i et vannverk [3].

Det er forskjellige tiltak ved kilden og vannbehandlingen som kan gis en log-kreditt.

Tabell 6 – Log-kreditt for fysiske og restriktive tiltak i vannkilde og nedslagsfelt – Innsjøer¹ [3]

Kategori av barriere tiltak	Detaljerings av tiltak	Log-kreditt
Reduksjon av forurensnings tilførsel til kilden	Sanering av alle avløpsutslipp direkte til kilden og til bekker og elver som leder direkte til kilden	1,5b + 1,5v + 1,0p
	Innføring av lukkede avløpssystemer (lukket tank) for alle utslipp i nedslagsfeltet eller bortledning av avløpsvann fra nedslagsfeltet	1,5b + 1,5v + 1,0p
	Oppsetting av stengsel for å hindre at beitedyr og hunder kommer i direkte kontakt med kilden samt oppsetting av avfallskontainere (inkludert kontainere for hundeavføring) i nedslagsfeltet	0,75b + 0,75v + 0,5p
Restriksjoner på aktivitet i vannkilde og nedslagsfelt	Innføre forbud (evt. restriksjoner) mot beitedyr i nedslagsfeltet	1,0b + 1,0v + 0,75p
	Innføre forbud mot nybygg og andre potensielt forurensende aktiviteter i nedslagsfeltet	0,75b + 0,75v + 0,5p
	Innføre forbud mot motorferdsel i nedslagsfeltet	0,5b + 0,5v + 0,25p
	Innføre forbud (evt. restriksjoner) mot bruk av vannkilden til båtsport, bading og annen rekreasjon	0,75b + 0,75v + 0,5p
	Innføre forbud (evt. restriksjoner) mot ferdsel på vannkilden	0,5b + 0,5v + 0,25p
Tiltak knyttet til inntak	Senking av råvannsinntak til et dyp som sikrer at sprangsjiktet ikke når ned til inntaket bortsett fra i sirkulasjonsperiodene	1,0b + 1,0v + 0,75p
	Flytting av råvannsinntak slik at det kan dokumenteres gjennom hydrauliske studier at tilførsler av avløpsvann og avføring fra beitedyr via elver og bekker påvirker inntaket i ubetydelig grad	0,75b + 0,75v + 0,5p
	Innføre forbud (evt. restriksjoner) på ferdsel i nærheten av inntak	0,25b + 0,25v + 0,25p

¹Innen hver hovedkategori av tiltak kan man maksimalt gi den log-kreditt som det mest omfattende tiltak gir.

Et tiltak som det kunne vært aktuelt å få log-kreditt for her er senking av råvannsinntak til et dyp som sikrer at sprangsjiktet ikke når ned til inntaket, bortsett fra i sirkulasjonsperiodene.

Da analysene som er grunnlag for å bestemme vannkvalitetsnivå skal tas ut på dette dyper, så da kan det ikke gis ytterligere log-kreditt [11].

Arealplanene for Gålaområdet sier litt om restriksjoner på bruk.



Fra bestemmelsene til kommunedelplanen (godkjent 13.10.09):

2. Samferdselsanlegg og teknisk infrastruktur

2.1 Tekniske anlegg

For områder som er avsatt til utbyggingsformål, skal tekniske anlegg som vannforsyning, avløpsanlegg og veger være etablert for utbygging av området kan begynne. Kommunedelplan for avløp, vedtatt i K-sak 94/00 og hovedplan for vannforsyning, vedtatt i K-sak 39/95, skal legges til grunn ved vurdering av ny utbygging.

5. Bruk og vern av vassdrag med tilhørende strandsone

5.1 Områder for allmenn flerbruk

Gålåvannet og Valsvannet er vassdrag for allmenn flerbruk.

5.2 Byggeforbud innenfor 100-meterssone

For områder langs vassdrag er ikke tillatt å gjennomføre arbeider eller tiltak etter pbl §§ 86 a og 93 (§§ 20-1 og 20-2) i et belte på 100 meter fra strandlinja. Avstanden fra vassdarget skal måles ved gjennomsnittlig flomvannstand. Byggeforbudet gjelder ikke for tiltak som er nødvendige for utøvelse av primærnæringer, for anlegg for vannforsyning eller for vedlikehold av veger som er åpne for allmenn ferdsel.

Kommunedelplanen inneholder som vist ingen bestemmelser til nedslagsfeltet direkte.

Gjeldende reguleringsplan for Borgen (godkjent 19.12.06):

§ 4 Spesialområde –friluftsområde/drikkevannsmagasin/drikkevannsinntak i Gålåvatnet. (SDF)

4.1 Generell friluftaktivitet, inkl. bading, er tillatt på / i Gålåvatnet.

4.2 Bruk av motorbåt er generelt ikke tillatt. Bruk av båt med elektrisk drevet motor er tillatt etter avtale med grunneier. For næringsfiske gjelder kommunal vedtekt.

4.3 Alle tiltak eller aktivitet som medfører forurensning av vannet er ikke tillatt.

(Borgen innbefatter det området som vannverket fra 2003 ligger på.)

Det er krav om tilknytning til offentlig avløp, og så er det forbud mot motorferdsel på vannet.

Ellers er det tillatt med bading og generell fritidsaktivitet.

Alt avløpsvann fra kommunalt ledningsnett ledes allerede ned i bygda, og det er få private septikanlegg i området.

Det vurderes til at det ikke er aktuelt å innføre ekstratiltak som vil forbedre situasjonen utover slik det er i dag. Det vil dermed ikke kunne oppnås noen log-kreditt på vannkilde og nedslagsfelt.

Tabell 7 – Log-kreditt for overvåkning av råvannskvalitet¹ [3]

Kategori av tiltak	Barrieretiltak	Log-kreditt
Øket prøvetakings frekvens	Innføring av utvidet mikrobiell analyse i råvann	
	<ul style="list-style-type: none">• minst som angitt for risikobasert prøveprogram• minst som angitt for nettkontroll	0,5b + 0,5v + 0,5p 0,25b + 0,25v + 0,25 p
On-line måling av vannkvalitet	On-line måling av turbiditet (evt. andre parametre som er egnet til å overvåke partikkelinnholdet i råvannet), og/eller <i>E. coli</i>	
	<ul style="list-style-type: none">• som grunnlag for å sette inn andre barrieretiltak enn avstengning av råvannstilførsel	0,25b + 0,25v + 0,25p
	<ul style="list-style-type: none">• med automatisk avstengning av råvannstilførsel fra aktuell kilde ved overskridelse av grenseverdi	1,0b + 1,0v + 0,75p
	<ul style="list-style-type: none">• med alarm og manuell avstengning av råvannstilførsel fra aktuell kilde ved overskridelse av grenseverdi	0,75b + 0,75v + 0,5p
	On-line måling av fargetall (evt. andre parametre som er egnet til å overvåke innholdet av organisk stoff i råvannet) - gjelder spesielt anlegg med UV-desinfeksjon	
	<ul style="list-style-type: none">• med automatisk avstengning av råvannstilførsel fra aktuell kilde ved overskridelse av grenseverdi• med alarm og manuell avstengning av råvannstilførsel fra aktuell kilde ved overskridelse av grenseverdi	1,0b + 1,0v + 0,75p 0,75b + 0,75v + 0,5p

¹Innen hver hovedkategori av tiltak kan man maksimalt gi den log-kreditt som det mest omfattende tiltak gir.

Et anbefalt tiltak her er å øke prøvetakingsfrekvensen til et nivå som minst angitt for nettkontroll. Hvis prøvetakingsfrekvensen skal være større enn dette, vil det føre til en del ekstraarbeid på driftspersonell som helst bør unngås. Dette gir en log-kreditt på:

0,25b + 0,25v + 0,25p



Videre foreslås det å etablere online-måling av vannkvalitet. Her tenkes det på online-måling av UV-transmisjon (evt. fargetall), med automatisk avstenging av råvannstilførsel ved overskridelse av grenseverdi som UV er sertifisert for.

Merknad: Hvis UV-transmisjonen skulle bli så lav at anlegget stopper kan det bli problemer med å få levert nok vann. Det anses som lite sannsynlig at UV-transmisjonen på råvannet blir lavere enn det som et UV-anlegg er sertifisert for. UV-anlegg med den kapasiteten som er nødvendig på Gålå (se kapittel om nødvendig kapasitet) er som standard sertifisert for UV-transmisjon på 33 % på 5cm [15].

Vurdering av farge-/humusfjerning senere, viser laveste påviste UV-transmisjon på Gålå på 82 % på 5cm.

Dersom dette skulle inntreffe skal høydebassengene ha en bufferkapasitet til ett døgn forbruk (se kapittel om nødvendig kapasitet).

Dette gir en log-kreditt på:

1,0b + 1,0v + 0,75p

Ved flere tiltak knyttet til overvåking av råvannskvalitet kan log-kreditter summeres, men kan aldri settes høyere enn $1,0b + 1,0v + 0,75p$ [3].

