

# Overvåking av Gjersjøen og Kolbotnvannet med tilløpsbekker 1972-2013

- med vekt på viktige resultater fra 2013



**Tittel:**

Overvåking av Gjersjøen og Kolbotnvannet med tilløpsbekker 1972-2013 med vekt på viktige resultater fra 2013

Rapport lnr. 6660-2014  
ISBN-978-82-577-6395-4

Oppdraget er utført av Norsk institutt for vannforskning, NIVA

**Prosjektleder:**

Sigrid Haande

**Forfattere:**

Sigrid Haande  
Odd Arne Segtnan Skogan

**Medarbeidere:**

Ingar Becsan  
Kate Hawley  
Veronika Ostermaier  
Aina Charlotte Wennberg  
Åse Bakketun  
Pål Brettum  
Ida Egge Johnsen, Oppegård Kommune  
Vidar Jakobsen, Oppegård Kommune

**Kvalitetssikring:**

Nikolai Friberg

**Fagområde:**

Eutrofi Ferskvann

**Oppdragsgiver:**

Oppegård kommune, Vann, avløp og renovasjon, virksomhet VAR

**Foto:**

Tone Jøran Oredalen  
Camilla B. Halstvedt  
Sigrid Haande

**Layout og trykk:**

CopyCat AS

Utgitt juni 2014

## Forord

Denne rapporten presenterer en kortfattet oversikt over miljøtilstanden i Gjersjøen og Kolbotnvannet med tilløpsbekker, for perioden 1972 til og med 2013. Undersøkelsene er utført på oppdrag fra Oppegård kommune.

Det finnes systematiserte data fra Gjersjøen og Kolbotnvannet helt tilbake til 1972. Observasjoner i sjøene er gjort så langt tilbake som i 1953. Regelmessig overvåking av vannkvaliteten gjennom lang tid gir et godt grunnlag for å se utviklingen av innsjøenes status gjennom hele perioden. Overvåkingen omfatter fysiske, kjemiske og biologiske forhold i innsjøene, samt kjemiske forhold, transport av næringsstoffer og bakteriologiske forhold i tilløpsbekkene.

Undersøkelsene av innsjøene og de viktigste tilførselsbekkene genererer mye data. I samråd med oppdragsgiveren Oppegård kommune har vi de siste årene valgt en todeling av rapporteringen av overvåkingen:

- En forenklet og kortfattet rapport (denne) som omtaler de viktigste resultatene, trendene og konklusjonene fra undersøkelsene i vassdraget på en pedagogisk måte.
- Datarapport med beskrivelser av metoder og presentasjon av rådata, tabeller og figurer med noe utfyllende tekst.

Vannkvaliteten i Gjersjøen og Kolbotnvannet med tilløpsbekker er vurdert og tilstandsklassifisert iht. kriteriene som gis i vannforskriften (vanndirektivet). Tilstandsklassifisering av termotolerante koliforme bakterier/*E. coli* er ikke inkludert i klassifiseringsveilederen iht. vannforskriften, og vurderingen av bakterieinnhold er derfor gjort iht. SFTs klassifiseringssystem.

Oslo, 25. juni 2014

Sigrid Haande  
Prosjektleder

Nikolai Friberg  
Forskningsleder

## Innhold

### 3 Sammendrag og konklusjoner

- 3 Gjersjøen
- 3 Kolbotnvannet

### 4 Innledning og historikk

### 5 Gjersjøbekkene

- 5 Tilførsler til Gjersjøen
- 6 Miljøtilstand i bekkene

### 7 Utvikling og tilstand i Gjersjøen

- 7 Fysiske og kjemiske forhold
- 8 Biologiske forhold
- 9 Miljøtilstand i Gjersjøen

### 10 Kolbotnbekkene

- 10 Tilførsler til Kolbotnvannet
- 11 Miljøtilstand i bekkene

### 12 Utvikling og tilstand i Kolbotnvannet

- 12 Fysiske og kjemiske forhold
- 14 Biologiske forhold
- 15 Miljøtilstand i Kolbotnvannet

# Sammendrag og konklusjoner

Vannkvaliteten i Gjersjøen og Kolbotnvannet med tilløpsbekker er vurdert og tilstandsklassifisert iht. kriteriene som gis i vannforskriften (vanndirektivet). Dette systemet baserer seg på biologiske kvalitetselementer, med fysiske og kjemiske støtteparametere (totalfosfor, totalnitrogen, siktedyp). Dette systemet har følgende inndeling i tilstandsklasser: *Svært god, god, moderat, dårlig og svært dårlig* (Tabell 1 a). Miljømålet som gjelder i vannforskriften er grensen mellom god og moderat status. Tilstandsklassifisering av termotolerante koliforme bakterier/*E. coli* er ikke inkludert i klassifiseringsveilederen iht. vannforskriften, og vurderingen av bakterieinnhold er derfor gjort iht. SFTs klassifiseringssystem. Dette systemet har en inndeling i vannkvalitetsklasser fra Klasse I-V: *meget god, god, mindre god, dårlig og meget dårlig* (Tabell 1 b).

Konsentrasjonen av fosfor, nitrogen og tarmbakterier er viktige mål på miljøtilstand i ferskvann. I ferskvann er fosfor det viktigste begrensende næringsstoffet for planteplankton, mens høyt innhold av tarmbakterier forringer vannforekomstens egnethet for både drikkevann og bading. Næringsstoffet nitrogen har først og fremst betydning når vannet fra vassdraget renner ut i Indre Oslofjord, hvor høye konsentrasjoner av nitrogen kan bidra til økt algevekst.

**Tabell 1.** Fargeforklaring for a) Klassifiseringssystemet iht. vannforskriften (Direktoratsgruppa Vanddirektivet 2009), og b) SFTs tilstandsklasser for vannkvalitet (SFT 1997).

a)	Tilstandsklasse	Miljømål	b)	Tilstandsklasse
	Svært god	God økologisk status	I Meget god	
	God			
	Moderat			
	Dårlig	Dårlig økologisk status	II God	
	Svært dårlig	Tiltak må gjennomføres	III mindre god	
			IV Dårlig	
			V Meget dårlig	

## Gjersjøens tilløpsbekker

Tilførselsbekkene til Gjersjøen viser fortsatt svært høye konsentrasjoner av fosfor, nitrogen og tarmbakterier, og det registreres ingen vesentlig bedring i tilstanden i bekkene siden ca. 1990. Det er derfor fortsatt betydelig behov for å redusere forurensningen av disse bekkene. Gjersjøelva har et høyt innhold av nitrogen hvilket er ugunstig for Indre Oslofjord der nitrogen stimulerer til økt vekst av planteplankton. Innholdet av fosfor er relativt lavt og har endret seg lite de siste årene. Det går lite tarmbakterier ut fra Gjersjøen med Gjersjøelva på grunn av fortykning og selvrensingsprosesser i innsjøen.

## Gjersjøen

Totalfosfor påvirker mengden planteplankton i innsjøen, mens klorofyll-*a* er et mål på konsentrasjonen av planteplankton. Disse parametrene har bedret seg fra 1983. Konsentrasjonen av totalfosfor var noe høyere i 2013 sammenlignet med de senere årene. Basert på totalfosfor kan innsjøen klassifiseres i tilstandsklasse moderat (Tabell 2). Mengden av klorofyll-*a* gir tilstandsklasse svært god. Sikten i Gjersjøen har bedret seg siden slutten av 1980-tallet og gir tilstandsklasse god i 2013. Nitrogeninnholdet har vært og er fremdeles veldig høyt, og selv om det har vært en viss nedgang fra det høyeste målte nivået i 1995 (1800 µg/L), så er fortsatt Gjersjøen i tilstandsklasse svært dårlig i forhold til denne parameteren. Nitrogen vurderes som en mindre vesentlig miljøparameter for vannkvaliteten i Gjersjøen enn de tre over nevnte parametrene

**Tabell 2.** Tilstandsklasser for Gjersjøen 2013. (Oppgitte verdier er middelerverdier for sesongen).

År	2013
Total fosfor (µg/l)	18
Klorofyll (µg/l)	3,3
Sikt (m)	3,1
Total nitrogen (µg/l)	1633

## Kolbotnvannets tilløpsbekker

Ser en på utviklingen fra 1994 og frem til 2013, har tilstanden til Kolbotnbekkerne (Augestad-, Skredderstu- og Midtoddveibekken) med få unntak vært klassifisert som dårlig til svært dårlig for alle de tre miljøparametrene totalfosfor, totalnitrogen og tarmbakterier. Det er store år til år variasjoner, og i 2013 var det litt dårligere forhold i Augestadbekken, Skredderstubekken og Midtoddveibekken. Det forekommer punktutslipp av kloakk, noe som ble observert i Skredderstubekken i desember. I Myrvollbekken og Nordengabekken er forholdene bedre sammenlignet med de tre andre tilførselsbekkene, men også her er det år til år variasjoner. Det er fortsatt et betydelig behov for å redusere forurensningen i alle bekkene som renner inn i Kolbotnvannet.

## Kolbotnvannet

Siden begynnelsen av 1990-tallet har det skjedd en bedring i vannkvaliteten i Kolbotnvannet, men i årene 2005-2007 var det igjen høyere konsentrasjoner av totalfosfor og klorofyll-*a* og perioder med kraftig oppblomstring av toksinproduserende cyanobakterier. I juni 2007 ble det installert en Limnox-lufter i Kolbotnvannet for å motvirke frigjøring av fosfat fra sedimentet. Limnoxen hadde en positiv effekt på oksygenkonsentrasjonen i vannet. I 2007-2010 ble det observert en betydelig tilbakegang i totalfosfor i bunnvannet i Kolbotnvannet og resultatene indikerer at luftningen av bunnvannet reduserte interngjødslingen med ca. 50-80 %. Bruken av Limnox-lufteren i Kolbotnvannet har utvilsomt hatt en positiv effekt på fosfor-innholdet i innsjøen. Limnoxen har pga. tekniske problemer ikke fungert optimalt fra november 2010. Den ble tatt på land for vedlikehold i mai 2011, og ble satt i drift igjen i oktober 2011. Limnoxen har vært i normal drift siden 2012, men med enkelte driftsproblemer (hovedsakelig forankringsproblematikk) som har medført at den i perioder ikke har fungert optimalt. Det ble gjennomført vedlikehold på Limnoxen på forsommeren i 2013, og etter dette var den i normal drift. Det var imidlertid behov for noen justeringer i løpet av sommeren for å få Limnoxen til å ligge i vater.

I 2013 var det igjen kraftig oppblomstring av cyanobakterier i slekten *Planktothrix*, og det ble påvist høye konsentrasjoner av algetoksin av typen microcystiner. Oppegård Kommune valgte å gi en anbefaling om ikke å bade i Kolbotnvannet i 2013. Basert på totalfosfor, klorofyll-*a* og siktedyp ble Kolbotnvannet i 2013 klassifisert i tilstandsklasse dårlig (Tabell 3). Innholdet av totalnitrogen i Kolbotnvannet gir tilstandsklasse moderat.

