

Overvåking av Gjersjøen og Kolbotnvannet med tilløpsbekker 1972-2011

- med vekt på viktige resultater fra 2011



**Tittel:**

Overvåking av Gjersjøen og Kolbotnvannet med tilløpsbekker 1972-2011 med vekt på viktige resultater fra 2011

Rapport lnr. 6350-2012
ISBN-978-82-577-6085-4

Oppdraget er utført av Norsk institutt for vannforskning, NIVA

Prosjektleder:

Sigrud Haande

Forfattere:

Sigrud Haande
Camilla Hedlund Corneliussen Hagman
John Rune Selvik

Medarbeidere:

Ingar Beccan
Maia Røst Kile
Lillian Raudsandmoen
Kate Hawley
Claudia Junge
Åse Bakketun
Arne Veidel

Kvalitetssikring:

Unn Hilde Refseth
Brit Lisa Skjelkvåle

Fagområde:

Eutrofi Ferskvann

Oppdragsgiver:

Oppgård kommune, Vann, avløp og renovasjon, virksomhet VAR

Foto:

Tone Jøran Oredalen
Camilla B. Halstvedt
Sigrud Haande

Layout og trykk:

CopyCat AS

Utgitt mai 2012

Forord

Denne rapporten presenterer en kortfattet oversikt over miljøtilstanden i Gjersjøen og Kolbotnvannet med tilløpsbekker, for perioden 1972 til og med 2011. Undersøkelsene er utført på oppdrag fra Oppgård 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 tilløpsbakkene.

Undersøkelsene av innsjøene og de viktigste tilførselsbakkene genererer mye data. I samråd med oppdragsgiveren Oppgård 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.

Det foreligger nå et nytt klassifiseringssystem iht. Vannforskriften (Vanndirektivet) som vi forsøksvis har brukt i tilstandsklassifiseringen av de aktuelle vannforekomstene. For å kunne sammenligne med tidligere års rapporter, har vi valgt å også vurdere Gjersjøenvassdraget og Kolbotnvannet både i forhold til SFTs tilstandsklasser og i forhold til Vannforskriften.

Oslo, 1. mai 2012

Sigrud Haande
Prosjektleder

Unn Hilde Refseth
Forskningsleder

Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsdirektør

Innhold

3 Sammen drag og konklusjoner

- 3 Gjersjøen
- 3 Kolbotnvannet

4 Innledning og historikk

5 Gjersjøbakkene

- 5 Tilførsler til Gjersjøen
- 6 Miljøtilstand i bakkene

7 Utvikling og tilstand i Gjersjøen

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

10 Kolbotnbakkene

- 10 Tilførsler til Kolbotnvannet
- 11 Miljøtilstand i bakkene

12 Utvikling og tilstand i Kolbotnvannet

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

Sammendrag og konklusjoner

Vannkvaliteten i Gjersjøen, Kolbotnvannet og deres tilløpsbekker i 2011 er beskrevet i hht. SFTs klassifiseringssystem: Dette systemet har følgende inndeling i vannkvalitetsklasser fra Klasse I-V: Meget god, God, Mindre god, Dårlig og Meget dårlig (**Tabell 1 a**). Vannkvaliteten i Gjersjøen og i Kolbotnvannet i 2011 er i tillegg beskrevet i hht. miljømålene i Vannforskriften (**Tabell 1 b**). Dette systemet baserer seg på biologiske kvalitetselementer, med kjemiske støtteparametere (totalfosfor, totalnitrogen, siktedyp). Dette systemet har følgende inndeling i tilstandsklasser: Svært god, god, moderat, dårlig og svært dårlig. Miljømålet som gjelder i Vannforskriften er grensen mellom god og moderat status.

Konsentrasjonen av fosfor, nitrogen og tarmbakterier er viktige mål på miljøtilstand i ferskvann. I ferskvann er fosfor viktigste begrensende næringsstoff 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. a) Fargeforklaring for SFTs tilstandsklasser for vannkvalitet (1997), b) Klassifiseringssystemet iht. Vanddirektivet (2009)

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

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 selvrengingsprosesser 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. Totalfosfor klassifiseres i dag i tilstandsklasse «Moderat» iht. Vannforskriften («Mindre god» iht. SFT's klassifiseringssystem) (**Tabell 2**). Klorofyll-a klassifiseres i tilstandsklasse «God»/«Svært god» iht. Vannforskriften («Mindre god» iht. SFT's klassifiseringssystem). Sikten i Gjersjøen bedret seg noe på slutten av 1980-tallet og klassifiseres i dag innsjøen som «Moderat» iht. Vannforskriften («Mindre god» iht. SFT's klassifiseringssystem). 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 «Svært dårlig» iht. Vannforskriften («Meget dårlig» iht. SFT's klassifiseringssystem) i forhold til denne parameteren. Nitrogen vurderes som mindre vesentlig indikator for vannkvaliteten i Gjersjøen enn de tre over nevnte.

Tabell 2. Tilstandsklasser for Gjersjøen 2011 (Oppgitte verdier er middelverdier for sesongen).