De to foreslåtte tiltakene gir en total log-kreditt på $1,25b + 1,25v + 1,0p$. Dette overskrider maks-verdien og kreditten for øket prøvetakingsfrekvens faller ut. Total innvilget log-kreditt for overvåking av råvannskvalitet blir dermed **1,0b + 1,0v + 0,75p**.

Videre gjelder at summen av kreditt for tiltak i kilde og nedslagsfelt inkludert overvåkingstiltak av råvann for nye anlegg aldri kan settes høyere enn $3b + 3v + 2p$ [3].

Her blir det $1,0b + 1,0v + 0,75p$. Også dette kravet er overholdt.

3.4.1 Behov for partikkelfjerning

En annen mulighet til å oppnå log-kreditter er ved å etablere vannbehandlingsprosesser som fjerner mikroorganismer som partikler.

Tabell 8 – Bestemmelse av log-kreditt i vannbehandlingsanlegg med god partikkelseparasjon [3]

Vannbehandlingsmetode	Log-kreditt
Hurtigsandfiltrering uten koagulering (filterhastighet < 7,5 m/h) ¹	0,5b + 0,25v + 0,5p
Membran (MF) filtrering ²	2,0b + 1,0v + 2,0p
Membran (UF) filtrering ³	3,0b + 2,0v + 3,0p
Membran (NF) filtrering ⁴	3,0b + 3,0v + 3,0p
Langsomsandfiltrering (filterhastighet < 0,5 m/h)	2,0b + 2,0v + 2,0p
Koagulering/direktefiltrering (mediafilter) ⁵	3,0b + 2,0v + 2,0p
Koagulering/direktefiltrering (mediafilter) ⁶	3,0b + 3,0v + 2,0p
Koagulering + sedimentering (evt. flotasjon) + filtrering ⁵	3,0b + 2,0v + 2,5p
Koagulering + sedimentering (evt. flotasjon) + filtrering ⁶	3,0b + 3,0v + 2,5p
Koagulering/membran (UF/MF) filtrering ⁶	3,0b + 3,0v + 3,0p

¹ Gjelder også biofiltre, ionebytterfiltre og marmorfiltre
² Forutsatt nominell poreåpning på membran < 1000 nm
³ Forutsatt nominell poreåpning på membran < 100 nm
⁴ Forutsatt nominell poreåpning på membran < 10 nm
⁵ Forutsatt midlere turbiditet i produsert vann < 0,2 NTU
⁶ Forutsatt at tilstrekkelig koagulantdosering og god overvåkning slik at turbiditet i produsert vann < 0,1 NTU i minst 90 % av tiden. Dersom anlegget er bygget for humusfjerning forutsettes fargefjerningen > 70 % i minst 90 % av tiden.

For å fjerne partikler effektivt fra vannet må porestørrelsen være mindre enn partiklene som skal fjernes. I mikro- og ultrafiltrering vil en membran med porestørrelse mellom 0,002 til 10µm i diameter fjerne partikler fra vannet. Noen bakterier og kolloider kan passere gjennom mikrofilter. Virus kan bli så små som 0,01µm, og krever minst ultrafiltrering for å fjerne alle. [14, s.467 og 468]

For å kunne si noe om behovet for fjerning av mikroorganismer som partikler og evt. annen nødvendig justering av vannkvaliteten, trenger en å vite noe mer om vannkvaliteten.

Overflatevann på Østlandet der jordsmonnet er forholdsvis tykt, vil få tilført humusforbindelser og bli litt farget på veg til vannkilden [1, s.38].



Høyt fargetall i norske vannkilder kommer som regel av høyt innhold av humus [6, kap.B s.111].

I 1985 ble det gjennomført en grundig analyse av den fysiske/kjemiske sammensetningen i 384 norske vannverk, hvorav 349 var overflatevannverk.

Resultatet her viser at det største problemet ved norsk drikkevannsforsyning særlig er:
[2, s.14 og 20]

- innhold av organisk stoff i form av humus
- korrosivitet
- hygienisk kvalitet
- antatt innhold av organiske mikroforurensninger som oppstår ved klorering

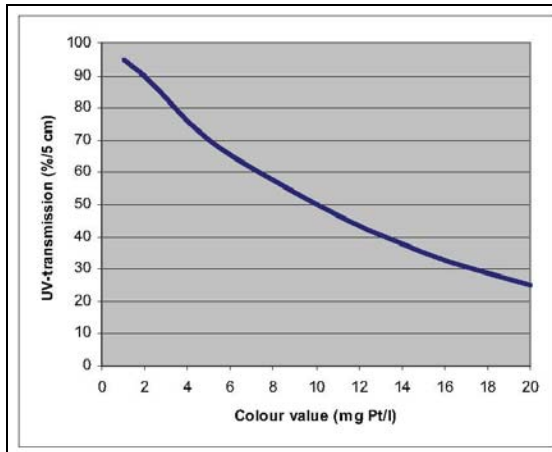
Den typiske humusvannkilden i Norge er en innsjø, der turbiditeten er lav (<1 NTU). Vannet er normalt bløtt (<5 mg Ca/l) og har lav alkalitet (<0,5 mekv/l). Fargetallet ligger typisk i området 30-100 mg Pt/l og innholdet av organisk stoff i området 3-7 mg C/l [2, s.55].

Det vanligst forekommende vannkvalitetsproblemet i Norge er høyt innhold av humus [2, s.20]. Den norske norm for ”god” vannkvalitet setter 15 mg Pt/l som grenseverdi på farge [2]. Drikkevannsforskriften setter 20 mg Pt/l som grenseverdi. Vannprøveresultatene (se vedlegg D) fra Gålåvatnet viser for det meste lave verdier på farge, men det er noen høyere verdier opp i maks 14 mg Pt/l (i prøven som var tatt ut i mars 2010). Det er også påvist fargetall på 9 mg Pt/l i mai 2009 og på 10 mg Pt/l i mai 2009. Alle disse 3 analysene kom fra inntaket til vannverket fra 2003. På det gamle vannverket er det påvist maks fargetall på 8 Pt/l siden 2007.

Ved senere valg av desinfeksjonsmetode har fargetallet stor betydning. For eksempel ved bruk av UV-anlegg så er det transmisjonen (gjennomtrengelighet for UV-stråler) som er avgjørende ved dimensjonering av anlegget [6, kap.D s.48]

Figuren nedenfor, som er basert på en rekke målinger av surt norsk overflatevann, viser hvordan UV-transmisjonen faller ved økende fargetall.

Figur 1 – Forholdet mellom fargetall og UV-transmisjon [6, kap.D s.49]



Som en tommelfingerregel så bør ikke UV-anlegg velges dersom UV-transmisjonen er lavere enn ca. 30 % per 5cm [6, kap.D].

Når fargetallet er 14 mg Pt/l som var den høyeste verdien på Gålå fra i mars 2010 så avleses UV-transmisjonen pr. 5cm til ca. 37 %. Det begynner da å nærme seg ”kritisk” nivå for UV-anlegget sin funksjon og desinfiseringssikkerhet.

På samme prøven som fargetallet ble påvist til 14 mg Pt/l så var det analysert på UV-transmisjon.

Denne analysen ga en UV-transmisjon (T=10) på 96 %. Dette vil si at på 1cm avstand så var transmisjonen 96 %.

Omregning til transmisjon på 5cm avstand (6, kap.D s.48):

$$\text{UV-transmisjon (5cm)} = 0,96^5 = 0,815 \text{ (82 \%)}$$

Dette viser at det er andre ting enn fargetall som også virker inn på UV-transmisjonen. Turbiditet (uklarhet) og partikkeltypen som forårsaker uklarheten har også betydning [6, kap.D].



Vannprøvene fra Gålå viser stabilt lave verdier på turbiditet. De ligger på mellom 0,2 – 0,67 på det eldste vannverket og mellom 0,1 – 0,32 på det nyeste vannverket.

Ut fra dette kan en si at siden turbiditeten holder seg så lav, så vil UV-transmisjonen være forholdsvis god selv om fargetallet til tider skyter litt i været.

Ved bruk av klor som desinfisering er også fargetallet av betydning. Det kan være tilstrekkelig med en dosering på 0,3-0,5 mg/l, men ved høyt fargetall kan en dose på mer enn 1 mg/l være nødvendig for å få tilstrekkelig kloroverskudd. Generelt vil ubehaget med lukt og smak av klor tilta med økende tilsetning av klor [6, kap.D s.30].

Koagulerings- og filtreringsprosesser benyttes stor sett til å redusere vannets turbiditet (partikkelinnhold) og farge [6, kap. D3.5].

3.4.2 Konklusjon angående behov for partikkelfjerning

Vannprøveresultatene som foreligger viser fargetall for det meste godt under grenseverdien for ”god” vannkvalitet, selv om det kan være enkelte avvik.

