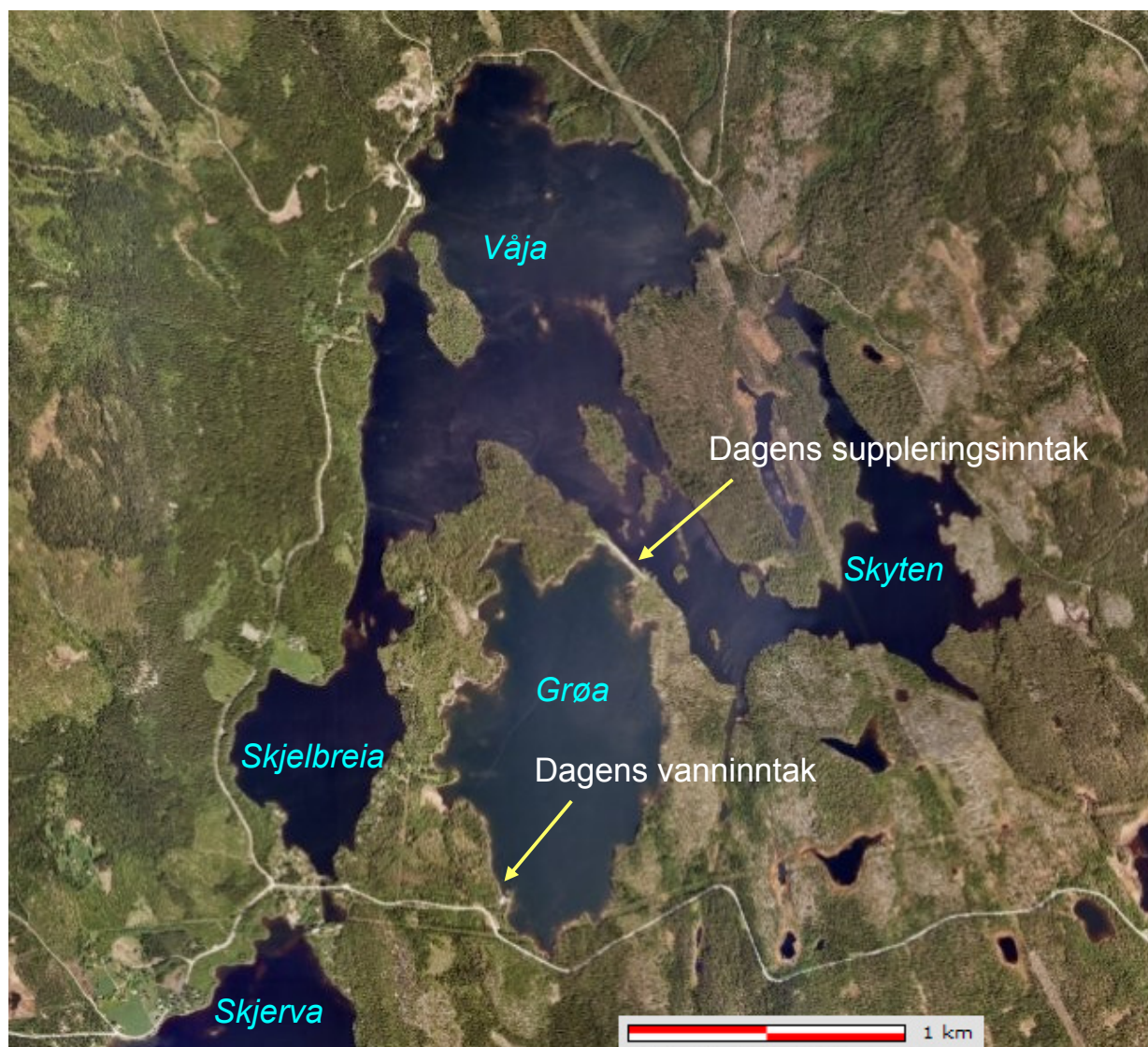


Undersøkelser i Grøa og omkringliggende innsjøer i forbindelse med økt vannbehov ved Gran og Lunner interkommunale vannverk



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Undersøkelser i Grøa og omkringliggende innsjøer i forbindelse med økt vannbehov ved Gran og Lunner interkommunale vannverk	Løpenr. (for bestilling) 5983-2010	Dato 20.04.2010
	Prosjektnr. Undernr. 29069	Sider Pris 38
Forfatter(e) Dag Berge	Fagområde Drikkevann	Distribusjon Fri
	Geografisk område Oppland	Trykket NIVA
Oppdragsgiver(e) Lunner kommune		Oppdragsreferanse Ingvald Struksnes

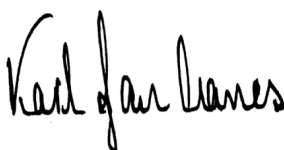
Sammendrag

Grøa har mye bedre vannkvalitet enn de omkringliggende innsjøene Skyten, Våja og Skjelbreia. Dette gjelder særlig mht humusinnhold der Grøa har farge på 10, mens Skyten har farge på 40 mg Pt/l. Dekker man det fremtidige vannbehov ved rørinnslipp over dammen som i dag, vil midlere fargetall i Grøa kunne stige til godt over 20 mg Pt/l og det vil bli umulig å nytte UV som desinfeksjonsmetode. Hvis suppleringsvannet tas fra overflatesjiktet ved Handkledypet, vil det fremtidige fargetallet bli lavere, og særlig hvis tiltaket kombineres med lekkasjeutbedring. Inntaksrøret bør forlenges utover mot Våja (Handkledypet), og utslippsrøret i Grøa bør forlenges til godt utenfor den langgrunne renna hvor vannet slippes ut i dag. Vannet bør tas inn og slippes ut på ca 3 m dyp (1m under LRV). Både inntak og utslipp bør skje 5 m over bunnen. Det synes å skje et infiltrasjonsinnsig fra de andre innsjøene og inn til Grøa. Selv om det foreliggende datamateriale er spinkelt, ser det ut som om lange perioder med åpen forbindelse til Skyten gir mer humus i Grøa, mens lange perioder med lukene lukket gir mindre humus. Dette indikerer at infiltrasjonsinnsig kan fjerne en del humus i det innkommende vann. Denne infiltrasjonen vil trolig kunne økes ved å holde vannstanden i de andre innsjøene 30-50 cm høyere enn i dag, men vil neppe kunne dekke mer enn deler av behovet for suppleringsvann. For å oppnå maksimal humusfjerning vil det være best å overføre suppleringsvannet i starten av hver stagnasjonsperiode, dvs. i juni og like etter islegging i desember.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Grøa	1. Lake Grøa
2. Suppleringsvann	2. Supplement water
3. Humusproblemer	3. Humic matter problems
4. Infiltrasjonsinnsig	4. Infiltration



Dag Berge
Prosjektleder



Karl Jan Aanes
Forskningsleder



Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

Norsk institutt for vannforskning
Oslo

O-29069

Undersøkelser i Grøa og omkringliggende innsjøer i forbindelse med økt vannbehov ved Gran og Lunner interkommunale vannverk

Oslo 20.04.2010

Prosjektleder Dag Berge
Medarbeider *Per Høiby, Lunner kommune*

Forord

Undersøkelsen ble gjennomført i perioden februar 2009 til januar 2010. Feltarbeidet er utført av Per Høiby og Kjell Arne Eriksen, Lunner kommune, etter forutgående instruksjon fra Dag Berge, NIVA, som deltok på det første felttoktet. Det ble etter de første fire månedene utarbeidet en foreløpig rapport. Programmet ble deretter endret noe, bl.a. ble antall prøvetakingsstasjoner redusert, mens antall analyseparametere ble øket. Det ble også enighet om å se mer inngående på Grøa's hydrologi, bl.a. ved å vurdere om det er kontakt mellom Grøa og de andre innsjøene via grunnvannet.

Prosjektleder i Lunner kommune, og hovedkontakt hos oppdragsgiver har vært Ingvald Struksnes. Atle Hermansen, Lunner kommune har vært behjelpelig med å fremskaffe gamle data fra vannkildene, samt data fra dagens drift. Det har vært jevnlig kontakt med kommunens tekniske konsulent, Kjell Arild Ekeberg, Norconsult på Lillehammer. Han har bl.a. sett på økningen i det fremtidige vannforbruket, mulighetene for å benytte UV som desinfeksjonsmetode, med mer.

Det har vært trivelig og godt samarbeid gjennom hele undersøkelsesperioden. NIVA takker for et interessant og lærerikt prosjekt.

Oslo, 20.04.2010

Dag Berge

Innhold

1. Konkluderende sammendrag	5
1.1 Vannkvalitet	5
1.2 Dominerende strømretninger	5
1.3 Hydrologisk budsjett for Grøa i 2009	5
1.4 Vannbehov i fremtiden og mulige humusproblemer	5
1.5 Hvordan bør inntappingen skje?	6
1.6 Kan man øke infiltrasjonsinnsiget fra de andre innsjøene?	6
Summary	7
2. Innledning	8
2.1 Bakgrunn	8
2.2 Målsetting	9
2.3 Undersøkelsesopplegg	9
3. Vannkvalitet	11
3.1 Farge og UV-transmisjon	11
3.2 Turbiditet	13
3.3 Siktedyp	13
3.4 Temperatur	14
3.5 pH (surhet)	15
3.6 Bakteriologi	15
3.7 Oppsummering vedrørende vannkvalitet	20
4. Hvordan bør man ta inn suppleringsvannet?	21
4.1 Rasjonale	21
4.2 Dominerende strømretninger	21
4.3 Grøas hydrologiske budsjett	23
4.4 Vannbehov i fremtiden og mulige humusproblemer	24
4.5 Hvordan og når bør man tappe inn suppleringsvannet (rørløsning)?	30
4.6 Kan man øke infiltrasjonsinnsiget fra de andre innsjøene?	32
5. Litteraturreferanser	35
6. Primærdata	36

1. Konkluderende sammendrag

1.1 Vannkvalitet

1. Med unntak av høye funn av den sporedannende bakterien *Clostridium perfringens* under en kraftig nedbørsperiode senhøstes, var den bakteriologiske vannkvaliteten god i alle innsjøene. Med hensyn til surhet (pH) og turbiditet var også vannkvaliteten god ved alle stasjonene.
2. Mht humus hadde Grøa mye bedre vannkvalitet (farge 10 mg Pt/l) enn de andre innsjøene (farge ca 35-40 mg Pt/l). Forskjellen var så stor at økt innslipp fra Skyten via dagens rørløsning vil gi betydelig fargeøkning.
3. I løpet av vinteren falt temperaturen i dypvannet i Grøa til 1.6 gr C. Den termiske sjiktningen ble nærmest visket ut. Mesteparten av dypvannet ble tappet ut og erstattet med kaldt overflatevann eller grunt grunnvann. Dette gjør vanninntaket mer sårbart for forurensninger enn om dypvannet hadde hatt så stor mektighet at det volummessig ikke var blitt påvirket av vinteruttaket, slik det er i større innsjøer. I sommerhalvåret reduserte ikke uttappingen av dypvann sjiktningen i samme grad.
4. Vannkvaliteten var noe bedre i Våja enn i Skyten. Fargen var her 5 mg Pt/l mindre, og siktedypet ca 2 m større. Bedringen var allerede oppnådd ved utløpet av bukta inn fra Våja (Handkledypet).

1.2 Dominerende strømretninger

De relative størrelser på de ulike delnedbørfelter i innsjøsystemet er slik at dagens vanninntak nærmest alltid vil få inn vann fra Skyten.

1.3 Hydrologisk budsjett for Grøa i 2009

I 2009 ble vannforbruket fra Grøa målt til i underkant av 2 millioner m³. Beregnet tilrenning fra eget felt, korrigert for avvik fra normal nedbør (3 %) utgjorde 0,84 mill m³. Inntapping fra Skyten er beregnet til 1,3 mill m³. Vannforbruket ble balansert av tilrenning fra eget nedbørfelt og innslipp fra Skyten i 2009. Beregningene er usikre, selv om de er basert på nyeste tilgjengelige informasjon. Nedbøren avvek bare 3 % fra normalen ved nærmeste stasjon (Lunner). Det er benyttet siste 30 årsmiddel fra NVEs isohydatkart i NVE Atlas for å beregne avrenningen. Likeledes er arealer og volumer planimetret opp på nytt. Vannstandene i Grøa og Skyten er observert i tappeperiodene. I tappeperiodene var vannforbruket omtrent lik tilrenning fra eget felt, slik at det er regnet med at hele vannstandsstigningen under oppfyllingen skyldtes tapping av vann fra Skyten.

1.4 Vannbehov i fremtiden og mulige humusproblemer

Vannforbruket fra Grøa vil komme til å øke betydelig ved tilknytning av Brandbu og deler av Harestua. Hvis alt suppleringsvann tas fra Skyten vha dagens arrangement, vil dette medføre at midlere fargetall i Grøa øker fra dagens nivå på 10 mg Pt/l til over 20, altså mer enn en fordobling. Hvis man henter vannet nærmere Handkledypet og utnytter muligheten for infiltrasjonssinnsig maksimalt vil man kunne redusere fargeøkningen betydelig. Beregninger indikerer at midlere farge i Grøa da vil bli om lag 17 mg Pt/l. Kombineres tiltaket med lekkasjeutbedring, vil midlere farge øke til ca. 15 mg Pt/l.

1.5 Hvordan bør inntappingen skje?

Dagens tappeanordning med inntak rett utenfor dammen og utslipp i den grunne renna rett innenfor dammen, er ikke optimal. Det tar inn humusrikt Skyten-vann, det er utsatt for strandnære forurensninger, og det genererer erosjon i utslippsrenna. Det bør legges en sjøledning bort mot Handkledypet, hvor vannet tas inn på ca 3 m (NB en m under LRV) og godt ut fra land. Likeledes bør det legges en utslippsledning ut gjennom den grunne renna inn i Grøa slik at man unngår erosjon. Utslipppet i Grøa bør skje på ca 3 m dyp (1 m under LRV). Innslipppet bør skje i første del av stagnasjonsperiodene, i begynnelsen av juni, og etter første islegging i desember da Grøas begrensede volum gjør at det vil være behov for to innslipp. Da vil man oppnå lengst oppholdstid på det inntappede vannet før man får det inn i inntaket til vannverket, og dermed størst selvrensing av humus. Innslippsvannet synes å inneholde minst humus i juni og juli. Man vil få økt fleksibilitet til å overføre vannet på gunstige tidspunkt ved å installere pumper på innslippsledningen. Pumper og ledningsalternativ må utredes i egen teknisk utredning.

1.6 Kan man øke infiltrasjonsinnsiget fra de andre innsjøene?

Den hydrauliske belastningen er 28 ganger større på vannene som omkranser Grøa enn på selve Grøa. Dette vil si at man har meget gode muligheter til nærmest en hver tid å holde et infiltrasjonsdrivende overskuddstrykk inn mot Grøa.

Man pleier å tappe inn vann vår og høst av den grunn at man da vanligvis observerer den største høydeforskjellen mellom vannstandene. Det er da typisk ca. 80 cm høydeforskjell (Per Høiby, Lunner kommune, pers. medd.). Resten av året er det mindre forskjell, periodevis er det høyere vannstand i Grøa enn i de andre innsjøene. Også i år hvor man har unnlatt å tappe inn vann fra Skyten, har ikke vannstanden i Grøa sunket særlig mer enn vanlig. Dvs. at vannstandsforskjellen blir ikke (eller svært sjelden) særlig mer enn ca 80 cm.

Hvis man øker vannstanden i Skyten med 30-50 cm, vil det infiltrasjonsdrivende overtrykket doubles, og infiltrasjon vil kunne skje over en lengre periode. Man må selvsagt vurdere om dette vil skape problemer for andre brukerinteresser, veger, etc. En kan tenke seg at det legges på en krone på overløpet på Skjelbreiadammen på 30-50 cm. Slukeevnen opprettholdes ved å gjøre utløpet litt bredere. Vannstanden i Grøa vil justere seg selv passivt etter vannforbruket. Det antas at dagens grunnvannsinnsig kanskje vil kunne doubles ved disse tiltakene. Hvor mye humus som vil slippe gjennom, er vanskelig å si. Lange perioder med åpen forbindelse til Skyten synes å gi økt farge i Grøa, mens lange perioder med lukene stengt synes å gi lav farge. Dette tyder på at infiltrasjonsinnsig reduserer fargen i vannet fra Skyten til en viss grad, kanskje opp mot 20 %. Hvor mye man kan øke infiltrasjonsinnsippet og hvor mye humus dette vil fjerne, kan kun belyses sikkert ved praktiske forsøk.

Summary

Title: Studies in Lake Grøa and it's bordering lakes in connection with increased demand for water at Gran and Lunner Inter Municipal Water Works.

Year: 2009-2010

Author: Dag Berge

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-5718-2

Lake Grøa has much better water quality than the surrounding lakes, Lake Skyten, Lake Våja and Lake Skjelbreia. Particularly, this applies to the content of humic matter, where Lake Grøa has a colour of 10 mg Pt/l while Lake Skyten has 40 mg Pt/l. If the future increase in drinking water demand is covered by piped water from Lake Skyten, the colour in Lake Grøa will rise to above 20 mg Pt/l. The intake pipe should be extended in direction of Lake Våja (Handkledypet), and the outlet pipe should be extended to outside the shallow dug outlet canal. The transfer-water should be taken from, and delivered at approximately 3 m depth (surface to surface). Hydrological calculations indicated that in 2009 the water consumption was balanced by the runoff from Grøas own catchment plus two periods of inlet of water from Lake Skyten. In other years there has been no active transfer of water from Lake Skyten, which indicates that an infiltration seepage into Lake Grøa takes place from the surrounding lakes. This infiltration seems to remove humic material with an efficiency of approximately 20 %. The infiltration can likely be increased by keeping the water level in the surrounding lakes 30-50 cm higher than today, which is easy to accomplish by the regulation arrangement at the outlet of Lake Skjelbreia.

