

# Vannkvaliteten i Søndre- og Nordre Puttjern, Østmarka, Oslo; Resultater fra 2011, sammenlignet med data fra undersøkelses- perioden 1998 - 2004



Norsk institutt for vannforskning

# RAPPORT

**Hovedkontor**

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

**Sørlandsavdelingen**

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

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 59  
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**

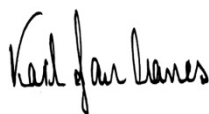
Pirsenteret, Havnegata 9  
Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Vannkvaliteten i Søndre- og Nordre Puttjern, Østmarka, Oslo; Resultater fra 2011, sammenlignet med data fra undersøkelsesperioden 1998 - 2004.	Løpenr. (for bestilling) 6433-2012	Dato 22.10.2012
	Prosjektnr. Undernr. 11098	Sider Pris 22
Forfatter(e) Karl Jan Aanes	Fagområde Vannressurs- forvaltning	Distribusjon
	Geografisk område Oslo	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Jernbaneverket	Oppdragsreferanse Thomas Aarsskog
------------------------------------	--------------------------------------

<p>Sammendrag</p> <p>NIVA har i 2011 gjennomført undersøkelser av vannkvaliteten i Søndre- og Nordre Puttjern i Østmarka, Oslo. Hensikten har vært å følge opp tidligere undersøkelser fra perioden 1998-2004, og da primært for å få et bilde av oksygenforholdene i tjernene. Under bygging av Romeriksporten ble Nordre Puttjern sterkt påvirket av lekkasjer, noe som hadde store effekter på miljøforholdene i og rundt tjernet. Søndre Puttjern ble ikke påvirket. Tiltakene som ble iverksatt ga en kraftig forbedring av vannkvaliteten i Nordre Puttjern. Ved å sammenligne forholdene i Nordre Puttjern med forholdene i Søndre Puttjern, ble det konkludert med at at tjernet langt på vei var tilbake til sin naturlige tilstand i 2004. Resultatene fra 2011 viste små forskjeller mellom tjernene, dels var disse knyttet til naturlige forskjeller, dels var de knyttet til effekten av pumping av vann til området for å stabilisere grunnvannsstanden og dels til kalking av de to tjernene. Dagens miljøtilstand er nær det en vil forvente i slike små og humøse skogstjern. Det er ikke behov for å sette inn ytterligere tiltak for å endre eller bedre dagens tilstand i Nordre Puttjern</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Overvåkning</li> <li>2. Vannkvalitet</li> <li>3. Østmarka, Oslo</li> <li>4. Puttjern</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Monitoring</li> <li>2. Water quality</li> <li>3. Østmarka area, Oslo</li> <li>4. Lake Puttjern</li> </ol>
--	--



Karl Jan Aanes  
Prosjektleder



Brit Lisa Skjelkvåle  
Forskningsdirektør

# Vannkvaliteten i Søndre- og Nordre Puttjern, Østmarka, Oslo.

Resultater fra 2011, sammenlignet med data  
fra undersøkelsesperioden 1998 - 2004.

---

## Forord

I 1998 ble flere innsjøer og bekker, som en antok kunne være berørt av lekkasjene til Romeriksporten, undersøkt. Blant innsjølokalitetene i området var Nordre Puttjern synbart påvirket, og NIVA ble bedt av NSB, Gardemobanen AS om å overvåke vannkvaliteten parallelt med at det ble gjennomført tiltak for å heve og stabilisere vannstanden i Nordre Puttjern. Undersøkelsene pågikk frem til 2004 og ble rapportert 28. februar 2005.

I 2011 fikk vi av Jernbaneverket en forespørsel om å gjennomføre noen enkle oppfølgingsundersøkelser, først og fremst for å beskrive oksygenforholdene i Puttjernene. Oppdragsgivers kontaktperson har vært Thomas Årskog, som også deltok på feltrunden våren 2011.

Feltarbeidet ble gjennomført den 30. mars og den 23. september 2011. Vannprøvene som ble hentet inn er analysert ved NIVAs laboratorie i Oslo. Prosjektleder for undersøkelsen har vært undertegnede som også har sammenstilt de fysiske-kjemiske analyseresultatene og har vært ansvarlig for rapportering.

Oslo, 25. 03. 2012

Karl Jan Aanes

*Forskningsleder integrert vannressursforvaltning*

---

## **Innhold**

<b>Sammendrag</b>	<b>7</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>10</b>
<b>2. Prøvetaking, stasjoner og frekvens</b>	<b>12</b>
<b>3. Resultater</b>	<b>13</b>
3.1 Fysisk-kjemiske målinger	13
3.1.1 Temperatur- og oksygenforhold	13
3.1.2 Fysisk – kjemiske målinger: pH, Ca, Tot-P, Tot-N og farge	15
3.2 Søndre Puttjern – Utvikling 2004 – 2011	16
3.3 Nordre Puttjern – Utvikling 2004 – 2011	16
<b>4. Litteratur</b>	<b>17</b>
<b>Vedlegg A. Analyseresultater</b>	<b>18</b>

---

## Sammendrag

Overvåkingsundersøkelsene i Søndre- og Nordre Puttjern som NIVA utførte i perioden 1998-2004, konkluderte med at Nordre Puttjern var klart påvirket av lekkasjene til Romeriksporten. Søndre Puttjern drenerer naturlig nordover til Nordre Puttjern og de to tjernene er i store trekk like med hensyn på størrelse og form, og en antok at de fysiske-, kjemisk- og biologiske forholdene før lekkasjene var svært like. Da Søndre Puttjern ikke ble påvirket av disse lekkasjene, ble analyseresultatene herfra benyttet som referanse for førtilstanden i Nordre Puttjern.

Resultatene fra undersøkelsene av Nordre Puttjern i 2011 er som tidligere sammenlignet med data fra parallelle undersøkelser i Søndre Puttjern. Dette er gjort for å kunne dokumentere eventuelle endringer dem i mellom og om det var endringer i vannkvaliteten fra det som ble registrert ved undersøkelsen i 2004.