År	2011 (SFT)	2011 (VD)
Total fosfor (µg/l)	15	15
Klorofyll (µg/l)	5,0	5,0
Sikt (m)	2,6	2,6
Total nitrogen (µg/l)	1480	1480

Kolbotnvannets tilløpsbekker

Ser en på utviklingen fra 1994 og frem til 2011, har tilstanden til Kolbotnbekkene (Augestad-, Skredderstu- og Midtoddveibekken) med få unntak vært karakterisert som «Meget dårlig» for alle de tre miljøparametrene totalfosfor, totalnitrogen og tarmbakterier. Det er store år til år variasjoner, og i 2011 var det en forverring av forholdene i Augestadbekken, mens det var en forbedring i Skredderstubekken og Midtoddveibekken. I Myrvollbekken har det i 2011 vært en liten forbedring i vannkvaliteten. I Nordengabekken har det vært en forverring av vannkvaliteten de siste årene. 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. Limnoxen har pga. tekniske problemer ikke fungert optimalt fra november 2010. Den ble tatt på land for vedlikehold i mai 2011, og det har derfor ikke blitt gjennomført lufting av bunnvannet i Kolbotnvannet gjennom veksts sesongen i 2011. Dette medførte at det igjen var oksygenfrie forhold i bunnvannet i 2011 og en økning i utslipp av fosfor fra sedimentene. I 2011 var det igjen kraftig oppblomstring av cyanobakterier i slekten *Planktothrix* mot slutten av veksts sesongen, og betydelig forekomst av algetoksin av typen microcystiner. I denne perioden valgte Oppegård Kommune å gi en anbefaling om ikke å bade i Kolbotnvannet. Basert på totalfosfor og klorofyll-a ble Kolbotnvannet i 2011 klassifisert i tilstandsklasse «Dårlig» (iht. Vannforskriften og SFT's klassifiseringssystem, **Tabell 3**). Sikten i Kolbotnvannet klassifiserer innsjøen som «Moderat» iht. Vannforskriften («Dårlig» iht. SFT's klassifiseringssystem). Innholdet av totalnitrogen klassifiserer Kolbotnvannet i tilstandsklasse «Moderat» iht. Vannforskriften («Mindre god» iht. SFT's klassifiseringssystem).

Tabell 3. Tilstandsklasser for Kolbotnvannet i 2011 (oppgitte verdier er middelverdier for sesongen).

År	2011 (SFT)	2011 (VD)
Total fosfor (µg/l)	30,6	30,6
Klorofyll (µg/l)	19,7	19,7
Sikt (m)	1,8	1,8
Total nitrogen (µg/l)	586	586

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 forurensning fra tettbygde strøk.

De siste årene har det vært et sterkt fokus på Kolbotnvannet, både fra kommunens, 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 rekreasjons- 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 har den ikke fungert optimalt fra november 2010. Limnoxen ble tatt i land for vedlikehold i mai 2011, og ble satt i drift igjen i oktober 2011. Det var derfor ingen lufting av bunnvannet gjennom veksts sesongen i 2011.

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 7 prøvetakingstokt, fra mai til oktober. 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.



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.

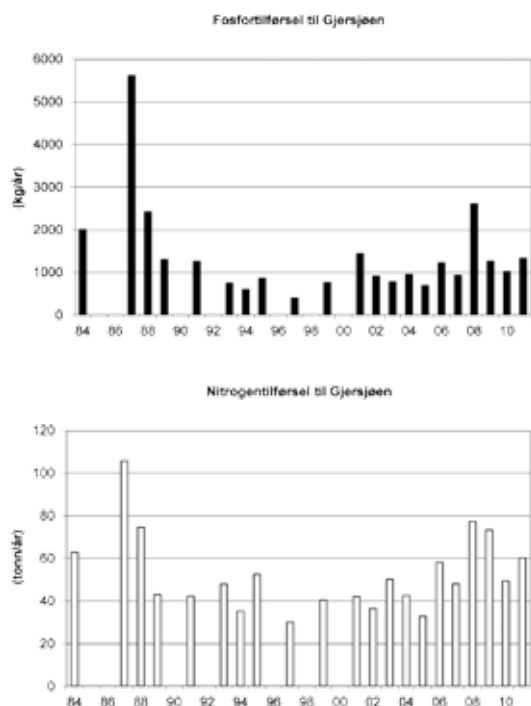
Denne rapporten gir en enkel oversikt over utviklingen i perioden 1972 – 2010 med hovedvekt på resultater fra 2010.

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.

Tilførselene 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 tilførselene 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 2009-2011 har det vært en halvering i tilførsler av totalfosfor, og tilførselene av totalnitrogen gikk også tilbake de siste tre årene, sammenlignet med 2008.



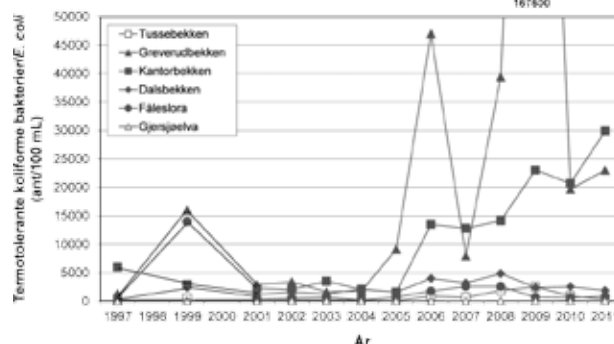
Figur 1. Årlige målte tilførsler av fosfor og nitrogen til Gjersjøen i perioden 1984-2011.

Fosfor tilføres bekkene fra kommunalt avløpsvann og fra landbruksarealer. Dalsbekken og Greverudbekken har gjennomgående bidratt med de største fosfortilførselene til Gjersjøen i måleperioden 1984-2011, mens Fåleslora har hatt lavest fosfortilførsel. Beregningene for 2011 viser at tilførselene av totalfosfor til Gjersjøen var noe høyere i de fleste bekkene sammenlignet med 2010. Den største økningen i tilførsel av totalfosfor var i Dalsbekken (fra 402 kgP/år i 2010 til 656 kgP/år i 2011). I de fleste andre bekkene var det en liten økning i tilførselene av totalfosfor til Gjersjøen. I Fåleslora var det en liten reduksjon i tilførselen av totalfosfor. Det var Dalsbekken og Tussebekken som fraktet mest fosfor til Gjersjøen i 2011, mens Fåleslora 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 landbruksarealene. 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 2011 tyder i hovedsak på det siste alternativet. Den største tilførselen av fosfor fra bekkene til Gjersjøen var i mars-april, og sammenfaller med vårmelting etter en vinter med mye snø i nedbørfeltet. Det var også flere episoder med nedbør og høy vannføring i løpet av sommeren og høsten, og det medfører høyere tilførsler til innsjøen.