**Tabell 3.** Tilstandsklasser for Kolbotnvannet i 2013. (Oppgitte verdier er middelerverdier for sesongen).

År	2013
Total fosfor (µg/l)	35,7
Klorofyll (µg/l)	27,3
Sikt (m)	1,8
Total nitrogen (µg/l)	700

## Innledning og historikk

NIVA har siden 1960-tallet overvåket vannkvaliteten både i Gjersjøen og Kolbotnvannet med tilløpsbekker. De lange tidsseriene har gjort det mulig å følge utviklingen i vannforekomstene, foreslå tiltak og fange opp effektene av disse tiltakene.

Størstedelen av nedbørfeltet til Kolbotnvannet og Gjersjøen ligger i Oppegård kommune, mens mindre deler ligger innenfor kommunene Ski og Ås, samt en liten del innenfor Oslo. Gjersjøen er drikkevannskilde for kommunene Oppegård og Ås.

Store tilførsler av fosfor fra urensset husholdningskloakk i 1950-årene førte til massiv oppblomstring av blågrønnalger, til dels av giftproduserende stammer, i Gjersjøen. Nordre Follo Renseanlegg, som ble satt i drift i 1971, fjernet mye fosfor og organisk stoff som ble tilført med kloakkvannet. Overføring av utløpet fra renseanlegget direkte til Bunnefjorden har også bidratt til kraftig redusert fosforkonsentrasjon i Gjersjøen, samt reduserte algemengder.

Boligutbyggingen etter krigen og installering av vannklosetter forårsaket betydelig økning i tilførslene av næringssalter til Kolbotnvannet. Etter hvert ble det bygget ledningsnett for oppsamling av avløpsvannet til renseanlegg, men da dette var mangelfullt, fant mye av avløpsvannet fortsatt veien til grøfter og bekker før det rant ut i innsjøen. Feilkoblinger, lekkasjer og overløp fra kommunale kloakknett er vanlig årsak til forurenning fra tettbygd strøk.

De siste årene har det vært et sterkt fokus på Kolbotnvannet, både fra kommunen, kommunens innbyggere og medias side. Årsaken til fokuset har vært vedvarende dårlig vannkvalitet og oppblomstring av giftproduserende cyanobakterier. Problemene har gjort vannet uegnet til bading, og redusert rekrea-

sjons- og bruksverdien for folk i nærområdet. I perioden 2005-2007 var Kolbotnvannet til tider stengt for bading om sommeren. Tiltak for å redusere tilførslene og derved bedre vannkvaliteten i Kolbotnvannet var prioriterte områder i Oppegård kommunens "Tiltaksplan for VA 2006 - 2009". Innenfor denne rammen har NIVA gjort en vurdering av hvilke tiltak som forventes å ha best effekt for vannkvaliteten i Kolbotnvannet ("Tiltaksvurdering i Kolbotnvannet" – NIVA rapport 5147). Det ble i denne tiltaksvurderingen beskrevet to eksterne og to interne tiltak, hvorav tiltak 3) tilsetning av oksygen til bunnvannet ble iverksatt i juni 2007. Med få unntak har en Limnox-lufter vært kontinuerlig i drift siden sommeren 2007, men pga. tekniske problemer fungerte den ikke optimalt fra november 2010. Limnoxen ble tatt i land for vedlikehold i mai 2011, og ble satt i drift igjen i oktober 2011. Limnoxen har vært i normal drift siden 2012, men med enkelte driftsproblemer (hovedsakelig forankringsproblematikk) som har medført at den i perioder ikke har fungert optimalt. Det ble gjennomført vedlikehold på Limnoxen på forsommeren i 2013, og etter dette var den i normal drift. Det var imidlertid behov for noen justeringer i løpet av sommeren for å få Limnoxen til å ligge i vater.

Prøvetaking i innsjøene ble foretatt på de tidligere etablerte stasjonene ved maksimalt innsjødyb, hhv. på 55 meters dyp i Gjersjøen og 18 meter i Kolbotnvannet. I hver av innsjøene ble det gjennomført i alt 6 prøvetakingstokt, fra mai til oktober. Det ble i tillegg gjennomført en prøvetakingsrunde i Kolbotnvannet i mars for å sjekke oksygenforholdene under isen, samt å ta prøver av totalfosfor i overflaten og i bunnvannet.

Tilløpsbekker både til Gjersjøen (5 bekker + utløpsbekken Gjersjøelva) og Kolbotnvannet (5 bekker) ble prøvetatt for analyser av kjemiske parametere og tarmbakterieinnhold en gang pr. måned, fra januar til desember. Det ble ikke tatt prøver i Myrvollbekken og Nordengabekken (tilløpsbekker til Kolbotnvannet) i perioden fra mars til juni 2013.

Formålet med undersøkelsene i Kolbotnvannet og Gjersjøen med respektive tilløpsbekker har vært - og er fortsatt - å:

- Overvåke vannkvaliteten som utgangspunkt for tiltak for å bedre råvannskvaliteten til Oppegård vannverk.
- Overvåke den økologiske tilstanden i vannforekomstene.

---

## Vannforskriften

I forbindelse med implementeringen av EUs Vanddirektiv i norsk lovverk (vannforskriften) er det utarbeidet nye kriterier for å klassifisere miljøtilstand i elver og innsjøer. Hovedvekten i klassifiseringssystemet er lagt på biologiske parametre, og vannkjemiske parametre, samt siktedyp tjener som støtte for vurdering basert på biologiske kriterier.

Klassifiseringssystemet er inndelt i tilstandsklassene svært god, god, moderat, dårlig og svært dårlig, og det er oppgitt en naturtilstand for hver parameter. Miljømålet er definert som grensen mellom moderat og god økologisk tilstand, og i vannforekomster som er i tilstandsklasser moderat eller dårligere skal det iverksettes tiltak for å bringe vannkvaliteten til klasse god eller bedre. Et klassifiseringssystem er utarbeidet og beskrevet i Veileder 01:2009 (Direktoratsgruppa 2009), og en revidert utgave av klassifiseringssystemet er nå publisert i Veileder 02:2013 (Direktoratsgruppa 2013). De reviderte klassegrensene og miljømålene er brukt i denne rapporten.

Det er utarbeidet en inndeling i ulike vanntyper basert på parametrene kalsium og humusinnhold, samt størrelse og høyderegion (høyde over havet). Grunnen til denne vanntypeinndelingen er at ulike vanntyper har ulik naturtilstand, og at dagens tilstand uttrykkes som avvik fra denne. For hver innsjøtype er det utarbeidet en forventet referanseverdi for

den aktuelle parameteren, og tilstandsklassene er basert på avvik fra referanseverdi. Sammenlignet med SFT's klassifiseringssystem, hvor det ikke ble modifisert avhengig av vanntype, vil klassifiseringssystemet iht. vannforskriften ha strengere, eller mindre strenge grenser mellom de tilsvarende tilstandsklassene avhengig av vanntypen.

For innsjøene i Oppegård kommune har vanntypene blitt angitt ved å vurdere tilgjengelige måledata for kalsium og farge (humusinnhold). Vannområde PURA har i sin årsrapport for 2008-2010 også vurdert vanntype for flere av tilløpsbekkene til Gjersjøen og Kolbotnvannet, og vi har i denne rapporten valgt å bruke de samme vanntypene for bekkene.

Gjersjøen og Kolbotnvannet tilhører innsjøtype L-N1, kalkrik og klar.

Augustadbekken, Skredderstubekken, Midtoddbecken, Myrvollbekken, Nordengabekken, Kantorbekken, Fåleslora, Greverudbekken og Gjersjøelva tilhører elvetype 7, kalkrik og klar.

Tussebekken og Dalsbekken og tilhører elvetype 8, kalkrik og humøs.

For de aktuelle innsjøene og bekkene er klassegrensene iht. vannforskriften noe mindre strenge enn i det tidligere brukte SFT's klassifiseringssystem.

---

## Gjersjøbekkene

### Tilførsler til Gjersjøen

Variasjoner i tilførselen av næringsstoffer fra år til år henger sammen med nedbør, forskjeller i snøsmelting, utspyling fra ledningsnett og utvasking fra landbruksområder. Langtidsendringer skjules derfor noe av de store år-til-år variasjonene. Mengden tilførsler i den enkelte bekken avhenger både av næringsstoffinnholdet og mengden vann som transporteres i bekken.

Tilførslene av både fosfor og nitrogen var til tider svært høye på 1980-tallet og deretter var det en klar reduksjon i årene fram mot slutten av 1990-tallet (**Fig. 1**). De siste tiårene har det vært mindre variasjoner i tilførslene av næringsstoffer, med unntak av en sterk økning i tilførsel av både fosfor og nitrogen til Gjersjøen i 2008. Vinteren 2008 var uvanlig mild og det kom mye nedbør i form av regn i januar-mars. I de følgende årene var det en nedgang i tilførslene av fosfor og nitrogen til Gjersjøen. I 2012 var det også noe høyere tilførsler av både fosfor og nitrogen til innsjøen, og det var særlig i Tussebekken at tilførslene var betydelig høyere i 2012 sammenlignet med tidligere. Dette hadde med stor sannsynlighet en sammenheng med stor utbyggingsaktivitet og omfattende sprengningsarbeid i nedbørfeltet til Tussetjern og Tussebekken (se PURAs overvåkingsrapport for 2012 for detaljerte beskrivelser av situasjonen). Disse aktivitetene er nå avsluttet og resultatene fra overvåkingen i 2013 viser at tilførslene av fosfor og nitrogen fra Tussebekken er betydelig redusert. I 2013 var de totale fosfor og nitrogen tilførslene lavere enn i 2012.

Fosfor tilføres bekkene fra kommunalt avløpsvann og fra landbruksarealer. Beregningene for 2013 viser at tilførslene av totalfosfor til Gjersjøen var lavere i alle bekkene sammenlignet med 2012. Den største reduksjonen i tilførsel av totalfosfor var i Tussebekken. Det var bekkene med størst vannføring, Dalsbekken og Tussebekken, som fraktet mest fosfor til Gjersjøen i 2013, mens Greverudbekken bidro minst.

Ved å sammenligne vannføring og tilførsel av fosfor i bekkene, er det mulig å antyde om tilførselene skyldtes punktutslipp og overløp fra ledningsnett eller erosjon fra landbruks-arealene. Høye konsentrasjoner ved lav vannføring tyder på punktutslipp, mens høye konsentrasjoner ved høy vannføring tyder på at erosjon og overløp er de viktigste kildene. Dataene fra 2013 tyder i hovedsak på det siste alternativet. Den største tilførselen av fosfor fra bekkene til Gjersjøen i 2013 skjedde i perioder med mye nedbør og høy vannføring, som i april til juni og i desember. Over 30 prosent av tilførslene av totalfosfor kom i desember da det var svært mye nedbør som kom som regn.