Etter at vannstanden sank drastisk i Nordre Puttjern i 1997, har den fra 1999 og i ettertid ligget mer eller mindre nær overløpshøyden. Dette er oppnådd ved at lekkasjevann som drenerer til tunnelen i Romeriksporten blir pumpet tilbake inn i fjellet ved hjelp av et infiltrasjonsanlegg for å motvirke grunnvannsdrenering i tørre perioder. Denne løsningen har holdt grunnvannsspeilet i Puttjerns-området stabilt og bidratt til å opprettholde en tilnærmet normal vannstand i Nordre Puttjern gjennom året. Dette var en viktig årsak til at de limnologiske forholdene i tjernet raskt bedret seg. Tiltaket med inn-pumping av vann pågår fremdeles og har vært viktig for å opprettholde et normalt grunnvannsnivået og derved unngå at myrområdene rundt tjernet blir tørrlagt slik som i årene 1997-98.

Gjennom den forrige undersøkelsesperioden i Nordre Puttjern var vannmassene det meste av tiden tilnærmet oksygenfrie under ca. 2-2,5 m dyp, men med en viss positiv utvikling fra 1999 til 2004. Lukt av H<sub>2</sub>S ble da registrert fra ca. 2,5-3 m, og i 2004 først fra 4-5 m dyp. Tilsvarende ble det i Søndre Puttjern først registrert H<sub>2</sub>S-lukt på dyp under 8,5-9 meter.

Undersøkelsene mens tjernene var islagt i mars 2011 viste oksygenfrie forhold ved et dyp på 4 m i Søndre Puttjern og viste med det en situasjon som var noe dårligere enn det som ble registrert ved tilsvarende målinger i 2004.

For Nordre Puttjern viste tilsvarende målinger i mars 2011 svært dårlige oksygenforhold, med en oksygen-metningen på ca 16 % like under isen og nær anoksiske forhold med tydelig lukt av H<sub>2</sub>S under 2 m. Dette var en noe dårligere oksygenmetning i de øvre vannlag enn ved tilsvarende tidsperiode i 2004. Det mangler data om oksygenforholdene i 2004 fra Nordre Puttjern i september, men i 2011 viste målingene at oksygenforholdene da var langt bedre enn de var i Søndre Puttjern ved samme tidspunkt.

I 2011 ble det også hentet inn vannprøver fra de to tjernene for å beskrive de fysisk-kjemiske forholdene i øvre vannlag (2 m) og i bunnvannet (8 m) på samme måte som i 2004.

Sammenlignes mars resultatene fra 2011 med tilsvarende prøver fra samme dyp og tidsperiode i 2004 viser de øvre vannlagene i Søndre Puttjern en liten nedgang i pH og en reduksjon i konsentrasjonen av sulfat, mens reduksjonen i pH er sterkere i bunnvannet i samme perioden (fra 7,28 til 6,93) og innholdet av jern og sulfat har hatt en betydelig økning. Sammenlignet med data fra 2004 har det her vært en økning på henholdsvis 5,7 og 14 ganger s for sulfat og jern.

Resultatene fra prøvene som ble tatt i september i 2004 og 2011 i Søndre Puttjern viser mye det samme bildet. I overflatelaget har pH og Ca falt fra henholdsvis pH 7,6 og 14,1 mg Ca/l til pH 6,36 og

3,22 mg Ca/l i 2011, mens fargeverdien i perioden økt med 134 %. Tilsvarende viser utviklingen i bunnvannet i september mye det samme som for prøvene som ble tatt i mars. Det har vært en betydelig økning i bunnvannets innhold av sulfat i denne perioden, mens innholdet av jern har falt markert.

Gjør vi tilsvarende sammenligninger i Nordre Puttjern med dataene fra 2011 og tilsvarende dyp og tidsperiode i 2004 viser resultatene fra øvre vannlag i mars en markert heving av pH fra 5,7 til 7,4 i 2011 og en økning av fargeverdien på 45 %. Tilsvarende har kalsiumkonsentrasjonen økt til nær det dobbelte mens sulfat innholdet har sunket med 28 % i denne perioden. Når det gjelder prøvene fra mars så viser resultatene at også bunnvannet har fått økt pH og konduktivitet, svovelinnholdet er sterkt redusert og jerninnholdet har hatt en sterk økning i denne perioden.

Forskjellene som er beskrevet mellom de to tjernene og mellom de to årene 2004 og 2011 kan være knyttet til flere forhold. Basert på inntrykkene fra befaringsene til Søndre- og Nordre Puttjern og området rundt, sammen med informasjonen om tjernene fra resultatene analysene i 2011, er vår konklusjon at situasjonen i disse to små skogstjernene er nær en naturtilstand. De to tjernene er på mange måter like; de er begge små, har små nedbørfelt som er preget av myrområder og gammel furu- og granskog. Noen ulikheter er knyttet til forskjeller i naturlige faktorer som for eksempel vanngjennomstrømning og -opp holdstid, samt sol- og vindpåvirkning. Videre er de på ulik måte påvirket av innpumpning av vann som pågår i tørre perioder for å opprettholde en nær naturlig grunnvannsstand. Forskjeller i tilstanden mellom 2004 og 2001 kan være forårsaket av klimatiske forskjeller årene i mellom, og hvordan behovet for innpumping av vann har variert. En annen viktig faktor som også har betydning for vannkvaliteten er knyttet til den kalking som har pågått og pågår i dette området for å motvirke forsuring. Forskjeller i kalk-mengder påvirker både pH og øvrig vannkemi i de to Puttjernene.

Tatt i betraktning dagens miljøtilstand, mener vi det er unødvendig å sette inn ytterlige tiltak for å endre eller bedre dagens tilstand i Nordre Puttjern.

## Summary

Title: Water quality in Søndre- and Nordre Puttjern, Østmarka, Oslo; Results from 2011, compared with data from the period 1998 - 2004.