2. Innledning

2.1 Bakgrunn

Gran og Lunner Interkommunale Vannverk, som har Grøa som vannkilde, står foran en betydelig økning av drikkevannsproduksjonen ved at Brandbu og deler av Harestua skal knyttes til. Det vil bli behov for økt innslipp av suppleringsvann som i dag tas fra Skyten, se **Figur 1**. Det er også ønske om å installere UV-behandling av vannet da nyere forskning viser at klorering ikke tar knekken på sporer og hvileegg av sykdomsfremkallende organismer som for eksempel parasittene *Giardia intestinalis* og *Cryptosporidium parvum*.



Figur 1. Drikkevannskilden Grøa med de omkringliggende innsjøene

Grøa har i dag god vannkvalitet mht kjemisk og mikrobiologiske parametere. Fargen ligger på 10 mg Pt/l, og turbiditeten på ca 0.5 FNU. I suppleringskilden Skyten er fargen betydelig høyere, ca 40 mg Pt/l som middel målt i sundet rett utfor demningen til Grøa. Farge i innsjøer er hovedsakelig avhengig av to faktorer, 1) hvor mye farge det er i tilrenningsvannet, og 2) av oppholdstiden vannet har i innsjøen. Lang oppholdstid reduserer fargen. Landskapsmessig er det en tommelfingerregel at områder med granitt, grunnfjell, med furubonitet og sphagnum myrer, gir mye farge i avrenningsvannet, mens mer kalkrike bergarter og granskogsbonitet gir mindre farget avrenningsvann. Områdene rundt Skyten hører klart til første kategori. Visuelle observasjoner og spredte vannprøver tilsa at det trolig var mindre humus i Våja-Skjelbreia enn i Skyten, og at man muligens kunne oppnå bedre suppleringsvann fra disse to innsjøene. Denne undersøkelsen tar bl.a. sikte på å dokumentere om så er tilfelle.

2.2 Målsetting

Undersøkelsen har følgende målsetting:

1. Undersøke vannkvaliteten i Grøa og i de omkringliggende innsjøene med tanke på å finne det beste stedet å ta suppleringsvann fra.
2. Vurdere fra hvilke dyp man bør ta vannet fra, og i hvilke dyp man bør slippe det ut i Grøa.
3. Vurdere ved hvilken årstid det vil lønne seg å ta inn suppleringsvann.
4. Gjøre beregninger av resultant farge ved innslipp av ulike mengder suppleringsvann.
5. Prøve å sette opp et hydrologisk budsjett for Grøa for derigjennom å få kunnskap om det i dag skjer grunnvannsinnsig til Grøa fra de andre innsjøene eller om Grøa føres utelukkende fra sitt eget lokale nedbørfelt.
6. Vurdere om man kan øke et eventuelt infiltrasjonsinnsig.

2.3 Undersøkelsesopplegg

Det ble opprettet 7 prøvetakingsstasjoner som anvist **Figur 2**. Prøver er tatt hver måned over ett år for å få med årstidsvariasjoner i vannkvaliteten.

Prøvene er tatt på følgende dyp:

Stasjon	Dyp (m)
1 Skyten	1 og 15
2 Demning	1
3 Handkledypet	1 og 15
4 Nordtangenbukta	1
5 Skjelbreia	1 og 15
6 Grøa	1 og 15
7 Våja	1 og 15

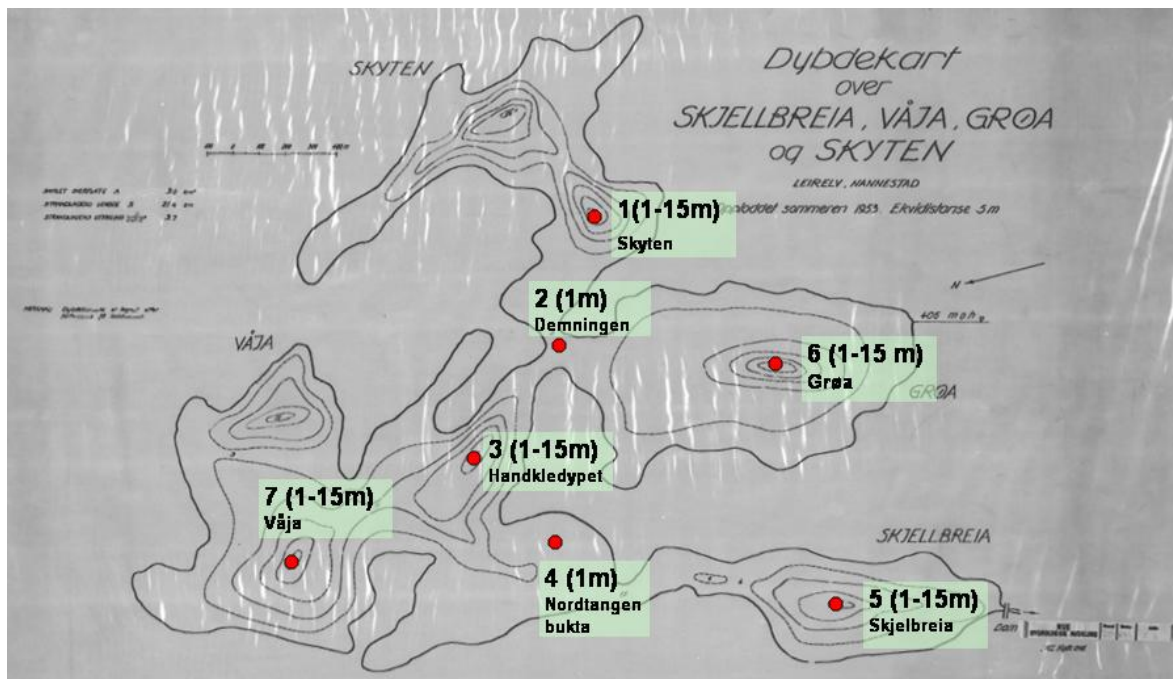
Prøvene ble tatt med en vannhenter med termometer. Temperaturen ble avlest i hvert dyp og notert i feltbok. Prøver til bakterieanalyser er tatt på egne pre-steriliserte "engangs" prøveflasker. Prøver til de andre analysene er tatt på egne plastflasker. I den isfrie periode ble det også målt siktedyp, og vannets visuelle farge mot sikteskiva i det halve siktedypet. Siktedypet ble målt med en hvit skive som senkes ned fra båten.

Prøvetakingen startet i februar. Mai observasjonen ble så langt det var mulig, tatt i vårfloppen, da dette ofte er en ekstremperiode mht dårlig vannkvalitet. I praksis var dette umiddelbart etter isgang. Prøvene ble analysert på

1. Temperatur (feltmåling)
2. Siktedyp (feltmåling)
3. pH
4. Farge (ufiltrert)
5. UV-transmisjon (ufiltrert)
6. Turbiditet
7. Kimtall (heterotrofe bakterier)
8. E. coli (ekte tarmbakterier)
9. Jern og mangan (dypvann august)
10. Intestinale enterokokker
11. *Clostridium perfringens*

På dypvannsprøvene (15 m) ble det også analysert på jern og mangan midtsommers (august) og midtvinters (mars) for å se om det skjedde noen akkumulering i dypet under stagnasjonsperiodene. Jern og mangan kan i disse periodene skape problemer på ledningsnett, så som slamdannelse, periodevis brunt vann, etc.

De undersøkte innsjøene og prøvetakingsstasjoner er vist i dybdekartet i **Figur 2**. Det var ikke mulig å ta prøver i april og desember 2009 og i januar 2010 på grunn av usikker is. Prøvetakingen representerte allikevel vinterstagnasjonen, snøsmeltingsperioden og vårfullsirkulasjonsperioden, sommerstagnasjonen og høstsirkulasjonen i innsjøene. Det ble sluppet inn supplervann til Grøa to ganger i prøvetakingsperioden, nemlig i perioden 26/5-25/6 og 6/11 - 14/12 2009.



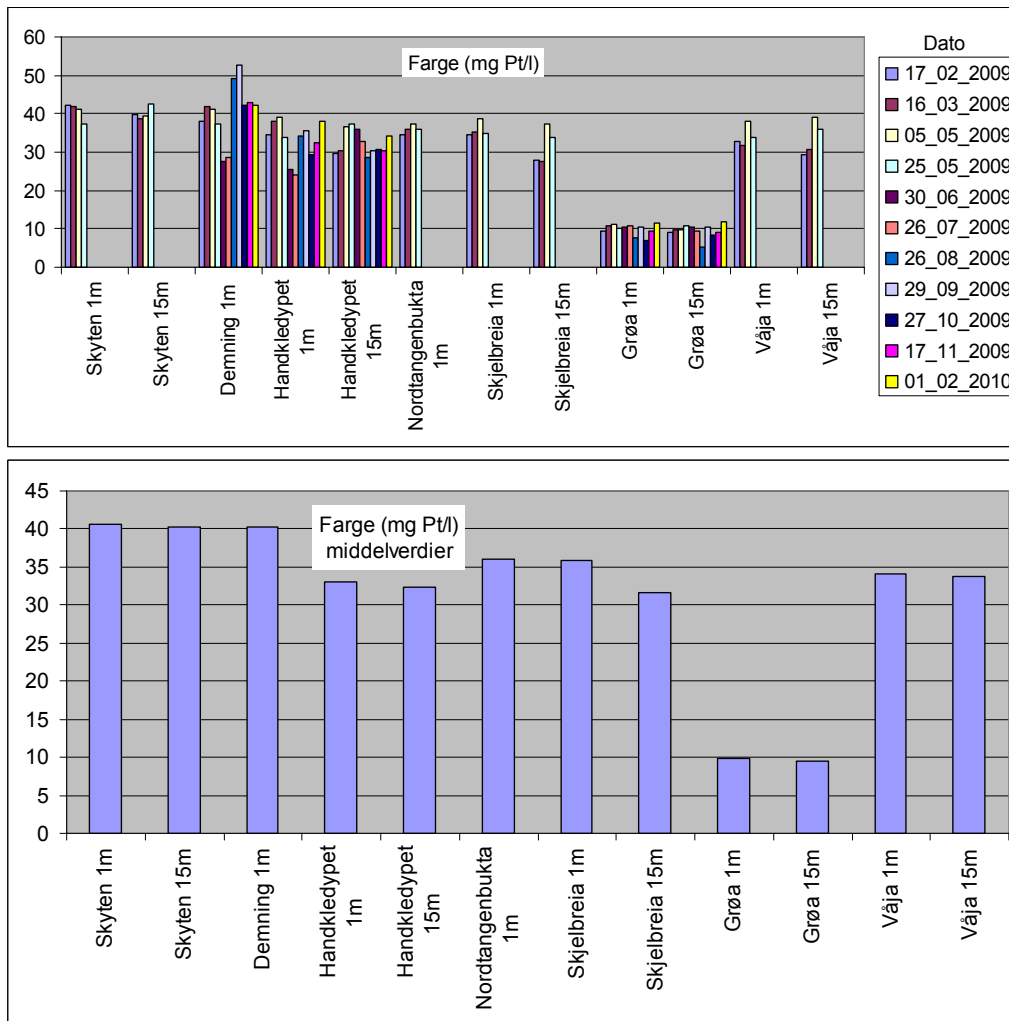
Figur 2. Stasjoner og dyp som undersøkelsen har omfattet.

Det ble utarbeidet en foreløpig rapport per utløpet av mai 2009, hvoretter opplegget ble endret noe.

3. Vannkvalitet

3.1 Farge og UV-transmisjon

Resultatene er gitt i **Figur 3** og **Figur 4**. Disse parameterne gir informasjon om i hvilken grad innsjøene er påvirket av humusstoffer (brun myr vannskarakter). Grøa har god vannkvalitet mht humusinnhold med farge på ca 10 mg P/l eller mindre. Grøa vannet har derfor god gjennomsjinnlighet for UV-lys som fint kan nyttes til desinfeksjon av dette vannet. De andre innsjøene har ca 4 ganger så mye humus, og farge 35-40 mgPt/l. Her er UV-transmisjonen så dårlig (9-10 % ved 5 cm lysvei) at det er uaktuelt å benytte UV til desinfeksjon.



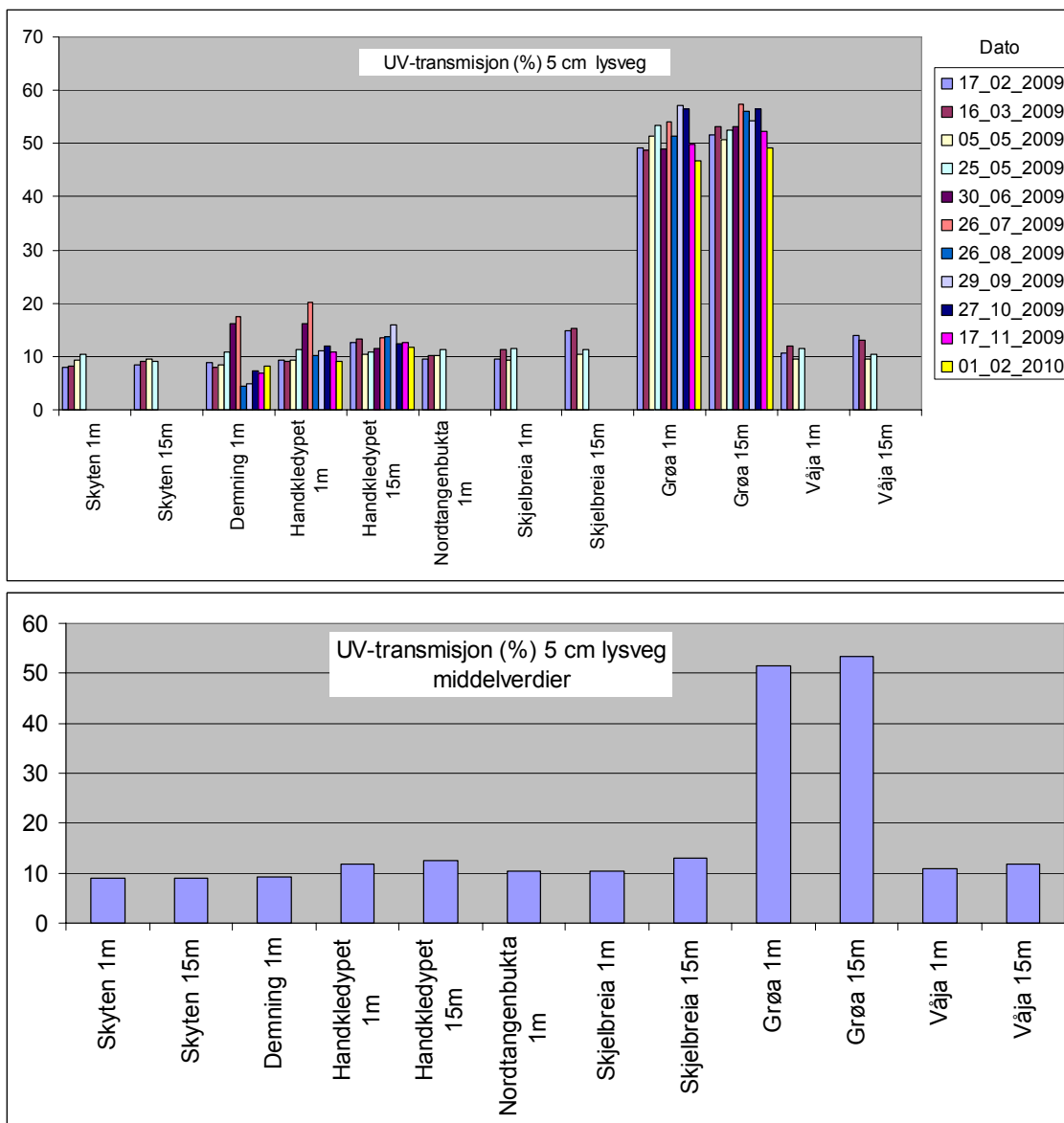
Figur 3. Farge i ufiltrert vannprøve. Øvre panel viser enkeltobservasjoner, nedre panel middelverdier.

Mest humus er det i Skyten og ved dagens suppleringsinntak ved demningen. Dette inntaket trekker i hovedsak på overflatevann fra Skyten. Handkledypet rett nord for demningen (se **Figur 2** for beliggenhet) har noe bedre vannkvalitet.

Det er flere grunner til at Grøa har mindre humus enn de andre innsjøene. Hovedgrunnen er trolig at innsjøen selv utgjør halve nedbørfeltet. Dvs at halvparten av innsjøens vanntilførsel utgjøres av krystallklart regnvann som faller direkte på innsjøoverflaten. Dessuten er denne innsjøen i stor grad

fôret med innsig av grunnvann, både fra eget nedbørfelt, men trolig også fra innsig via grunnen fra de andre innsjøene (infiltrasjonsinnsig). Dette skjer i perioder når vannstanden i Grøa er lavere enn i de andre innsjøene. Humusen blir filtrert fra gjennom de store løsmasseavsetninger (morene). Vannet i Grøa har også mye lenger oppholdstid enn i de andre innsjøene, en faktor som også bidrar til å redusere fargen.

Hvis man øker innsippet av vann fra Skyten med dagens åpne rør-ordning for å dekke det økte vannbehovet som følge av tilkoping av Brandbu og deler av Harestua, vil fargen på vannet i Grøa kunne øke betydelig. UV som desinfeksjonsmetode vil kunne bli problematisk. Klorering av humusholdig vann er også problematisk da det dannes klororganiske stoffer som kan være helseskadelige (bl.a. kloroformer og trihalometaner). I tillegg vil klorbehovet øke, noe som lett kan forårsake lukt og smaksproblemer. Det kan derfor bli aktuelt med humusfjerning som et ledd i vannbehandlingen.