Nitrogen i bekkene stammer fra nedbør, landbruks- og skogarealer, tette flater (hovedsakelig i tettbygde strøk) og kommunalt avløpsvann. Det var en reduksjon i total-nitrogen tilførslene i 2013 sammenlignet med 2012 (**Fig. 1**). Det var en reduksjon i tilførslene av totalnitrogen fra alle bekkene, og den største reduksjonen var i Tussebekken. De største bidragene av totalnitrogen i 2013 kom fra bekkene med størst vannføring, Tussebekken og Dalsbekken, mens Kantorbekken hadde den laveste tilførselen.

I 2013 ble det målt høye verdier av tarmbakterier i flere av tilførselsbekkene til Gjersjøen. Ved å beregne 90-percentiler vil ekstremepisoder fjernes, og **Figur 2** viser innholdet av tarmbakterier til tilførselsbekkene til Gjersjøen samt i Gjersjøelva. De siste årene har innholdet av tarmbakterier vært spesielt høyt i Kantorbekken og Greverudbekken, og dette var tilfelle også i 2013. I Gjersjøelva, utløpselva fra Gjersjøen, var innholdet av tarmbakterier likt foregående år.

Resultatene tyder på at det finnes betydelige, lokale utslippskilder i nedbørfeltet, lekkasjer/overløp på det eksisterende ledningsnett eller en kombinasjon av disse faktorene.

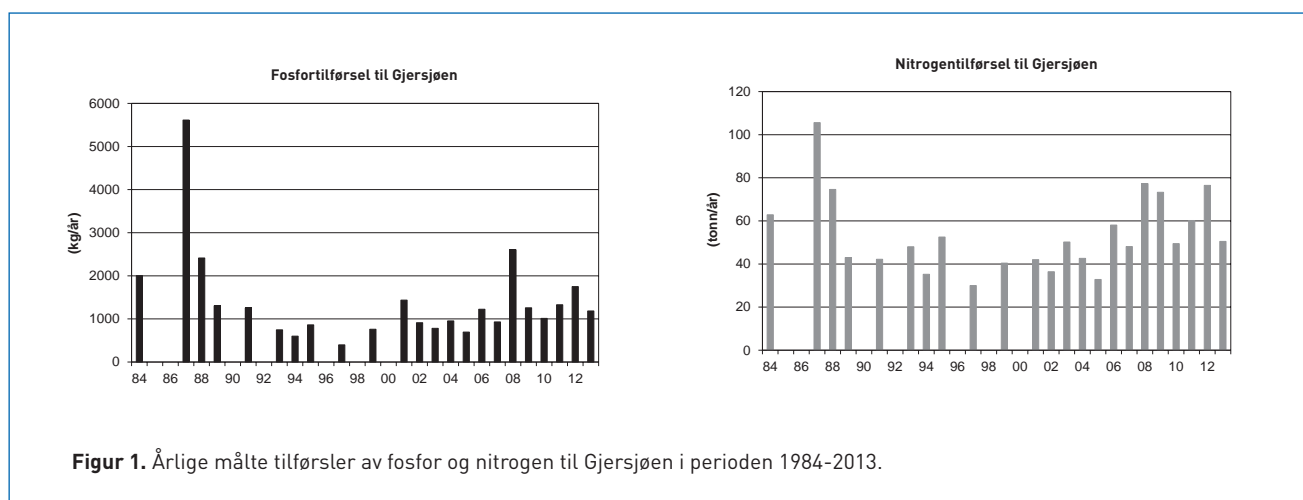
Det er i våre tidligere anbefalinger påpekt at en utbedring av ledningsnett vil være det viktigste tiltaket for å bedre vannkvaliteten. Vi foreslår derfor en mer detaljert kartlegging i vassdraget for å lokalisere de viktigste kildene.

## Miljøtilstand i bekkene

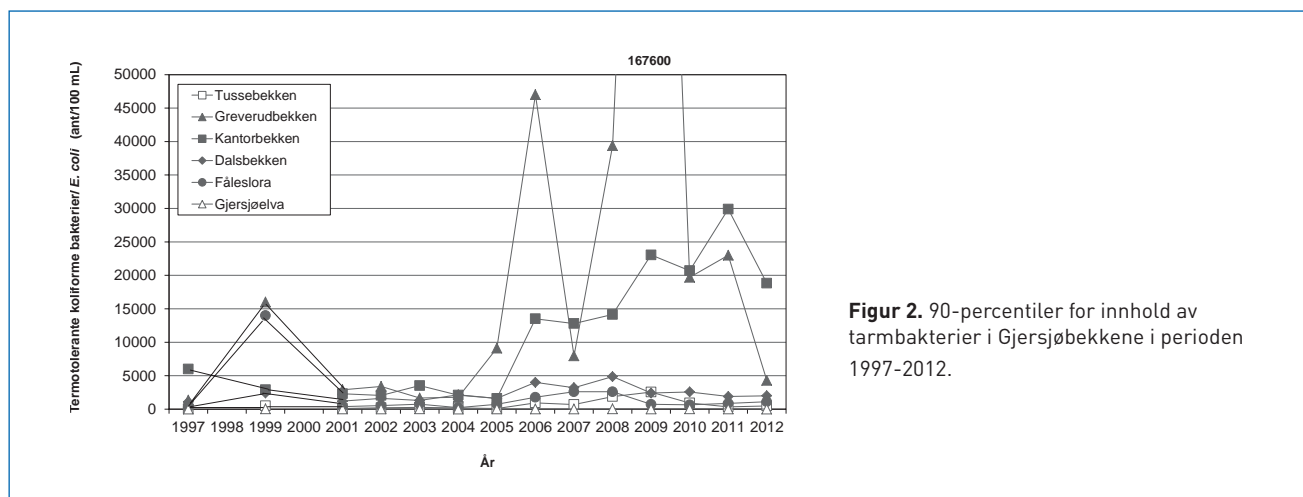
En samlet vurdering av tilførselsbekkene til Gjersjøen viser høye konsentrasjoner av fosfor, nitrogen og tarmbakterier og at det fortsatt er behov for å redusere forurensningen av disse bekkene. Det registreres ingen vesentlig forbedring i tilstanden i bekkene siden ca. 1990. Selv med usikkerheten knyttet til vannførings- og stofftransportberegninger, er hovedlinjene her klare.

90-percentilen innebærer at 90 % av de målte verdiene gjennom sesongen ligger under denne verdien – eller at vi ser bort fra de 10 % høyeste verdiene. Der verdiene overstiger 1000 bakterier/100 mL blir vannkvaliteten karakterisert som “Meget dårlig” (tilstandsklasse V) i SFTs klassifiseringssystem.

Tilstandsklassifiseringen av Gjersjøen og Kolbotnvannet med tilløpsbekker er gjort iht. kriteriene som gis i vannforskriften (vanndirektivet), med unntak av tilstandsklassifiseringen av termotolerante koliforme bakterier/*E. coli* er gjort iht. SFTs klassifiseringssystem. Informasjon om vann typer er gitt i faktaboksen om vannforskriften, samt i **Tabell 1**. Konsentrasjonen av fosfor, nitrogen og tarmbakterier er viktige mål på miljøtilstand i ferskvann. Både fosfor og nitrogen er viktige næringsstoffer for vekst av store konsentrasjoner av planteplankton, mens høyt innhold av tarmbakterier er uønsket da dette forringer vannforekomstens egnethet for både drikkevann og bading. I beskrivelsen av tilstanden i bekkene har vi lagt vekt på fosfor og tarmbakterier, da disse har størst betydning for vannkvaliteten.



**Figur 1.** Årlige målte tilførsler av fosfor og nitrogen til Gjersjøen i perioden 1984-2013.



**Figur 2.** 90-percentiler for innhold av tarmbakterier i Gjersjøbekkene i perioden 1997-2012.

I forbindelse med overvåking for vannområde PURA har det blitt tatt prøver av begroingsalger i disse tilførselsbekkene til Gjersjøen og til Gjersjøelva. Det henvises til PURAs overvåkningsrapport for 2013 for mer informasjon om tilstandsklassifisering basert på begroingsalger.

I **Tussebekken** var det en bedring i innholdet av totalfosfor og totalnitrogen sammenlignet med året før. I 2012 var det stor utbyggingsaktivitet og omfattende sprengningsarbeid i nedbørfeltet, men denne aktiviteten er nå avsluttet. Innholdet av totalfosfor gir tilstandsklasse god, mens innholdet av totalnitrogen og tarmbakterier gir tilstandsklasse dårlig.

I **Greverudbekken** var det omtrent samme forhold i 2013 som i 2012, men bedre enn i perioden fra 2008-2009. Innholdet av totalfosfor gir tilstandsklasse moderat mens innholdet av totalnitrogen og tarmbakterier gir tilstandsklasse svært dårlig.

**Kantorbekken** klassifiseres som svært dårlig utfra innholdet av tarmbakterier. Innholdet av totalfosfor og totalnitrogen gir tilstandsklasse dårlig.

**Dalsbekken** klassifiseres som svært dårlig utfra innholdet av tarmbakterier og totalnitrogen. Innholdet av totalfosfor gir tilstandsklasse dårlig, og det var en økning av fosforinnhold sammenlignet med tidligere år.

**Fåleslora** klassifiseres som moderat utfra innholdet av totalfosfor. Det har vært en reduksjon i innholdet av totalnitrogen sammenlignet med tidligere år, og innholdet av totalnitrogen gir tilstandsklasse dårlig. Innholdet av tarmbakterier gir tilstandsklasse svært dårlig.

**Gjersjøelva** har et høyt innhold av nitrogen (svært dårlig), hvilket er ugunstig for Indre Oslofjord der nitrogen ofte stimulerer til økt vekst av planteplankton. Innholdet av to-

talfosfor er omtrent på sammen nivå som totalfosforkonsentrasjonen Gjersjøen (tilstandsklasse svært god i Gjersjøelva). Det transporteres lite tarmbakterier ut fra Gjersjøen med Gjersjøelva på grunn av fortykning og selvrengningsprosesser i innsjøen.

## Utvikling og tilstand i Gjersjøen

### Fysiske og kjemiske forhold

Oppegård Vannverk har inntaksdyp på 36 m i Gjersjøen og oksygenmetningen her er av betydning for kvaliteten på råvannet. Metningen på 30 m dyp har økt jevnt fra ca 20 % i 1972 til 60 % i 1990 og har ligget over 60 % de siste 25 årene. Lave verdier på 1960- og 70-tallet førte til ugunstig høye konsentrasjoner av mangan og jern på dypt vann. Økte oksygenkonsentrasjoner er derfor også en klar indikasjon på at vannkvaliteten i Gjersjøen er blitt betydelig bedre i løpet av 1980- og 1990-årene.