Nitrogen i bekkene stammer fra nedbør, landbruks- og skogarealer, tette flater (hovedsakelig i tettbygde strøk) og kommunalt avløpsvann. Det var en liten økning i totalnitrogen-tilførselene i 2011 sammenlignet med 2010 (**Fig. 1**). De største bidragene av totalnitrogen kom fra hhv. Dalsbekken og Fåleslora, mens Kantorbekken hadde den laveste tilførselen. Det var spesielt høye tilførsler i mai-april, og dette sammenfaller med høy vannføring i vårmeltinga.

I 2011 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 Greverudbekken og Kantorbekken, og dette var tilfelle også i 2011. I Gjersjøelva, utløpselva fra Gjersjøen, var innholdet av tarmbakterier likt foregående år.



Figur 2. 90-percentiler for innhold av tarmbakterier i Gjersjøbekkene i perioden 1997-2011.

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.

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.

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.

Da det pr. 2011 ikke har blitt gjennomført en typifisering (se faktaboks om Vannforskriften) av alle bekkene som overvåkes, er det mest hensiktsmessig å klassifisere disse iht. SFTs klassifiseringssystem. Konsentrasjonen av fosfor, nitrogen og tarmbakterier er viktige mål på miljøtilstand i ferskvann etter SFTs klassifiseringssystem (**Tabell 1**). 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.

I **Tussebekken** var det ingen betydelig endring i totalfosforinnholdet sammenlignet med 2010, og tilstandsklassen er fortsatt «Dårlig». Innholdet av tarmbakterier var halvert, men gir fortsatt tilstandsklasse «Dårlig». Innholdet av nitrogen tilsvarer tilstandsklasse «Dårlig».

I **Greverudbekken** var det omtrent samme forhold i 2011 som i 2010, men bedre enn i perioden fra 2008-2009.

Innholdet av totalfosfor gir tilstandsklasse «Dårlig», mens innholdet av totalnitrogen og tarmbakterier gir tilstandsklasse «Svært dårlig».

Kantorbekken klassifiseres som «Meget dårlig» utfra innholdet av totalfosfor og tarmbakterier. Innholdet av totalnitrogen gir tilstandsklasse «Dårlig», og her er det en forbedring fra 2010 (tilstandsklasse «Svært dårlig»).

Dalsbekken klassifiseres også som «Meget dårlig» utfra innholdet av totalfosfor, totalnitrogen og tarmbakterier, og det er ingen særlig forbedring sammenlignet med de siste årene.

Fåleslora klassifiseres som «Dårlig» utfra innholdet av totalfosfor og tarmbakterier. Det har vært en reduksjon i innholdet av totalnitrogen, men det tilsvarer fortsatt tilstandsklasse «Meget dårlig».

Gjersjøelva har et høyt innhold av nitrogen («Meget dårlig») hvilket er ugunstig for Indre Oslofjord der nitrogen ofte stimulerer til økt vekst av planteplankton. Innholdet av fosfor gjenspeiler fosforkonsentrasjonen i Gjersjøen (tilstandsklasse «Mindre god»). Det går lite tarmbakterier ut fra Gjersjøen med Gjersjøelva på grunn av fortykning og selvrensingsprosesser i innsjøen.

Tabell 4. Tilstandsklasser for Gjersjøbekkene i 1994-2011.

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
Tussebekken																			
Tot-P	16	19	19	20		20		21	21	21	25	17	22	25	26	23	26	23	
Tot-N	1000	1150	1285	1269		1264		973	1125	1183	1188	1128	1224	1316	1004	1075	1136	1075	
T.coli				68		510		100	209	262	186	82	937	688	1880	2550	920	342	
Greverudbekken																			
Tot-P	27	26	86	26		64		63	36	67	43	32	60	32	144	188	34	37	
Tot-N	1291	1183	1892	1331		1464		1409	1133	1209	1487	1312	1609	1265	2013	2542	1217	1267	
T.coli				1350		16000		2900	3400	1664	1770	9110	47000	7960	39400	167600	19700	23000	
Kantorbekken																			
Tot-P	49	37	50	45		38		38	42	47	59	86	61	57	48	52	67	50	
Tot-N	1491	1250	1385	1248		1591		1145	925	925	947	1283	1250	1072	991	1117	1208	1025	
T.coli				5996		2900		2300	2050	3520	2090	1600	13510	12800	14150	23050	20700	29900	
Dalsbekken																			
Tot-P	38	54	43	42		40		61	50	39	56	45	48	45	61	51	51	51	
Tot-N	2245	2592	2241	2508		1845		1773	1767	2409	2588	2056	2359	2059	2054	2025	2142	1875	
T.coli				1084		2400		1200	1610	1300	2140	1600	4000	3200	4867	2408	2570	1886	
Fåleslora																			
Tot-P	19	31	30	24		144		35	28	32	34	32	28	39	91	23	36	30	
Tot-N	7882	5025	4458	3596		3736		2382	2548	3975	3505	3302	2913	4238	7107	7758	5758	4025	
T.coli				269		14000		373	530	746	228	725	1770	2600	2600	724	647	854	
Gjersjøelva																			
Tot-P	13	11	9	11		15		18	13	12	10	11	12	13	14	14	14	13	
Tot-N	1645	1725	1654	1492		1564		1291	1308	1467	1465	1365	1541	1643	1627	1592	1592	1508	
T.coli				13		36		24	16	39	8	22	31	22	41	31	46	28	