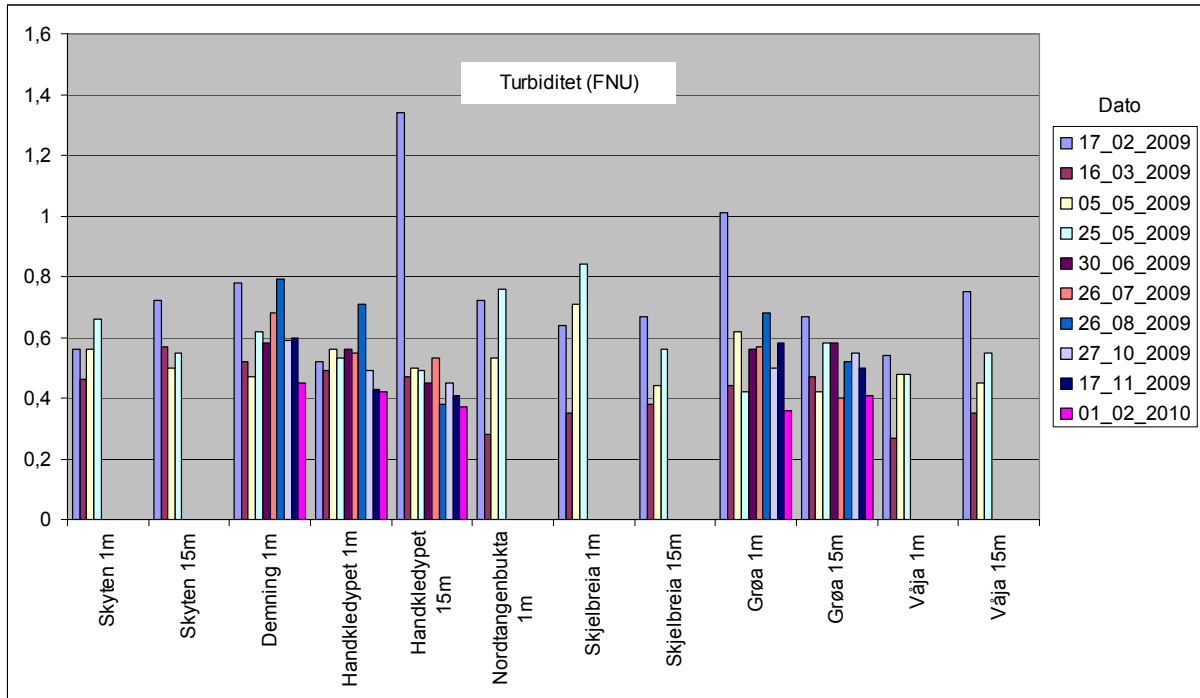


Figur 4. UV-transmisjon (5cm) i ufiltrert vannprøve. Øvre panel viser enkeltobservasjoner, nedre panel viser middelverdier.

Man bør absolutt prøve å ta vare på den gode vannkvaliteten i Grøa gjennom å finne fram til den mest gunstige måten å ta inn suppleringsvann på.

3.2 Turbiditet

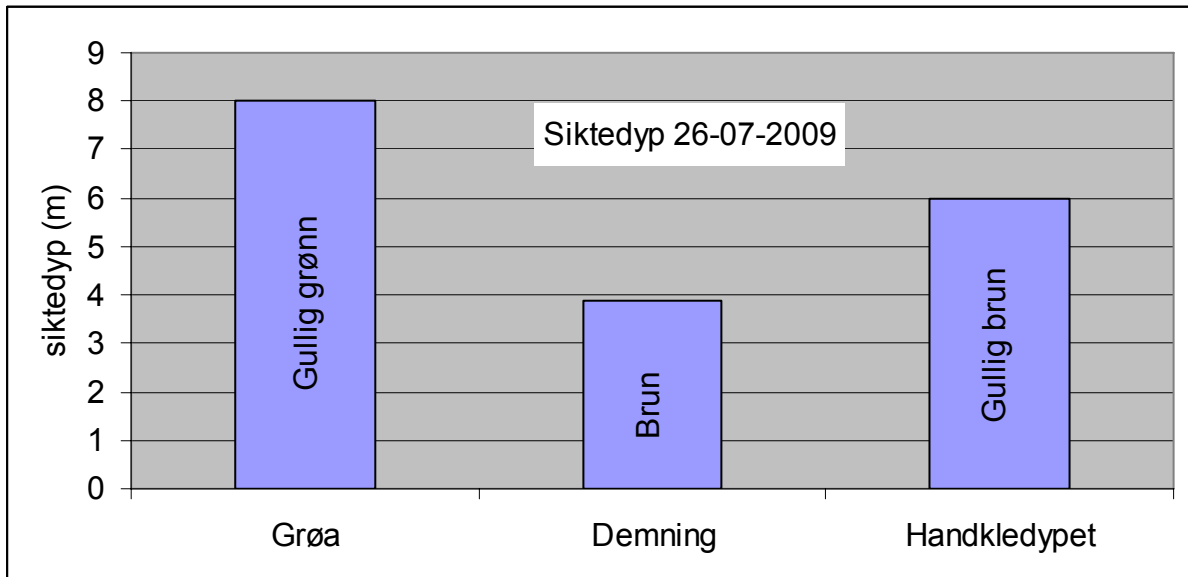
Turbiditeten (**Figur 5.**) ligger stort sett mellom 0.3 og 0.8 FNU. Dette er normale verdier for upåvirkede skogssjøer. Den noe høyere verdien man har fått ved en anledning i dypvannet fra Handkledypet, kan være at man har kommet nær bunnen med vannhenteren og virvlet opp litt ”fluffy” bunnslam som ofte finnes i skogssjøer. Turbiditetene ved alle stasjonene er gunstige mht utnyttelse som drikkevann.



Figur 5. Turbiditet

3.3 Siktedyp

Siktedypet bestemmes av vannets innhold av humus (farge) og partikler (turbiditet) og måles ved at en hvit skive (Secchi-skive) senkes ned i vannet. Det dypet der skiven forsvinner, kalles siktedypet. I de undersøkte innsjøene er det hovedsakelig humus som bestemmer sikten i vannet. Resultatene er gitt i **Figur 6** sammen med den visuelle fargen skiven har i det halve siktedypet.

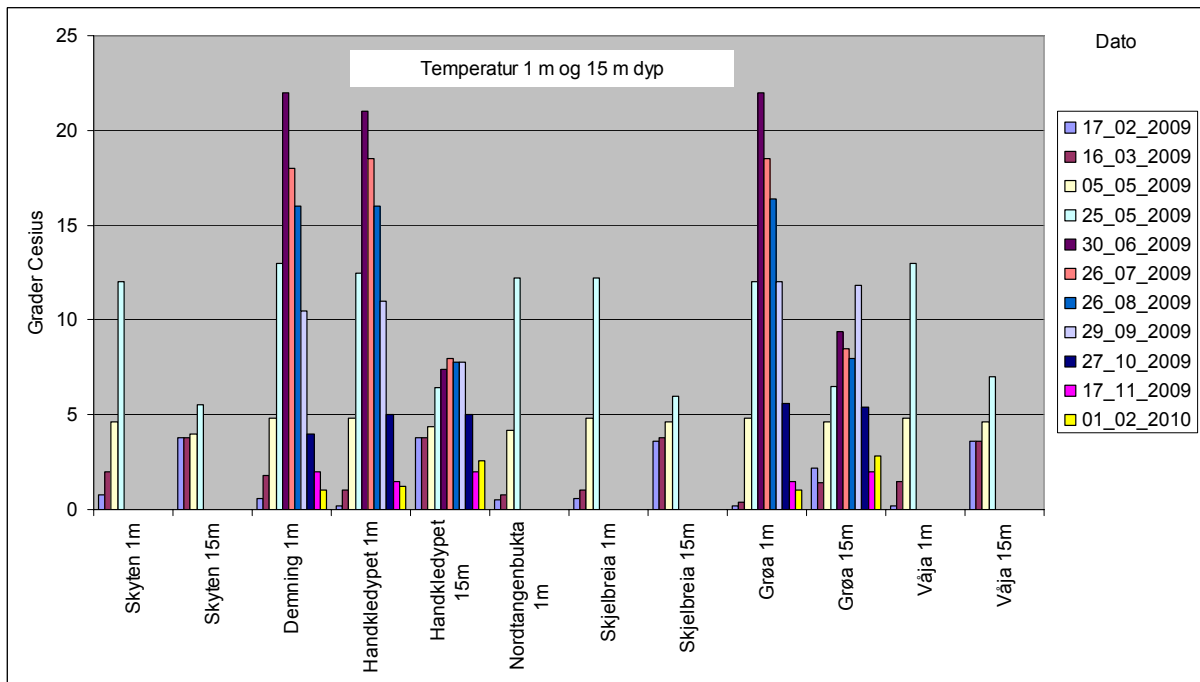


Figur 6. Siktedypsmålinger og visuell farge i Grøa, i Skyten ved inntaket utenfor demningen, og i Våja ved Handkledypet.

En ser at sikten i vannet i Grøa er dobbelt så stor som i det vannet man tar inn som suppleringsvann. Sikten i Våja (ved Handkledypet) ligger omtrent midt i mellom.

3.4 Temperatur

Temperaturen er målt på 1 m og på 15 m ved de ulike prøvetakingene. Resultatene er gitt i **Figur 7**.



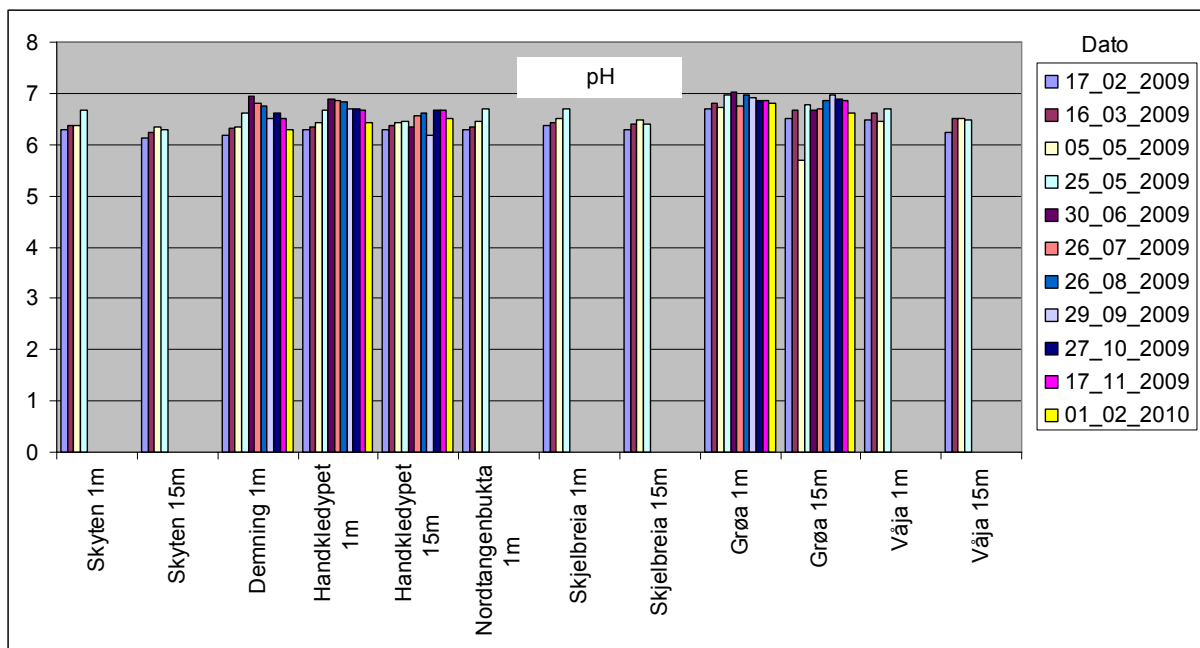
Figur 7. Temperatur i overflate og dypvann i de ulike innsjøene

Det som er verd å merke seg her er de lave temperaturer man registrerer i Grøas dypvann på slutten av vinteren sammenliknet med dypvannet i de andre innsjøene. I mars var dypvannet i Grøa helt nede i 1.6 gr C, mens de andre innsjøene hadde 3.8 gr C i dypvannet. Dette har sammenheng med at dypvannet i Grøa har et så lite volum at man bruker det rett og slett opp i løpet av vinteren. Når vannverket tapper ut dypvann, etterfylles innsjøen av kaldt overflatevann, eller grunt grunnvann. Det skjer således en temperaturutjevning i hele vannsøylen. Innsjøen mister da noe av sikkerheten som ligger i den termiske sjiktningen ved at lettere kaldt vann ligger oppå tyngre 4 graders bunnvann (vann er tyngst ved 4 gr C). Nå er den bakteriologiske situasjonen god i alle innsjøene, og forurensningspotensialet i nedbørfeltet lite, så dette behøver ikke bli noe praktisk problem hvis man har effektive sikringstiltak i nedbørfeltet.

Om sommeren tapper man også til en viss grad ut det kalde bunnvannet, mens innsjøen etterfylles av varm overflateavrenning. Sprangsjiktet senkes nedover mot dypet etter som tappingen fra dypvannet foregår. Dette kan bli et større problem ved øket forbruk, da det ikke er ønskelig å få varmt drikkevann.

3.5 pH (surhet)

Innsjøene har pH på ca 6.5, noe som må sies å være normalt for denne type innsjøer (**Figur 8**). De bærer ikke noe preg av forsurening.

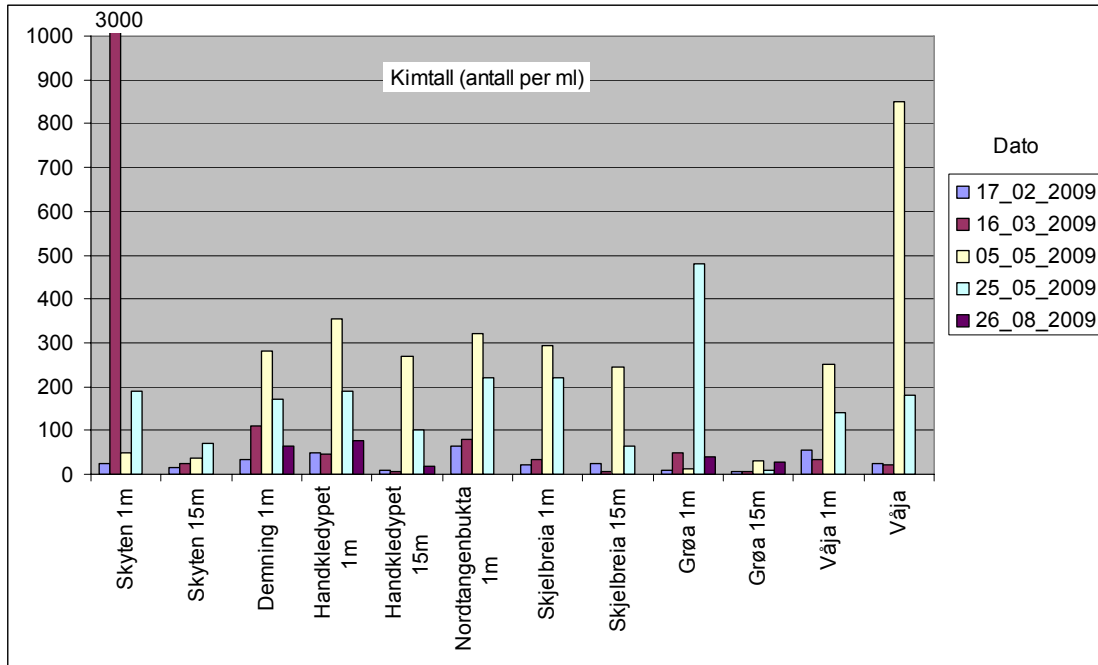


Figur 8. pH (surhetsgrad)

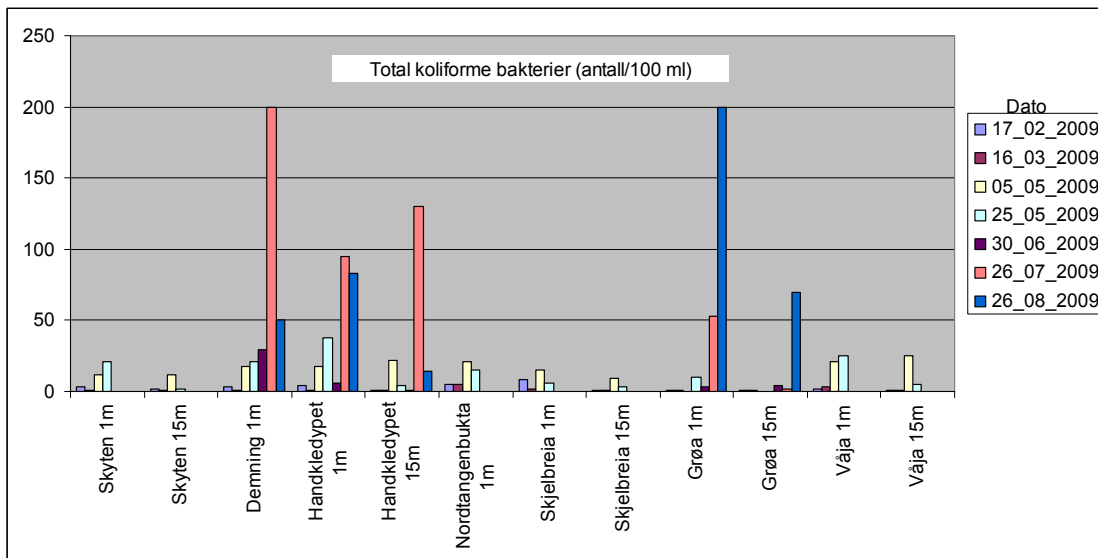
3.6 Bakteriologi

Det er analysert på de vanlige indikatorparametere, kimtall, total koliforme bakterier, og *E. coli*, samt at det i siste del av undersøkelsen også er analysert på andre tarmbakterier som *intestinale enterokokker* og den sporedannende *Clostridium perfringens*.