Vannmassenes innhold av næringssalter har avgjørende betydning for utviklingen av planteplankton i en innsjø, både kvantitativt og kvalitativt. Middelkonsentrasjonen av totalfosfor gjennom sesongen var veldig høy i 1972 (26 µg/L) og plasserte Gjersjøen i tilstandsklasse dårlig iht. vannforskriften. Etter at Nordre Follo Renseanlegg ble satt i drift i 1971 sank fosforkonsentrasjonen frem til 1995 og har siden holdt seg mellom 10-15 µgP/l helt frem til 2012 (**Fig. 3**). I 2013 økte totalfosforkonsentrasjonen i Gjersjøen til 18 µg/l og dette tilsvarer tilstandsklasse moderat iht. vannforskriften. Siden 2008 har det vært flere år med noe høyere totalfosforkonsentrasjon i Gjersjøen, og i 2013 var totalfosforkonsentrasjonen på et høyere nivå enn det har vært siden midten av 1990-tallet.

**Tabell 4.** Tilstandsklasser for Gjersjøbekkene i 1995-2013. Totalfosfor og totalnitrogen er klassifisert etter vannforskriftens klassifiseringssystem, mens *E. coli* er klassifisert etter SFT's klassifiseringssystem. Vanntype er gitt for hver vannforekomst (7=kalkrik og klar, 8=kalkrik og humøs). Merk: miljømålet er ulikt for de ulike vanntypene.

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
<b>Tussebekken (8)</b>																				
Tot-P	19	18	20		20		21	21	21	20	17	22	20	26	23	26	25	37	26	
Tot-N	1150	1285	1269		1264		973	1125	1183	1188	1128	1224	1318	1004	1275	1136	1079	2064	1907	
TBKE: col			68		870		100	208	262	196	82	897	898	1880	2550	900	342	490	238	
<b>Greverudbekken (7)</b>																				
Tot-P	28	88	26		68		63	36	62	43	30	60	32	144	188	34	37	38	36	
Tot-N	1183	1892	1321		1488		1428	1133	1209	1487	1312	1808	1266	2573	2543	1217	1262	1264	1443	
TBKE: col			1350		18000		2900	3400	1664	1779	9110	47000	7960	39400	167000	18700	23000	4300	22000	
<b>Kantorbekken (7)</b>																				
Tot-P	37	30	48		38		38	42	47	39	89	81	57	48	52	57	30	40	47	
Tot-N	1290	1385	1248		1781		1148	325	425	847	1283	1290	1072	891	1117	1208	1025	1090	1184	
TBKE: col			3996		2900		2300	2090	3020	2590	1800	13810	12800	14150	23090	20700	29600	18600	26700	
<b>Dalsbekken (8)</b>																				
Tot-P	64	43	42		40		61	30	38	56	45	48	45	61	51	51	51	62	53	
Tot-N	2592	2241	2508		1865		1723	1787	2408	2598	2098	2098	2094	2094	2025	2143	1875	2190	1968	
TBKE: col			1084		2400		1300	1610	1300	2140	1600	4500	3200	4807	3408	2679	1886	2000	2190	
<b>Fåleslora (7)</b>																				
Tot-P	31	30	24		143		35	28	32	34	32	28	38	81	23	30	30	38	30	
Tot-N	3028	4456	3596		3736		2362	2548	3975	3800	3302	2913	4238	7107	7758	6798	4025	2873	2825	
TBKE: col			288		14000		372	530	748	228	728	1779	2600	2600	724	647	884	1100	717	
<b>Gjersjøelva (7)</b>																				
Tot-P	11	9	11		15		18	13	12	10	11	12	13	14	14	14	13	14	14	
Tot-N	1728	1854	1492		1584		1291	1308	1487	1485	1369	1341	1543	1827	1592	1592	1506	1567	1498	
TBKE: col			13		36		24	16	38	8	22	31	22	41	31	48	28	13	23	

Næringsstoffene fosfor og nitrogen (P og N) er oppgitt med aritmetisk middel for året (µg/L).  
 Transporterte kulturrestmålinger (col) er gitt som 90-percentil, dvs. at 90% av målingene ligger under denne verdien (per 100 ml).

## Oksygen

En innsjø tilføres oksygen fra overflatelaget ved innblanding av atmosfærisk oksygen, fra planter og algers fotosyntese, samt fra elvevann. Lang tids forurensning av dype innsjøer kan føre til lav oksygenkonsentrasjon i dypvannet. Partikler i tilført kloakkvann, erosjonsmateriale /landbruksavrenning og produserte alger synker til bunns og fører til bakteriell nedbrytning av det organiske materialet. Dette forbruker oksygen i bunnslammet og i de dyreste vannmasser. Dette gjelder spesielt mot slutten av sommer- og vintersesongen når innsjøen har vært beskyttet mot sirkulasjon og utluftning pga. et lettere overflatelag og evt. isdekke. Oksygenmetning angir hvor mye oksygen som er løst i vannet i forhold til den mengden som maksimalt finnes i vannet ved en gitt temperatur. Det er 100 % oksygenmetning når oksygenkonsentrasjonen i vannet er i balanse med oksygenet i atmosfæren ved den aktuelle temperaturen.

## Fosfor

Fosfor er en kjemisk nøkkelparameter for klassifisering av miljøtilstand i en innsjø, siden den er en forutsetning og ofte den begrensende faktor for planteplanktonvekst. Fosfor i innsjøer finnes som oppløst organisk fosfor, fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) og partikkelbundet i uorganisk eller organisk materiale. Totalfosfor-analysene omfatter alle fraksjonene. Fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) er den mest biotilgjengelige fraksjonen for planteplanktonet og blir tatt opp i algebiomassen gjennom fotosyntesen.

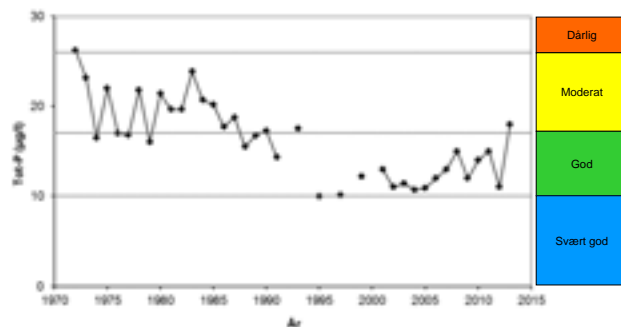
## Nitrogen

Nitrogen, som er et plantenæringsstoff på linje med fosfor, vil som regel ikke stimulere til algevekst i ferskvann, men er hovedårsaken til algeoppblomstringer i havet. Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) og ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) er de viktigste nitrogenkildene for planteplanktonet i innsjøen. Nitrogen oppfattes ikke som avgjørende viktig for tilstanden i de undersøkte vassdragene, men tas likevel med i vurderingene fordi nitrogeniltførslene fra vassdraget til Indre Oslofjord er viktige.

## *E. coli*/Termostabile koliforme bakterier (tarmbakterier)

Mange forskjellige infeksjonssykdommer kan overføres med drikkevann. De aller fleste av de sykdomsfremkallende organismene skilles ut med avføringen fra smittede mennesker eller dyr. Et kjernepunkt i den hygieniske vurdering av drikkevann blir derfor om vannet inneholder vanlige tarmbakterier. Disse tarmbakteriene er oftest ikke sykdomsfremkallende selv, men dersom de er tilstede i vann, kan det tenkes at sykdomsfremkallende mikroorganismer også er tilstede. Koliforme bakterier finnes i all avføring og kan dermed brukes for å vise om vannet inneholder tarmbakterier. Enkelte arter koliforme bakterier kan imidlertid også forekomme i naturen. Forekomst av koliforme bakterier i drikkevann viser derfor bare en mulig, men ikke sikker forurensning med tarmbakterier. Det ble i 2010 endret analysemetode fra å måle termostabile koliforme bakterier med en membranfiltermetode ( $44,5^\circ\text{C}$ ), til å måle direkte på *E. coli* med et kit (Coli-Quantitray metode). Disse metodene gir overensstemmende resultater for termostabile koliforme bakterier.

Det ble målt høye totalfosforverdier både i mai og i oktober i 2013, og dette påvirker årsgjennomsnittet. Den observerte økningen i totalfosforkonsentrasjonen i Gjersjøen kan skyldes flere faktorer. Det har vært en liten økning i de totale tilførslene av totalfosfor til Gjersjøen i denne perioden (se figur 1), selv om det er år til år variasjoner. Mye nedbør og flomepisoder medfører økte tilførsler til innsjøen. Det er imidlertid ingen økning i mengden av alger i Gjersjøen i den samme perioden fra 2008 og frem til 2013, og det er vil være viktig å følge utviklingen i vannkvaliteten i årene som kommer.



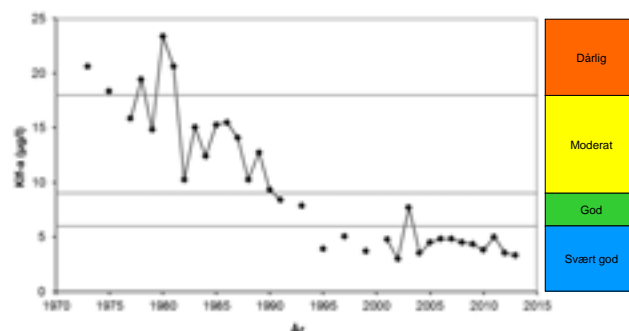
**Figur 3.** Fosforkonsentrasjonen i Gjersjøen (0-10 m dyp) for perioden 1971-2013. Figuren viser middelverdien av totalfosfor for hvert år, samt grensene mellom de ulike økologiske tilstandsklassene i klassifiseringssystemet til vannforskriften.

Gjersjøen hadde i 2013 en totalnitrogen-konsentrasjon på  $1633 \mu\text{g/L}$ , noe som tilsvarer tilstandsklasse svært dårlig iht. vannforskriften. Gjersjøelva renner ut i Bunnefjorden, og den høye konsentrasjonen av nitrogen kan bidra til å forverre algesituasjonen i Indre Oslofjord. Tiltak for å begrense tilførslene kan derfor bli aktuelle i årene som kommer.

## Biologiske forhold

### Planteplankton og cyanobakterier

Redusert fosforkonsentrasjon i Gjersjøen har ført til gradvis avtakende konsentrasjon av planktonalger siden undersøkelsen startet i 1972. Det har vært en markert nedgang i klorofyll-a, fra ca.  $20 \mu\text{g/L}$  i 1972 til  $3,3 \mu\text{g/L}$  i 2013 (Fig. 4). På bakgrunn av klorofyll-a konsentrasjonen ligger Gjersjøen i tilstandsklassene svært god iht. vannforskriften. Det ser ikke ut til at de observerte økningene i totalfosforkonsentrasjon i Gjersjøen har gitt økt algevekst.

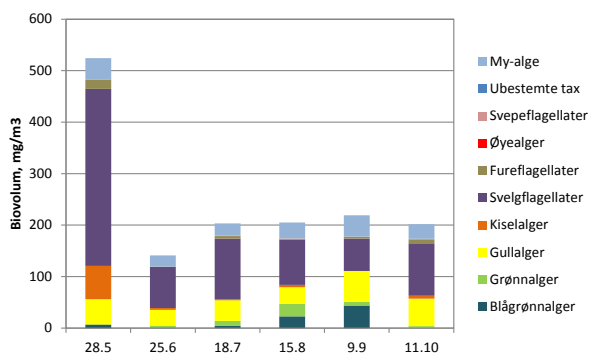


**Figur 4.** Konsentrasjon av klorofyll-a i Gjersjøen (0-10 meters dyp), samt grensene mellom de ulike økologiske tilstandsklassene i klassifiseringssystemet til vannforskriften.