Year: 2012

Author: Karl Jan Aanes

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577-6168-4

Building the railway tunnel Romeriksporten, caused leakage of water into the tunnel, and lowering of the ground-water level in parts of the Østmarka area in 1997-98. A comprehensive investigation of the water quality and ecological status in lakes and brooks was carried out in 1998. This investigation showed that most of the damage of the leakage was restricted to the tarn Nordre Puttjern, where the water level in 1997 was approximately 6 m below the outlet level. The tarn Søndre Puttjern was not affected and has functioned as a reference site.

The report from the investigations during the period 1998 to 2004 concluded that most of the chemical and biological parameters, such as the amount and composition of phytoplankton and zooplankton in Nordre Puttjern showed an improvement and was close to the reference site Søndre Puttjern. There were however concluded that there still was some way to go before the water quality would be as good as before the leakage took place.

New investigations in 2011 to follow up the situation supported the results from 2004. Both oxygen and the chemical parameters were studied. Differences now are more or less connected to natural variations between the two tarns. The pH is high due to liming, but this is not a natural situation in this humic and small tarns.

Further measures to improve the ecological status of Nordre Puttjern seem not to be needed as long as the ground water level is not lowered in dry periods.



# 1. Innledning

Vannlekkasjer til tunnelen i forbindelse med bygging av Romeriksporten i 1997/98 ga mye medieomtale blant annet fordi den berørte en del vann og vassdrag i Østmarka i områdene over tunnelen. Det ble i den sammenheng gjennomført en omfattende undersøkelse i en rekke vannforekomster som en antok kunne være berørt (Brettum mfl. 1999).

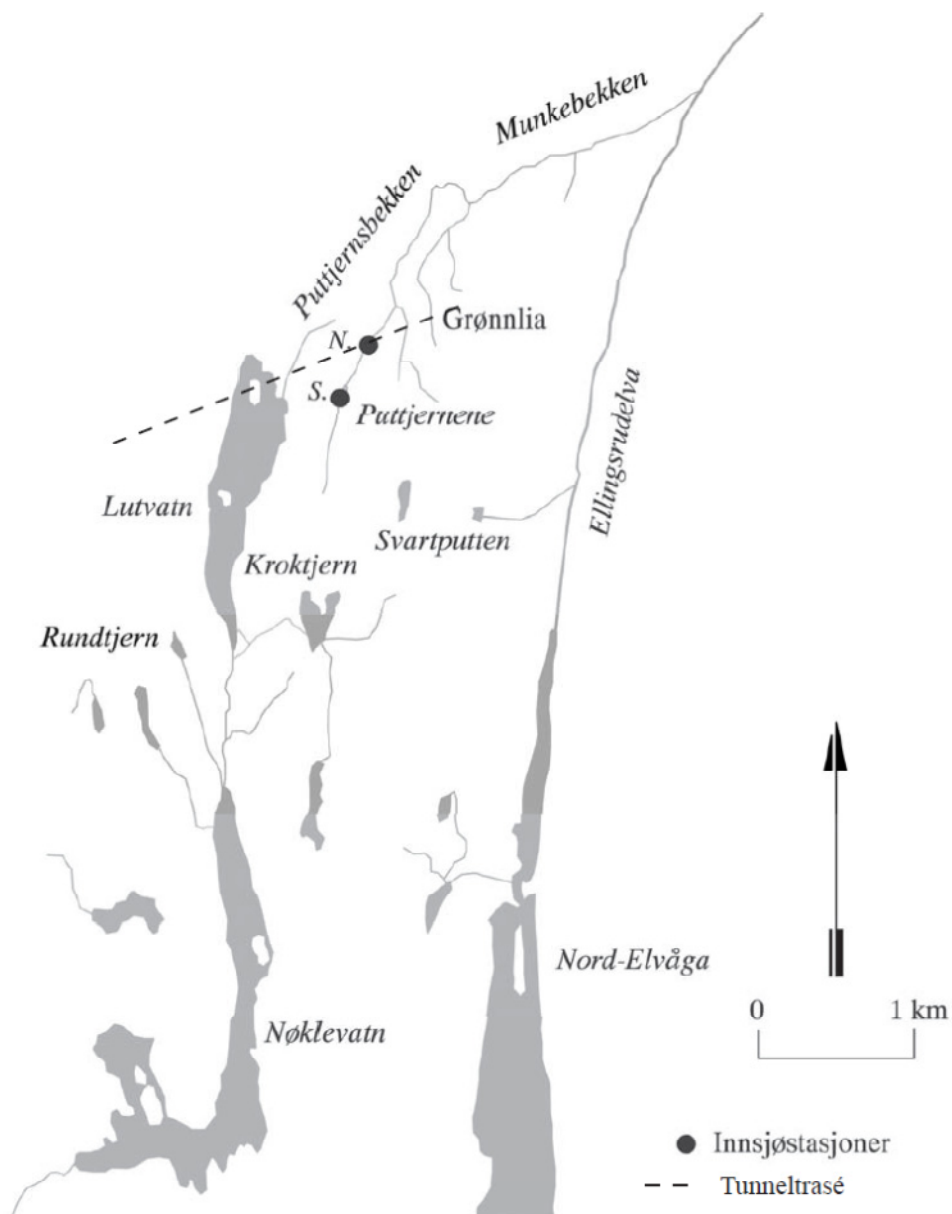
For å få lekkasjene ned på et akseptabelt nivå ble det satt i gang tettingsarbeider inne i tunnelen i områdene der lekkasjene var størst, som i hovedsak var under Puttjernsområdene og under Lutvatn. I 1999 ble det installert et infiltrasjonsanlegg som pumpet vannet, som kom til tunnelen tilbake til fjellet. Dette skaper et mottrykk til det inntrengende vannet. Anlegget har vært i drift siden og settes i gang etter behov for å opprettholde grunnvannsnivået og vannstanden i Nordre Puttjern i tørre perioder.