Kimtall (**Figur 9**) og konsentrasjonen av total koliforme bakterier (37 grC) (**Figur 10**) var jevnt over lave. En høy kimtall-slenger på 1 m dyp i Skyten den 16. mars kan komme av at det den dagen var mye overvann på isen, og at dette har rent ned i hullet og forurenset prøvevannet som et tatt like under isen.



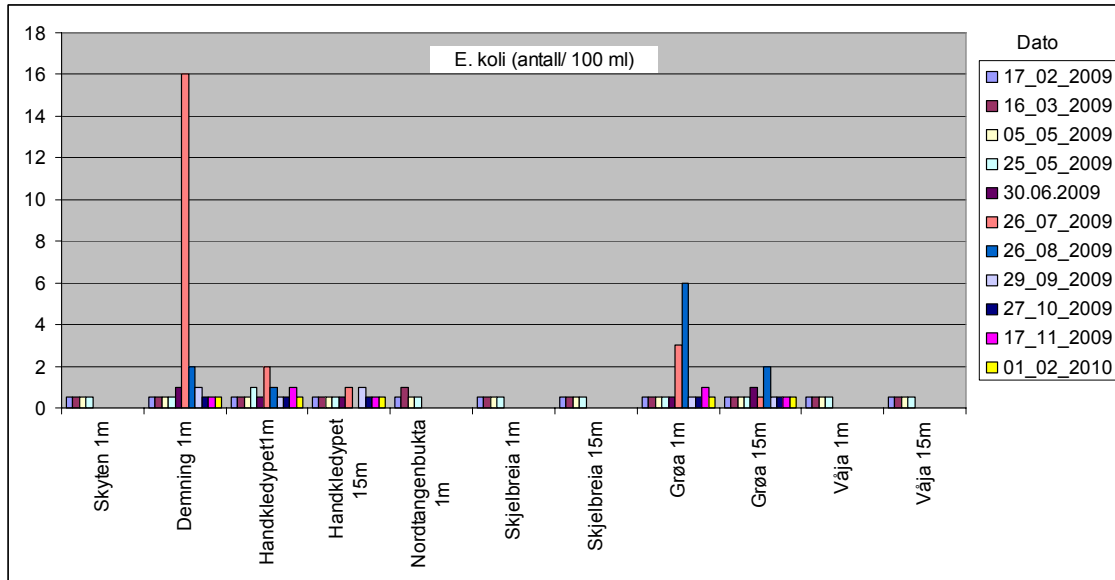
Figur 9. Kimtall (20 gr C, 72 timer)



Figur 10. Total koliforme bakterier (37 grader C)

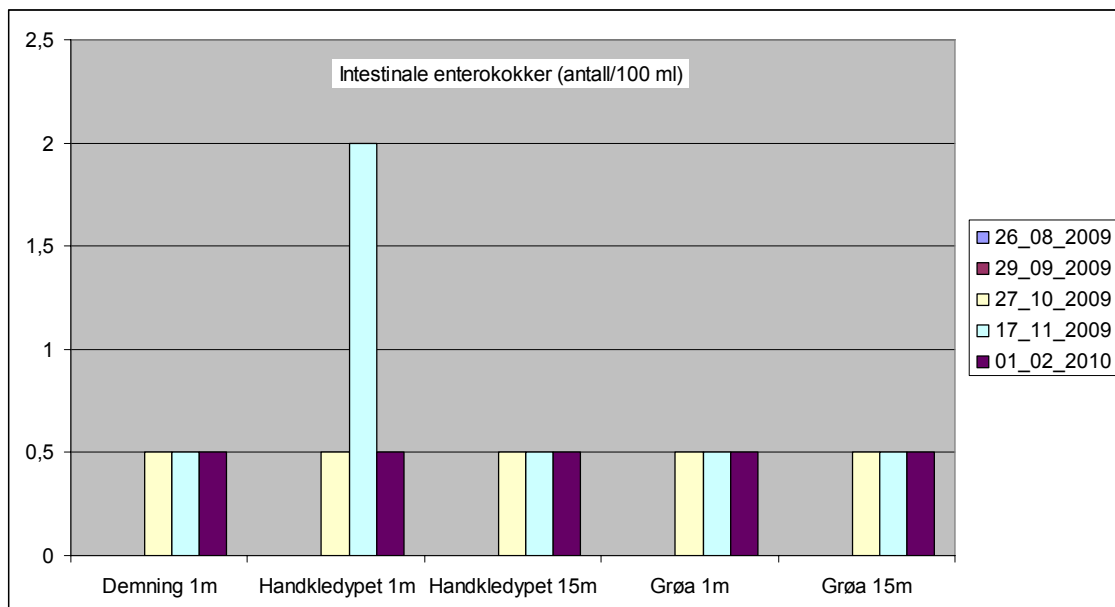
E. coli (**Figur 11**) er stort sett bare påvist i overflateprøver ved noen få anledninger i sommerhalvåret, og da vanligvis i lave konsentrasjoner. Det er i sommerhalvåret at det er størst aktivitet i nedbørfeltet både av mennesker og beitedyr. I alle andre prøver var innholdet lavere enn deteksjonsgrensen, dvs mindre enn 1 bakterie per 100 ml vann. Den 26. juli ble det målt 16 *E.coli* per 100 ml ved

inntaksstedet fra Skyten, mens det den 26 august ble funnet 6 *E. coli* per 100 ml på vannprøve fra 1 m dyp i Grøa. Det er ingen utslipp til disse innsjøene, slik at slike funn stammer trolig fra mer tilfeldig forurensning som for eksempel en andefamilie som har svømt forbi (og gjort fra seg i vannet) like før prøven ble tatt, eller ved stasjon "demningen" kan det ha vært en ku som bæsjet i strandkanten som bølgene har virvlet opp. Det observeres ofte beitedyr langs innsjøene. Kontaminering av prøver er også mulig forklaring.



Figur 11. *E-Koli*. Kun få påvisninger. Prøver angitt med verdien 0.5, er under deteksjonsgrensa på 1 bakterie per 100 ml, og er satt til 0.5 da figur-programmet ikke greier å håndtere verdier som "<".

Intestinale enterokokker (**Figur 12**) ble bare påvist ved en anledning på en stasjon (Handkledypet 1m) og da bare med 2 bakterier per 100 ml. Dette skyldes tilfeldig forurensning og kan ikke gis noen faglig forklaring av en reell årsak.



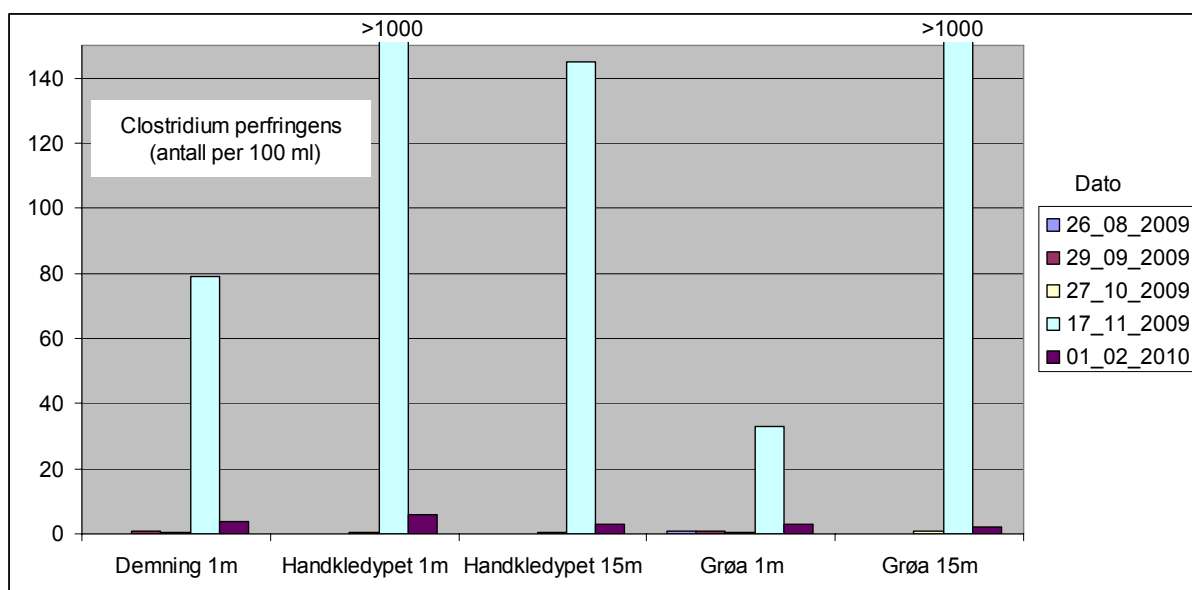
Figur 12. Intestinale enterokokker. Verdier som er angitt med 0,5 er lavere enn metodens deteksjonsgrensa.

Clostridium perfringens (Cp) (**Figur 13**) viste imidlertid høye konsentrasjoner i november på alle de tre stasjoner som ble undersøkt på dette tidspunktet. Dette var såpass spesielt at man som sjekk også analyserte prøvene ved den gamle metoden (sulfitteduserende clostridier med etterfølgende konfirmering til *Clostridium perfringens*). Dette gav imidlertid samme svar. Det var på denne tiden en kraftig uværsperiode med regn, vind, avsmelting av tidligere fallen snø, samt at innsjøene sirkulerte. Det var forurensning på alle dyp. Grøa var under oppfylling, noe som vil si at bølgene til stadighet fikk ny strandsone å slå innover etter som vannet steg. Dyr og fugler går ofte i strandkanten i lavvannsperioder (tørkeperioder). Her gjør de også fra seg. Etter hvert som vannstanden synker utover sommeren, blir større og større strandsone befengt med dyre og fuglebæsj. Når bæsjen tørker, dør mesteparten av *E. coli*. *Clostridium perfringens* danner imidlertid sporer når bæsjen tørker ut. Når vannet stiger ved oppfylling, vil disse sporene vaskes ut og fordele seg rundt i den sirkulerende innsjøen. Disse sporene er i stor grad spiringsdyktige når de kommer inn i tarmen hos varmblodig dyr, og de kan vekkes til liv ved inkuberingen i egnet vekstmedium (analysemetoden). Cp benyttes derfor som indikator for gammel fekal forurensning, noe som også indikerer at hvileegg fra parasitter kan forefinnes.

Tilvarende utvasking av uttørket strandsonesediment har man også langs tilrenningsbekkene som også svulmer opp i en slik kraftig uværsperiode som man hadde i november 2009. Mens *E. coli*, som regnes som indikator for fersk fekal forurensning, og dør raskt i naturen, vil Cp akkumuleres ved at den danner hvilesporer i ugunstige perioder.

En kan også lure på om det at man i denne perioden tappet inn vann fra demningen kan ha hatt noen betydning. Det tappes jo nærmest fra strandsone til strandsone. Vannet slippes ut i en renne som fører ut mot dypere vann i Grøa, se **Figur 14**. Det er klart at dette arrangementet vil lett ta med seg mer sedimenterte Cp sporer ut i Grøa enn om vannet hadde vært hentet i rør lenger ut mot Handkledypet og levert i rør ut i Grøa utenfor den gravde kanalen. Trolig har nok utvasking fra blottlagt reguleringsone rundt innsjøen, samt tilrenning fra nedbørfeltet, betydd mer for den høye Cp konsentrasjonen enn tappingen over dammen.

På grunn av usikker is ble det ikke tatt prøver før første februar 2010. Konsentrasjonene av Cp var gått kraftig ned, men de var fortsatt høyere enn det man fant i månedene før de høye novemberobservasjonene.



Figur 13. *Clostridium perfringens* (Cp)



Figur 14. Vannet tas inn på ca 2 m rett utenfor lukehuset og slippes ut i en gravd renne rett på innsiden av demningen.

Jern og mangan

Jern og mangan kan akkumuleres i dypvannet i innsjøer under vinterstagnasjonen og sommerstagnasjonen. Når dette kommer inn på vannforsyningsnettet vil det kunne oksideres og danne brunt vann og slam i ledningsnettet. Det er derfor viktig å ha en vannkilde som ikke har slik akkumulering i dypvannet. Resultatene er gitt i **Tabell 1**. Det er kun registret lave, og uproblematiske, verdier av jern og mangan i dypvannet i alle innsjøene.

Tabell 1. Jern og mangan i dypvannet (15 m) under vinterstagnasjonen (mg/l)

St-navn	Dyp	Parameter	16 03 2009
Groea	15	Fe	0,02
Handkledypet	15	Fe	0,1
Skjelbreia	15	Fe	0,07
Skyten	15	Fe	0,2
Vaaja	15	Fe	0,09

St-navn	Dyp	Parameter	16 03 2009
Groea	15	Mn	0,01
Handkledypet	15	Mn	0,01
Skjelbreia	15	Mn	0,01
Skyten	15	Mn	0,01
Vaaja	15	Mn	0,01

3.7 Oppsummering vedrørende vannkvalitet

1. Med unntak av høye funn av den sporedannende bakterien *Clostridium perfringens* under kraftig nedbør senhøstes, var den bakteriologiske vannkvaliteten god i alle innsjøene. Med hensyn til surhet (pH) og turbiditet var også vannkvaliteten god ved alle stasjonene.
2. Mht humus hadde Grøa (farge 10 mgPt/l) mye bedre vannkvalitet enn de andre innsjøene (farge ca 35-40 mgPt/l). Forskjellen var så stor at økt innslipp fra Skyten vil gi betydelig fargeøkning. Dette blir belyst bedre i neste kapittel.
3. I løpet av vinteren falt temperaturen i dypvannet i Grøa til 1.6 gr C. Den termiske sjiktningen ble nærmest visket ut. Dypvannet ble nærmest tappet ut i sin helhet og erstattet med kalt overflatevann. Dette gjør inntaket mer sårbart for forurensninger enn om dypvannet hadde hatt så stor mektighet at det volummessig ikke var blitt påvirket av vinteruttaket, slik det er i større innsjøer. I sommerhalvåret reduserte ikke uttappingen av dypvann sjiktningen i samme grad.
4. Man hadde noe bedre vannkvalitet i Våja enn i Skyten (farge var 5 mg Pt/l mindre og siktedypet 50 % større). Bedringen var allerede oppnådd ved uløpet av bukta inn mot Skyten (Handkledypet).

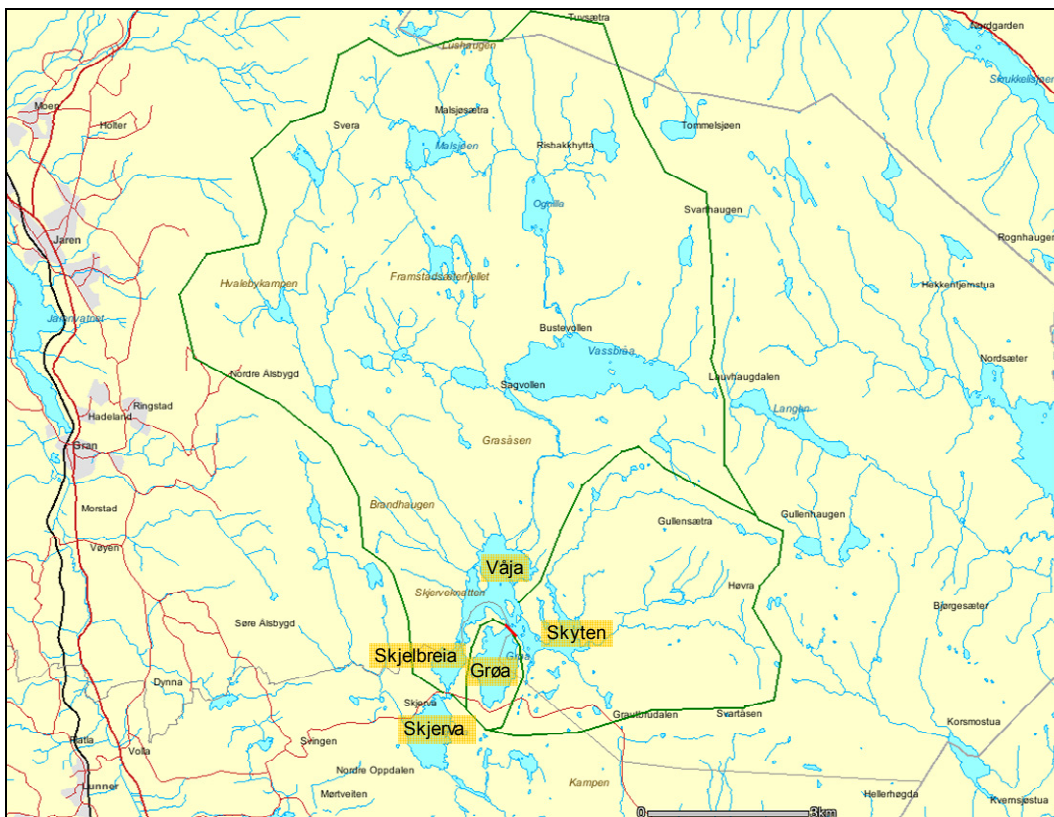
4. Hvordan bør man ta inn suppleringsvannet?