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

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

Utvikling og tilstand i Gjersjøen

Vanndirektivet

I forbindelse med implementeringen av EUs Vanndirektiv 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. Flere av de biologiske kriteriene er fortsatt under utvikling, bl.a. kriterier for planteplankton. 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 en Klassifiseringsveileder (Klassifisering av miljøtilstand i vann, 01:2009, <http://www.vannportalen.no/>). Klassifiseringssystemet er fortsatt under utvikling.

Det er utarbeidet en innsjøtypifisering basert på parametrene kalsium og humusinnhold, samt størrelse og høyderegion (høyde over havet). Grunnet til denne vanntypeinndelingen er at ulike vann typer 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 vann type, vil klassifiseringssystemet iht. Vanndirektivet ha strengere, eller mindre strenge grenser mellom de tilsvarende tilstandsklassene avhengig av vann typen.

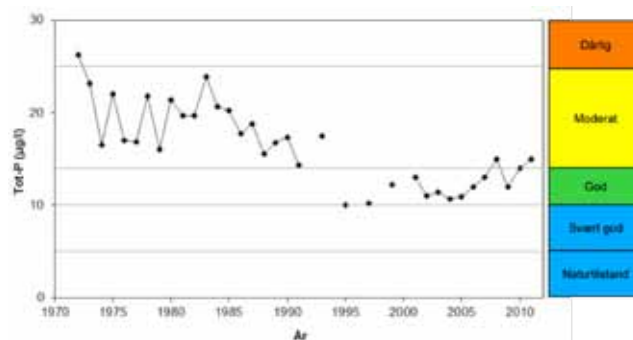
Gjersjøen og Kolbotnvannet tilhører innsjøtype L-N1, kalkrik og klar.
For bekkene foreligger det ikke relevante data på vannkjemi for å kunne sette vann type.

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 20 årene. Lave verdier på 1960- og 70-tallet førte til ugunstige 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 («Dårlig» iht. SFT's klassifiseringssystem). Etter at Nordre Follo Renseanlegg ble satt i drift i 1971 sank fosforkonsentrasjonen frem til 1995 og har siden holdt seg på omtrent samme nivå på grensen mellom tilstandsklasse «God» og «Moderat» iht. Vannforskriften («God» og «Mindre god» iht. SFT's klassifiseringssystem). I 2011 var middelkonsentrasjonen av totalfosfor i Gjersjøen 15 µg/L (Tilstandsklasse «Moderat» -VF, Tilstandsklasse «Mindre god»-SFT).

Gjersjøen hadde i 2011 en totalnitrogen-konsentrasjon på 1480 µg/L, noe som tilsvarer tilstandsklasse «Svært dårlig» iht Vannforskriften («Meget dårlig» iht SFT's klassifiseringssystem). Da Gjersjøelva renner ut i Bunnefjorden, kan den



Figur 3. Fosforkonsentrasjonen i Gjersjøen (0-10 m dyp) for perioden 1971-2011. Figuren viser middelverdien av totalfosfor for hvert år, samt grensene mellom de ulike økologiske tilstandsklassene i klassifiseringssystemet til Vannforskriften.

høye konsentrasjoner av nitrogen bidra til å forverre algesituasjonen i Indre Oslofjord. Tiltak for å begrense tilførselen kan derfor bli aktuelle i forbindelse med implementeringen av EUs vanndirektiv i årene som kommer.

I perioden juni - august ble det tatt prøver 3 ganger til analyse av plantevernmidler (pesticider). Prøvene ble tatt på 36 meters dyp, ved vanninntaket til vannverket og det ble det ikke påvist pesticider i analysene av disse vannprøvene.

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 (PO_4^{3-}) og partikkelbundet i uorganisk eller organisk materiale. Total-fosfor-analysene omfatter alle fraksjonene. Fosfat (PO_4^{3-}) er den mest biotilgjengelige fraksjonen for planteplanktonet og blir tatt opp i algebio-massen 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 (NO_3^-) og ammonium (NH_4^+) er de viktigste nitrogen-kildene for planteplanktonet i innsjøen. Nitrogen oppfattes ikke som avgjørende viktig for tilstanden i de undersøkte vassdragene, men tas likevel med i vurderingene fordi nitrogentilførsle fra vassdraget til Indre Oslofjord er viktige.

Oksygen

En innsjø tilføres oksygen fra overflatelaget ved innblanding av atmosfærisk oksygen, fra planter og algers fotosyntese, samt fra ellevann. 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 dypeste 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.