Analyseresultatene på turbiditet er også lave. Det vil med bakgrunn i dette ikke kunne sies å være behov for noen partikkelseparasjon i råvannet på Gålå. Skulle de anbefalte kartleggingsprogrammene vise et annet resultat, så må det vurderes nærmere om det er hensiktsmessig med en slik behandlingsform for å tilrettelegge for optimal sluttdesinfeksjon.

Det kan videre gis log-kreditt for driftsovervåkning av vannbehandlingen.

Tabell 9 – Log-kreditt for driftsovervåkning av vannbehandling¹ [3]

Kategori av tiltak	Overvåkings- og reaksjonstiltak	Log-kreditt
On-line overvåkning av vannkvalitet med evt. reaksjonstiltak ved overskridelse av grenseverdi	On-line måling av turbiditet, farge eller annen parameter som er egnet til å overvåke om det aktuelle tiltaket fungerer etter hensikten	
	<ul style="list-style-type: none"> av råvannskvalitet - for optimal prosess-styring av vannbehandlingsanlegget 	0,5b + 0,5v + 0,5p
	<ul style="list-style-type: none"> av rentvannskvalitet - med automatisk avstengning av råvannstilførsel 	1,0b + 1,0v + 0,75p
Kontinuerlig overvåkning av strømforsyning med reaksjonstiltak ved bortfall av strømtilførsel	<ul style="list-style-type: none"> av rentvannskvalitet - med alarm og manuell korrigering av driftssituasjonen slik at normale forhold gjenopprettes ved overskridelse av grenseverdi 	0,5b + 0,5v + 0,5p
	Kontinuerlig måling og overføring til kontrollsentral av data vedrørende strømtilførsel til vitale deler av vannbehandlingsanlegget	
	<ul style="list-style-type: none"> med automatisk igangsetting av nødstrømsaggregat ved bortfall av strømtilførsel 	0,75b + 0,75v + 0,75p
	<ul style="list-style-type: none"> med automatisk avstengning av råvannstilførsel ved bortfall av strømtilførsel 	0,5b + 0,5v + 0,5p

¹Innen hver hovedkategori av tiltak kan man maksimalt gi den log-kreditt som det mest omfattende tiltak gir.

Et tiltak som anses aktuelt i denne tabellen er å kunne stenge av råvannstilførselen ved bortfall av strømtilførsel til vitale deler av vannbehandlingsanlegget.

Dette vil kunne gi en log-kreditt på 0,5b + 0,5v + 0,5p.

Videre gjelder at summen av log-kreditter ved overvåkning av behandlingsanlegget ikke kan overstige 1,0b + 1,0v + 0,75p, og at summen av log-kreditter for overvåkning av behandlingsanlegget og partikkelseparasjon aldri kan overstige 3,0b + 3,0v + 3,0p [3]. Disse kravene er dermed overholdt.

Sum av alle log-kreditter:

Vannkilde og nedslagsfelt:	0,0b + 0,0v + 0,0p
Overvåkning av råvannskvalitet:	1,0b + 1,0v + 0,75p
Partikkelseparasjon:	0,0b + 0,0v + 0,0p
Overvåkning av behandlingsanlegget:	0,5b + 0,5v + 0,5p
Sum log-kreditter:	1,5b + 1,5v + 1,25p



Til slutt gjelder at absolutt maksimal oppnåelig log-kreditt gjennom tiltak både i vannkilde/nedslagsfelt og vannbehandling utover sluttdesinfeksjon ikke kan overstige $6,0b + 6,0v + 4,0p$ [3]. Dette kravet overholdes dermed med god margin.

3.5 Nødvendig inaktiveringsgrad i sluttdesinfeksjon

En har da kommet til trinnet der type sluttdesinfeksjon skal vurderes.

Ved å subtrahere log-kreditten fra barrierehøyden finnes hvor stor log-reduksjon sluttdesinfeksjonen må klare [3].

Ved vannkvalitetsnivå B:

$$(4,5-1,5)b + (4,5-1,5)v + (2-1,25)p = 3,0b + 3,0v + 0,75p$$

Ved vannkvalitetsnivå Cc:

$$(5,0-1,5)b + (5,0-1,5)v + (3-1,25)p = 3,5b + 3,5v + 1,75p$$

3.6 Valg av type sluttdesinfeksjon

De aktuelle og vanlige desinfeksjonsmetodene til inaktivering av mikroorganismer er klor, UV og ozon [1, 2, 3 og 6, kap.D]

Tabell 10 – Effektiviteten av de vanligst benyttede desinfeksjonsmetodene [3]

Desinfeksjonsmetode	Bakterier	Virus	Parasitter
Klorering	Svært god	Ganske god	Dårlig
Ozonerig	Svært god	Svært god	Delvis god ¹
UV-bestråling	Svært god	God ²	Svært god

¹ God overfor *Giardia*, mindre god overfor *Cryptosporidium*
² Bedre overfor noen virus enn andre

Klor og ozon omfatter tilsetning av oksidasjonsmidler for å oppnå en oksidasjonseffekt på jern og organisk stoff i tillegg til å inaktivere mikroorganismer. Disse metodene kan betraktes som en "Fordesinfeksjon". UV-bestråling har ingen oksidasjonseffekt og formålet med denne metoden er kun å inaktivere mikroorganismer. Den betraktes derfor som en "Primærdesinfeksjon". Dersom det tilsettes et desinfeksjonsmiddel i



den hensikt å inaktivere/hindre mikroorganismer på ledningsnett, så kalles dette ”Sekundærdesinfeksjon” [3, s.18].

Det er et spørsmål hvor omfattende sluttdesinfeksjonen må være for å oppnå nødvendig inaktiveringsgrad.

Internasjonalt brukes uttrykket ”multiple hygieniske barrierer” i stedet for ”minimum to hygieniske barrierer” som brukes i Norge. Bakgrunnen for dette er at den hygieniske barrierevirkningen ikke skal falle bort dersom en av de innlagte barrierene ikke fungerer som den skal. Man tar utgangspunkt i at ingen barrieretiltak som forutsettes å gi tilstrekkelig sikkerhet mot mikrobiell forurensning når et annet tiltak svikter, kan gi høyere log-kreditt enn det som tilsvarer en hygienisk barriere i vannbehandlingen (selv om enkelttiltaket har potensialet til å gi en høyere log-reduksjon) [3, s.17].

En hygienisk barriere tilsvarer:

3 log reduksjon av bakterier og virus og 2 log reduksjon av parasitter, eller:

3b + 3v + 2p

Dersom vannkvalitetsnivå B oppnås i et utvidet prøveprogram trengs følgende log-reduksjon i sluttdesinfeksjonen, etter at det er gjort fradrag for alle andre log-kreditter som bidrar på barrieresiden:

3,0b + 3,0v + 0,75p

Tilsvarende for vannkvalitetsnivå Cc:

3,5b + 3,5v + 1,75p

Dersom man får vannkvalitetsnivå B mangler mindre enn det som inngår i en hygienisk barriere på parasitter, og akkurat det som tilsvarer en hygienisk barriere på bakterier og virus. Ved vannkvalitetsnivå Cc mangler det litt mer enn det som inngår i en barriere på bakterier og virus og litt mindre på parasitter.

Av tabell 10 kan en se at det er ozonering og UV-bestråling som er de mest allsidige desinfeksjonsmetodene, siden klor er dårlig egnet til å inaktivere parasitter.

Det anses ut i fra nevnte tabell at UV-bestråling totalt sett er den beste metoden.

Noen fordeler og ulemper med de forskjellige desinfeksjonsmetodene kan presenteres i en tabell.

Tabell 11 – Fordeler og ulemper ved ulike desinfeksjonsmetoder [2]

Desinfeksjonsmetode	Fordeler	Ulemper
Klorering	Godt kjent teknologi Restvirkning på nettet Enkel å måle Totaløkonomisk billig Kan redusere N-innhold ved brennpunktklorering	Dannelse av haloformer* Klogass giftig i tilfelle av teknisk uhell Kan gi vannet lukt og smak i visse situasjoner og ved høye doser
Ozonering	Hurtig baktericid og virucid virkning Kraftig oksidasjonsmiddel Fjerner farge Gir oksygenering av vannet Reduserer lukt og smak Kan redusere TOC	Gir ingen restvirkning på nettet Forutsetter produksjon i kostbart utstyr på stedet Kan kreve etterkloring for å hindre vekst på nettet Øker vekstpotensialet i vannet Vanskelig å kontrollere
UV-desinfeksjon	Hurtig bactericid virkning Gir ingen lukt og smak Gir ingen dannelse av haloformer Enkel drift	Gir ingen restvirkning på nettet Reduserte effekt ved forurensninger i vannet Lite egnet for større anlegg

* Disse momentene vurderes som mest framtreende.

3.6.1 Konklusjon angående valg av type slutt desinfeksjon

Tatt i betraktning at UV-transmisjonen på råvannsprøvene har vist seg å være forholdsvis god, og med bakgrunn i nevnte kjente virkningsmåter og effekter på de



forskjellige mikroorganismer, anbefales det å gå for **UV-behandling** som sluttdesinfeksjon.