Det har totalt sett skjedd en positiv endring i sammensetningen av algesamfunnet i Gjersjøen i løpet av perioden 1972 til slutten av 1990-tallet. Cyanobakteriene som dominerte fullstendig på 1960- og 70-tallet, ble redusert fra vel 90 % av det totale algevolum til mindre enn 10 % etter 1991. I stedet har andelen av grupper som grønnalger, kiselalger, svelgflagellater og gullalger økt. Dette er meget gunstig for vannkvaliteten fordi den algen som dominerte tidligere, en rød form av cyanobakterien *Planktothrix* (tidligere kalt *Oscillatoria*), kan produsere giftstoffer. Denne algen blir heller ikke omsatt effektivt gjennom biologiske næringskjeder i innsjøen da den er lite spisbar for dyreplanktonet. Økningen av svelgflagellater er gunstig da de er gode beiteorganismer for dyreplanktonet, og derfor bidrar til en større arts-mangfold i planktonsamfunnet og en mer normal næringskjede. Ser en utviklingen i Gjersjøen samlet for 18-års perioden 1995-2013, viser analyseresultatene for planteplanktonsamfunnet at vannmassene har bedret seg betraktelig fra undersøkelsenes begynnelse selv om en registrerer tilbakeslag i enkelte år.

Planteplankton sammensetningen i Gjersjøen i 2013 vises i **Figur 5**. Det var en dominans av svelgflagellater og kiselalger i begynnelsen av vekstsesongen, og svelgflagellater var dominerende gjennom hele vekstsesongen. Det var kun en liten andel cyanobakterier, og de utgjorde omtrent 5 % av den totale biomassen i 2013. De siste årene har det vært små oppblomstringer av ulike cyanobakterieslekter i Gjersjøen, men dette ble ikke observert i 2013. Den totale biomassen av planteplankton var lavere enn i 2012. Det ble ikke påvist algetoksiner av typen microcystiner i hele 2013.



**Figur 5.** Biovolum og sammensetningen (algegrupper) av planteplankton i Gjersjøen i 2013.

Alle planter, alger og cyanobakterier inneholder pigmentet klorofyll-a som brukes for å høste solenergi til fotosyntesen. Konsentrasjonen av klorofyll-a i en innsjø brukes derfor som et mål for planteplankton-biomasse, selv om innholdet av klorofyll-a pr. celle varierer noe fra en organismegruppe til en annen, og med lysforholdene.

Cyanobakterier (også kalt blågrønnalger) er encellede eller kolonidannende bakterier som driver fotosyntese slik planter gjør. Cyanobakteriene er en naturlig del av planteplanktonet i ferskvann sammen med alger, de har ofte en blågrønn farge og har derfor fra gammelt av fått navnet blågrønnalger. De er konkurransedyktige ved rikelig tilgang på fosfor og fortrenger andre typer alger, særlig under betingelser hvor de kan utvikle masseforekomst (kalles "oppblomstring" eller "vannblomst"). Noen cyanobakterier kan produsere giftstoffer (toksiner) som kan være helsefarlige over gitte konsentrasjoner.

### Tarmbakterier

Analyser av tarmbakterier i tilførselsbekkene i 2013 bekrefter at det i perioder kan være betydelige tilførsler av urensset avløpsvann til Gjersjøen (se **Tabell 4**). Det ble målt endel bakterier i overflateprøvene fra Gjersjøen fra mai og juni og etter dette var bakterietallet lav i resten av sommersesongen i 2013. Som påpekt i tidligere rapporter, vil en utbedring av ledningsnett være det viktigste tiltaket for å redusere tarmbakterieinnhold, og forbedre vannkvaliteten både i Gjersjøen og i vassdraget ovenfor.

### Miljøtilstand i Gjersjøen

Årsgjennomsnittet av de ulike miljøparametrene fosfor, klorofyll, siktedyp og nitrogen i Gjersjøen plasserer innsjøen i ulike tilstandsklasser for vannkvalitet, iht. vannforskriften (Tabell 5). Totalfosfor påvirker mengden planteplankton i innsjøen, som igjen klorofyll-a er et mål på. Disse parametrene har bedret seg fra 1983 og til i dag. Konsentrasjonen av totalfosfor var høyere i 2013 enn på mange år, og tilstandsklasse basert på totalfosfor er moderat (helt på grensen til tilstandsklasse god). Klorofyll-a klassifiseres i tilstandsklasse svært god, mens siktedypet i Gjersjøen bedret seg noe på slutten av 1980-tallet og klassifiserer i dag innsjøen som moderat. Nitrogeninnholdet har vært og er fremdeles veldig høyt, selv om det har vært en viss nedgang fra det høyest målte nivået i 1995 (1800 µg/L), så er fortsatt Gjersjøen i tilstandsklasse svært dårlig.

**Tabell 5.** Tilstandsklasser for Gjersjøen 1986-2013 iht. vannforskriften.

År	1986	1987	1988	1989	1991	1993	1995	1997	1999	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Total fosfor (µg/l)	18	19	16	16	15	12	10	11	12	13	11	11	11	11	12	13	15	12	14	15	11	18
Klorofyll (µg/l)	15,0	14,0	8,8	11,8	7,4	6,8	3,9	4,6	3,9	4,8	3,0	7,7	3,5	4,5	4,8	4,8	4,5	4,3	3,8	5,0	3,5	3,3
Sikt (m)	2,0	2,0	2,1	2,7	2,6	3,4	3,6	3,9	3,9	3,3	3,7	3,6	3,7	3,9	3,1	2,5	2,8	2,9	3,0	2,6	3,3	3,1
Total nitrogen (µg/l)	1438	1630	1350	1630	1563	1771	1800	1529	1560	1300	1280	1520	1476	1374	1543	1744	1640	1520	1560	1480	1567	1633

# Kolbotnbekken

## Tilførsler til Kolbotnvannet

Siden 2001 er det innenfor dette programmet tatt kontinuerlige vannføringsmålinger i to tilløpsbekker (Augestad- og Skredderstubekken) til Kolbotnvannet. Dette har gjort det mulig å beregne en grov stofftransport til innsjøen.

I 2013 var de beregnede årlige tilførslene 113,4 kg fosfor og 4,5 tonn nitrogen til Kolbotnvannet fra de to aktuelle tilførselsbekkene (Fig. 6). Det er store år til år variasjoner i tilførslene til Kolbotnvannet og det avhenger både av vannføring og konsentrasjon av næringsstoffer i bekkene gjennom året. Det var økning i tilførselen av totalfosfor og totalnitrogen i 2013 sammenlignet med 2012.

Det skjedde en økning i tilførslene av totalfosfor i både Augestad- og Skredderstubekken i 2013. Det er store år til år variasjoner i totalfosfortilførsler i disse to bekkene. Det er også tatt månedlige prøver av næringsstoff i Midtoddvei-, Nordenga- og Myrvollbekken (syd i sjøen) i 2013, men her er ikke vannføring målt.

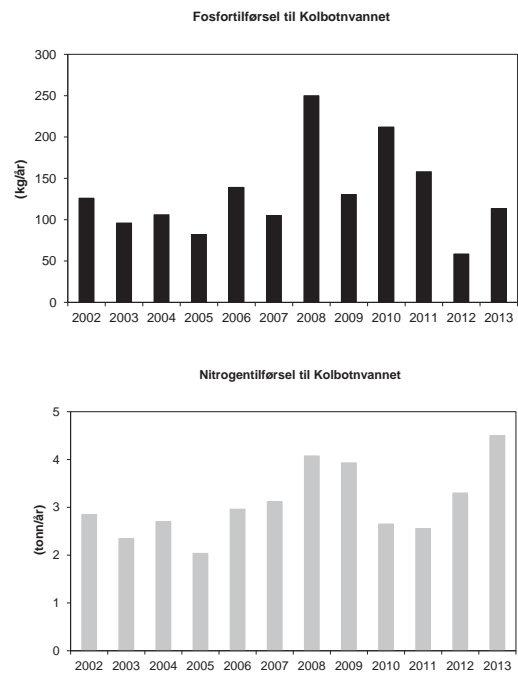
Augestadbekken har gjennomgående bidratt med den største fosfortilførselen til Kolbotnvannet, men det har også vært år hvor tilførslene fra Skredderstubekken har vært høye. I Midtoddveibekken ble det observert en tydelig økning i konsentrasjonen av totalfosfor (og andre vannkjemiske parametere og termotabile koliforme bakterier) i oktober til desember. Dette tyder på problemer med avrenning fra ledningsnett. Det er lavere fosforverdier i Myrvollbekken og Nordengabekken. Prøven fra Skredderstubekken i mars (19.03.2013) viste seg å være så sterkt påvirket av kloakk at det ble målt svært høye verdier av alle analyseparametere. Vi har valgt ikke å inkludere disse «ekstremverdiene» i tilførselberegningene til Kolbotnvannet, da beregningsmetodene baserer seg på en interpolasjon av de månedlige verdiene. Denne episoden viser hvordan punktutslipp av kloakk medfører svært høye tilførsler av næringsstoffer og tarmbakterier til innsjøen.

Dataene for vannføring og totalfosfor i bekkene tyder på en kombinasjon av punktutslipp og overløp/feilkoblinger i ledningsnett i 2013. Den største tilførselen av fosfor fra bekkene til Kolbotnvannet i 2013 skjedde i perioden fra september til november. Dette sammenfaller med en periode med mye ned-

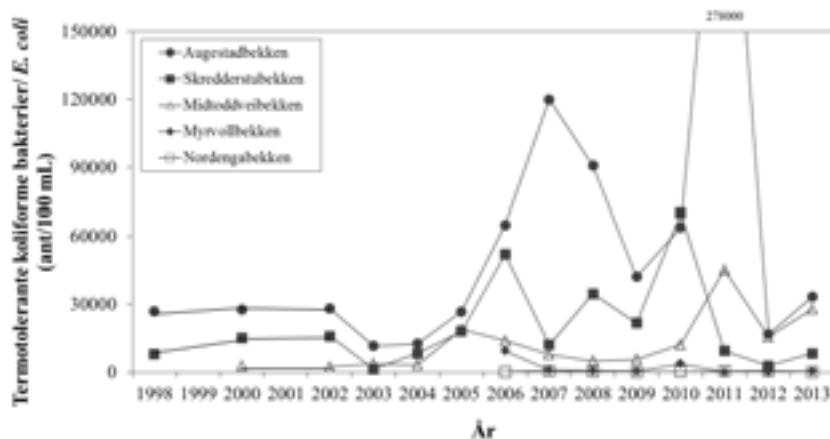
bør og høy vannføring, men også at det ble målt høye konsentrasjoner av totalfosfor i flere av bekkene i denne perioden.