Etter at undersøkelsene i 1998 var gjennomført og resultatene rapportert, ble NIVA bedt om å utforme og gjennomføre en overvåkingsundersøkelse av de områdene der det var registrert endringer på grunn av lekkasjene. Overvåkingsundersøkelsene i 1999 omfattet i første rekke de to Puttjernene og Puttjernsbekken. Dette arbeidet ble i store trekk videreført i sesongen 2000 og 2001. Resultatene er rapportert i flere NIVA rapporter (Brettum og Løvik 2000, 2001 og 2002).

En siste undersøkelse ble gjennomført i 2004, etter en periode på to år uten overvåking, for å se om vannkvaliteten i Nordre Puttjern viste den ønskete forbedring og hadde nærmet seg forholdene i Søndre Puttjern. Det ble antatt at forholdene i Søndre- og Nordre Puttjern var ganske like før lekkasjene. Resultatene fra 2004 ble sammenstilt med resultatene fra 1998 til 2001 (referanse her også?).

Undersøkelsene i 2011 ble gjort ut fra et behov Jernbaneverket hadde for å få oppdaterte målinger om dagens miljøtilstand i Puttjernene. Særlig var dette knyttet til data om oksygenforholdene i bunnvannet. Feltnålingene av O<sub>2</sub> ble supplert med vannprøver for fysisk-kjemiske målinger av de samme parametere som i 2004.

Det ble antatt at forholdene i Søndre og Nordre Puttjern var svært like før lekkasjene til Romeriksporten. Søndre Puttjern renner nordover til Nordre Puttjern og er derfor en god referanselokalitet for å påvise hvor mye lekkasjene hadde endret vannkvaliteten i Nordre Puttjern, og hvor langt den hadde fjernet seg fra det som ville ha vært en antatt naturtilstand. Målinger av forholdene i Søndre Puttjern er derfor viktig for å kunne registrere bedringer i vannkvaliteten i Nordre Puttjern.



**Fig. 1.** Kartskisse som viser plasseringen av prøvetakingsstasjonene i Søndre (S) og Nordre (N) Puttjern. Tunnel traséen for Romeriksporten er inntegnet

## 2. Prøvetaking, stasjoner og frekvens

Overvåkingsundersøkelsene i 2004 som i 2011 omfattet en stasjon i hver av de to tjernene Søndre- og Nordre Puttjern (figur 1). Søndre Puttjern viste seg under undersøkelsene i 1998 ikke å være påvirket i nevneverdig grad av lekkasjene. Denne har derfor senere fungert som referanselokalitet under overvåkingsundersøkelsene for å Nordre Puttjern.

Overvåkingsprogrammet for 2011 startet med første prøvetaking den 30. mars mens isen ennå lå på tjernene. Neste prøvetaking ble foretatt den 23. september.

Målinger av temperatur og oksygeninnhold ble foretatt på ulike dyp langs en vertikal gradient fra overflaten til bunnen over det dypeste området i tjernene med et YSI oksygenmeter.

Parallelt med disse målingene ble det tatt prøver for fysisk-kjemiske analyser. Disse omfattet, som tidligere, en prøve fra øvre vannlag (2 m) og en fra bunnvannet (8 m) i Søndre- og Nordre Puttjern. Analyseprogrammet var det samme og har omfattet pH, konduktivitet, turbiditet, farge, tot-P, tot-N, TOC, Fe, Mn, Na, Ca, Mg, K, Cl og SO<sub>4</sub>.

Til innsamlingen av vannprøvene ble det benyttet en Ruttner vannhenter.

Analysemetodikken for de fysisk-kjemiske parametere har i hele undersøkelsesperioden fulgt nasjonale standarder og akkrediterte metoder. Analysene er utført ved NIVAs laboratorie i Oslo. Referanser til NIVAs interne koder for de enkelte metodene er gitt i tabellene 6 A og B i vedlegget.

## 3. Resultater

### 3.1 Fysisk-kjemiske målinger

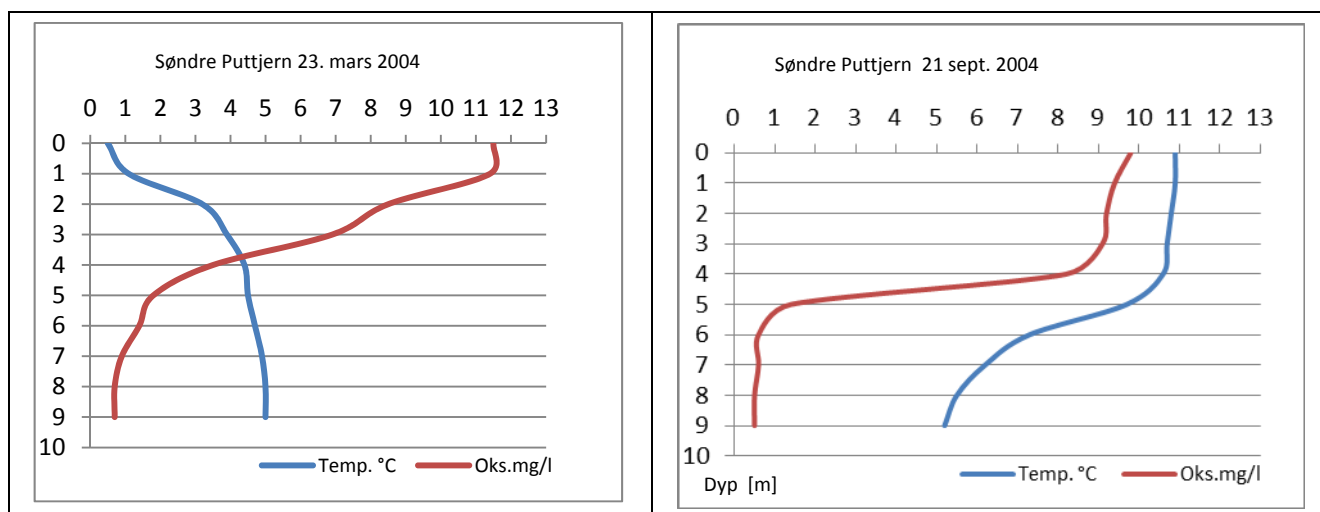
Resultatene fra registreringene av temperatur og oksygenkonsentrasjonen i ulike dyp er sammenstilt i Vedlegg A. i tabellene 1 til 4 for 2011 og i tabell 5 for tilsvarende data. Resultatene fra analysene som ble gjort for å få et bilde av vannkvaliteten i Søndre og Nordre Puttjern fra 2011 er sammenstilt i tabell 6 A og B i Vedlegg A. I tabellen er det også tatt med data fra tilsvarende målinger i 2004.