Klorofyll-a

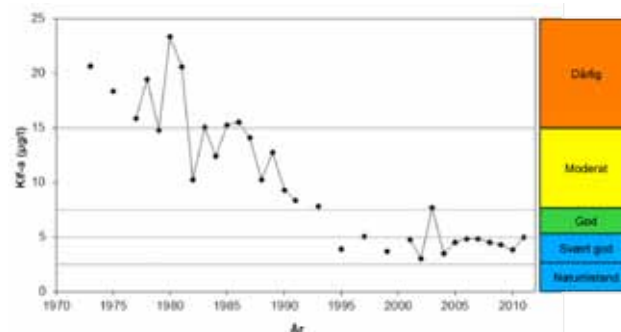
Alle planter, alger og cyanobakterier inneholder pigmentet klorofyll-a som brukes for å høste solenergi til fotosyntesen. Konsentrasjonen av klorofyll-a i en innsjø brukes derfor som et mål for planteplankton-biomasse, selv om innholdet av klorofyll-a pr. celle varierer noe fra en organismegruppe til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

Biologiske forhold

Planteplankton og cyanobakterier

Redusert fosforkonsentrasjon i Gjersjøen har ført til gradvis avtakende konsentrasjon av planktonalger siden undersøkelsene startet i 1972. Det har vært en markert nedgang i klorofyll-a, fra ca. 20 $\mu\text{g/L}$ i 1972 til 5 $\mu\text{g/L}$ i 2011 (Fig. 4). På bakgrunn av klorofyll-a konsentrasjonen ligger Gjersjøen på grensen mellom tilstandsklassene «Svært god» og «God» iht. Vannforskriften (Grensen mellom «God» og «Mindre god» iht. SFT's klassifiseringssystem).



Figur 4. Konsentrasjon av klorofyll-a i Gjersjøen for perioden 1972-2011 (middelverdier 0-10 meters dyp), samt grensene mellom de ulike økologiske tilstandsklassene i klassifiseringssystemet til Vanndirektivet.

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 16-års perioden 1995-2011, viser analyseresultatene for planteplanktonsamfunnet at vannmassene har bedret seg betraktelig fra undersøkelsens begynnelse selv om en registrerer tilbakeslag i enkelte år.

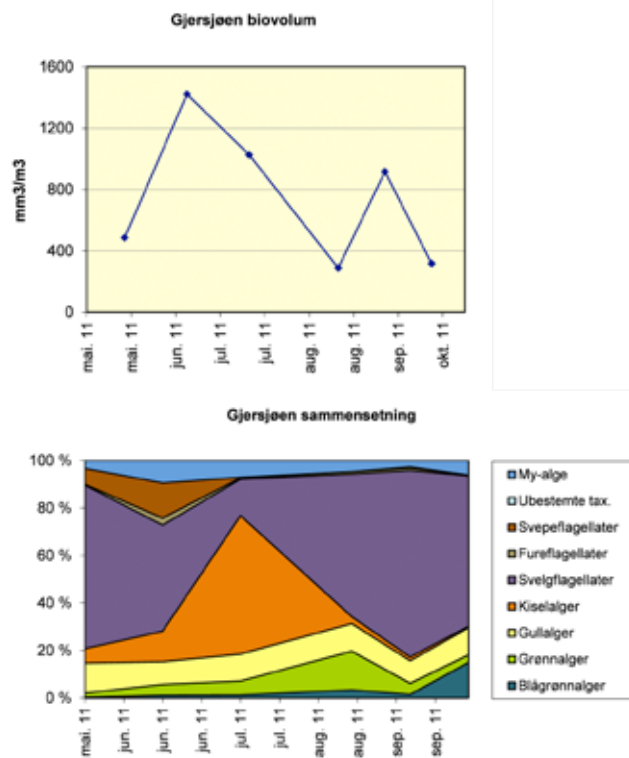
Planteplanktonsammensetningen i Gjersjøen i 2011 vises i **Figur 5**. Det var en dominans av kiselalger i begynnelsen av vekstsesongen, og svelgflagellater var dominerende gjennom hele vekstsesongen i 2011. Det var kun en liten andel cyanobakterier, og de utgjorde mindre enn 5 % av den totale biomassen i 2011. De siste årene har det vært små oppblomstringer av ulike cyanobakterieslekter i Gjersjøen, men dette ble ikke observert i 2011. Den totale biomassen av planteplankton var på samme nivå som de siste ti årene. Det ble ikke påvist algetoksiner av typen microcystiner i hele 2010.

Tarmbakterier

Analysen av tarmbakterier i 2011 bekrefter at det i perioder kan være betydelige tilførsler av urensset avløpsvann til Gjersjøen (se **Tabell 4**). Bakterietallet i overflateprøvene lå lavt gjennom det meste av sommersesongen i 2011, med unntak av i september. Denne prøven ble tatt rett i etterkant av en periode med mye nedbør. Som påpekt i tidligere rapporter, vil en utbedring av ledningsnettene 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. 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. Totalfosfor klassifiseres i dag i tilstandsklasse «Moderat» iht. Vannforskriften («Mindre god» iht. SFT's klassifiseringssystem) (Tabell 5). Klorofyll-a klassifiseres i tilstandsklasse «God»/«Svært god» iht. Vannforskriften («Mindre god» iht. SFT's klassifiseringssystem). Sikten i Gjersjøen bedret seg noe på slutten av 1980-tallet og klassifiseres i dag innsjøen som «Moderat» iht. Vannforskriften («Mindre god» iht. SFT's klassifiseringssystem). 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 «Svært dårlig» iht. Vannforskriften («Meget dårlig» iht. SFT's klassifiseringssystem) i forhold til denne parameteren.



Figur 5. Biovolum av planteplankton, og sammensetningen (algegrupper) i Gjersjøen i 2011. Merk: Prøve fra 02.08.2011 mangler.

Tabell 5. Tilstandsklasser for Gjersjøen 1984-2011. Øverst: SFT tilstandsklasser (1984-2011). Nederst: Vannforskriftens tilstandsklasser (2009-2011).