4.1 Rasjonale

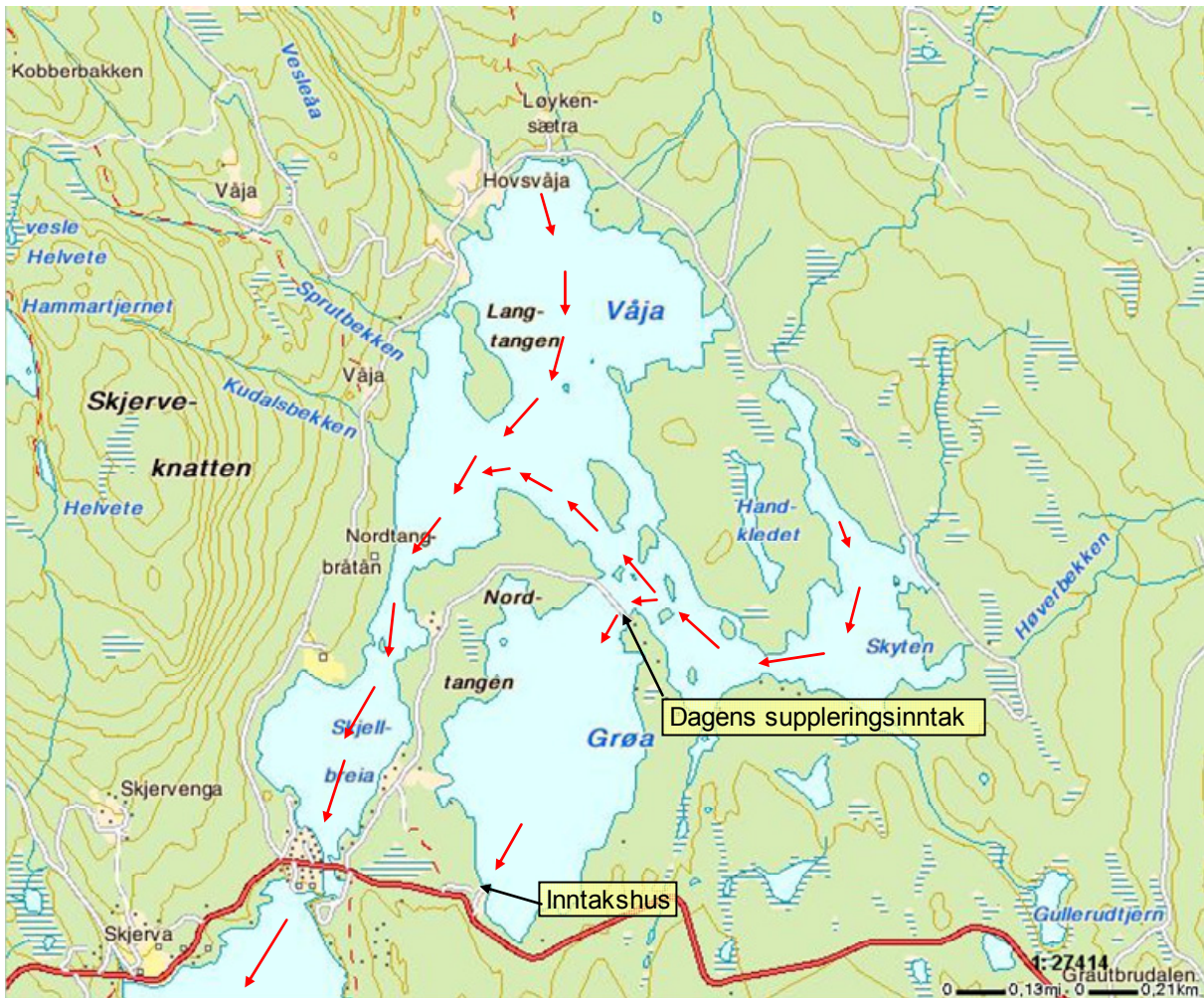
Man bør prøve å beholde den gode vannkvaliteten i Grøa. Det er derfor viktig hvordan og når man slipper inn suppleringsvannet. Trolig siger det i dag inn vann fra de andre innsjøene gjennom løsmassene mellom innsjøene i perioder når vannstanden i Grøa er lavere enn i de andre. Dette ”infiltrasjonsinnslippet” fjerner trolig en del humus. Det settes opp et hydrologisk budsjett for Grøa for å vurdere omfanget av dette infiltrasjonsinnslippet, hvilken renseeffekt det har, samt muligheten for å utnytte dette i det økede innslippet i fremtiden. Hvis ikke økt infiltrasjonsinnslipp lar seg gjennomføre i tilstrekkelige mengder, må man vurdere om det er best å slippe inn overflatevann til overflatevann, eller bunnvann til bunnvann, eller kombinasjoner, hvilke tidspunkter som er mest gunstig, etc. Disse vurderingene gjøres i første omgang basert på den informasjon man har fra tidligere samt fra denne undersøkelsen, vannverkets produksjon av drikkevann og innslipp av suppleringsvann, naturlig tilrenning, etc., basert på logiske resonnement og manuelle beregninger. Det kan i neste omgang bli aktuelt med mer avanserte modellberegninger i et nytt prosjekt.

4.2 Dominerende strømretninger

Figur 15 viser nedbørfeltene til de ulike innsjøene i innsjøsystemet Våja-Skyten-Grøa-Skjelbreia. Ut fra den relative størrelsen på de ulike nedbørfeltene er det nokså sikkert at dominerende strømretning er som gitt i **Figur 16**. Hvis man har inntaket for suppleringsvann der man har det i dag, vil man ganske sikkert trekke på Skytenvann. Vannuttaket vil ikke være tilnærmelesvis så stort at man vil trekke på vann fra Våja – Skjelbreia med dagens inntakssted.



Figur 15. Nedbørfeltene til Skyten, Grøa, og Våja-Skjelbreia.



Figur 16. Den relative forskjellen mellom nedbørfeltenes størrelse, gjør at den dominerende strømretningen i innsjøsystemet vil være som angitt ved de røde pilene, dvs Grøa vil trekke vann fra Skyten med dagens inntakssted.

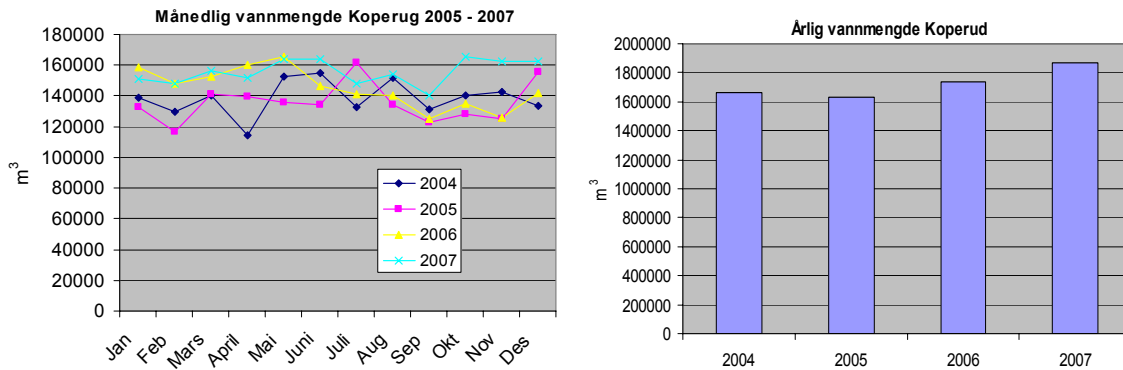
En kan tenke seg at man kan legge ledning på to steder over Nordtangen, over til Våja eller over til Skjellbreia, eller man kan tenke seg at man legger en sjøledning fra dagens inntak i demningen og ut sundet mot Våja. Hvis man benytter dagens inntak for å dekke det økte vannbehovet, vil man kunne risikere at Grøas farge øker til 20-25 mgPt/l. UV-desineksjon er uaktuell som metode ved fargeverdier over 19-20 mgPt/l.

Det avklares hva man kan oppnå av vannkvalitetsforbedring ved å flytte inntaket, herunder også hvilket dyp man bør ta suppleringsvannet fra. Av dybdekartet i **Figur 2** ses det at det er en dyphøl rett nord for Nordtangen, en nord for Landtangen og en i Skjellbreia, og at det ellers er 5 m eller grunnere.

4.3 Grøas hydrologiske budsjett

Vi vil her prøve å sette opp et tentativt hydrologisk budsjett for Grøa som inkluderer tilrenning fra eget felt, vannuttaket til vannverket, samt innslippsvann fra Skyten. Beregningene vil forhåpentligvis belyse om det i dag skjer infiltrasjonsinnsig til Grøa fra de omkringliggende innsjøene, anslå størrelsen av dette, samt vurdere om man kan øke dette, anslå behovet for innslippsvann.

Vannproduksjonen ved Grøavannverket er i dag i underkant av 2 millioner kubikkmeter vann i året, se **Figur 17**. Data fra Lunner kommune sammenstilt av Norconsult (Ekeberg 2010).

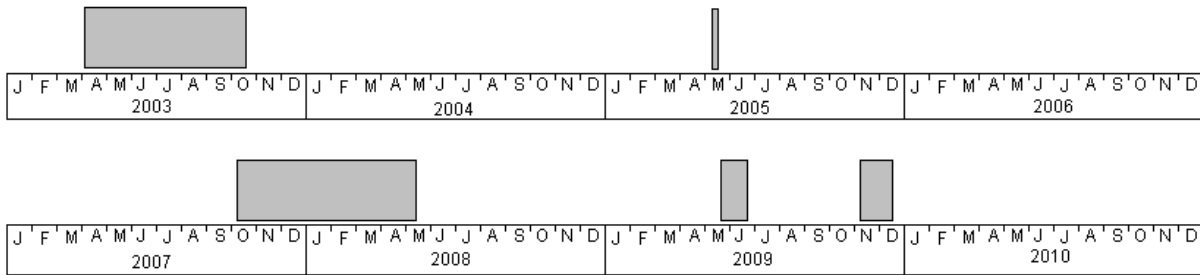


Figur 17. Vannproduksjon ved Grøavannverket, månedsproduksjon til venstre og årsproduksjon til høyre. Data fra Lunner kommune sammenstilt av Norconsult (Ekeberg 2010).

Tilrenningen fra nedbørfeltet kan bare beregnes teoretisk. Tar man utgangspunkt i den siste statistikken fra NVE's Isohydatkart (NVE-Atlas) finner man at den midlere spesifikke avrenningen (1960-1990) i nedbørfeltet er ca 16 liter per kvadratkilometer i sekundet. Innsjøens nedbørfelt er beregnet til 1,64 km². Dette gir at årlig tilrenning er ca $0,82 \times 10^6$ m³/år. Dette er noe mindre enn Hydroconsult la til grunn ved planleggingen av vannverket ($0,89 \times 10^6$ m³/år, som benyttet middelavrenning fra 1930-1960). Forrige 30-årsmiddel var noe høyere enn det vi har brukt. Nedbøren i Lunner i 2009 var 812 mm (Stasjon 20520 Lunner, 372 moh) mot normalt 790, dvs bare 3 % høyere enn normalt. Korrigert opp gir dette en tilrenning til Grøa i 2009 på $0,84 \times 10^6$ m³/år.

En ser at den teoretisk beregnete tilrenningen fra eget nedbørfelt er under halvparten av vannforbruketforbruket.

Det ble sluppet inn vann ved 2 anledninger i 2009, en om våren (26/5 - 25/6) og en om høsten (6/11-14/12). Ved begge anledninger steg vannstanden i Grøa omtrent like mye, ca 70 - 80 cm. Ved høstinnslippet ble det gjort nøyaktige vannstandsobservasjoner slik at man skulle kunne beregne hvor mye vann som var sluppet inn. Slusene ble åpnet den 06.11.2009 da vannstanden i Grøa var 423,18 moh. Den 14.12.2009 hadde vannet steget til kote 423,94. Det kom da ikke inn mer vann. Grøa er da tilnærmet fullt da høyeste regulerte vannstand i Skjelbreia-Våja-Skyten systemet er kote 423,99 moh. I følge Per Høiby ved Lunner kommune, som har hatt oppsynet med vannstanden i Grøa i mange år, synker ikke vannstanden i Grøa noe særlig lavere enn den var når tappingen startet. I alle fall ikke under 423,00 moh. De årene man ikke har tappet inn suppleringsvann, kunne han heller ikke huske at vannstanden hadde sunket noe særlig lavere. Inntappingen fylte opp Grøa 80 cm, noe som er vanlig vannstandsstigning ved innslipp. Disse 80 cm vannstandsstigning tilsvarer et volum på ca $0,65 \times 10^6$ m³. Det kan tappes inn vann bare når vannstanden i innsjøene utenfor er høyere enn vannstanden i Grøa da det ikke er noe pumpe involvert. Tappingen har i ulike år fulgt ulike strategier, fra liten åpning over lang tid eller stor åpning over kort tid. Enkelte år er det ikke tappet inn noe vann i det hele tatt, se **Figur 18**.



Figur 18. Perioder med innslipp av vann fra Skyten de siste årene. Data fra Lunner kommune.

Vannforbruket i tappeperioden om høsten 2009 var ca 160000 m³. Det kom 126.6 mm nedbør i perioden, noe som utgjør ca 16 % av årsnedbøren på 812,5 mm. Det er trolig mer riktig å anta at avrenningen er forsinket en uke i forhold til nedbøren, dvs. vi legger til en nedbørsuke i forkant og trekker fra en uke i etterkant av tappeperioden. I denne perioden falt det 154 mm nedbør som regn (kulda startet omtrent ved slutten av tappeperioden). Dette utgjør 19 % av årsnedbøren. Benytter man denne tilnærmingen får man at tilrenningen i tappeperioden har vært 159600 m³, altså nokså nære vannforbruket i samme perioden. Dette betyr at volumet av det sjiktet vannstandsstigningen i Grøa representerer, tilsvarer omtrent det inntappede volum. Vi mangler vannstandsobservasjoner til å gjøre en slik beregning av vårinnslippet, men ihh. Per Høiby, Lunner kommune, var vannstandsøkningen omtrent den samme. Vi antar derfor at vårinnslippet var av samme størrelsesorden som høstinnslippet, ca 0,65 x 10⁶ m³. Vannforbruket ligger i 2009 oppunder 2 mill m³.

Man kan da sette opp følgende hydrologiske budsjett for Grøa i 2009, **Tabell 2**.

Tabell 2. Hydrologisk budsjett for Grøa i 2009 i millioner kubikkmeter

Aktivitet	Tilførsel	Vannproduksjon
Vannforbruk (ut)		ca 2
Tilrenning fra eget nedbørfelt (inn)	0,84	
Inntapping fra Skyten 2 x 0,65 (inn)	1,3	
Til sammen (balanse)	2,14	ca 2

Ut i fra dette grove hydrologiske budsjettet ser det ut som om tilrenning og innslipp har balansert vannproduksjonen, og at det ikke har kommet noe "udokumentert infiltrasjonsinnslag" fra de andre vannene i 2009.

Tallene i tabellen er nokså usikre, og må tas mer som retningsgivende enn som korrekte absoluttverdier. Der er imidlertid flere år man ikke har tappet inn noe vann fra Skyten, se **Figur 18**. Selv i slike år observeres ikke vannstanden å synke noe særlig lavere enn i 2009. Man har derfor hatt mistanke om at det skjer et infiltrasjonsinnslag fra de andre innsjøene.

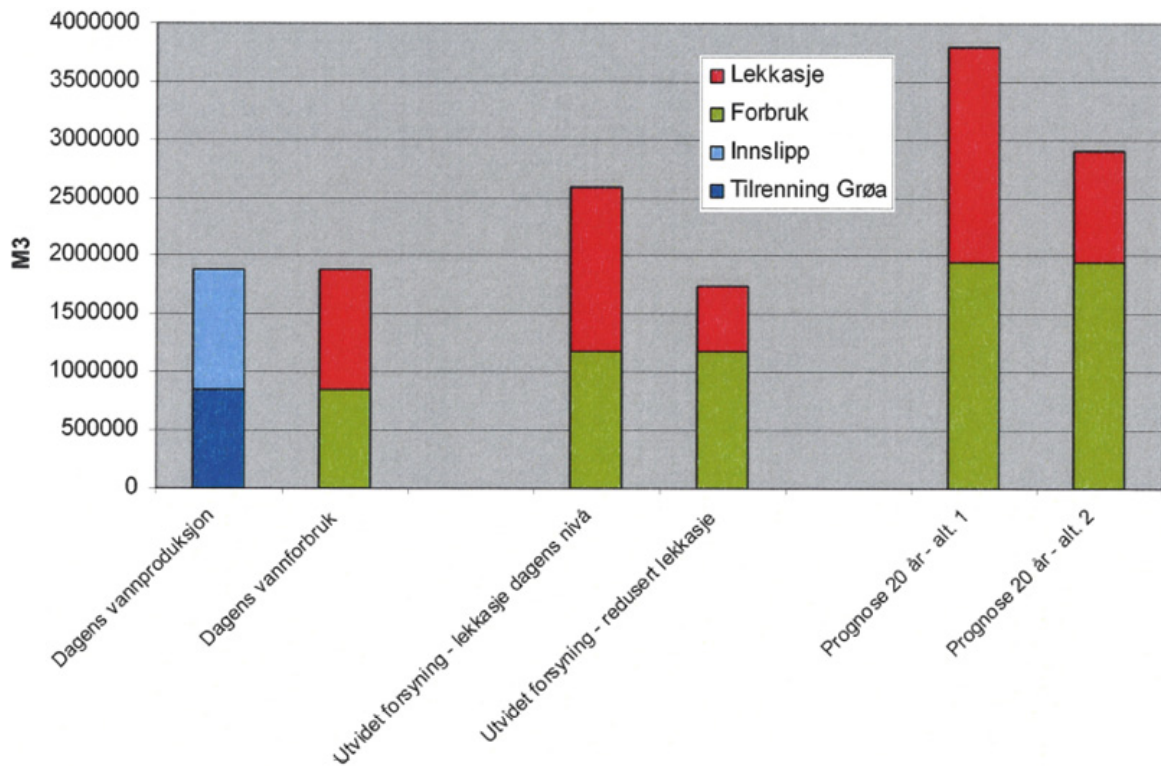
4.4 Vannbehov i fremtiden og mulige humusproblemer

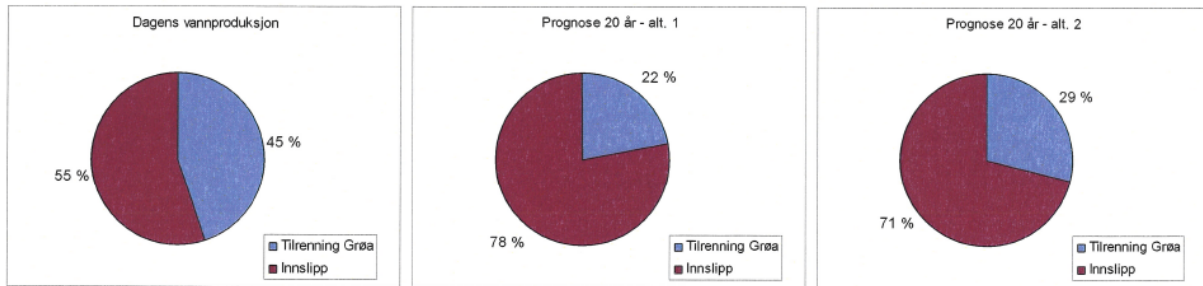
Norconsult (Ekeberg 2010) har beregnet det økte vannbehovet i tiden framover og hvordan dette vil påvirke behovet for innslipp av suppleringsvann, se **Tabell 3**, **Figur 19** og **Figur 21**. 55 % av vannet som produseres ved Grøavannverket forsvinner som følge av lekkasjer på ledningsnettet, dvs vannproduksjonen må være mer enn dobbelt så høy som forbruket. Den store lekkasjeprosenten gjør at behovet for innslipp fra suppleringskilden blir større enn det egentlig behøver å være, se **Figur 19**.