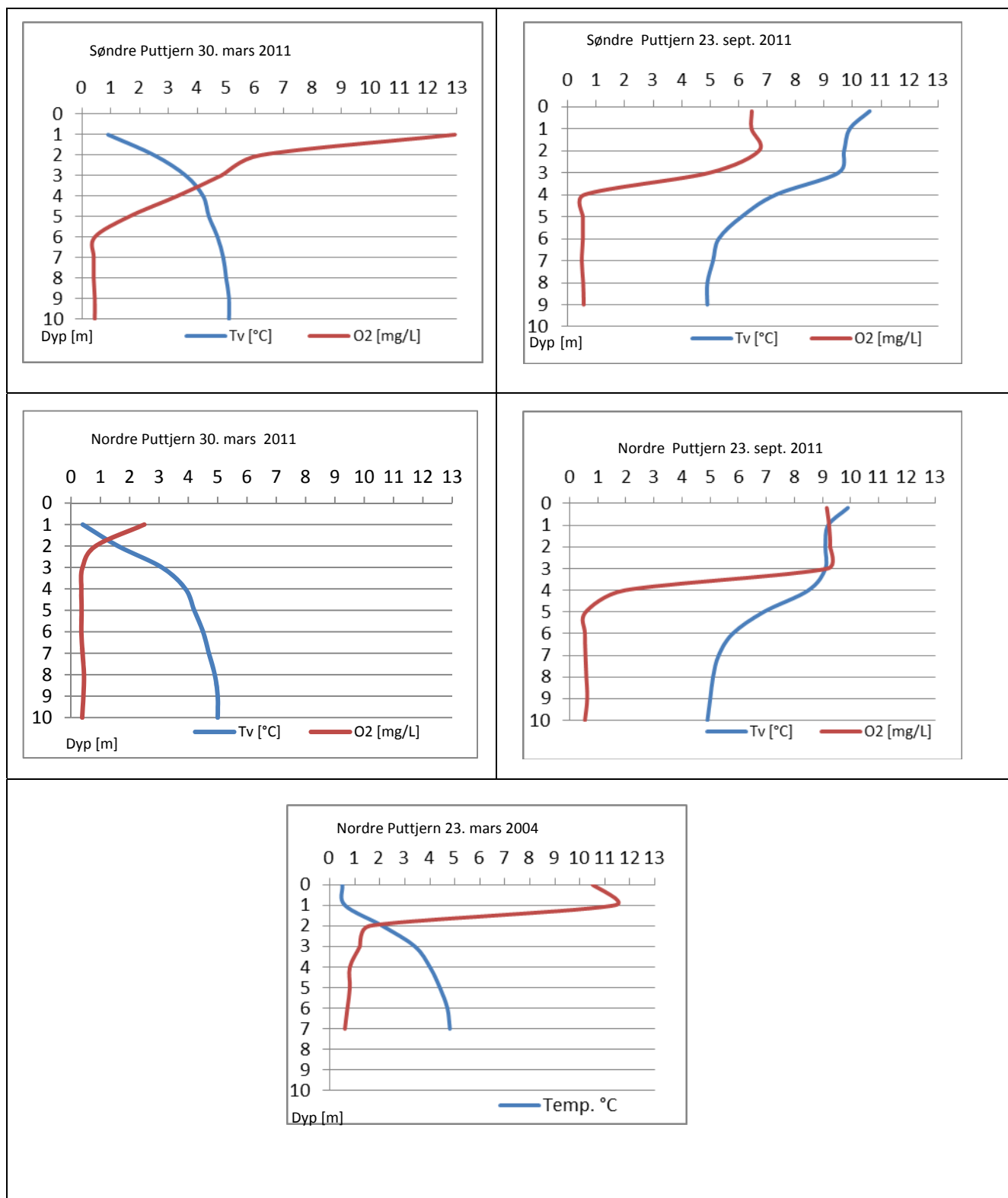
#### 3.1.1 Temperatur- og oksygenforhold

Målingene våren 2011 viste lave oksygenkonsentrasjoner i bunnvannet under isen både i Søndre- og Nordre Puttjern (fig. 3). I søndre Puttjern var det ved 2 m dyp 48 % metning (6,2 mg O<sub>2</sub>/l) og ved 6 m var denne redusert til 3,2 % (0,44 mg O<sub>2</sub>/l). Tilsvarende målinger i Nordre Puttjern ga henholdsvis 5,9 og 2,6 % oksygenmetning (0,84 og 0,35 mg O<sub>2</sub>/l). Resultatene viser store forskjeller mellom tjernene før isgang med nær anoksiske forhold i Nordre Puttjern under 2 meter. Begge hadde et bunnvann med tydelig lukt av H<sub>2</sub>S. Tilsvarende registreringer samme høst og før høstomrøring viser et motsatt bilde. Da hadde Søndre Puttjern en oksygenmetning med 60 % metning på 2 meters dyp (6,71 mg O<sub>2</sub>/l) og bare 5 % på 4 m dyp (0,58 mg O<sub>2</sub>/l). I Nordre Puttjern ga tilsvarende målinger en oksygenmetning på 82 % og 9,27 mg O<sub>2</sub>/l på 2 m, mens den var 17 % (1,97 mg O<sub>2</sub>/l) på 4 meters dyp.