År	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1991	1993	1995	1997	1999	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Total fosfor (µg/l)	21	20	18	19	16	16	15	12	10	11	12	13	11	11	11	11	12	13	15	12	14	15
Klorofyll (µg/l)	12,0	15,0	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
Sikt (m)	2,0	2,0	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
Total nitrogen (µg/l)	1400	1500	1438	1630	1350	1630	1563	1771	1800	1529	1560	1300	1280	1520	1476	1374	1543	1744	1640	1520	1560	1480

År	2009 (VD)	2010 (VD)	2011 (VD)
Total fosfor (µg/l)	12	14	15
Klorofyll (µg/l)	4,3	3,8	5,0
Sikt (m)	2,9	3,0	2,6
Total nitrogen (µg/l)	1520	1560	1480

E. coli/Termotabile koliforme bakterier (tarmbakterier)

Mange forskjellige infeksjonssykdommer kan overføres med drikkevann. De aller fleste av de sykdomsfremkallende organismene skiller 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 termotabile koliforme bakterier med en membranfiltermetode (44,5 °C), til å måle direkte på E. coli med et kit (Coli-Quantitray metode). Disse metodene gir overensstemmende resultater for termotabile koliforme bakterier.

Kolbotnbekkenene

Tilførsler til Kolbotnvannet

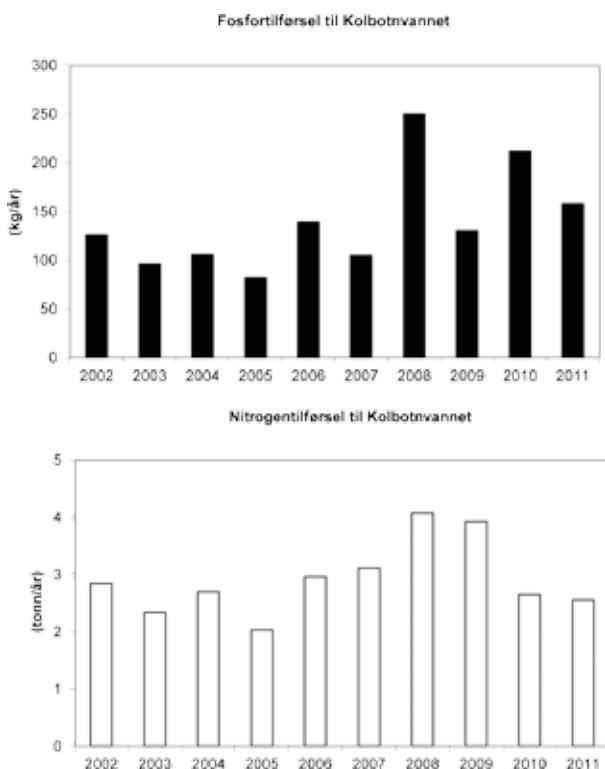
Siden 2001 er det innenfor dette programmet tatt kontinuerlige vannføringsmålinger i 3 tilløpsbekker (Augestad-, Skredderstu- og Midtoddveibekken) til Kolbotnvannet. Dette har gjort det mulig å beregne en grov stofftransport til innsjøen. I 2010-2011 var det imidlertid ikke mulig å få gode vannføringsdata fra Midtoddveibekken, da overløpet til dels er ødelagt. Det blir derfor kun rapportert på tilførsler fra Augestadbekken og Skredderstubekken for 2011.

I 2011 var de beregnede årlige tilførselene 158 kg fosfor og 2,6 tonn nitrogen til Kolbotnvannet fra de to aktuelle tilførselsbekkene. Det var en reduksjon i tilførselen av totalfosfor sammenlignet med 2010, mens tilførselen av totalnitrogen var omtrent på samme nivå som i 2010 (Fig. 6). Det skjedde en økning i tilførselene av totalfosfor i Augestadbekken, men en betydelig reduksjon i Skredderstubekken i 2011 sammenlignet med 2010. 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 2010, men her er ikke vannføring målt.

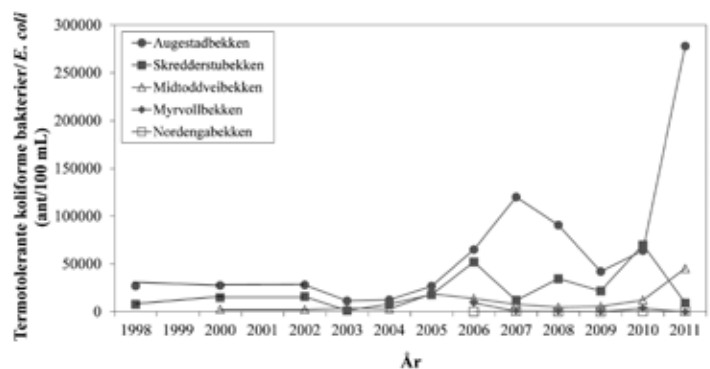
Augestadbekken har gjennomgående bidratt med den største fosfortilførselen til Kolbotnvannet, men det har også vært år hvor tilførselene fra Skredderstubekken har vært høye. Det ble

også målt høye konsentrasjoner av totalfosfor i Midtoddveibekken i 2011. Dataene for vannføring og totalfosfor i bekkene tyder på en kombinasjon av punktutslipp og overløp/feilkoblinger i ledningenettet i 2011. I mai-april var det snøsmelting og høy vannføring i bekkene, og økte tilførsler av fosfor. Den største tilførselen av fosfor fra bekkene var i februar, og dette sammenfaller med svært høyt nivå av totalfosfor i Augestadbekken (samt gjennomgående høye konsentrasjoner av alle målte parametere), og dette er trolig et resultat av tilsig av kloakk. Det var ytterligere to episoder med høye totalfosfor-konsentrasjoner i Augestadbekken, i mai og i august, som trolig er et resultat av punktutslipp.