Målte konsentrasjoner av tarmbakterier har vært svært høye i Kolbotnbekken de siste årene (Fig. 7). Dette viser tydelig at det er mulige lekkasjer av urensset avløpsvann fra kloaknettet. I 2013 ble det gjennomgående målt høyere verdier av tarmbakterier sammenlignet med 2012, og det et svært høyt tarmbakterieinnhold i særlig Augestad- Skredderstu-og Midtoddveibekken.

Resultatene tyder på at det finnes betydelige, lokale utslippskilder i nedbørfeltet, lekkasjer/overløp på det eksisterende ledningsnett eller en kombinasjon av disse faktorene. Det er i våre tidligere anbefalinger påpekt at en utbedring av ledningsnett vil være det viktigste tiltaket for å bedre vannkvaliteten. Vi foreslår derfor en mer detaljert kartlegging i vassdraget for å lokalisere de viktigste kildene.



Figur 6. Målte tilførsler av fosfor og nitrogen til Kolbotnvannet i perioden 2002-2013 fra Augestad og Skredderstubekken.



Figur 7. 90-percentiler for innhold av tarmbakterier i Kolbotnbekken i perioden 1998-2013

## Miljøtilstand i bekkene

Ser en på utviklingen fra 1994 og frem til 2013, har tilstanden til Kolbotnbekken (Augustad-, Skredderstu- og Midtoddveibekken) vært karakterisert som dårlig til svært dårlig for alle de tre miljøparametrene totalfosfor, totalnitrogen og tarmbakterier. Myrvoll- og Nordengabekken har noe bedre vannkvalitet (Tabell 6).

I forbindelse med overvåking for vannområde PURA har det blitt tatt prøver av begroingsalger i noen av tilførselsbekkene til Kolbotnvannet. Det henvises til PURAs overvåkingsrapport for 2013 for mer informasjon om tilstandsklassifiseringen basert på begroingsalger.

I **Augustadbekken** var det en betydelig reduksjon i konsentrasjonen av totalfosfor sammenlignet med perioden fra 2008-2011. Det er store år til år variasjoner, men det er fortsatt store utfordringer med vannkvaliteten i denne bekken. I 2013 kan den klassifiseres som svært dårlig basert på totalfosfor, totalnitrogen og tarmbakterier.

**Skredderstubekken** klassifiseres som dårlig basert på totalfosfor og svært dårlig basert på totalnitrogen og bakterier. Prøven fra Skredderstubekken i mars (19.03.2013) viste seg å være så sterkt påvirket av kloakk at det ble målt svært høye verdier av alle analyseparametre. Vi har ikke regnet inn «ekstremverdiene» i gjennomsnittsverdiene (Tabell 6), men det er viktig å være klar over at det kan forekomme punktutslipp som medfører at det transporteres betydelige mengder med næringsstoffer i bekkene.

**Midtoddveibekken** klassifiseres som svært dårlig basert på tarmbakterier og totalnitrogen og som moderat basert på totalfosfor.

**Myrvollbekken** klassifiseres som god basert på totalfosfor, og som dårlig basert på totalnitrogen og bakterier.

**Nordengabekken** klassifiseres som god basert på totalfosfor og bakterier, som dårlig basert på totalnitrogen.

**Tabell 6.** Tilstandsklasser for Kolbotnbekken i perioden 1996-2013. Totalfosfor og totalnitrogen er klassifisert etter vannforskriftens klassifiseringssystem, mens *E. coli* er klassifisert etter SFT's klassifiseringssystem. Vanntype er gitt for hver vannforekomst (7=kalkrik og klar).

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Augustadbekken (7)</b>																
Tot-P	77		58		120	130	118	102	230	214	88	73	173	341	46	70
Tot-N	2564	1883			2800	2563	2563	2515	3467	3343	2079	2100	2258	3217	2264	2408
TBK/ <i>E.coli</i>	27000	27540			28000	11520	12500	26760	65000	120000	90700	42100	63900	278000	16696	33200
<b>Skredderstubekken (7)</b>																
Tot-P	258		54		116	55	70	81	50	29	129	55	161	47	35	44
Tot-N	2691	1917			2583	1973	2241	2086	1893	1838	2278	2075	2008	2017	2027	1989
TBK/ <i>E.coli</i>	7800	15000			15900	1280	8200	17940	52000	12000	34600	21700	70050	9300	2700	8200
<b>Midtoddveibekken (7)</b>																
Tot-P			61		47	56	74	54	54	32	39	41	107	87	44	35
Tot-N			2167		2077	2291	2413	2030	2362	1913	1813	1942	2517	2508	2075	1980
TBK/ <i>E.coli</i>			2580		2230	3670	3070	18800	13900	7860	4900	5630	12190	45200	15620	27800
<b>Myrvollbekken (7)</b>																
Tot-P									31	21	51	55	58	26	27	23
Tot-N									1217	1128	1121	1142	1182	1064	1227	1086
TBK/ <i>E.coli</i>									9362	767	572	254	3622	66	94	252
<b>Nordengabekken (7)</b>																
Tot-P									16	12	24	31	14	25	17	17
Tot-N									1199	1303	1159	1242	1217	1192	1342	1343
TBK/ <i>E.coli</i>									77	549	180	52	220	399	581	40

Næringsstoffene fosfor og nitrogen (P og N) er oppgitt med aritmetrisk middel for året (µg/L).

Termotolerante kolliforme bakterier/*E.coli* er gitt som 90-percentil, dvs. 90% av målingene ligger under denne verdien (ant/100 ml)

## Temperatursjiktning

Vannmassenes lagdeling har avgjørende betydning for kjemiske og biologiske prosesser i en innsjø og derfor fordeling og vekst av alger og cyanobakterier. Normalt vil en innsjø ha samme temperatur gjennom hele vannmassen en kort periode om våren og en lengre periode om høsten, de såkalte sirkulasjons-periodene. Om vinteren og om sommeren vil lettere overflatevann ligge over tyngre bunnvann. Sprangsjiktet, som er området mellom disse to vannlagene der vanntemperaturen endrer seg raskt, danner et lokk som sperrer for blanding av vannmassene.

## Oksygenvinn og H<sub>2</sub>S-dannelse i bunnvannet

I en innsjø som er lite forurenset vil oksygenmetningen være nær 100 % fra overflaten ned mot bunnen. Stor tilførsel av fosfor og nitrogen medfører økt algeproduksjon i innsjøen. Partikler i tilført kloakkvann, erosjonsmateriale /landbruksavrenning og produserte alger synker til bunns og nedbrytes av bakterier. Nedbrytningen forbruker oksygenet i de dypeste vannmassene. Når alt oksygenet er oppbrukt går bakteriene over til svovel som energikilde og omdanner det til H<sub>2</sub>S (hydrogensulfid) som er svært giftig for de fleste organismer. Prosessen gjelder spesielt mot slutten av sommer- og vintersesongen når innsjøen har vært beskyttet mot sirkulasjon og utluftning pga. et stabilt sprangsjikt eller isdekke.

## Interngjødsling

Innsjøer får tilført fosfat fra nedbørfeltet gjennom elver, bekker, eller med grunnvann. Når det er oksygen til stede, bindes en del av fosfatet umiddelbart til jern eller andre metaller. Under denne prosessen dannes små fnokker som synker til bunns og blir en del av sedimentet. Resten av fosfatet kan tas opp av alger og integreres i deres biomasse. Når algene dør frigjøres noe av fosfatet igjen. Resten transporteres med biomassen til sedimentet. I de fleste norske innsjøer fjernes på denne måten omtrent 50-70 % av fosfor fra vannet, men denne prosessen er reversibel. Hvis konsentrasjon av oksygen i bunnvannet underskrider 0,1 mg/l frigjøres det fosfat fra sedimentet. Dette skjer vanligvis om sommeren eller vinteren under stagnasjon. Fosfat akkumuleres da direkte over sedimentet og blandes inn i hele vannsøylen under den neste sirkulasjonsperioden. Denne prosessen kalles interngjødsling. Interngjødslingen medfører en resirkulering av fosfat i innsjøen og motvirker dermed tiltak i nedbørfeltet.

## Lufting med Air X i Veslebukta i 2013

Det har til tider vært problemer med oksygenfattig bunnvann inne i Veslebukta, og dette er trolig fordi det er en grunn terskel på omtrent 2-3 meters dyp mellom Veslebukta og resten av innsjøen som hindrer god sirkulasjon av oksygen fra Limnoxen som er plassert ute i hovedbasenget.

Det ble derfor i 2013 satt i gang et prøveprosjekt med lufting av bunnvannet i Veslebukta i Kolbotnvannet. Systemet som ble brukt heter AirX og består av et nettverk med diffusorlanger på 25x25 meter lagt ned mot bunnen i Veslebukta. Slangene ble forsynt med vanlig luft. Målinger av oksygen i bunnvannet før og etter at AirX ble satt i drift i juni i 2013 viser at luftingen hadde en god effekt på oksygenforholdene i bunnvannet i Veslebukta. Denne luftingen med AirX har derfor blitt videreført.

# Utvikling og tilstand i Kolbotnvannet

## Fysiske og kjemiske forhold

I Kolbotnvannet ligger vanligvis sprangsjiktet på mellom 2 og 8 meters dyp gjennom hele sommersesongen. Sprangsjiktet fører til at bunnvannet ikke tilføres nytt oksygen om sommeren og under isen om vinteren. I tillegg er Kolbotnvannet lite vindeksponert og det har derfor vært et stort problem med oksygenvinn og dannelse av hydrogensulfid (H<sub>2</sub>S) i bunnvannet.