Resultater fra tilsvarende målinger som ble gjort våren og høsten i 2004 i Søndre- og Nordre Puttjern er vist i figur 2 og resultatene er gitt i tabell 5 i Vedlegg A. Målingene som ble gjort like under isen den 23. mars viste et O<sub>2</sub> innhold som var relativt høyt like under isen og ganske likt i begge tjernene. Dataene viser videre at oksygenmetningen faller raskt mot dypet og er på 2 m henholdsvis 8,5 mgO<sub>2</sub>/l i Søndre- , og bare 1,6 mg O<sub>2</sub>/l i Nordre Puttjern. Tilsvarende verdier var på 6 m 1,4 og 0,7 mg O<sub>2</sub>/l i henholdsvis Søndre- og Nordre Puttjern. Høstmålinger fra 2004 har vi bare fra Søndre Puttjern, og den 21. september var da O<sub>2</sub> konsentrasjonen 9,2 og 0,6 mg O<sub>2</sub>/l på henholdsvis 2 og 6 m (fig. 2).

Resultatene viser at begge tjernene er preget av å være små skogstjern med en liten vanngjennomstrømning og lokalisert i et myrlandskap med relativt store tilførsler av humus og annet organisk materiale. Dette materialet er dels produsert av planteveksten i tjernene og dels tilført fra nedbørfeltet rundt. Tjernene har god vindbeskyttelse og det etableres temperatursjiktning i sommerhalvåret. Dette er til sammen faktorer som gir den økologiske tilstanden vi ser i dag som må regnes for å være ganske nær naturtilstand.





**Figur 3.** Temperatur og oksygenprofiler i Søndre- og Nordre Puttjern. Data fra målinger i mars og september i 2011, samt data fra Nordre Puttjern i mars 2004.

Belastningen på oksygenforholdene synes å være størst i Nordre Puttjern vinterstid, men samtidig ser det ut til at dette tjernet henter seg best igjen og har de beste oksygenforholdene på høsten før den årlige høstomrøringen bringer nytt oksygenrikt vann ned til bunnområdene.

Sammenlignet med den situasjonen som ble beskrevet i 2004 synes det som om oksygenforholdene da var langt bedre i Søndre Puttjern da, og særlig på høsten, enn i 2011. Et tilsvarende bilde viser også dataene fra Nordre Puttjern når resultatene fra marsmålingene i 2004 og 2011 sammenlignes. Dette kan i noen grad ha sammenheng med klimatiske forskjeller årene i mellom, men viktig er også forskjeller i inn-pumpning av vann som foregår for å holde oppe grunnvannsstanden i området.

### **3.1.2 Fysisk – kjemiske målinger: pH, Ca, Tot-P, Tot-N og farge**

Parallelt med målingene som ble gjort i 2011 av oksygenforholdene i Puttjernene ble det også hentet inn vannprøver for å beskrive de fysiske-kjemiske forholdene i øvre vannlag (2 m) og i bunnvannet (8 m) på samme måte som i 2004. Resultatene er sammenstilt i tabellene 6 A og B i vedlegg A.

Resultatene fra prøvene som ble tatt i mars 2011 på 2 meters dyp viste en pH verdi i Nordre Puttjern på 7,44 som var vel 0,5 enheter høyere enn i Søndre Puttjern. Tilsvarende kalsiumverdier var 12,4 og 8,9 mg Ca/l. Resultatene fra målinger av vannets egenfarge og organisk innhold ga nær like verdier noe som også var tilfelle for innholdet av næringssaltene Tot-P og Tot-N, med litt høyere verdier i Nordre Puttjern (tabell 5). Innholdet av sulfat var knapt 30 % høyere i Nordre Puttjern når konsentrasjonsnivået sammenlignes med det fra Søndre Puttjern.

Tilsvarende målinger på 8 meters dyp ga i mars 2011 en pH verdi i Søndre Puttjern som var lik den som ble målt i mars, men pH verdien i Nordre var nå sunket til pH 6,6 i bunnvannet. Kalsium konsentrasjonene er høye i bunnvannet og særlig i Søndre Puttjern hvor verdien var hele 111 mg Ca/l. Området har vært kalket som et tiltak mot forsuring, og de høye kalkverdiene må sees i sammenheng med dette. Verdiene for farge og organisk innhold var høye begge steder og størst i bunnvannet i Nordre Puttjern (tabell 6 A). Her var også innholdet av tot-P en god del høyere enn i Søndre Puttjern. Begge har et høyt innhold av tot-N i bunnvannet som i Søndre Puttjern var 8,4 mg N/l, nær det dobbelte av det som ble målt i Nordre Puttjern.

Resultatene fra prøvene som ble hentet inn i september i 2011 viste en vannkvalitet i øvre vannlag i Nordre Puttjern der pH (6,74) og kalsium (3,48 mg Ca/l) var noe høyere enn i Søndre Puttjern (pH var her 6,36 og kalsium 3,22 mg Ca/l.) Innholdet av organisk materiale i vannet på 2 m var høyt i begge tjernene og størst i Søndre Puttjern (tabell 6 B), noe som samsvarer godt med de lave verdiene for oksygenmetning. Innholdet av sulfat var også her størst, mens verdiene for tot-P og tot-N var henholdsvis 6 og 320 µg/l i Søndre- og 5 og 410 µg/l i Nordre Puttjern. Tilsvarende målinger for å beskrive fysiske-kjemiske forhold på 8 m dyp ga en nær lik pH, og et høyt kalsiuminnhold som i Søndre Puttjern var hele 103 mg Ca/l, og nær det dobbelte av det som ble målt i Nordre Puttjern.

Fargeverdien var svært høy i bunnvannet i Nordre Puttjern (178 mg Pt/l) og nær 3 ganger så høy som i Søndre. Næringssaltene fosfor og nitrogen hadde verdier i Søndre- og Nordre Puttjern på henholdsvis 23 og 18 µg P/l og 9,4 og 4,7 mg N/l. Det høye innholdet av nitrogenforbindelser er karakteristisk for bunnvannet i Søndre Puttjern mens verdiene i Nordre Puttjern var til sammenligning svært lave på dette dypet både i mars og september. Konsentrasjonen av jern viser et motsatt bilde med til dels høye verdier på 8 m i Nordre Puttjern (9,46 mg Fe/l).