Tabell 3. Dagens- og stipulert fremtidig vannforbruk og beregnet produksjonsbehov ved Grøa med og uten lekkasjereduksjon (Ekeberg 2010)

Beskrivelse	Vannproduksjon m ³ /år	Vannforbruk m ³ /år	Lekkasje	
			m ³ /år	%-andel
Dagens situasjon	1.874.000	844.000	1.030.000	ca 55 %
Utvidet forsyningsområde – lekkasjer på dagens nivå	2.593.000	1.167.000	1.426.000	ca 55 %
Utvidet forsyningsområde – lekkasjer red. til ca 33 %	1.742.000	1.167.000	575.000	ca 33 %
Alt. 1 - prognose 20 år (lekkasjer på dagens nivå)	3.805.000	1.945.000	1.860.000	*)ca 49 %
Alt. 2 - prognose 20 år (lekkasjer redusert)	2.903.000	1.945.000	958.000	ca 33 %

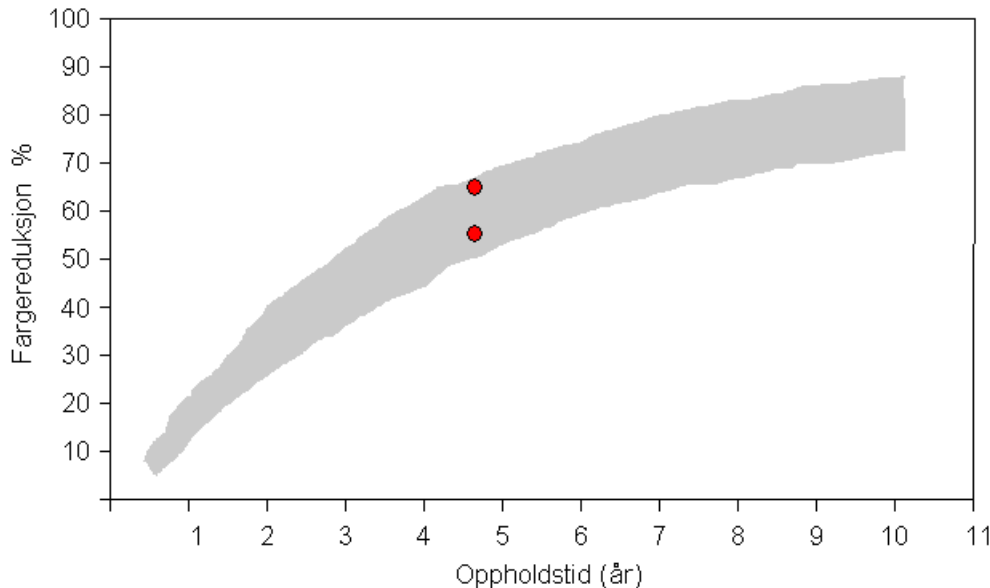
*) Det forutsettes at lekkasjeandelen er ca 33 % for nye ledningsanlegg i forbindelse med nye tilknytninger.

**Figur 19.** Dagens- og stipulert fremtidig vannforbruk og beregnet produksjonsbehov ved Grøa med og uten lekkasjereduksjon (Ekeberg 2010)



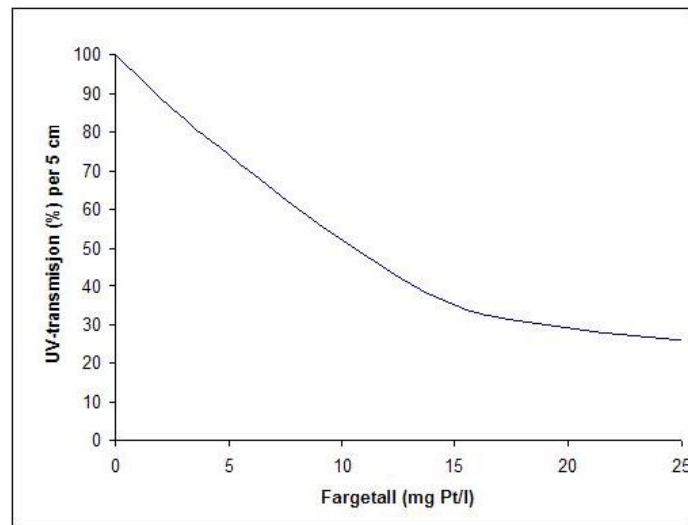
Figur 20. dagens- og fremtidig vannproduksjon ved Grøa og behov for innslipp (Ekeberg 2010).

En ser at innslippsvannet vil utgjøre ca 71 % i løpet av omlag 20 år selv om man gjennomfører rimelig lekkasjeutbedring. Innslippsvannet har midlere farge på ca 40 mg Pt/l ved dagens innslippssted, mens Grøa har farge på ca 10 mg Pt/l, og man er bekymret for at fargen kan øke i betydelig grad. Humus tilføres innsjøene fra nedbørfeltet. Felter med furubonitet og sphagnummyrer er gjerne de som gir mest humus i avrenningsvannet. I begge de aktuelle feltene er dette dominerende landskapstyper. Humusmaterialet brytes imidlertid ned i innsjøer, og det er en lang rekke prosesser involvert, så som mat for bakterier, utfnokking og felling, nedbrytning som følge av UV-lys fra sola, med mer). Selv om det er mange prosesser som virker, er alle disse en funksjon av tid. Varigheten av vannets opphold i innsjøen blir viktigste samlefaktor som er bestemmende for reduksjonen av humusinnholdet. Det er foreløpig ikke laget noen empirisk funksjon som beskriver hvordan humusnedbrytning i innsjøer er avhengig av oppholdstiden, men man kan anta at det skjer ved en krum funksjon noe liknende den en har for fosforretensjon (Holtan og medarb., 1990), se **Figur 21**.



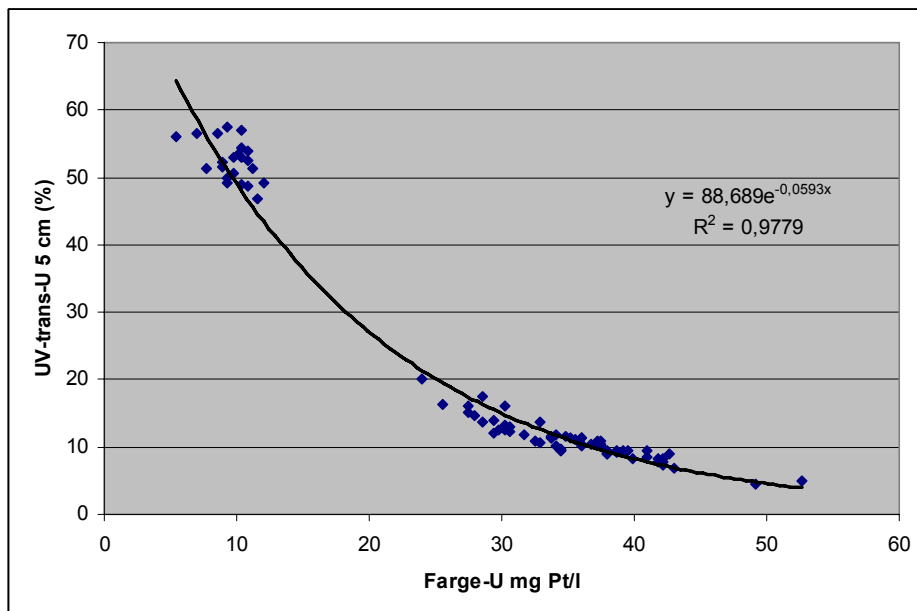
Figur 21. Antatt forløp som viser fargereduksjoner i innsjøer som funksjon av oppholdstiden. De 2 punktene viser farge-reduksjon i Glitre ved 2 datasett: 1998-2001 og 2002-2003, hhv 65 % og 55 % reduksjon (Berge og medarb 2004).

I artikkelen Planlegging og drift av UV-anlegg, skriver Folkehelseinstituttet at som en tommelfingerregel bør ikke UV-anlegg velges dersom UV-transmisjonen er mindre enn 30 % per 5 cm. I henhold til **Figur 22** fra samme artikkel, vil det si ved farge over ca 20 mg Pt/l. Hvis man finmåler på figuren vil man finne at grensen går på 19 mg Pt/l.



Figur 22. Sammenhengen mellom Farge og UV-transmisjon (fra Folkehelseinstituttets hjemmesider, Planlegging og Drift av UV-anlegg., <http://www.fhi.no/artikler?id=61727>)

I **Figur 23** har vi fremstilt sammenhengen mellom farge og UV-transmisjon i ufiltrerte vannprøver fra de aktuelle innsjøene. En ser at Grøa skiller seg klart ut med god vannkvalitet og plasserer seg opp til venstre i figuren, mens de ulike suppleringskildene er betydelig dårligere og plasserer seg nede og mot høyre. Grenseverdien for hva som kan behandles med UV (UV-trans = 30 %) tilsvarer også i denne figuren farge på ca 19 mg Pt/l. For beregninger av fremtidig UV-transmisjon i Grøa benytter vi formelen i **Figur 23**.



Figur 23. Sammenhengen mellom farge og UV-transmisjon i ufiltrerte vannprøver fra de aktuelle innsjøene, i alt 90 tallpar. Grøa ligger oppe til venstre og suppleringsjøene nede i midten og til høyre.

Berge og medarb. (2004) fant at i innsjøen Glitre, hvor man hadde overvåket humusinnholdet i alle innløpsbekkene i flere år, så reduserte innsjøen humus med 2,4 mg Pt/år. Denne innsjøen som forsyner Drammen og omegn, hadde teoretisk oppholdstid på 4,5 år. Grøa har i utgangspunktet lenger oppholdstid enn Glitre, men det vil fort endre seg ved økende innslipp av suppleringsvann. Vi finner det derfor rimelig å benytte humusreduksjonen i Glitre som basis for å beregne humusreduksjon som følge av endret oppholdstid.

Da det ikke finnes systematiske målinger av farge i Grøa fra perioden fra før Skjelbreia ble demmet opp, da Grøa var en helt egen innsjø som hadde avløp til bekken mellom Skyten og Våja (kalt Myrbekken), er det umulig å si i dag hva som eksakt er Grøas egenfarge. Hvis vi imidlertid ser på perioden mai 2008 - mai 2009, hvor det ikke ble tappet inn vann fra Skyten, falt fargen i råvannet til Grøavannverket helt ned til 5-7 mg Pt/l, se **Figur 24**. På bakgrunn av dette setter vi den opprinnelige fargen i Grøa til 7 mg Pt/l. Vi tar videre utgangspunkt i fremtidsberegningen av vannforbruk til Norconsult (**Figur 19** og **Figur 20**). Resultantfargen vil bli noe mindre enn den rene blandingen da noe av den innkommende humus fra Skyten brytes ned som følge av lang oppholdstid i Grøa. Oppholdstiden blir imidlertid kortere og kortere jo mer vann man tar inn, slik at denne selvrensningen avtar.

Et UV-anlegg skal dimensjoneres etter den dårligste vannkvalitet man i løpet av året kan regne med å få inn i vannverket, og vi har derfor gjort beregninger for både dårligst vannkvalitet og midlere vannkvalitet med dagens inntak fra Skyten, og med inntak av suppleringsvann fra det mulige fremtidige inntaksstedet ved Handkledypet. Resultatene er gitt i **Tabell 4** til **Tabell 7**. Grønn farge indikerer at man kan nytte UV som desinfeksjonsmetode, mens rød farge betyr humusinnholdet i vannet vil bli for høyt, og UV-transmisjonen for lav.

Tabell 4. Beregnet farge ved ulike innslipp av suppleringsvann fra Skyten (dårligste vannkvalitet 53 mg Pt/l)

Vanntilførsel fra Grøa/Skyten (%)	Oppholdstid (år)	Farge ved ren blanding mg Pt/l	Resultantfarge mg Pt/l	UV-trans % 5cm
Før vannverket startet (Grøas egenkvalitet)	7,3	7	7	59
Dagens situasjon, vannproduksjon 1,8 mill m3, 45% fra Grøa, 55 fra Skyten	5,0	32,3	20,8	25,8
Fremtidig uten lekkasjereduksjon, vannproduksjon 3,8 mill m3, 22 % fra Grøa, 78 % fra Skyten	4,1	42,9	32,9	12,6
Fremtidig med lekkasjereduksjon, vannproduksjon 2,9 mill m3, 29 % fra Grøa, 71 % fra Skyten	4,3	39,7	29,2	15,7

Tabell 5. Beregnet farge ved ulike innslipp av suppleringsvann fra Skyten, midlere vannkvalitet (40 mgPt/l)

Vanntilførsel fra Grøa/Skyten (%)	Oppholdstid (år)	Farge ved ren blanding mg Pt/l	Resultantfarge mg Pt/l	UV-trans % 5cm
Før vannverket startet (Grøas egenkvalitet)	7,3	7	7	59
Dagens situasjon, vannproduksjon 1,8 mill m3, 45% fra Grøa, 55 fra Skyten	5,0	25,2	13,7	39
Fremtidig uten lekkasjereduksjon, vannproduksjon 3,8 mill m3, 22 % fra Grøa, 78 % fra Skyten	4,1	32,7	22,7	23
Fremtidig med lekkasjereduksjon, vannproduksjon 2,9 mill m3, 29 % fra Grøa, 71 % fra Skyten	4,3	30,4	20	27

Tabell 6. Beregnet farge ved ulike innslipp av suppleringsvann fra Handkledypet (dårligste vannkvalitet 39 mg Pt/l)

Vanntilførsel fra Grøa/Handkledypet (%)	Oppholdstid (år)	Farge ved ren blanding mg Pt/l	Resultantfarge mg Pt/l	UV-trans % 5cm
Før vannverket startet	7,3	7	7	59
Dagens situasjon, vannproduksjon 1,8 mill m ³ , 45% fra Grøa, 55 fra Handkledypet	5,0	24,6	13,1	41
Fremtidig uten lekkasjereduksjon, vannproduksjon 3,8 mill m ³ , 22 % fra Grøa, 78 % fra Handkledypet	4,1	32	22	24
Fremtidig med lekkasjereduksjon, vannproduksjon 2,9 mill m ³ , 29 % fra Grøa, 71 % fra Handkledypet	4,3	29,7	19,3	28

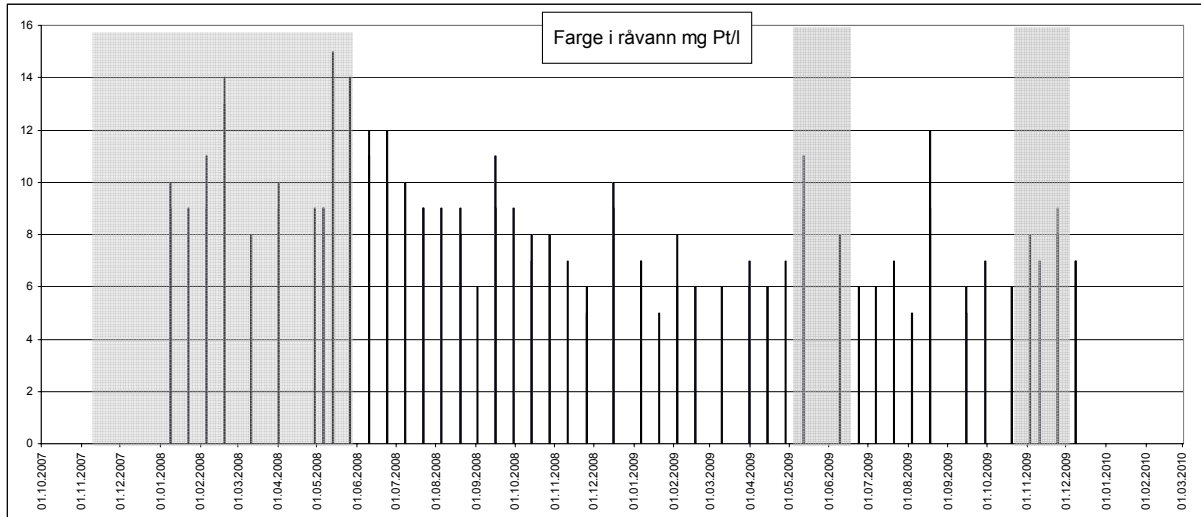
Tabell 7. Beregnet farge ved ulike innslipp av suppleringsvann fra Handkledypet (midlere vannkvalitet 33 mg Pt/l)

Vanntilførsel fra Grøa/Handkledypet (%)	Oppholdstid (år)	Farge ved ren blanding mg Pt/l	Resultantfarge mg Pt/l	UV-trans % 5cm
Før vannverket startet	7,3	7	7	59
Dagens situasjon, vannproduksjon 1,8 mill m ³ , 45% fra Grøa, 55 fra Handkledypet	5,0	21,3	9,8	49
Fremtidig uten lekkasjereduksjon, vannproduksjon 3,8 mill m ³ , 22 % fra Grøa, 78 % fra Handkledypet	4,1	27,3	17,3	32
Fremtidig med lekkasjereduksjon, vannproduksjon 2,9 mill m ³ , 29 % fra Grøa, 71 % fra Handkledypet	4,3	25,5	15	36

Beregningene viser at man ved å ta suppleringsvannet fra Handkledypet får et mye bedre råvann enn ved dagens inntakssted. Med suppleringsvann fra dagens inntakssted vil dette fort kunne bli problematisk. Beregningene må vurderes som usikre, men vi mener de er konservative. Den reelle resultantfargen blir heller lavere enn det regnestykkene viser, enn høyere. Dette fordi Grøa har lenger teoretisk oppholdstid enn Glitrevannet i Drammen, hvis fargereduksjon har dannet utgangspunkt for beregningene, samt at **Figur 24** indikerer at egenfargen til Grøa godt kan være mindre enn 7 mg Pt/l som er benyttet i beregningen. Disse to forhold indikerer at det er rikelig med sikkerhetsmargin i beregningene. Beregning av dagens midlere humuskonsentrasjon i Grøa var 9,8 mg Pt/l, mens den observerte årlig middelkonsentrasjon i 2009 var 9,5 i dypet og 9,8 mg Pt/l i overflatelagene. Dette indikerer at beregningemetoden fungerer noenlunde godt.