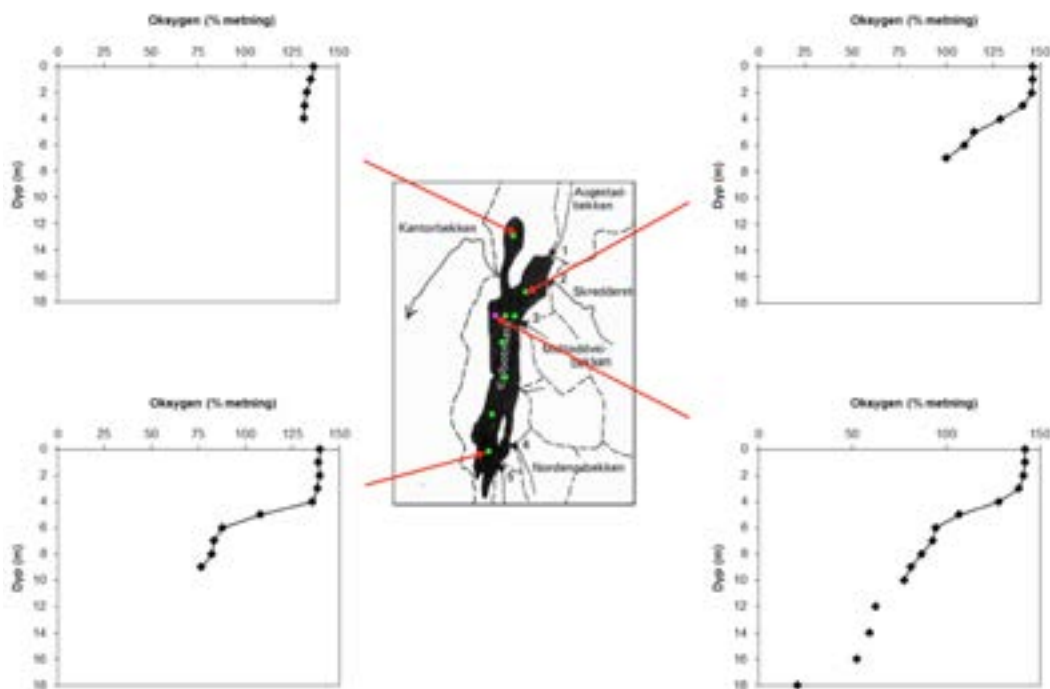
Flere tiltak har tidligere blitt benyttet for å bidra til å bedre vannkvaliteten i Kolbotnvannet i tillegg til reduksjon av forurensningene: Bruk av "boblegardin", og tilsetning av kalksalpeter til bunnvannet. Boblegardinen gir innsjøen "kunstig åndedrett" ved å forlenge sirkulasjonsperiodene, og tilførselen av kalksalpeter bidrar til å redusere den indre gjødslingen fra sedimentene gjennom oksydasjon av sedimentoverflaten. I de siste tiårene har det ikke blitt tilsatt kalksalpeter til innsjøen fordi høy vannføring i tilsetningskummen gjorde dette arbeidet vanskelig. Boblegardinen har heller ikke vært i drift på grunn av tekniske problemer med utstyret.

I juni 2007 ble det installert en Limnox-lufter i Kolbotnvannet for å motvirke fosfatutslipp fra sedimentet (Fig. 8). "Limnoxen" tilfører omtrent 200-300 kg oksygen pr døgn til vannet direkte over sedimentet. Med få unntak har Limnoxen vært kontinuerlig i drift siden sommeren 2007. I november 2010 oppsto det tekniske problemer som medførte at Limnoxen ikke fungerte optimalt, og den ble tatt på land for vedlikehold i mai 2011. Det ble derfor ikke gjennomført lufting av bunnvannet i Kolbotnvannet gjennom veksts sesongen i 2011. Limnoxen har vært i normal drift siden 2012, men med enkelte driftsproblemer (hovedsakelig forankringsproblematikk) som har medført at den i perioder ikke har fungert optimalt. Det ble gjennomført vedlikehold på Limnoxen på forsommeren i 2013, og den var etter dette i normal drift gjennom sommeren. Det var behov for noen justeringer i forankringen for å få Limnoxen til å ligge i vater. For å dokumentere effekten av luftingen, har det blitt gjennomført et utvidet måleprogram i Kolbotnvannet. I tillegg til

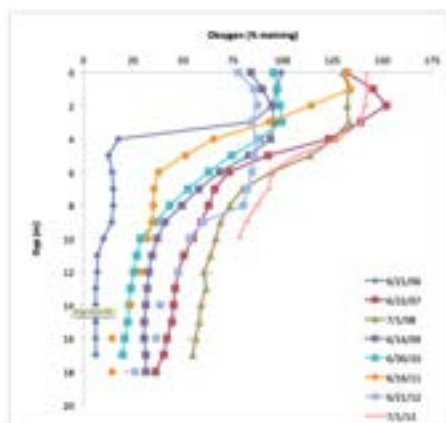
hovedstasjonen ble det tatt oksygenprofil på fire til seks stasjoner fordelt over hele innsjøen (Fig. 8). På hver stasjon ble det også tatt en prøve fra bunnvannet. Disse prøvene ble analysert for totalfosfor for å dokumentere mulig utslipp av fosfat fra sediment.



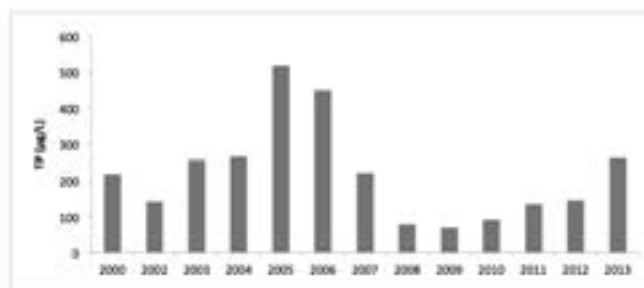
Figur 8. Plassering av Limnoxen (rød prikk) og målestasjoner for utvidet program (grønne prikker).



**Figur 9.** Oksygenprofiler på flere stasjoner i Kolbotnvannet den 02.07.2013.



**Figur 10.** Oksygenprofil på hovedstasjonen uten (2006, 2011) og med Limnoxen (2007, 2008, 2009, 2010, 2012, 2013).



**Figur 11.** Konsentrasjonen av fosfor i bunnvann (hovedstasjonen) på slutten av sommeren i årene 2000-2013.

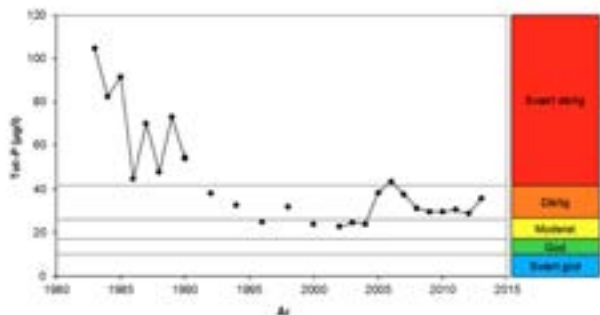
Tidligere var bunnvannet i innsjøen fritt for oksygen allerede i juni. Resultater fra det utvidede måleprogrammet har vist at optimal lufting med Limnoxen gir gode oksygenforhold i bunnvannet i hele Kolbotnvannet (**Fig. 9**). En sammenligning av data fra 2006-2013 viser at Limnoxen har en positiv effekt på oksygenkonsentrasjonen når den er i normal drift (**Fig. 10**).

**Figur 11** viser konsentrasjonen av fosfor i bunnvannet på slutten av sommeren i perioden 2000-2013. Verdier over 400 µg/l i 2005/2006 er i tråd med kraftig utslipp av fosfat fra sedimentet. I 2007, samme året som Limnoxen ble tatt i bruk, ble det funnet en betydelig tilbakegang fra ca. 450 µg/l (2006) til ca. 230 µg/l (2007). I 2008 og 2009 var det fortsatt en betydelig reduksjon i konsentrasjonen av fosfor, til henholdsvis 78 µg/L og 70 µg/L. I 2011 og 2012 var gjennomsnittsverdien for totalfosfor omtrent 130-140 µg/L i bunnvannet, og denne økningen var trolig et resultat av at det i perioder var oksygenfrie forhold i bunnvannet siden Limnoxen ikke fungerte optimalt. I 2013 var det også høyere totalfosforverdier i bunnvannet (260 µg/l), og det var særlig i

oktober at det ble målt svært mye totalfosfor (770 µg/l). Det ble målt lite oksygen i bunnvannet i oktober, og dette har trolig medført en periode med utslipp av fosfat til bunnvannet. Limnoxen skal ha fungert godt i 2013, men i følge kommunen så har Limnoxen ikke ligget helt i vater og dette har medført at luftingen til tider ikke har blitt gjennomført optimalt. Dette ble justert iløpet av høsten i 2013.

Resultatene viser at luftning av bunnvannet har medført en reduksjon i interngjødslingen med 50 - 80 %. I forbindelse med vurdering av tiltak for Kolbotnvannet ("Tiltaksvurdering i Kolbotnvannet", Oredalen, Rohrlack og Tjomsland, 2006), ble det brukt en modell for å simulere effekten av lufting på utlekking av fosfor fra bunnsedimentene i Kolbotnvannet og de målte effektene i 2007-2013 stemmer godt overens med de simulerte effektene. Såfremt teknikken fungerer så har limnox-lufteren i Kolbotnvannet en positiv effekt på fosfor-innholdet i innsjøen. Det er imidlertid viktig med et fortsatt fokus på tiltak som kan redusere tilførselen av fosfor til innsjøen.

Totalfosfor-konsentrasjonen i Kolbotnvannet er dels et resultat av høy tilførsel av fosforholdig vann fra nedbørfeltet og dels ”intern gjødsling”. Konsentrasjonene i overflatesjiktet (0-4 m) har gradvis avtatt siden målingene startet i 1972. Spesielt fra 1990 og utover avtok konsentrasjonene betydelig (Fig. 12). I 2013 var gjennomsnittsverdien for totalfosfor på 35,7 µg/L, og dette er noe høyere enn i 2008-2011 (Tilstandsklasse dårlig). Totalfosfor-konsentrasjonen må reduseres til under 17 µg/L for å nå miljømålet (iht. vannforskriften), som tilsvarer tilstandsklasse god. Dette er imidlertid et svært strengt krav for Kolbotnvannet, og det er derfor i PURAs tiltaksanalyse satt et mer realistisk miljømål for Kolbotnvannet på 20 µg/L.

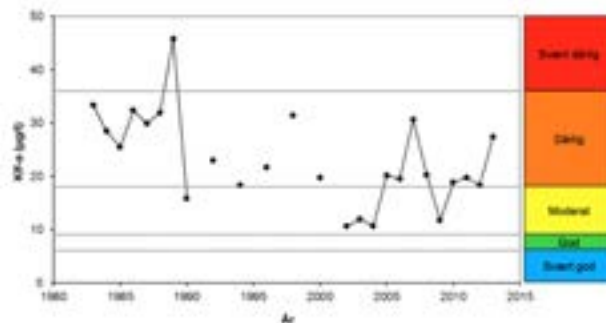


**Figur 12.** Målte konsentrasjoner av totalfosfor (µg/L) i Kolbotnvannet (0-4 meter) for perioden 1983-2013, samt grensene mellom de ulike økologiske tilstandsklassene i klassifiseringssystemet til vannforskriften.

Utviklingen av nitrogenkonsentrasjonen i Kolbotnvannet viser en tydelig avtakende tendens siden midten av 1980-årene. I 2013 var innholdet av totalnitrogen i Kolbotnvannet på 700 µg/L, noe som tilsvarer tilstandsklasse moderat iht. vannforskriften. Hovedkilden til nitrogen i Kolbotnvannet er urensset avløpsvann, men høyt nitrogeninnhold i nedbør og en viss avrenning fra f.eks forurensede gater bidrar også noe. Det er verdt å merke seg at nitrogen-konsentrasjonen er betydelig lavere i Kolbotnvannet enn i Gjersjøen, fordi Gjersjøen tilføres mye nitrogen fra landbruksområder og dels fordi nitrogen fjernes effektivt ved naturlige prosesser i sedimentene i Kolbotnvannet.