### 3.2 Søndre Puttjern – Utvikling 2004 – 2011

Sammenlignes resultatene fra 2011 med tilsvarende dyp og tidsperiode i 2004 viser dataene at det for de fleste parametere som ble undersøkt har vært en økning i konsentrasjonsnivå i denne perioden.

I øvre vannlag i mars er det en liten nedgang i pH og en reduksjon i sulfat fra 2004 til 2011 (tabell 6 A). Reduksjonen i pH i bunnvannet er fra 7,28 til 6,93, mens innholdet av jern og sulfat har hatt en betydelig økning fra 2004 til 2011 på henholdsvis 5,7 og 14 ganger.

Vannprøvene som ble tatt i september begge år viser mye det samme bildet. I overflatelaget har pH og Ca falt fra henholdsvis pH 7,59 og 14,1 mg Ca/l i 2004 til pH 6,36 og 3,22 mg Ca/l i 2011. For de aller fleste parametere har det her vært en økning der f. eks fargeverdien i denne perioden har økt med 134 %.

Utviklingen i bunnvannet viser den samme utviklingen som for overflatevannet for prøvene som ble tatt i mars. Det har vært en betydelig økning i bunnvannets innhold av sulfat, mens innholdet av jern har falt drastisk (se tabell 6 B).

### 3.3 Nordre Puttjern – Utvikling 2004 – 2011

Gjør vi tilsvarende sammenligninger i Nordre Puttjern med resultatene fra 2011 og tilsvarende dyp og prøveperiode i 2004 viser dataene at det for de fleste parametere har vært en økning i denne perioden.

Målinger fra øvre vannlag i mars 2004 og 2011 viser en økning i pH på 1,7 enheter til 7,44, en økning av fargeverdiene på 45 %, en økning i kalsiumkonsentrasjonen på nær 100%, mens sulfat har avtatt med 28 %.

Målinger av bunnvannet viser i samme periode en tilsvarende økning i pH og konduktivitet, en sterk reduksjon i sulfat, mens konsentrasjonen av jern har hatt en sterk økning (tabell 6 A)

For høstprøvene er det ikke mulig å gjøre tilsvarende sammenligninger i Nordre Puttjern da det i 2004 ikke ble hentet inn vannprøver i denne perioden.

Endringene som er beskrevet mellom de to tjernene og mellom de to årene 2004 og 2011 kan være knyttet til flere forhold, samtidig skal det legges til at dataene fra 2011 kun representerer to enkelte prøvetakinger fra henholdsvis vår og høst.

Inntrykket fra befaringene til Søndre- og Nordre Puttjern, sammen med resultatene fra analysene av vannprøvene som ble hentet inn, indikerer en situasjonen i disse to små skogstjernene nær det en ville ha forventet. De er på mange måter like noe som sammenfaller med at de er ensartede, har små nedbørfelt preget av myrområder og gammel furu- og granskog. Noen mindre forskjeller vil det være knyttet til forskjeller med hensyn til gjennomstrømming og oppholdstid, samt sol og vind påvirkning. Videre er de på ulik måte påvirket av den inn-pumpning av vann som pågår i tørre perioder for å opprettholde en nær naturlig grunnvannsstand og hvordan denne påvirker oppholdstid og vannkvalitet. Klimatiske forskjeller årene i mellom har betydning og videre hvordan behovet for inn pumping av vann har variert årene i mellom. En annen viktig faktor som her også har betydning for vannkvaliteten er knyttet til den kalking som pågår i dette området. Forskjeller i kalkmengder vil påvirke både pH og vannkjemien i de to Puttjernene. Dette tatt i betraktning og dagens miljøtilstand gjør det vanskelig å se behov for å sette inn ytterlige tiltak for å endre dagens tilstand.

## 4. Litteratur

Andersen, J.R., Bratli, J.L., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L., Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B.O. & Aanes, K.J. 1997: Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. - SFT, Veiledning 97:04/TA-1468/1997.

Brettum, P og J. E. Løvik. 2005. Sluttrapport for vannkvalitetsovervåking i Puttjernene, Østmarka. Resultatene for 2004 og sammenstilling av resultatene for perioden 1998-2004. NIVA rapport 4955-2005. 54 s.



## Vedlegg A. Analyseresultater

**Tabell 1. Oksygenmålinger. Søndre Puttjern 30. mars 2011**

Oksygen: Søndre Puttjern 30. mars 2011			
Dyp (m)	Tv ° C	O <sub>2</sub> mg/l	% metn
1	0,9	12,94	89,5
2	2,5	6,20	45,8
3	3,6	4,82	36,2
4	4,2	3,30	24,9
5	4,4	1,63	8,0
6	4,7	0,44	3,2
7	4,9	0,40	2,9
8	5,0	0,40	2,9
9	5,1	0,44	3,4
10	5,1	0,44	3,4
Maks dyp = ~ 10 m			

Istykkelse = 0,70 m

Vannprøver: Kjemi fra 2 m og 8 m (se tabell 6 A og B)

**Tabell 2. Oksygenmålinger. Nordre Puttjern 30. mars 2011**

Oksygen: Nordre Puttjern 30. mars 2011			
Dyp (m)	Tv ° C	O <sub>2</sub> mg/l	% metn
1	0,4	2,5	15,8
2	1,6	0,84	5,9
3	3,1	0,39	2,7
4	3,9	0,35	2,5
5	4,2	0,36	2,7
6	4,5	0,35	2,6
7	4,7	0,39	2,9
8	4,9	0,44	3,2
9	5,0	0,42	3,2
10	5,0	0,38	2,9
Maks dyp = ~ 10 m			

Istykkelse = 0,67 m

Vannprøver : Kjemi fra 2 m og 8 m: Tydelig lukt av H<sub>2</sub>S (se tabell 6 A og B)