Inaktiveringseffekten på UV-behandling beregnes med bakgrunn i intensitet ($I = \text{mW/cm}^2$), stråletid ($t = \text{sekund}$) og UV-dose (produktet av intensitet og stråletid = mWs/cm^2 eller mJ/cm^2). [3, s.82].

Tabell 12 – Maksimal inaktiveringsgrad for godkjente UV-anlegg med ulik dose [3, s.85].

40 mJ/cm ² bestemt biosimetrisk	4b + 3,5v + 4p
30 mJ/cm ² som beregnet gjennomsnittsdose	3b + 3v + 2p
15-20 mJ/cm ² som veggdose	3b + 3v + 2p

Tabell 12 viser at et UV-anlegg med en dose på 30 mJ/cm² i prinsippet kan oppfylle kravene for å tilfredsstille en hygienisk barriere.

Det anbefales å gå for UV-anlegg med en dose på over 40 mJ/cm², som kreves for å inaktivere bakteriesporer. [3, s.82].

Dette gir en maksimal inaktiveringsgrad på **4b + 3,5v + 4p**.

For å oppnå den maksimale inaktiveringsgraden betinger det at alle tiltakene under følgende hovedkategorier er på plass [3, s.85 og 86]:

A) Tiltak ved kortvarig bortfall av- eller redusert effekt på UV-anlegget

Manglende tiltak kan redusere inaktiveringsgraden med maks 10 %. Deretter gis det log-kreditt for de tiltak som er på plass.

- A1: Forutsetter automatisk stenging av all vannproduksjon (10 %)



- A2: Har ikke alarm og automatisk start av reserve desinfeksjon (5 %)

B) Tiltak for å redusere risikoen ved bortfall av- eller redusert effekt på UV-anlegget

Manglende tiltak kan redusere inaktiveringsgraden med maks 20 %. Deretter gis det log-kreditt for de tiltak som er på plass.

- B1: Forutsetter UPS installert (10 %)
- B2: Nødstrømsaggregat ikke installert (10 %)
- B3: Har ikke dokumentasjon av strømforsyning (5 %)

C) Andre dimensjonerende tiltak

Manglende tiltak kan redusere inaktiveringsgraden med maks 30 %. Deretter gis det log-kreditt for de tiltak som er på plass.

- C1: Forutsetter 2 reaktorer med 100 % kapasitet hver (5 %)
- C2: Forutsetter separat vannmengdemåling (10 %)
- C3: Forutsetter råvannskvalitet lagt til grunn (5 %)
- C4: Forutsetter tilfredsstillende måleutstyr (5 %)
- C5: Forutsetter høydebasseng for 12 timer (10 %)
- C6: Har ikke reserve desinfeksjonsanlegg (5 %)

D) Andre driftsmessige tiltak

Manglende tiltak kan redusere inaktiveringsgraden med maks 30 %. Deretter gis det log-kreditt for de tiltak som er på plass.

- D1: Forutsetter lager med kritisk reserveutstyr (5 %)
- D2: Forutsetter automatisk stans i forbindelse med oppstart (10 %)
- D3: Forutsetter god dosekontroll (10 %)
- D4: Forutsetter automatisk stans i vannproduksjon hvis drift er utenfor valideringsområdet (10 %)



- D5: Forutsetter alarm på stans i drift (5 %)
- D6: Forutsetter tilfredsstillende rutiner for rengjøring og kontroll (5 %)
- D7: Forutsetter driftsdokumentasjon i form av varighetskurver¹ (5 %)

(¹ Med varighetskurver menes kurver over beregnet dose som funksjon av % av tiden.)

Tabell 13 - Beregning av inaktiveringsgrad for anbefalt UV-anlegg¹

Maksimal inaktiveringsgrad		$+ [4,00b + 3,50v + 4,00p]$
Manglende A tiltak	$- 0,10 \cdot [4b + 3,5v + 4p]$	
A1 tiltak (automatisk stenging)	$+0,10 \cdot [4b + 3,5v + 4p]$	
A2 tiltak (ikke satt inn)		
Sum A tiltak	$0,00 \cdot [4b + 3,5v + 4p]$	$- [0,00b + 0,00v + 0,00p]$
Manglende B tiltak	$- 0,20 \cdot [4b + 3,5v + 4p]$	
B1 tiltak (UPS installert)	$+0,10 \cdot [4b + 3,5v + 4p]$	
B2 tiltak (ikke installert)		
B3 tiltak (ikke)		
Sum B tiltak	$- 0,10 \cdot [4b + 3,5v + 4p]$	$- [0,40b + 0,35v + 0,40p]$
Manglende C tiltak	$- 0,30 \cdot [4b + 3,5v + 4p]$	
C1 tiltak (antall reaktorer)	$+0,05 \cdot [4b + 3,5v + 4p]$	
C2 tiltak (hydraulisk kontroll)	$+0,10 \cdot [4b + 3,5v + 4p]$	
C3 tiltak (dim. for råvannskval.)	$+0,05 \cdot [4b + 3,5v + 4p]$	
C4 tiltak (måleutstyr)	$+0,05 \cdot [4b + 3,5v + 4p]$	
C5 tiltak (rentvannsbasseng)	$+0,10 \cdot [4b + 3,5v + 4p]$	
C6 tiltak (ikke satt inn)		
Sum C tiltak	$+0,05 \cdot [4b + 3,5v + 4p]$	$- [0,00b + 0,00v + 0,00p]$
Manglende D tiltak	$- 0,30 \cdot [4b + 3,5v + 4p]$	
D1 tiltak (reserveutstyr)	$+0,05 \cdot [4b + 3,5v + 4p]$	
D2 tiltak (stans)	$+0,10 \cdot [4b + 3,5v + 4p]$	
D3 tiltak (dosekontroll)	$+0,10 \cdot [4b + 3,5v + 4p]$	
D4 tiltak (stans)	$+0,10 \cdot [4b + 3,5v + 4p]$	
D5 tiltak (alarm)	$+0,05 \cdot [4b + 3,5v + 4p]$	
D6 tiltak (sensor kontroll)	$+0,05 \cdot [4b + 3,5v + 4p]$	
D7 tiltak (varighetskurver)	$+0,05 \cdot [4b + 3,5v + 4p]$	
Sum D tiltak	$+0,20 \cdot [4b + 3,5v + 4p]$	$- [0,00b + 0,00v + 0,00p]$
Beregnet inaktiveringsgrad for UV-anlegget		$= 3,6b + 3,15v + 3,6p$

(¹ Summen av inaktiveringskreditt innen hver hovedkategori kan ikke overstige maksimalt fratrekk pga. manglende tiltak innen hovedkategorien)



Ved vannkvalitetsnivå B:

Nødvendig inaktiveringsgrad: $3,00b + 3,00v + 0,75p$

Beregnet inaktiveringsgrad: $3,60b + 3,15v + 3,60p$

UV-anlegget oppfyller dermed kravet til sluttdeinfeksjon.

Tilsvarende for vannkvalitetsnivå Cc:

Nødvendig inaktiveringsgrad: $3,50b + 3,50v + 1,75p$

Beregnet inaktiveringsgrad: $3,60b + 3,15v + 3,60p$

UV-anlegget oppfyller kravet til sluttdeinfeksjon på bakterier og parasitter, men ikke på virus.

Ved å studere tabellen kan en se at for eksempel ved å ha installert nødstrømsaggregat så gis det kreditt i inaktiveringsgrad på 10 % under B-tiltak.

Da oppnår UV-anlegget maksimal inaktiveringsgrad på $4,00b + 3,50v + 4,00p$. Det vil dermed også være godkjent sluttdeinfeksjon ved vannkvalitetsnivå Cc.

3.7 Behov for korrosjonskontroll

Hans Kristiansen (NIVA) har uttrykt:

”Vi har Europas beste råvann, men på grunn av korrosjon får vi Europas dårligste vann ut av kranene” [2, s.20].

I Drikkevannsforskriften står det at pH skal ligge mellom 6,5 og 9,5.

En pH-verdi mellom 8-8,5 vil normalt være gunstig for å hindre tæring på rør og utløsning av tungmetaller. Det er også viktig å ha kontroll med vannets kalsium og karbonatinnhold [6, kap.B, s.134].

Vannprøveresultatene fra de eksisterende vannverkene på Gålå viser for det meste pH-verdi på mellom 6 og 6,5. På noen få prøver er det påvist pH i overkant av 7. Prøvene som er tatt ut til vassdragsovervåkning har pH på mellom 7 og 7,5.



Konklusjon:

Det er nødvendig å etablere en korrosjonskontroll på et framtidig nytt vannverk på Gålå.

Korrosjon skyldes et komplekst forhold mellom pH-verdi, oksygeninnhold, karbondioksidinnhold, alkalitet, hardhet og temperatur. I vann med stort oksygeninnhold øker vannets aggressivitet med synkende pH-verdi og for mange metaller med avtakende alkalitet [6, kap.E, s.30].