Målte konsentrasjoner av tarmbakterier har vært svært høye i Kolbotnbekkenene de siste årene (Fig. 7). Dette viser tydelig at det er mulige lekkasjer av urensset avløpsvann fra kloakkenettet. I 2005-2006 var det en betydelig økning av tarmbakterieinnholdet i Augestad-, Skredderstu- og Midtoddveibekken. I årene etterpå har det vært en nedgang i Midtoddveibekken, mens det fortsatt har vært svært høyt tarmbakterieinnhold i Skredderstubekken og særlig i Augestadbekken. I 2011 var det en dramatisk økning av tarmbakterier i Augestadbekken, og det var også en økning i tarmbakterieinnholdet i Midtoddveibekken. I Skredderstubekken var det en betydelig reduksjon i tarmbakterieinnholdet, og i Myrvollbekken og Nordengabekken var det forholdsvis lave verdier av tarmbakterier.



Figur 6. Målte tilførsler av fosfor og nitrogen til Kolbotnvannet i perioden 2002-2011 fra Augestad og Skredderstubekken.



Figur 7. 90-percentiler for innhold av tarmbakterier i Kolbotnbekkenene i perioden 1998-2011.

Miljøtilstand i bekkene

Ser en på utviklingen fra 1994 og frem til 2011, har tilstanden til Kolbotnbekken (Augestad-, Skredderstu- og Midtoddveibekken) med kun ett par unntak vært karakterisert som «Meget dårlig» for alle de tre miljøparametrene totalfosfor, totalnitrogen og tarmbakterier (**Tabell 6**).

I **Augestadbekken** var det en betydelig økning i konsentrasjonen av totalfosfor sammenlignet med 2008-2010. I 2011 var det flere episoder hvor det ble målt svært høye verdier av totalfosfor, totalnitrogen og tarmbakterier, og middelverdiene av alle tre parametrene er høyere enn de foregående årene. Bekken klassifiseres som «Meget dårlig» basert på alle parametrene.

I **Skredderstubekken** var det en betydelig reduksjon i innholdet av totalfosfor og tarmbakterier sammenlignet med 2010. Totalfosfor-innholdet gir tilstandsklasse «Dårlig», mens totalnitrogen og tarmbakterier gjør at denne bekken klassifiseres som «Meget dårlig».

I **Midtoddveibekken** klassifiseres som «Meget dårlig» basert på alle tre parametre. Det ble mot slutten av året målt høye verdier av totalfosfor, totalnitrogen og tarmbakterier.

Myrvollbekken klassifiseres som «Dårlig» basert på totalfosfor og totalnitrogen, og som «Mindre god» basert på tarmbakterier.

Nordengabekken klassifiseres som «Dårlig» basert på alle tre parametre.



Tabell 6. Tilstandsklasser for Kolbotnbekken i perioden 1994-2011.

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
Augestadbekken																			
Tot-P	93		81		77		58		120	130	118	102	230	214	88	73	173	341	
Tot-N	2864		2800		2564		1883		2800	2563	2563	2515	3467	3343	2079	2100	2258	3217	
T.coli					27000		27540		28000	11520	12500	26760	65000	120000	90700	42100	63900	278000	
Skredderstubekken																			
Tot-P	111		54		258		54		116	55	70	81	50	29	129	55	161	47	
Tot-N	3050		2523		2691		1917		2583	1973	2241	2086	1893	1838	2278	2075	2008	2017	
T.coli					7800		15000		15900	1280	8200	17940	52000	12000	34600	21700	70050	9300	
Midtoddveibekken																			
Tot-P							61		47	56	74	54	54	32	39	41	107	87	
Tot-N							2167		2077	2291	2413	2030	2362	1913	1813	1942	2517	2508	
T.coli							2580		2230	3670	3070	18800	13900	7860	4900	5630	12190	45200	
Myrvollbekken																			
Tot-P													31	21	51	55	58	26	
Tot-N													1217	1128	1121	1142	1182	1064	
T.coli													9362	767	572	254	3622	66	
Nordengabekken																			
Tot-P													16	12	24	31	14	25	
Tot-N													1199	1303	1159	1242	1217	1192	
T.coli													77	549	180	52	220	399	

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

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

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_2S) 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. Limnoxen har pga. tekniske problemer ikke fungert optimalt fra november 2010. Den ble tatt på land for vedlikehold i mai 2011, og det har derfor ikke blitt gjennomført lufting av bunnvannet i Kolbotnvannet gjennom vekstsesongen i 2011. Limnoxen ble satt i drift igjen i oktober 2011. For å dokumentere effekten, har det blitt gjennomført et utvidet måleprogram i Kolbotnvannet. I tillegg til hovedstasjonen ble det tatt oksygenprofil på 6 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 fosfatet fra sediment.



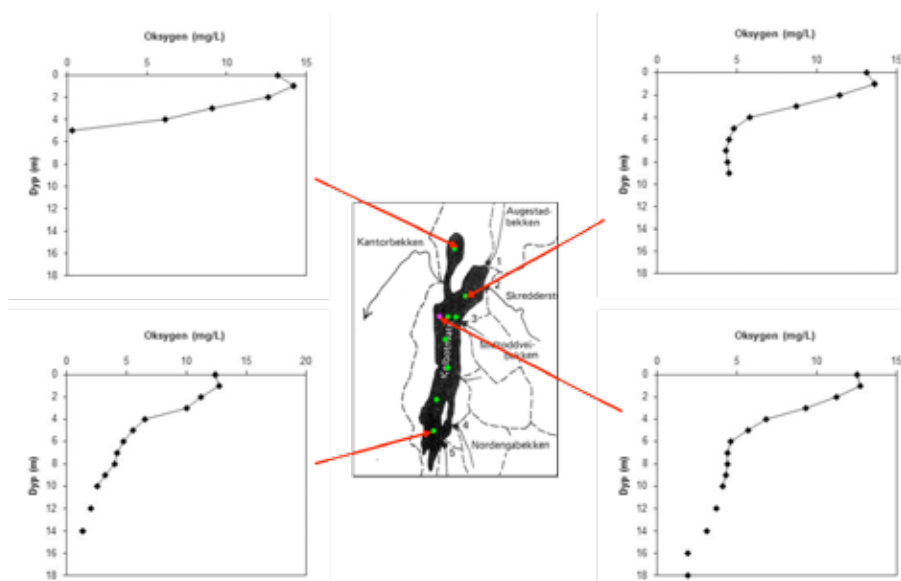
Figur 8. Plassering av Limnox (rød prikk) og målestasjoner for utvidet program (grønne prikker).