**Tabell 3. Oksygenmålinger. Søndre Puttjern 23. sept. 2011**

<b>Oksygen: Søndre Puttjern 23. sept. 2011</b>			
Dyp (m)	Tv ° C	O <sub>2</sub> mg/l	% metn
Overfl (0,2)	10,6	6,46	59,5
1	9,9	6,45	58,5
2	9,7	6,71	60,4
3	9,5	4,98	45,7
4	7,3	0,58	5,1
5	6,1	0,53	4,3
6	5,3	0,53	4,3
7	5,1	0,49	4,1
8	4,9	0,54	4,3
9	4,9	0,56	4,2
10			
Maks dyp = ~ 10 m			

Vannprøver : Kjemi fra 2 m og 8 m: Tydelig lukt av H<sub>2</sub>S (se tabell 6 A og B)

**Tabell 4. Oksygenmålinger. Nordre Puttjern 23. sept. 2011**

<b>Oksygen: NordrePuttjern 23. sept. 2011</b>			
Dyp (m)	Tv ° C	O <sub>2</sub> mg/l	% metn
Overfl (0,2 m)	9,9	9,15	82,5
1	9,2	9,23	82,6
2	9,1	9,27	82,3
3	9,1	9,17	81,3
4	8,5	1,97	17,3
5	6,9	0,57	5,0
6	5,8	0,54	4,4
7	5,3	0,56	4,4
8	5,1	0,59	4,7
9	5,0	0,62	4,9
10	4,9	0,54	4,3
Maks dyp = ~ 11 m			

Vannprøver : Kjemi fra 2 m og 8 m: Tydelig lukt av H<sub>2</sub>S (se tabell 6 A og B)

**Tabell 5.** *Oksygenkonsentrasjoner i Søndre- og Nordre Puttjern. Resultater fra målinger i mars og september i 2004.*

Dyp i m	Søndre P. 23. mars 2004		Søndre P. 21. sept. 2004		Nordre P. 23. mars 2004	
	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l	Temp. °C	Oks.mg/l
0	0,5	11,5	10,9	9,8	0,5	10,5
1	1,1	11,4	10,9	9,4	0,6	11,4
2	3,2	8,5	10,8	9,2	2,1	1,6
3	3,9	6,9	10,7	9,1	3,4	1,2
4	4,4	3,5	10,6	8,2	4	0,8
5	4,5	1,8	9,7	1,4	4,4	0,8
6	4,7	1,4	7,3	0,6	4,7	0,7
7	4,9	0,9	6,2	0,6	4,8	0,6
8	5	0,7	5,5	0,5		
9	5	0,7	5,2	0,5		

**Tabell 6 A. Fysisk-kjemiske målinger i Søndre - og Nordre Puttjern den 30. 03. 2011, samt data fra tilsvarende målinger i 2004.**

A	Analysevariabel		pH	KOND	TURB-860	FARG	Tot-P/L	Tot-N/L	TOC	Cl	SO4	Ca/ICP	Fe/ICP	K/ICP	Mg/ICP	Mn/ICP	Na/ICP
	Enhet	Metode															
Dato	Merking																
30.03.2011	Søndre Puttjern	2 m	6,93	5,63	0,50	56,5	5	360	8,0	2,41	2,71	8,86	0,158	0,21	0,56	0,074	1,97
23.03.2004	Søndre Puttjern	0-6 m	7,0	4,63	0,63	36,8	4	330	6,1	1,93	3,18	6,99	0,141	0,28	0,61	0,071	1,80
30.03.2011	Søndre Puttjern	8 m	6,93	57,8	27,0	64,6	2	8420	9,3	2,96	5,47	111	0,206	1,2	7,4	0,551	2,8
23.03.2004	Søndre Puttjern	8 m	7,28	17,30							0,96		3,010				
30.03.2011	Nordre Puttjern	2 m	7,44	4,85	0,58	56,5	7	400	7,8	2,34	3,45	12,4	0,205	0,3	0,8	0,057	1,9
23.03.2004	Nordre Puttjern	0-2 m	5,76	3,17	0,65	39,1	5	370	6,5	2,16	4,77	6,50	0,129	0,28	0,52	0,029	1,79
30.03.2011	Nordre Puttjern	8 m	6,60	31,2	14,6	84,0	17	4370	10,0	2,90	0,10	61,5	9,67	0,6	1,9	0,879	2,2
23.03.2004	Nordre Puttjern	7 m	6,18	4,06							3,86		0,399				

**Tabell 6 B.** Fysisk-kjemiske målinger i Søndre - og Nordre Puttjern den 09. 09. 2011 samt data fra tilsvarende målinger i 2004.

<b>B</b>	Analysevariabel	pH	KOND	TURB-860	FARG	Tot-P/L	Tot-N/L	TOC	Cl	SO4	Ca/ICP	Fe/ICP	K/ICP	Mg/ICP	Mn/ICP	Na/ICP
Dato	Merkning	Metode	mS/m	FNU	mg Pt/l	µg P/l	µg N/l	mg C/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
23.09.2011	Søndre Puttjern 2 m	6,36	2,85	0,68	92,5	6	320	10,7	1,80	3,31	3,22	0,155	<0,2	0,411	0,014	1,68
21.09.2004	Søndre Puttjern 2 m	7,59	7,76	0,56	39,5	5	310	6,9	2,27	3,12	14,1	0,127	0,23	0,80	0,105	1,67
23.09.2011	Søndre Puttjern 8 m	7,62	58,4	3,34	67,3	23	9420	9,4	3,06	14,9	103	0,211	1,3	7,05	0,542	2,77
21.09.2004	Søndre Puttjern 8 m	7,53	23,0					0,33				4,750				
23.09.2011	Nordre Puttjern 2 m	6,74	3,09	1,62	80,5	5	410	10,4	1,94	2,95	3,48	0,234	<0,2	0,385	0,040	1,80
21.09.2004	Nordre Puttjern 2 m	Ingen analyser														
23.09.2011	Nordre Puttjern 8 m	7,60	31,3	20,3	178	18	4680	10,0	2,97	0,09	55,9	9,46	0,5	1,78	0,921	2,25
21.09.2004	Nordre Puttjern 2 m	Ingen analyser														

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](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)