Korrosivt vann kan føre til groptæring og vekst av rustknoller på jern- og stålledninger. Ved bruk av kopperrør kan en få høye konsentrasjoner av utløst kopper. Dette er spesielt hvis vannet har stått stille en stund. Kopper kan føre til grønn misfarging i sanitærinstallasjoner og det kan til og med gi et grønn skjær i lyst hår ved hårvask. Ved bruk av sementbaserte materialer kan det ved lav pH og lite karbonatinnhold føre til utløsning av kalsiumoksid, som igjen kan føre til betydelig pH-økning. Dette vannet kan være korrosivt overfor materialer som aluminium [6, kap.E, s.31-33].

Vann med følgende vannkvalitet vil sjelden gi vannkvalitetsproblemer på grunn av jernkorrosjon [6, kap.E, s.34]:

pH:	ca.8
Kalsium:	ca. 20 mg/l
Alkalitet:	ca. 1,0 mmol/l
Silikat:	5-15 mg SiO ₂ /l
Strømningshastighet:	over 0,2 m/s

Merknad: For å redusere kopperkorrosjon bør pH ligge høyere enn 8.0, men dette kan gi økt jernkorrosjon[6, kap.E, s.34].

En ser derfor at det kan være vanskelig å produsere en vannkvalitet som er optimal både med hensyn til jern og kopper.



Det kommunale ledningsnett på Gålå er 62 % PVC-ledninger, og resten PE-ledninger. Sanitærinstallasjoner i hytter og på hoteller er i stor grad kobber.

3.7.1 Metoder for korrosjonskontroll

Det er to hovedgrupper av korrosjonskontroll [6, kap.D, s.176-178]:

- **Alkalisering**

Alkalisering betyr å øke vannets pH-verdi. Dersom vannets bufferevne er lav vil pH endre seg igjen utover i ledningsnett. Undersøkelser av norske vannverk har vist at pH endrer seg utover i ledningsnett da alkalisering alene benyttes.

Alkalisering kan utføres ved tilsetning av:

1. kalk
2. lut
3. soda
4. vannglass

- **Karbonatisering og hardhetsøkning**

Denne metoden har til hensikt å øke vannets bufferevne og gi konstant vannkvalitet/pH utover i ledningsnett. Karbonatisering betyr å øke alkaliteten, mens hardhetsøkning betyr å øke vannets kalsium- og magnesiuminnhold.

Dette kan skje ved bruk av:

1. kalk og CO₂
2. mikronisert marmor og CO₂
3. Dolomittfilter
4. Marmorfilter



Vannprøvene på distribusjonsnettet på Gålå viser at pH er lav. Av 22 prøver tatt på vannverket som ble bygd i 2003, i perioden fra 2007 og fram til i dag, er medianverdien på pH 6,9.

På dette vannverket er det marmorfilter som korrosjonsbehandling. Det har vist seg ikke å være tilstrekkelig for å få ønsket pH-verdi ute på nettet. I senere tid er det derfor startet opp med tilsetning av lut etterpå. Det foreligger ikke analyser på alkalitet og kalsium.

For å få løst mer av kalksteinen i marmorfilteret så vil det være gunstig å tilsette CO₂ til vannet før det går gjennom marmorfilteret [6, kap.D, s.178].

På uttakene fra det gamle vannverket er medianverdien for 18 prøver på 7,2 på . Her er det bare lut som korrosjonsbehandling. Det foreligger ikke analyser på alkalitet og kalsium.

Når det tilsettes lut vil pH-verdien først øke, men deretter skjer det en reaksjon mellom hydroksid-ioner og vannets innhold av CO₂ som gjør at pH synker [6, kap.D, s.176].

Det er derfor ikke hensiktsmessig å måle pH på behandlingsanlegget når det benyttes lut til korrosjonskontroll. Kontroll av pH bør gjøres etter et utjevningsbasseng, eller i en sløyfe med temperert vann (ca.25 °C) [6, kap.D, s.176].

Enkel drift og lave drifts- og investeringskostnader er et viktig moment også ved valg av korrosjonskontroll. Dette er poengtert generelt av oppdragsgiver som en tungtveiende faktor ved bygging av et nytt vannbehandlingsanlegg.

Vannglass er en svært enkel og rimelig måte å drive korrosjonskontroll på. Resultater fra pilotforsøk viser at vannglass er et interessant alternativ til karbonatisering, i og med at det har en del andre potensielle fordeler framfor andre metoder. Som fordeler



kan nevnes: enkel drift/utstyr, kan løse vannkvalitetsproblemer, redusere belegg og avsetninger osv. [8, s.4 og 34].





























































Vannglass produseres ved å blande ren kvartssand med natriumkarbonat som varmes opp til ca. 1400°C. Blandingen avkjøles og det dannes amorft glass som løses i vann og gir vannglass [8, s.6].

Selv om vannglass ligger under kategorien ”alkalisering”, så gir den likevel konstant pH utover i ledningsnett. Produktet har også en del andre positive effekter som å fjerne biofilm [9].

Det har tidvis vært høye verdier på kimtall på Gålå. Det er totalt 15 analyser på begge vannverk siden 2007 som er over kravet i Drikkevannsforskriften på 100 kim/ml. Maksverdien er helt oppe i 2600 kim/ml.

Hvis det blir påvist mange flere enn 100 kim/ml ved vanlig 3-døgns kimtallsanalyse ved 22°C, tyder dette på slamansamlinger eller gammelt begroingsbelegg i distribusjonsnett [6, kap.E, s.27].

Figur 2 – egenskaper ved ulike typer korrosjonsbehandling [9]

Egenskap	Marmorfilter med CO2-gass	Marmorfilter	Marmorslurry med CO2-gass	Lut	Vannglass
Gi stabil pH i ledningsnett					
Fjerner rustknoller					
Løser opp fastlåste ventiler					
Fjerner biofilm					
Fjerner organiske avsetninger					
Fjerner rødt vann					
Eliminerer utfelling av mangan					
90 % reduksjon av kobberkorrosjon					
30–70 % reduksjon av jernkorrosjon					
Reparerer overflaten på sementrør					
Lave kostnader til anlegg					
Lave kostnader til drift					
Totalt	12	16	12	14	63

Figur 3 – Sammenligning av karbonatisering og vannglass [10]

Karbonatisering:	Vannglass:
Fordeler: <ul style="list-style-type: none">■ Mye dokumentasjon på effekt.■ Mye kunnskap om optimale betingelser.■ Generelt god effekt på kobber og sementbaserte materialer.■ Svært god effekt på jern ved høy strømningshastighet.	Fordeler: <ul style="list-style-type: none">■ Enkel å drifte og vedlikeholde.■ Lave kostnader.■ Kan fjerne belegg og korrosjonsprodukter.■ Kan redusere rødt vann problem.■ Generelt god effekt på kobber og sementbaserte materialer.
Ulemper: <ul style="list-style-type: none">■ Kan øke vannkvalitetsproblemer i overdimensjonert nett.■ Relativt høye driftskostnader.	Ulemper: <ul style="list-style-type: none">■ Lite kunnskap om optimale doser og betingelser.■ Kan gi vannkvalitetsproblem.

Vannglass er spesielt godt egnet for [10]:

- Små anlegg
- Stort overdimensjonert nett eller endeledningsproblematikk med vannkvalitetsproblemer
- Hovedledningsnett i plast (kun behov for å beskytte husinstallasjoner av kobber)
- Mye rust, korrosjonsprodukter og slam i ledningsnettet

3.7.2 Konklusjon angående valg av korrosjonskontroll

Det anbefales med bakgrunn i utredningen under kapittel 3.7 å velge vannglass som korrosjonsbehandling på et framtidig nytt vannbehandlingsanlegg på Gålå.



4. NØDVENDIG KAPASITET PÅ ET NYTT VANNVERK

For å kunne vurdere nødvendig kapasitet på et framtidig nytt vannverk på Gålå, trengs det oversikt over dimensjoneringsgrunnlaget. Det vil si hvor mange hytter/personer/hoteller som vannverket skal forsyne.

4.1 Eksisterende bebyggelse og hoteller på Gålå

Sør-Fron kommune har i 2008 laget en oppstilling (vedlegg E) som viser eksisterende og forventet framtidig bebyggelse på Gålå iht. kommunale vedtatte arealplaner.

Oversikten viser at det pr. 11.04.08 var ca.650 hytter på Gålå. I tillegg er det 2 høyfjellshoteller, en butikk, en kafeteria og noen få bolighus som også får vann fra kommunalt vannverk.

4.2 Dimensjoneringsgrunnlag

Vann til husholdninger ligger normalt i området 130-180 liter pr. person i døgnet. Forbruket varierer med sanitærstandard, hustype, antall personer pr. leilighet osv. [1, s.58].