Beregningene har tatt utgangspunkt i at det er åpen forbindelse mellom Grøa og suppleringskilden, slik at vannet renner inn jamt og trutt over året. Man tenker seg imidlertid at man kan oppnå bedre vannkvalitet ved å ta inn vann i bestemte perioder, noe som blir vurdert i neste kapittel.

I **Figur 24** er det fremstilt data for farge i råvannet i 2008 og 2009. Grå felter viser perioder hvor innslippslukene mellom Grøa og Skyten har vært åpne. Lukene stod åpne hele vinteren 2007/2008, fra november til i slutten av mai. Deretter fulgte ett helt år hvor det ikke ble tappet inn vann. En kan få et inntrykk av at fargen økte gjennom den vinteren da lukene stod åpne, og at den deretter avtok gjennom det etterfølgende året da lukene var stengt. De to korte tappeperiodene i 2009 syntes ikke å ha noen forklarlig samvariasjon med fargen.



Figur 24. Farge i råvannet og perioder med inntapping (grå felter) av råvann fra Skyten. Data fra Lunner kommune.

Det er imidlertid mange andre faktorer som virker inn på fargen i råvannet, slik som tilrenning fra eget nedbørfelt (ikke målt), vanninntaket er i et annet sjikt enn der lukene slipper ut vann - tidsforsinkelse, etc., slik at man ikke kan legge for mye vekt på det man synes å kunne se ut fra sammenstillingen i **Figur 24**. Men det kan indikere, om enn på en svak måte, at det kan være en fordel å holde tappelukene fra Skyten lukket mht å unngå for mye humus. Spørsmålet blir da om det blir nok vann.

Det kan godt hende at tilsigsvannet til Grøa fra eget terrestrisk nedbørfelt har samme humuskonsentrasjon som for de andre innsjøene. På kart og flyfoto skiller det seg ikke vesentlig fra de andre. Det er den lange oppholdstiden i Grøa, samt at Grøa mottar en større andel av nedbør direkte på overflaten, som utgjør det aller meste av årsaken til det lave humusinnholdet. Ser man på gravde brønner, som føres med vann fra marksjiktet, så inneholder disse humus på samme måte som innsjøer. Ser man på ekte grunnvann fra mettet sone, f.eks fra borebrønner, så inneholder disse nærmest ingen humus. Det kan oppstå brunt vann som følge av jern, men det er noe annet. Og siden det meste grunnvannet kommer ovenfra, viser dette at infiltrasjon i grunnen er en prosess som også fjerner humus. Vann som vil presses inn i Grøa ved at vannstanden holdes høyere i innsjøene utenfor, vil trolig infiltrere både via marksjiktet (liten humus fjerning) og via den dypere (mettet) sone hvor humus filtreringen er mer effektiv. Det er ikke lett å anslå hvilken humusreduksjon man kan oppnå ved infiltrasjonsinnsig. 50 % reduksjon er trolig for høyt anslag, mens 10 % er trolig for lavt. 20-30 % kan være et rimelig anslag.

4.5 Hvordan og når bør man tappe inn suppleringsvannet (rørløsning)?

Vann er tyngst ved 4 grader Celsius. Om sommeren varmes de øvre 6-10 meterne opp til 18-20 grader og varmt (=lettere) vann blir liggende oppå kaldt (=tyngre) dypvann. Om vinteren avkjøles de øvre vannlag til under 4 grader, og igjen blir lettere vann liggende oppå tyngre bunnvann. Siden forurensninger vil tilføres i overflatelagene, vil dypvannet være til en viss grad beskyttet mot forurensninger sommer og vinter. Vår og høst sirkulerer innsjøen når temperaturen er rundt 4 grader og forurensninger vil kunne komme ned i dypvannet og forurense vanninntaket. Hvis hypolimnion (dypvannet) har stor mektighet i forhold til epilimnion (overflatelaget), slik som i store dype innsjøer, vil forurensningene i epilimnion nærmest bli fortynnet bort i hypolimnion under sirkulasjonen. I slike innsjøer vil sirkulasjonsperiodene egentlig ikke medføre særlig ekstra risiko. Grøa derimot har en svært liten hypolimnion, og sirkulasjonsperiodene vil kunne ha stor innvirkning på råvannskvaliteten. Derfor er det viktig å beskytte nedbørfeltet mot forurensninger i små innsjøer som Grøa.

Høstsirkulasjonen er gjerne langvarig (1- 3 mnd) i forhold til vårsirkulasjonen (hvor 1-3 uker er typisk).

Hittil har det vanligst vært at man i Grøa har tappet inn vann om høsten. Dette fordi da er vannstanden i vannene utenfor som regel på sitt høyeste i forhold til vannstanden i Grøa. Det hender også at man tapper inn om våren. Noen ganger har lukene stått åpne i mange måneder, opp til ett helt år. Hvis man installerer pumper, vil man ha mye mer fleksibilitet til å fylle opp Grøa på andre tidspunkter. Det er to forhold det er naturlig å tenke på i så måte. Det ene er at man bør pumpe inn suppleringsvann i de perioder suppleringskilden har best vannkvalitet, og det andre er at man skal få lengst mulig oppholdstid på det inntappede vannet før det havner inn i råvannsinntaket.

Med hensyn til å få lang oppholdstid vil det være best å pumpe inn vann i begynnelsen av de sjiktede perioder og da som overflatevann-til-overflatevann. Det vil si i begynnelsen av juni ved inntreden av sommerlagdelingen, og i desember rett etter at den første isen har lagt seg (stabil vintersjiktning). Minst farge hadde innsjøene i juni og juli i 2009. August vil også ha lav farge de fleste år. Vårflommen og høstflommen har oftest høye fargeverdier, noe man også hadde i de aktuelle sjøene i 2009. En kan derfor tenke seg at hvis man pumper inn alt suppleringsvannet i juni, fra Hankledypets overflatelag når fargen der er ca 25 mg Pt/l, ville det ikke bli noen særlige fargeproblemer.

Det er imidlertid ikke plass til så mye vann i Grøa tilført som et en-gangsinnslipp. Det største fremtidige alternativet vil øke vannstanden i Grøa med anslagsvis 4 m. Mesteparten av vannet vil da trolig renne tilbake igjen via den samme infiltrasjonsveien man mistenker at det kommer vann inn i dag. En må derfor minst pumpe inn suppleringsvann to ganger i året etter som vannforbruket øker. En av gangene bør være på forsommeren da det er best vannkvalitet, men den neste vil da måtte bli på senhøsten etter at invers sjiktning har inntrådt i første halvdel av desember. På dette tidspunkt er vannkvaliteten imidlertid dårligere i suppleringsvannet. I sum får man derfor neppe noe særlig bedre enn midlere vannkvalitet på suppleringsvannet.

Høyeste regulerte vannstand (HRV) i Skjelbreia er 424 moh, mens nominell Laveste regulerte vannstand (LRV) er 421 moh. I henhold til Per Høiby i Lunner kommune er det imidlertid sjelden at vannstanden slippes lavere enn 423 moh. Man har noen forpliktelser til å slippe vann i Leiravassdraget, men neppe så store at de påvirker vannstanden vesentlig annet enn i svært tørre perioder.

Å ta vannet inn rett ut for demningen i det grunne sundet mellom Skyten og Våja, og slippe det ut i renna på innsiden av dammen (**Figur 14**), slik man gjør i dag, kan være et litt sårbart arrangement mht forurensninger. I november i 2009 observerte man betydelige konsentrasjoner av *Clostridium perfringens* i Grøa, se kapittel 2.6. Dette var i den perioden hvor man tappet inn vann over dammen og fylte opp Grøa. Forut for, under og etter prøvetakingen, var det imidlertid uvær, med kraftig vind og nedbør og en betydelig avrenning. Det kan derfor godt hende at selve tappingen ikke hadde noe å si for de høye konsentrasjonene av *Clostridium perfringens*, se kapittel 3.6.

Man vil få tak i bedre vannkvalitet (33 mg Pt/l mot 40 ved dagens inntakssted) hvis man forlenger inntaksrøret til Håndkledypet, se **Figur 2**. Likeledes bør det legges et rør et stykke inn i Grøa slik at ikke sedimentert materiale fra grunt området langs innløpet virvles opp som følge av tappingen. Inntaksrøret bør legges ca 1 m dypere enn laveste regulerte vannstand (LRV), slik at det ikke kommer opp i dagen på noe tidspunkt. I forhold til normal vannstand vil dette være på ca 3 m dyp. Det bør ligge tilstrekkelig langt ut fra land til at man unngår materiale fra bølgeslagserosjon. Det bør ligge 5 opp fra bunnen. Inntaksrøret bør forsynes med sil med poreåpning på ca 1 cm for å unngå å ta inn fisk.

Det vil kunne være tilstrekkelig å la vannet renne inn passivt, men det vil øke fleksibiliteten å kunne pumpe inn vann, særlig mht til å få overflate til overflate vann inn i første halvdel av stagnasjonsperiodene (optimal timing). Jo mer man utvider vannverket jo mindre Grøa vann er det man bruker. I alternativet

uten lekkasje-utbedring og 20 år fram i tid, er det bare 22 % Grøavann man tar inn. Resten er fra suppleringskilden. Går man enda litt lenger fram i tid, kan man lure på om det er noe stort poeng å la vannet gå via Grøa i det hele tatt, da man stort sett tar alt vann fra suppleringskilden. Man må også ha kraftige pumper for å få utnyttet optimal innslippstidspunkt etter hvert som vannbehovet øker, og de må pumpe over en ganske lang periode for å få overført alt vannet. Det kan godt være at det fremtidige hovedinntaket til Grøavannverket like gjerne bør være direkte fra Handkledypet og ikke fra Grøa. I første omgang kan det derfor synes fornuftig å forlenge dagens inntaksledning og legge den på bunnen langs en trase omtrent som anvist i **Figur 25**, og basere seg på gravitasjonsinnslipp som hittil og se hvordan dette går før man eventuelt etablerer pumper. Det må gjøres en egen teknisk utredning på et eventuelt pumpealternativ. Man kommer ikke noe særlig lenger på den diskusjonen her.



Figur 25. Eksempelvis alternativer for overføring av vann fra Handkledypet (Våja), Alt 1 å skjote på dagens inntak med en PE-ledning og legge pumpestasjon i dagens lukehus i dammen, Alt 2 legge opp et helt nytt overføringssted hvis man trenger å pumpe og må ha pumpen på trykksida. Flere traseer kan være mulig. En eventuell ny rørbasert overføring må utredes i en egen utredning.

Utslipprøret bør legges så langt ut fra land at man ikke virvler opp sedimentert materiale fra strandsonen. På samme måte som inntaket bør utslippet ligge på ca 3 m dyp, eller 1m under LRV. Temperaturen vil da være omtrent den samme ved inntaket som ved utslippet, og det vil ikke være nødvendig med noe diffusorer for å fordele vannet. Utslippet bør være minst 5 m over bunn og pumpestrømmen bør være horisontal eller svakt oppovervendt (og rettet utover).

4.6 Kan man øke infiltrasjonsinnsiget fra de andre innsjøene?

Siden det er overveiende sannsynlig at man kan redusere humusinnholdet noe ved infiltrasjon sammenliknet med inntapping via rør, vil det være ønskelig å kunne øke dette. Det er ikke gjort noen regelmessig overvåking av vannstand i de to innsjøene, ei heller noe måling av innsluppet vannmengde, noe som gjør at man må basere seg på teoretiske betraktninger. Det som er helt sikkert, er at innfiltrasjonsinnsig skjer bare når vannstanden i Grøa er lavere enn vannstanden i de omkringliggende innsjøer. Grunnvann, som alt annet vann, renner alltid langs trykkgradienten. For å

øke innsiget kan man derfor tenke seg at man kan holde vannstanden i de omkringliggende innsjøene noe høyere enn i Grøa hele året. For å vurdere hvilken mulighet man har til det, kan det være illustrativt å se på innsjøenes hydrauliske belastning.

Den hydrauliske belastning sier noe om hvor fort vannstanden i en innsjø vil stige hvis man stenger utløpet. Det er mao tilrenningen til innsjøen dividert med overflatearealet av innsjøen. I dette tilfellet sier den hydrauliske belastningen hvor lett det er å få et infiltrasjonsdrivende overtrykk på den ene eller andre siden av dammen mellom Skyten og Grøa.

Skjelbreia, Våja og Skyten har felles overflate på 2,22 km². Grøas overflateareal er 0,82 km². I henhold til avrenningsstatistikk i NVE Atlas er midlere årlig avløp fra Skjelbreia 63,47 x 10⁶ m³ år⁻¹. Trekker man fra årlig avløp fra Grøa på 0,82 x 10⁶ m³ år⁻¹, får man vanntilførselen til de tre andre innsjøene lik 62,65 x 10⁶ m³ år⁻¹. Ut fra dette finner man

	Grøa	Omkransende innsjøer
Hydraulisk belastning (m)	1,02	28,2

Den hydrauliske belastningen er 28 ganger større på vannene som omkranser Grøa enn på Grøa selv. Dette vil si at man har meget gode muligheter til nærmest en hver tid å ha et infiltrasjonsdrivende overskuddstrykk inn mot Grøa.

En må kunne anta med stor sikkerhet at det er en sammenheng mellom høydeforskjellen og infiltrasjonsraten. Det vil si, jo større høydeforskjell jo større infiltrasjon. Imidlertid er det ikke sikkert at denne sammenhengen er lineær. Før eller siden vil man ikke kunne øke innsigshastigheten noe mer. Ser man på hva som skjer i et sandfilter i et renseanlegg så har det tendens til å gå tett etter en stund, særlig hvis det er kjemisk felling på toppen av filteret (såkalt fullrensing). Hvis man fortsetter å belaste et nesten tett filter, kan man få filtergjennombrudd. Det vil si at vannet begynner å grave i makroporer i sanden, og etter en stund dannes det en kanal hvor det meste av vannet deretter renner tvers igjennom. Sandfilteret har da ingen filtrerende effekt lenger. En kunne tenke seg at dette kan skje hvis infiltrasjonen skjer gjennom et begrenset område i selve demningen. Denne skal imidlertid være bygd potte tett. Ved inspeksjon i forbindelse med igangsetting av inntapping, da det som nevnt er stor høydeforskjell mellom innsjøene, har det heller ikke vært mulig å se noen synlig lekkasje i dammen. Trolig skjer infiltrasjonsinnsiget over et stort område, og kanskje munner ut under overflaten i Grøa. Vi anser det derfor som lite sannsynlig at "filteret" skal kunne tette seg, eller at det skal kunne skje noe filtergjennombrudd.

Man pleier å tappe inn vann på høsten eller om våren av den grunn at man da vanligvis observerer den største høydeforskjell mellom vannstandene. Det er da typisk ca 80 cm høydeforskjell (Per Høiby, Lunner kommune, pers. medd.). En kan kanskje anta at på årsbasis er gjennomsnittlig høydeforskjell mellom vannene halvparten av dette, ca 40 cm, eller mindre.

Fra mai 2008 til mai 2009 tappet man ikke inn noe vann i det hele tatt. Vannforbruket dette året var om lag 1,8-1,9 mill m³. Selv om det ikke er data til å gjøre noen ordentlig vannbalanse for Grøa for dette året, har ikke mer enn halvparten av vannforbruket kunnet komme fra Grøas eget nedbørfelt. Resten må da ha kommet via infiltrasjonsinnsig fra de andre innsjøene. Humusinnholdet i råvannsinntaket gikk betydelig ned i denne perioden, fra 12-15 mg Pt/l til 5-7 mg Pt/l, se **Figur 24**. Dette indikerer at infiltrasjonen renses humusen i betydelig grad.

Hvis man øker vannstanden i Skyten med 30-50 cm, vil det infiltrasjonsdrivende overtrykket doubles, og infiltrasjon vil kunne skje over en lengre periode. Man må selvsagt vurdere om dette vil skape problemer for andre brukerinteresser, veger, etc. En kan tenke seg at det legges på en krone på overløpet på Skjelbreiadammen på 30-50 cm. Slukeevnen under flom opprettholdes ved å gjøre utløpet

litt bredere. Vannstanden i Grøa vil justere seg selv passivt etter vannforbruket. Det antas at dagens grunnvannsinnsig vil kunne økes betydelig ved disse tiltakene.