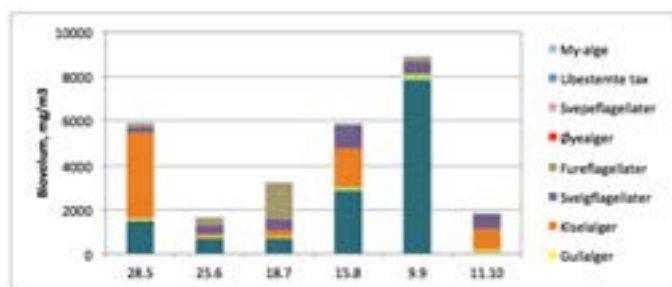
## Biologiske forhold

I en næringsrik innsjø som Kolbotnvannet, er det normalt med store variasjoner i mengde og sammensetning av planteplankton. Sammensetningen skifter raskt og det er liten grad av likevekt og stabilitet i planteplankton-samfunnet. Fra 1990-tallet har konsentrasjonen av klorofyll-*a* (et mål på algemengden) variert mellom tilstandsklasse svært dårlig til moderat iht. vannforskriften (Fig. 13). I perioden 2002-2004 var klorofyllverdiene lavere (11-13 µg/L). I 2005-2006 skjedde det en økning i klorofyllmengdene igjen, og i 2007 var det en betydelig økning (30,6 µg/l). Dette skyldes i hovedsak en kraftig oppblomstring av cyanobakterier. I 2013 var den gjennomsnittlige klorofyllverdien 27,3 µg/L, noe som tilsvarer tilstandsklasse dårlig. Dette var en økning fra de foregående årene og skyldes en kraftig oppblomstring av cyanobakterier.



**Figur 13.** Konsentrasjon av klorofyll-*a* i Kolbotnvannet for perioden 1983-2013 (middelverdier 0-4 meters dyp), samt grensene mellom de ulike økologiske tilstandsklassene i klassifiseringssystemet til vannforskriften.

Planteplanktonsammensetningen i Kolbotnvannet i 2013 vises i Figur 14. I 2005-2007 var det kraftige oppblomstringer av cyanobakterier, og da spesielt arter i slekten *Planktothrix*. I 2008 og 2009 var det en betydelig reduksjon av cyanobakterier, og de var ikke dominerende i planteplanktonsamfunnet. I 2010 var det igjen en sterk dominans av cyanobakterier i Kolbotnvannet, i hovedsak arter i slekten *Anabaena*. I 2011 og 2012 ble det igjen observert en dominans av cyanobakterier i slekten *Planktothrix* i Kolbotnvannet. I 2013 var det en kraftig oppblomstring av *Planktothrix* i perioden fra mai til juni, og deretter skjedde det et tydelig dominansskifte til *Anabaena planktonica* i juli til september. Disse store år til år variasjonene i planteplanktonsamfunnet viser at Kolbotnvannet er et ustabil system som i tillegg påvirkes av fysiske påvirkninger som lufting av bunnvannet. Til tross for bedret vannkvalitet gjennom de siste tiårene, kan det fortsatt oppstå betydelige oppblomstringer av cyanobakterier i innsjøen.



**Figur 14.** Biovolum av planteplankton, og sammensetning (algegrupper) i Kolbotnvannet i 2013



## Cyanobakterier og giftproduksjon

Fra sommeren 2005 startet man å måle innholdet av microcystiner i Kolbotnvannet etter mistanke om oppblomstring av giftproduserende cyanobakterier. I 2005-2007 ble det målt svært høye konsentrasjoner av microcystin i Kolbotnvannet, og innsjøen var til tider stengt for bading. I 2009-2010 ble det ikke påvist microcystin i Kolbotnvannet, og det tyder på at det var dominans av ikke microcystin-produserende cyanobakterier. I 2011, 2012 og 2013 ble det igjen målt betydelige mengder av microcystin i Kolbotnvannet (**Fig. 15**), og det var mest sannsynlig *Planktothrix* som var microcystinprodusent.

Mange cyanobakterier som *Planktothrix* har gassblærer som gjør dem i stand til å regulere posisjonen i dypet. I tillegg er de gode på å utnytte svakt lys sammenlignet med andre planktonalger. De kan derfor innta et dyp der de ikke konkurrerer så mye med andre alger om næringsstoffer som de ville gjort i overflatelaget. *Planktothrix* kan danne oppblomstring i sprangsjiktet mellom varmt overflatevann og kaldere dypvann om sommeren. Det er også et kjent fenomen at *Planktothrix* kan utvikle en høstoppblomstring og deretter opprettholde overlevelse og vekst ved å legge seg som et sjikt rett under isen i løpet av vinteren. Dette skjedde både om vinteren i 2011/2012 og 2012/2013, hvor *Planktothrix* «overvintret» under isen i Kolbotnvannet. Ved isgang i 2012 og 2013 var det mye *Planktothrix* i innsjøen, og de kunne vokse videre utover våren. Utover sommeren i 2013 utviklet det seg en oppblomstring av *Planktothrix* på 4-8 meters dyp. Den høyeste målte konsentrasjonen av microcystin i 2013 ble målt i dette dypet i juni (58 µg/L), og dette er over den anbefalte grenseverdien (10 µg microcystin/L) som WHO anbefaler for badevann. I 2013 skjedde det et skifte fra dominans av *Planktothrix* til dominans av *Anabaena Planktothrix* i overgangen fra juni til juli. Det ble ikke observert *Planktothrix* i Kolbotnvannet etter juli og det ble heller ikke påvist målbare mengder av microcystin etter juli.

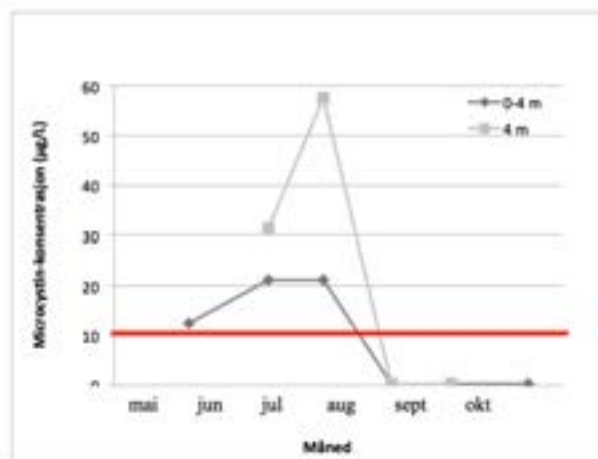
I tillegg til det vanlige prøveprogrammet i Kolbotnvannet, ble det i badesesongen sendt inn ekstra prøver fra overflatevannet ved tre ulike prøvesteder i innsjøen (ved Nordenga, Brygga i Storebukta og Jordbærsetta). Da det ble observert relativt høye konsentrasjoner også i overflatevannet, valgte Oppegård Kommune å gi en anbefaling om ikke å bade i Kolbotnvannet.

## Lufting av bunnvannet i Kolbotnvannet og oppblomstringer av cyanobakterier

De siste par årene har luftingen med Limnoxen medført at det ikke har etablert seg stabil is på deler av Kolbotnvannet om vinteren. De samme årene har det blitt observert at *Planktothrix* har overlevd gjennom vinteren og at det raskt har utviklet seg en *Planktothrix* oppblomstring i innsjøen etter isgang om våren. Det at deler av innsjøen ikke er dekket av is kan ha gitt bedre overlevelse av *Planktothrix* gjennom vinteren og på den måten ha bidratt til oppblomstringssituasjonen den påfølgende våren. Målet med Limnoxen er at den skal unngå oksygenfritt bunnvann og dermed utlek-

## Microcystiner

Microcystin er en gruppe giftstoffer som produseres av visse stammer av cyanobakterier, og som bl.a. kan medføre leverskader hos mennesker. Verdens helseorganisasjon (WHO) har satt en øvre grense for microcystiner i badevann på 10 µg/L.



**Figur 15.** Konsentrasjon av giftstoffet microcystin (µg/L) i Kolbotnvannet 2013 i 0-4 m ved hovedstasjonen (innsjøens dypeste punkt). Den røde linjen markerer øvre anbefalte konsentrasjonsgrense for badevann, 10 µg/L, satt av Verdens Helseorganisasjon (WHO).

king av fosfat fra sedimentet til bunnvannet. Resultatene viser at denne ønskede effekten oppnås når Limnoxen virker optimalt (se Fig. 11). I årene 2007-2010 virket Limnox godt og dette var også år uten oppblomstring av *Planktothrix*. De siste årene har Limnox ikke virket optimalt og de siste årene har den påvirket isforholdene i innsjøen. Dette kan igjen ha medført at *Planktothrix* har hatt bedre overlevelse gjennom vinteren. Dette understreker at det er svært viktig å gjennomføre tekniske inngrep i et økosystem på en kontrollert måte, for ikke å oppnå andre effekter av tiltaket enn det som er planlagt. Dersom Limnoxen skal ha den ønskede effekten er det avgjørende at den fungerer så optimalt som mulig.

## Miljøtilstand i Kolbotnvannet

Årsgjennomsnittet av de ulike miljøparametrene fosfor, klorofyll, siktedyp og nitrogen i Kolbotnvannet plasserer innsjøen i ulike tilstandsklasser for vannkvalitet, iht. vannforskriften. Totalfosfor påvirker mengden planteplankton i innsjøen, som igjen klorofyll-a er et mål på. Konsentrasjonen av totalfosfor i Kolbotnvannet bedret seg fra begynnelsen av 1990-tallet, men klassifiserer fremdeles innsjøen som dårlig (**Tabell 7**). En høy konsentrasjon av fosfor stimulerer til mye algevekst, og dette gjenspeiles i mengden av klorofyll-a. I 2013 var verdien av klorofyll-a 27,33 µg/L og tilsvarer tilstandsklasse dårlig iht. vannforskriften. Totalnitrogen og siktedyp tilsvarer tilstandsklasse moderat.

**Tabell 7.** Tilstandsklasser for Kolbotnvannet i 1986-2013 iht. vannforskriften.

År	1986	1987	1988	1989	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Total fosfor (µg/l)	90.7	69.7	47.9	72.9	64.1	38.1	32.8	25.0	32.0	24.0	22.8	24.6	24	38.4	43.6	37.6	31.2	29.7	29.7	30.6	28.7	35.7
Klorofyll (µg/l)	32.3	29.9	31.8	45.7	15.8	23.0	18.3	21.6	31.3	19.7	10.6	11.8	10.6	20.1	19.5	30.6	20.2	11.7	18.8	19.7	18.3	27.3
Sikt (m)	2.1	2.4	2.0	1.4	2.1	2.0	1.7	1.8	1.9	2.3	2.8	2.1	2.5	1.9	2.1	1.7	2.5	3.3	2.5	1.8	2.2	1.8
Total nitrogen (µg/l)	1367	1390	1136	1010	1197	913	1000	817	920	817	660	520	723	622	618	753	620	774	612	566	563	700



Norsk institutt for vannforskning

NIVA Hovedkontor  
Gustadalléen 21, 0349 Oslo  
Telefon 22 18 51 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) [niva@niva.no](mailto:niva@niva.no)