”På Gålå er det vanskelig å beregne framtidig vannforbruk pga. at beregningsforutsetningene for en stor del er ukjent. Beregningen må derfor baseres på antagelser basert på erfaringsverdier så langt som slike finnes og skjønn. Da må en se på eksisterende vannforbruk, eksisterende tilknytninger og antall enheter, forsyningsområde, belegg og variasjoner i bruk etc. I tillegg kommer prognoser for framtidig utvikling. Alle disse forholdene er beheftet med stor usikkerhet. Et annet viktig element ved dimensjonering er brannvannforsyning” [12].

Det foreligger ikke retningslinjer og normer for dimensjonering av vannforsyning til fritidsbebyggelse, da forbruket varierer veldig mye over året.

Forbruk til hoteller er angitt til å ligge mellom 200-500 liter pr. seng i døgnet. For restauranter og kafeteriaer er forbruket angitt til å ligge mellom 300-500 liter pr. ansatt i døgnet [1, s.59].

I videre beregninger antas derfor 300 liter pr. seng i døgnet på hoteller.

For å beregne vannforbruk pr. hytte eller boenhet på Gålå må det tas hensyn til historiske verdier på målt vannforbruk.

Erfaringsmessig blir det høyeste vannforbruket pr. døgn på Gålå i følge Sør-Fron kommune registrert i påska og i jula. Resten av året er det forholdsvis liten variasjon i vannforbruket.

Diagram 1 – Vannforbruk på Gålå i påska 2010

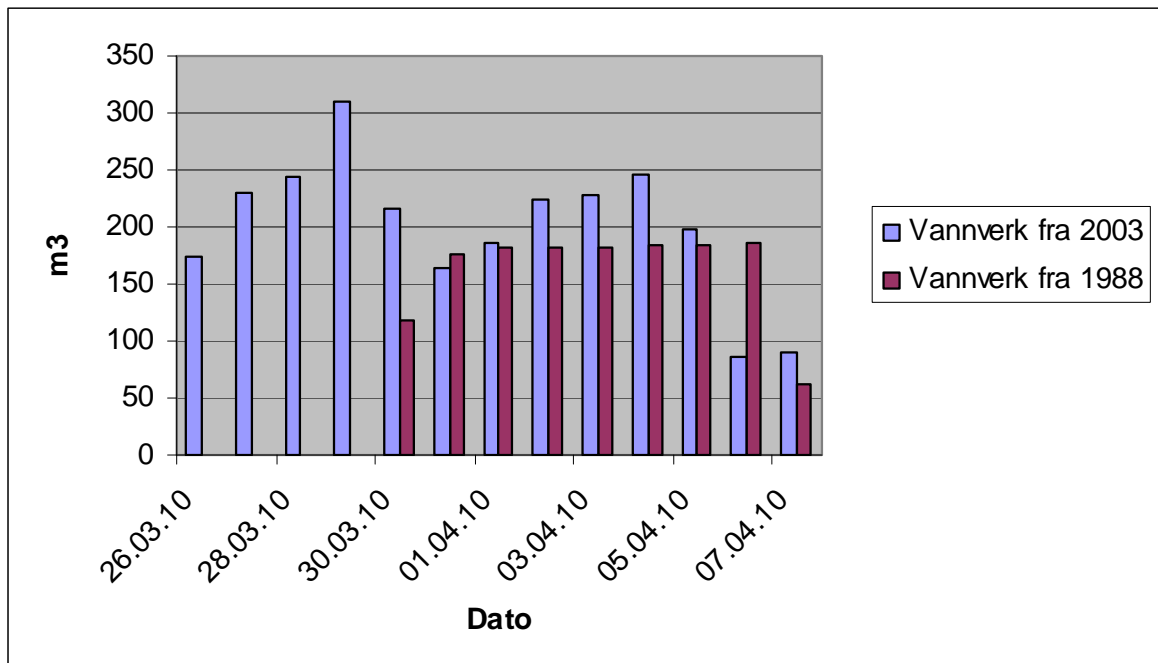
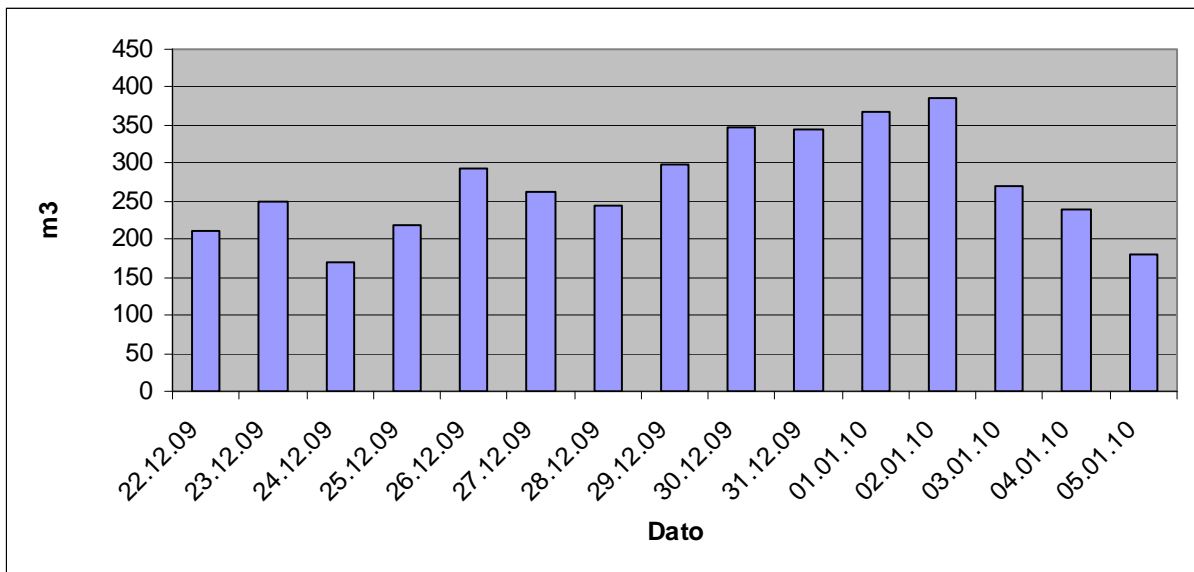


Diagram 1 viser at det høyeste totale døgnforbruket på disse to vannverkene i påska var den 4.april med totalt 430m^3 . Gjennomsnittlig døgnforbruk i perioden blir 313m^3 .

Diagram 2 – Vannforbruk på Gålå i jula 2009/nyttårshelga 2010

Det høyeste vannforbruket i jula var registrert 2.januar. Forbruket var da på 87m^3 . Gjennomsnittlig døgnforbruk i perioden er beregnet til 272m^3 . I jula ble det levert vann bare fra vannverket fra 2003.

På et vannforsyningsanlegg vil det være til dels store variasjoner i vannforbruket over året. I dimensjoneringssammenheng brukes ofte gjennomsnittlig døgnforbruk (q_{middel}) som utgangspunkt. For å angi døgnvariasjonen brukes en døgnfaktor (f_{maks}), og for å angi variasjonen fra time til time brukes en timefaktor (k_{maks}). Ved dimensjonering av vannforsyning til blant annet husholdning og industri brukes derfor denne metoden, der det foreligger dokumenterte erfaringstall på gjennomsnittlig vannforbruk, og variasjonsfaktorene er beregnet ut i fra forventede avvik fra disse gjennomsnittstallene [1, s.62 og 63].

Når en vannledning skal dimensjoneres må den klare å levere nok vann akkurat i den timen det er størst forbruk i løpet av året. I vannforsyningen er det vanlig å bruke høydebasseng blant annet for å ha en sikkerhet mot vannleveranse for eksempel ved strømbrudd osv. Det er vanlig at bassengene dimensjoneres for å kunne levere vann i

24 timer, inkludert nødvendig brannvann i minst to timer. Når bassenget oppfyller disse kravene, kan en anta at variasjonene i forbruk innenfor et døgn kan utjevnes i bassenget. **Vannledninger og pumper foran bassenget kan derfor dimensjoneres etter maksimum døgnforbruk**, mens anlegget etter bassenget må dimensjoneres for maks timeforbruk [1, s.63 og 85].

På Gålå er det totalt 6 høydebassenger. Det vil i denne rapporten ikke bli gått nærmere inn på om disse holder kravene til leveringssikkerhet.