Vannforbruket i Lunner har øket jevnt og trutt og er nå i underkant av 2 millioner kubikkmeter pr år, og ved tilknytning av Brandbu og deler av Harestua, vil forbruket øke betydelig, opp til 3,8 mill m³ i følge beregningene til Norconsult. Selv om man i enkelte tidligere år har greidd å forsyne abonnentene uten å måtte slippe inn vann fra Skyten hittil, vil dette neppe være mulig i fremtiden. Man må derfor basere seg på å overføre suppleringsvann via rør. Imidlertid bør man prøve ut mulighetene for å øke infiltrasjonsinnsiget (rent kvantitativt), samt å følge opp med prøvetaking, slik at man kan dokumentere hvilken eventuell fargereduksjon dette vil gi. Man har for lite data til å kunne si noe sikkert om dette i dag, men de data man har, indikerer at å la innsjøene kommunisere med åpne luker i lange perioder, gir høyere farge i Grøa enn når man holder lukene stengt i lange perioder.

Man bør derfor bygge ut tilstrekkelig kapasitet på rør overføring, men prøve å utnytte infiltrasjonskapasiteten så mye som mulig, dvs. prøve å holde vannstanden høyere i suppleringsjøene enn i Grøa, samt være litt gjerrig med å slippe inn vann via rørsystemet. Samtidig bør man notere vannstander og vannmengder og farge, slik at man kan få ordentlig oversikt over infiltrasjonskapasiteten og dennes effekt på fargereduksjonen.

5. Litteraturreferanser

- Berge, D, T. Tjomsland, T. Bækken, P. Brettum, R. Romstad, og J.E. Løvvik. 2004. Utredning om Glitre. Tilstand og utvikling - overføring av nye felter - vanninntakets plassering - behov for nye beskyttelsestiltak.
- Berge, D. 2009. Vannkvalitetsundersøkelse i Gran og Lunner Vannverks kilder, innsjøene, Grøa, Skyten m.fl. - foreløpig rapport per utløpet av mai 2009., NIVA-brev J.nr. 953/09., 9 sider.
- Drikkevannsforskriften 2004. Forskrift for vannforsyning og drikkevann. D FOR 2001-12-04 nr 1372., Helsedirektoratet, Folkehelseavdelingen.
- Ekeberg, K. A. 2009. Kartlegging av vannkilden for Gran og Lunner interkommunale vannverk., Norconsult notat O-nr. 5006217.
- Ekeberg, K. A. 2010. Gran og Lunner interkommunale vannverk – Vurdering av dimensjonerende vannforbruk, Norconsult-notat O-006217, 26. april 2010, 3 sider.
- Folkehelseinstituttets hjemmesider, Planlegging og Drift av UV-anlegg., (<http://www.fhi.no/artikler?id=61727>)
- Holtan, H., D. Berge, and J. Molvær, 1990. Retention of nutrients in lakes and rivers with comments on retention in fjords. Paper prepared for the The Convention for the Prevention of Marine Pollution from Land-based Sources. Ad Hoc Working Group on Methods of Calculation of Nutrient Inpups. NIVA 25-27 Sept 1990, 13 pages.
- Ræstad 1972. Utredning om Skjervavannene som ny vannforsyning for Lunner og Gran kommuner., Sak nr. 2013., Sivilingeniør Erik Ræstad as, Lysaker, 1972.
- SIFF 1971. Befaring vedrørende felles vannforsyning for Lunner og Gran kommuner. Statens institutt for folkehelse (SIFF), Sanitærkjemisk avdeling, J.nr. 808/71, 16 sider + vedlegg.

6. Primærdata

Tabell 8. Fargeobservasjoner

Kode	St-navn	Dyp	Enhet	17_02_2009	16_03_2009	05_05_2009	25_05_2009	30_06_2009	26_07_2009	26_08_2009	29_09_2009	27_10_2009	17_11_2009	01_02_2010	Middel
1	Skyten 1m	1	mg Pt/l	42,2	41,8	41	37,5								40,6
1	Skyten 15m	15	mg Pt/l	39,9	38,7	39,5	42,6								40,2
2	Demning 1m	1	mg Pt/l	37,9	41,8	41	37,5	27,5	28,6	49,1	52,6	42,2	43	42,2	40,3
3	Handkledypet 1m	1	mg Pt/l	34,4	37,9	39,1	33,7	25,5	24	34,1	35,6	29,4	32,5	37,9	33,1
3	Handkledypet 15m	15	mg Pt/l	29,8	30,2	36,8	37,2	36	32,9	28,6	30,2	30,6	30,2	34,1	32,4
4	Nordtangenbukta 1m	1	mg Pt/l	34,4	36	37,5	36								36,0
5	Skjelbreia 1m	1	mg Pt/l	34,4	35,2	38,7	34,8								35,8
5	Skjelbreia 15m	15	mg Pt/l	27,9	27,5	37,2	33,7								31,6
6	Grøa 1m	1	mg Pt/l	9,3	10,8	11,2	10,1	10,4	10,8	7,7	10,4	7	9,3	11,6	9,9
6	Grøa 15m	15	mg Pt/l	8,9	9,7	9,7	10,8	10,4	9,3	5,4	10,4	8,5	8,9	12	9,5
7	Våja 1m	1	mg Pt/l	32,9	31,7	37,9	33,7								34,1
7	Våja 15m	15	mg Pt/l	29,4	30,6	39,1	36								33,8

Tabell 9. UV-transmisjon 5 cm lysveg.

Kode	St-navn	Dyp	Enhet	17_02_2009	16_03_2009	05_05_2009	25_05_2009	30_06_2009	26_07_2009	26_08_2009	29_09_2009	27_10_2009	17_11_2009	01_02_2010	Middel
1	Skyten 1m	1	%	7,91	8,24	9,39	10,5								9,0
1	Skyten 15m	15	%	8,31	9,16	9,46	9,09								9,0
2	Demning 1m	1	%	8,87	7,91	8,52	10,9	16,1	17,5	4,42	4,94	7,33	6,851	8,24	9,2
3	Handkledypet 1m	1	%	9,39	9,09	9,24	11,3	16,2	20,2	10,1	11,2	12,1	10,82	9,16	11,7
3	Handkledypet 15m	15	%	12,6	13,2	10,3	10,8	11,4	13,6	13,7	16	12,3	12,62	11,78	12,6
4	Nordtangenbukta 1m	1	%	9,61	10,1	10,2	11,3								10,3
5	Skjelbreia 1m	1	%	9,46	11,3	9,39	11,6								10,4
5	Skjelbreia 15m	15	%	14,8	15,2	10,4	11,3								12,9
6	Grøa 1m	1	%	49,3	48,7	51,3	53,4	49	54	51,3	57,1	56,5	49,84	46,77	51,6
6	Grøa 15m	15	%	51,6	53,1	50,7	52,5	53,1	57,4	56,2	54,3	56,5	52,18	49,27	53,3
7	Våja 1m	1	%	10,7	11,9	9,54	11,6								10,9
7	Våja 15m	15	%	14	13,1	9,54	10,4								11,8

Tabell 10. Siktedypsobservasjoner

Kode	St-navn	Dato	Dyp	Parameter	Verdi	Enhet
6	Grøa	26.07.2009		1 Siktedyp	8	m
2	Demning	26.07.2009		1 Siktedyp	3,9	m
3	Handkledypet	26.07.2009		1 Siktedyp	6	m

Tabell 11. Temperaturobservasjoner

St-navn	Dyp	Enhet	17_02_2009	16_03_2009	05_05_2009	25_05_2009	30_06_2009	26_07_2009	26_08_2009	29_09_2009	27_10_2009	17_11_2009	01_02_2010
Skyten 1m	1	gr C	0,8	2	4,6	12							
Skyten 15m	15	gr C	3,8	3,8	4	5,5							
Demning 1m	1	gr C	0,6	1,8	4,8	13	22	18	16	10,5	4	2	1
Handkledypet 1m	1	gr C	0,2	1	4,8	12,5	21	18,5	16	11	5	1,5	1,2
Handkledypet 15m	15	gr C	3,8	3,8	4,4	6,4	7,4	8	7,8	7,8	5	2	2,6
Nordtangenbukta 1m	1	gr C	0,5	0,8	4,2	12,2							
Skjelbreia 1m	1	gr C	0,6	1	4,8	12,2							
Skjelbreia 15m	15	gr C	3,6	3,8	4,6	6							
Grøa 1m	1	gr C	0,2	0,4	4,8	12	22	18,5	16,4	12	5,6	1,5	1
Grøa 15m	15	gr C	2,2	1,4	4,6	6,5	9,4	8,5	8	11,8	5,4	2	2,8
Våja 1m	1	gr C	0,2	1,5	4,8	13							
Våja 15m	15	gr C	3,6	3,6	4,6	7							

Tabell 12. pH-observasjoner

Kode	St-navn	Dyp	Enhet	17_02_2009	16_03_2009	05_05_2009	25_05_2009	30_06_2009	26_07_2009	26_08_2009	29_09_2009	27_10_2009	17_11_2009	01_02_2010	Middel
1	Skyten 1m	1	pH	6,28	6,37	6,38	6,67								6,4
1	Skyten 15m	15	pH	6,13	6,24	6,35	6,28								6,3
2	Demning 1m	1	pH	6,18	6,32	6,35	6,63	6,94	6,82	6,76	6,51	6,63	6,52	6,29	6,5
3	Handkledypet 1m	1	pH	6,28	6,34	6,43	6,67	6,89	6,86	6,84	6,69	6,69	6,66	6,43	6,6
3	Handkledypet 15m	15	pH	6,29	6,37	6,42	6,45	6,34	6,56	6,61	6,19	6,66	6,67	6,52	6,5
4	Nordtangenbukta 1m	1	pH	6,3	6,35	6,45	6,7								6,5
5	Skjelbreia 1m	1	pH	6,37	6,42	6,5	6,69								6,5
5	Skjelbreia 15m	15	pH	6,3	6,39	6,48	6,41								6,4
6	Grøa 1m	1	pH	6,7	6,8	6,73	6,98	7,03	6,76	6,96	6,92	6,87	6,87	6,81	6,9
6	Grøa 15m	15	pH	6,51	6,66	5,7	6,78	6,67	6,7	6,86	6,97	6,88	6,85	6,62	6,7
7	Våja 1m	1	pH	6,49	6,62	6,45	6,69								6,6
7	Våja 15m	15	pH	6,24	6,5	6,51	6,48								6,4

Tabell 13. Turbiditetsobservasjoner

Kode	St-navn	Dyp	Enhet	17_02_2009	16_03_2009	05_05_2009	25_05_2009	30_06_2009	26_07_2009	26_08_2009	27_10_2009	17_11_2009	01_02_2010	Middel
1	Skyten 1m	1	FNU	0,56	0,46	0,56	0,66							0,56
1	Skyten 15m	15	FNU	0,72	0,57	0,5	0,55							0,59
2	Demning 1m	1	FNU	0,78	0,52	0,47	0,62	0,58	0,68	0,79	0,59	0,6	0,45	0,61
3	Handkledypet 1m	1	FNU	0,52	0,49	0,56	0,53	0,56	0,55	0,71	0,49	0,43	0,42	0,53
3	Handkledypet 15m	15	FNU	1,34	0,47	0,5	0,49	0,45	0,53	0,38	0,45	0,41	0,37	0,54
4	Nordtangenbukta 1m	1	FNU	0,72	0,28	0,53	0,76							0,57
5	Skjelbreia 1m	1	FNU	0,64	0,35	0,71	0,84							0,64
5	Skjelbreia 15m	15	FNU	0,67	0,38	0,44	0,56							0,51
6	Grøa 1m	1	FNU	1,01	0,44	0,62	0,42	0,56	0,57	0,68	0,5	0,58	0,36	0,57
6	Grøa 15m	15	FNU	0,67	0,47	0,42	0,58	0,58	0,4	0,52	0,55	0,5	0,41	0,51
7	Våja 1m	1	FNU	0,54	0,27	0,48	0,48							0,44
7	Våja 15m	15	FNU	0,75	0,35	0,45	0,55							0,53

Tabell 14. Konsentrasjon av heterotrofe bakterier (kimtall)

Kode	St-navn	Dyp	Parameter	Enhet	17_02_2009	16_03_2009	05_05_2009	25_05_2009	26_08_2009	Middel
1	Skyten 1m	1	Kimtall	ant/ml	25	2600	50	190		716
1	Skyten 15m	15	Kimtall	ant/ml	15	25	38	69		37
2	Demning 1m	1	Kimtall	ant/ml	35	110	280	170	65	132
3	Handkledypet 1m	1	Kimtall	ant/ml	50	45	355	190	75	143
3	Handkledypet 15m	15	Kimtall	ant/ml	10	5	270	100	17	80
4	Nordtangenbukta 1m	1	Kimtall	ant/ml	65	80	320	220		171
5	Skjelbreia 1m	1	Kimtall	ant/ml	20	32,5	293	220		141
5	Skjelbreia 15m	15	Kimtall	ant/ml	25	7,5	245	63		85
6	Grøa 1m	1	Kimtall	ant/ml	10	50	13	480	40	119
6	Grøa 15m	15	Kimtall	ant/ml	5	7,5	30	10	28	16
7	Våja 1m	1	Kimtall	ant/ml	55	32,5	250	140		119
7	Våja	15	Kimtall	ant/ml	25	22,5	850	180		269

Tabell 15. Total koliforme bakterier (37 gr C)

Kode	St-navn	Dyp (m)	Parameter	Enhet	17_02_2009	16_03_2009	05_05_2009	25_05_2009	30_06_2009	26_07_2009	26_08_2009
1	Skyten 1m	1	Tot Koli	ant/100 ml	3	1	12	21			
1	Skyten 15m	15	Tot Koli	ant/100 ml	2	0,5	12	2			
2	Demning 1m	1	Tot Koli	ant/100 ml	3	1	18	21	29	200	50
3	Handkledypet 1m	1	Tot Koli	ant/100 ml	4	0,5	18	38	6	95	83
3	Handkledypet 15m	15	Tot Koli	ant/100 ml	0,5	0,5	22	4	0,5	130	14
4	Nordtangenbukta 1m	1	Tot Koli	ant/100 ml	5	5,3	21	15			
5	Skjelbreia 1m	1	Tot Koli	ant/100 ml	8	2	15	6			
5	Skjelbreia 15m	15	Tot Koli	ant/100 ml	0,5	0,5	9	3			
6	Grøa 1m	1	Tot Koli	ant/100 ml	0,5	0,5	0	10	3	53	200
6	Grøa 15m	15	Tot Koli	ant/100 ml	1	0,5	0	0	4	2	70
7	Våja 1m	1	Tot Koli	ant/100 ml	2	3	21	25			
7	Våja 15m	15	Tot Koli	ant/100 ml	1	0,5	25	5			

Tabell 16. Konsentrasjon av ekte tarmbakterier (E. coli)

Kode	St-navn	Dyp	Parameter	Enhet	17_02_2009	16_03_2009	05_05_2009	25_05_2009	39994	26_07_2009	26_08_2009	29_09_2009	27_10_2009	17_11_2009	01_02_2010
1	Skyten 1m	1	E-Koli	ant/100 ml	0,5	0,5	0,5	0,5							
2	Demning 1m	1	E-Koli	ant/100 ml	0,5	0,5	0,5	0,5	1	16	2	1	0,5	0,5	0,5
3	Handkledypet 1m	1	E-Koli	ant/100 ml	0,5	0,5	0,5	1	0,5	2	1	0,5	0,5	1	0,5
3	Handkledypet 15m	15	E-Koli	ant/100 ml	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0	1	0,5	0,5	0,5
4	Nordtangenbukta 1m	1	E-Koli	ant/100 ml	0,5	1	0,5	0,5							
5	Skjelbreia 1m	1	E-Koli	ant/100 ml	0,5	0,5	0,5	0,5							
5	Skjelbreia 15m	15	E-Koli	ant/100 ml	0,5	0,5	0,5	0,5							
6	Grøa 1m	1	E-Koli	ant/100 ml	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	3	6	0,5	0,5	1	0,5
6	Grøa 15m	15	E-Koli	ant/100 ml	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	2	0,5	0,5	0,5	0,5
7	Våja 1m	1	E-Koli	ant/100 ml	0,5	0,5	0,5	0,5							
7	Våja 15m	15	E-Koli	ant/100 ml	0,5	0,5	0,5	0,5							

Tabell 17. Observasjoner av intestinale enterokokker

Kode	St-navn	Dyp	Parameter	Enhet	26_08_2009	29_09_2009	27_10_2009	17_11_2009	01_02_2010
2	Demning 1m	1	Int-ent-Kok	ant/100 ml	0	0	<1	<1	<1
3	Handkledypet 1m	1	Int-ent-Kok	ant/100 ml	0	0	<1	2	<1
3	Handkledypet 15m	15	Int-ent-Kok	ant/100 ml	0	0	<1	<1	<1
6	Grøa 1m	1	Int-ent-Kok	ant/100 ml	0	0	<1	<1	<1
6	Grøa 15m	15	Int-ent-Kok	ant/100 ml	0	0	<1	<1	<1

Tabell 18. Observasjoner av Clostridium perfringens

Kode	St-navn	Dyp	Parameter	Enhet	26_08_2009	29_09_2009	27_10_2009	17_11_2009	01_02_2010
2	Demning 1m	1	Clostr-perf	ant/100 ml	0	1	<1	79	4
3	Handkledypet 1m	1	Clostr-perf	ant/100 ml	0	0	<1	1000	6
3	Handkledypet 15m	15	Clostr-perf	ant/100 ml	0	0	<1	145	3
6	Grøa 1m	1	Clostr-perf	ant/100 ml	1	1	<1	33	3
6	Grøa 15m	15	Clostr-perf	ant/100 ml	0	0	1	1000	2

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no