Formel for beregning av maks døgnforbruk [1, s.85]:

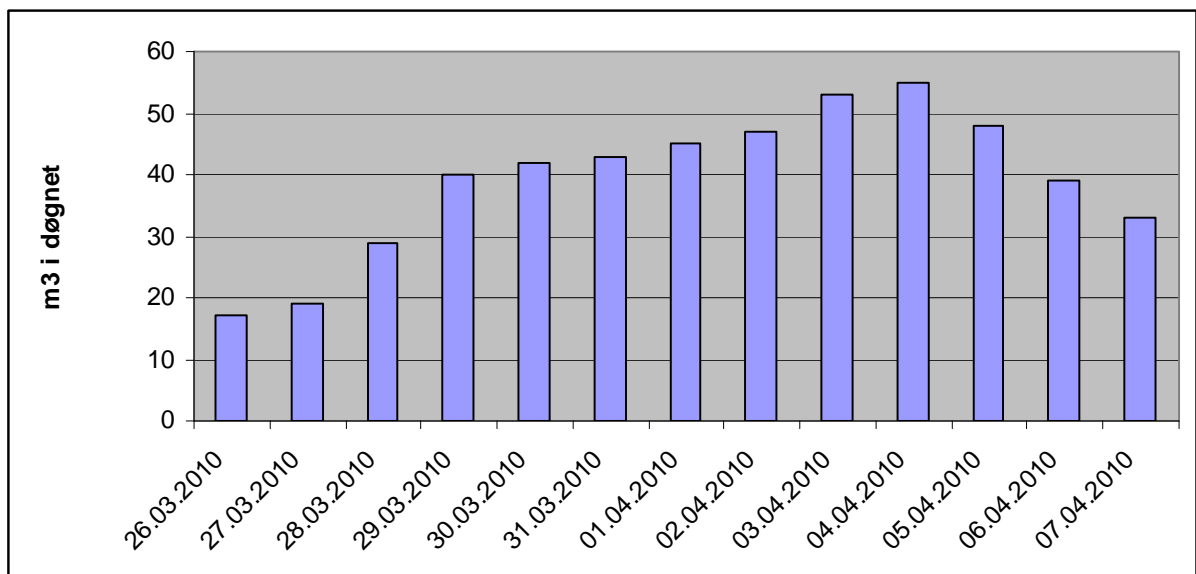
$$q_{\text{dim}} = q_{\text{middel}} \times f_{\text{maks}}$$

I dette tilfellet med fritidsbebyggelse foreligger ikke ”normtall” på q_{middel} og f_{maks} .

En må derfor ta direkte utgangspunkt i maks registrert døgnforbruk på de historiske vannmengdene. Formelen over kommer derfor ikke til anvendelse for denne beregningen da en finner maks døgnforbruk (som er produktet av q_{middel} og f_{maks}) direkte ut av de registrerte vannmengdene.

Det er registrert et maks forbruk på 430m^3 i døgnet i påska 2010.

Diagram 3 – døgnforbruk på Wadahl høyfjellshotell påska 2010



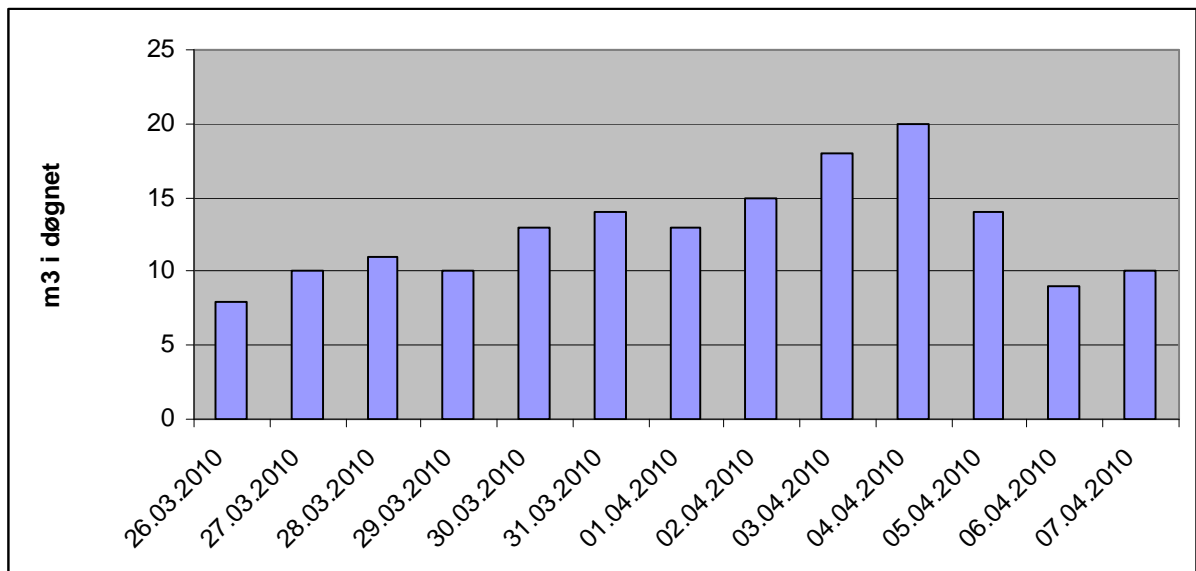
I dette døgnet ble det også som vist i diagram 3 registrert maksimalforbruk i påska på Wadahl høyfjellshotell, på 55m^3 . En må gå ut ifra at hotellet på denne tiden var omtrent fullt. (Det er ikke gitt tilbakemelding på henvendelse om dette til hotellet)

Beregnet vannforbruk på Wadahl høyfjellshotell:

180 senger x 300 liter pr. seng : 54m^3

Målt vannforbruk og beregnet vannforbruk stemmer godt overens.

Diagram 4 – døgnetforbruk på Gålå hotell påska 2010



Vannforbruket på Gålå hotell hadde også som vist i diagram 4 sin maksimalverdi på samme dag, med 20m^3 . Dette hotellet var også trolig nesten fullt på denne tiden. (Det er ikke gitt tilbakemelding på henvendelse om dette til hotellet)

Beregnet vannforbruk på Gålå hotell:

83 senger x 300 liter pr. seng: $24,9\text{m}^3$

Målt vannforbruk og beregnet vannforbruk stemmer også her godt overens.



Dersom vannforbruket på hotellene trekkes fra totalforbruket, kan vannforbruket på hyttene og det andre beregnes:

$$430\text{m}^3 - (20+55)\text{m}^3 = \mathbf{355\text{m}^3}$$

Det er selvsagt vanskelig å vite hvor mange som brukte hytta si den 4.april.

Grunnlaget for kommunale vannavgifter i Sør-Fron kommune viser at det pr. 22.04.10 er **508 hytteabonnenter** på kommunal vannforsyning på Gålå av totalt 650 bygde hytter. Sør-Fron kommune leverer også vann til hyttefeltet Tiurlia i nabokommunen Nord-Fron. Her er det bygd ca. 20 hytter som inngår i avgiftsgrunnlaget i Sør-Fron kommune, mens det er godkjent for utbygging av totalt 50 hytter i kommunale planer.

Siden hyttene utgjør så mye i forhold til det andre utenom hotellene på Gålå regnes alt som hytter. Det anses som realistisk å legge til grunn at 9 av 10 brukte hyttene sine i påska.

Derfor regnes det at vannforbruket deles på: $508 \times 0,9 = \mathbf{457 \text{ hytter / boenheter}}$

$$355\text{m}^3 / 457 \text{ hytter} = \mathbf{777 \text{ liter pr. hytte / boenhet}}$$

Dette bør være et forholdsvis realistisk bilde av vannforbruket på Gålå.

4.3 Konklusjon dimensjoneringsgrunnlag

For beregning av nødvendig framtidig kapasitet velges det med bakgrunn i utredningen under kapittel 4.1 og 4.2 å bruke **800 liter pr. hytte / boenhet pr. døgn** som dimensjoneringsgrunnlag.

4.4 Nødvendig kapasitet ved full utbygging og tilknytning på Gålå

Det er i kommunedelplanen for Gålå godkjent utbygging av totalt 1486 hytter. I tillegg kommer de 50 hyttene som er godkjent utbygd i Nord-Fron kommune.



Ved dimensjonering av et nytt vannverk må en ta utgangspunkt i at det skal kunne levere nok vann ved full utbygging, og full tilknytning til kommunal vannforsyning.

Nødvendig kapasitet for å levere vann til hyttene:

1536 hytter x 800 liter pr.hytte / boenhet = **1229m³ i døgnet**

Det foreligger pr. dags dato ingen tall på omfang av en evt. framtidig utviding av hotellene, slik at de mengdene som er funnet blir lagt til grunn for beregningen.

Nødvendig kapasitet til Wadahl høyfjellshotell: **55m³ i døgnet** (målt maksverdi)

Nødvendig kapasitet til Gålå hotell: **25m³ i døgnet** (beregnet maksverdi)

Med bakgrunn i utredningen under kapittel 4 blir totalt beregnet nødvendig kapasitet pr. døgn på et nytt vannverk på Gålå:

1309m³ i døgnet

5. GEOGRAFISK PLASSERING AV VANNVERKET

5.1 *Bakgrunn for valg av plassering*

Ting som bør vektlegges ved anbefaling om plassering av vannbehandlingsanlegget:

- Avstand til ønsket inntakspunkt av råvann
- Plassering av ledningsnett som behandlingsanlegget skal tilknyttes
- Adkomst/avstand til offentlig veg
- Muligheter for erverv av grunn

5.2 *Anbefalt plassering av vannverket*

Eksisterende vannverk fra 2003 ligger helt inntil et teateramfi. Her er det så trangt om plassen at det ikke lar seg gjøre å bygge ved siden av det gamle anlegget. Dette er det også konkludert med i rammeplanen for vannforsyning på Gålå.

Bilde 1 – Vannverket fra 2003



(Foto: Åge Øverjordet)

Vannverket fra 1988 ligger på en romsligere plass. Her er det muligheter til å bygge et nytt anlegg og rive det gamle. Det anses ikke som aktuelt å renovere/bygge ut det eksisterende anlegget da det er lite og nedslitt.

Bilde 2 – Vannverket fra 1988



(Foto: Åge Øverjordet)

Kartverket over området (vedlegg B) viser at det ikke er mange egnede plasser å bygge nytt behandlingsanlegg på. Kartet viser dybdemålingene som er foretatt her for noen år siden. For å få en sikker vannforsyning, så bør inntaksledningen legges på så dypt vann som mulig. Sprangsjiktet forhindrer da forurensninger fra å nå ned til inntaket, unntatt i sirkulasjonsperiodene om våren og høsten. Gålåvatnet har et maksdyp på ca. 40 meter. Hvis en skal ut dit med inntaket så blir ledningen veldig lang. Det er ca.35 meters dyp også litt lenger sør på vannet, og det anbefales å gjennomføre et kartleggingsprogram i dette området.

Anbefalt plassering av inntaksledning og nytt vannbehandlingsanlegg er vist på vedlegg B.



6. STØRRELSE PÅ BYGG/KOSTNADSOVERSLAG

Anlegget skal bygges med UV-desinfeksjon og tilsetning av vannglass som korrosjonsbehandling. Et slik bygg bør også ha lagerplass for reservedeler, og et toalett.

Erfaringsmessig nødvendig størrelse på bygget er ca. 50m².

Byggekostnad er anslått til ca. kr.1.880.000. I tillegg kommer rigg og drift med 20 % tillegg som utgjør kr. 376.000 og uforutsett på 15 % som utgjør 282.000.

Total byggekostnad anslått til kr. 2.538.000. (Prosjekteringskostnader er ikke med i dette beløpet.)

Viser ellers til vedlegg K fra firmaet COWI AS i Fredrikstad, som jobber med prosjektering av vannbehandlingsanlegg.



7. KONKLUSJON

Selv om det viser seg at datagrunnlaget for vannkvalitet i Sør-Fron kommune er for dårlig til å finne vannkvalitetsnivået og bestemme nødvendig log-reduksjon på et nytt vannbehandlingsanlegg, så er det gjort en antagelse på hvilke resultat en bør kunne forvente seg etter et risikobasert kartleggingsprogram.

Rapport 170 fra Norsk Vann er en ny og ”utradisjonell” rapport som setter tall på hvor stor hygienisk barrierevirkning forskjellige tiltak bidrar med for å oppfylle barrierehøyden / nødvendig log-reduksjon. Hittil har det vært en vanlig oppfatning at det skal være to uavhengige hygieniske barrierer, slik at den andre skal fungere om den ene faller ut. Inaktivering av mikroorganismer har oftest skjedd ved å velge to av de vanlige prosessene; klor, UV og ozon. Inaktivering kan også kombineres med filtrerings- eller fellingsprosesser, dersom vannkvaliteten tilsier at det er nødvendig.

Det er i denne utredningen kommet fram til at med de to antatt sannsynlige vannkvalitetsnivåene så vil nødvendig log-reduksjon kunne oppfylles ved bare UV-desinfeksjon, uten kombinasjon med klor eller ozon eller annen vannbehandling. Dersom det skulle vise seg at vannkvaliteten ikke er så god som antatt, så kan det være påkrevd med enten en inaktiverings- eller partikkelfjerningsmetode i tillegg.

En kan stille seg spørsmålet: Hva skjer hvis vannkvaliteten blir slik at UV-anlegget ikke fungerer, og man ikke har en annen inaktiveringsprosess som trer inn?

Anlegget er forutsatt bygd slik at råvannskvaliteten overvåkes, og ved for lav UV-transmisjon så vil vannproduksjonen stoppe. På samme måte vil vannproduksjonen stoppe dersom strømtilførselen til UV-anlegget blir borte. Det er også andre tiltak som bidrar til tilstrekkelig leveringssikkerhet slik som for eksempel to UV-reaktorer som har 100 % kapasitet hver, og det forutsettes at det er en bufferkapasitet på minst 12 timer i høydebassenger.



Vannverket fra 2003 har også en verdi her. Selv om det har kapasitet på bare 312m^3 pr. døgn, så kan det fungere som en reserveløsning til å fylle opp igjen høydebassenger hvis noe ekstraordinært skulle skje.

Det anses pr. i dag som lite sannsynlig at vannkvaliteten skal bli av en slik karakter at et UV-anlegg vil settes ut av spill. Dette anses som den verste trusselen mot å bygge et anlegg basert bare på UV-desinfisering.

Etter at kommunen har gjennomført de utvidete kartleggingsprogrammene iht. Rapport 170 og Veiledning 97:04, kan en med større sikkerhet si om det kan anbefales å bygge et nytt anlegg basert kun på UV-desinfisering. Et alternativ kan være å etablere en klorberedskap som kan settes inn ved svikt i UV-behandlingen, men dette blir ikke gått nærmere inn på nå.

Nødvendig behandlingsskapasitet på vannverket er beregnet ut i fra målte vannmengder i jul og påske. Dette er de periodene det er størst forbruk i løpet av året. Nødvendig kapasitet pr. døgn er beregnet til 1309m^3 .

Det er funnet at vannglass vil være det totalt sett beste, enkleste og rimeligste alternativet til korrosjonsbehandling. Da er det tatt i betraktning at ledningsnett på Gålå har svært varierende forbruk, samt at det i lange perioder er mye stillestående vann som kan føre til begroing og biologisk vekst med påfølgende høyt kimtall.

Nødvendig størrelse på bygg og kostnadsoverslag er satt opp med bakgrunn i erfaringstall fra COWI AS i Fredrikstad. For å få mer nøyaktige tall på dette er det nødvendig å gå inn på tekniske løsninger. Dette hadde gjort denne rapporten for omfattende.

Nødvendig størrelse er anslått til 50m^2 , med en kostnadsramme på ca. kr. 2.538.000. I tillegg kommer prosjektering.



8. LITTERATURLISTE

- 1 Øystein Vollen, "KOMMUNALTEKNIKK 2, Vann og avløp", Yrkesopplæring ans, Kristiansand (1992)
- 2 Hallvard Ødegaard, "Rensing av drikkevann og avløpsvann", Grunnkurskompendium TVM4125, NTNU, Institutt for vassbygging, (2002)
- 3 Hallvard Ødegaard, Stein Østerhus, Esa Melin, "Veiledning til bestemmelse av god desinfeksjonspraksis", Norsk Vann, Rapport 170, Hamar og Stockholm, (2009)
- 4 Helse- og omsorgsdepartementet, Folkehelseavd., FOR 2001-12-04 nr 1372: Forskrift om vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsforskriften), (2001)
- 5 Mattilsynet, "Veileder til Drikkevannsforskriften", Versjon 2, (2005)
- 6 Folkehelseinstituttet, "Vannforsyningens ABC", (2004)
- 7 Jon Roar Andersen m.fl., "Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann", Statens forurensningstilsyn, "Veiledning 97:04", (1997)
- 8 Stein W. Østerhus, "Vannglass som korrosjonsinhibitor – resultater fra pilotforsøk i Orkdal kommune", Norvar, "Prosjektrapport 88", (1998)
- 9 BIM Krystal Norway, Brosjyre om Vannglass
- 10 Stein W. Østerhus (SINTEF), VA-konferansen, Stryn, 19.-20.november 2008
- 11 Kjetil Furuberg, Norsk Vann, e-post 9.april 2010
- 12 Per Otto Humberstet, Sivilingeniør VAR-teknikk, Norconsult AS Lillehammer, e-post av 18.03.10
- 13 James R. Mihelcic, Julie Beth Zimmermann, "Environmental Engineering", John Wiley & Sons (2010)
- 14 Colin Baird, Michael Cann, "Environmental Chemistry – third edition", W.H. Freeman and Company (2005)
- 15 Erling Rost, Sterner Aquatech AS, (leverandør av UV-anlegg), telefonsamtale 20.mai 2010



9. VEDLEGG

A: Hydrogeologisk feltbefaring.....	s. 62
B: Oversikts- og dybdekart.....	s. 63
C: Analyseresultater vassdragsovervåkning.....	s. 64
D: Analyseresultater råvann og på nett.....	s. 65
E: Oversikt hyttebygging på Gålå.....	s. 70
F: Møtereferater.....	s. 72
G: Prosjektbeskrivelse.....	s. 74
H: Prosjektavtale.....	s. 76
I: Kommunikasjon med oppdragsgiver.....	s. 78
J: Kommunikasjon med veileder.....	s. 79
K: Overslag byggekostnad og nødvendig størrelse på bygg.....	s. 80