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.

Vanligvis er bunnvannet i innsjøen fri for oksygen allerede i juni. Resultater fra det utvidede måleprogrammet har vist at lufting med Limnoxen gir gode oksygenforhold i bunnvannet i hele Kolbotnvannet. I 2011 viser imidlertid resultatene at det er lite oksygen i bunnvannet allerede tidlig i vekstsesongen (Fig. 9). Dette understreker hvordan oksygenforholdene i Kolbotnvannet utvikler seg uten påvirkning av lufting med Limnoxen. En sammenligning av data fra 2006-2011 viser at Limnoxen har en positiv effekt på oksygenkonsentrasjonen når den er i normal drift (Fig. 10).

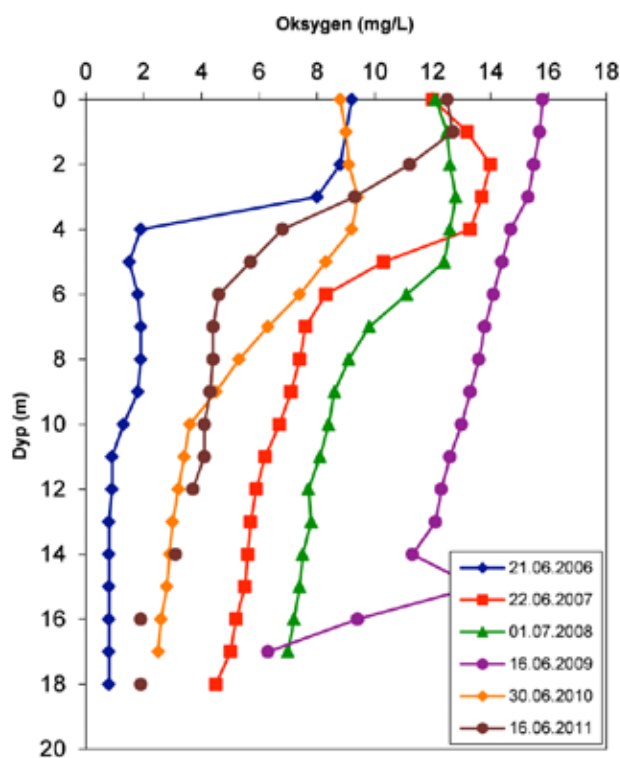
Figur 11 viser konsentrasjonen av fosfor i bunnvannet på slutten av sommeren i perioden 2000-2011. Verdier over 400 $\mu g/l$ i 2005/2006 er i tråd med kraftig utslipp av fosfat fra sedimentet. I 2007, samme året som Limnoxen ble tatt i bruk, ble det funnet en betydelig tilbakegang fra ca. 450 $\mu g/l$ (2006) til ca. 230 $\mu g/l$ (2007). I 2008 og 2009 var det fortsatt en betydelig reduksjon i konsentrasjonen av fosfor, til henholdsvis 78 $\mu g/L$ og 70 $\mu g/L$. I 2011 var gjennomsnittsverdien for totalfosfor 132 $\mu g/L$ i bunnvannet, og denne økningen var trolig et resultat av at det i perioder var oksygenfrie forhold i bunnvannet dette året. Resultatene viser at luftning av bunnvannet har medført en reduksjon i intern-gjødslingen med 50 - 80 %. I forbindelse med vurdering av tiltak for Kolbotnvannet ("Tiltaksvurdering i Kolbotnvannet",



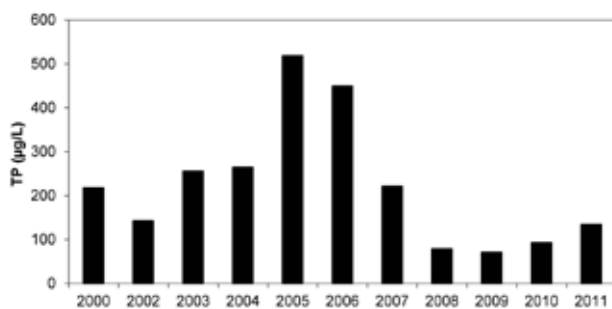
Figur 9. Oksygenprofiler på flere stasjoner i Kolbotnvannet den 16.06.2011

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 2007-2010 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 avtar konsentrasjonene betydelig (Fig. 12). I 2011 var gjennomsnittsverdien for totalfosfor på 30,6 µg/L, og dette er på samme nivå som i 2009-2010 (Tilstandsklasse «Dårlig»-VF, tilstandsklasse «Dårlig»-SFT). Totalfosfor-konsentrasjonen må reduseres til under 14 µg/L



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



Figur 11. Konsentrasjonen av fosfor i bunnvann (hovedstasjonen) på slutten av sommeren i årene 2000-2010.

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.

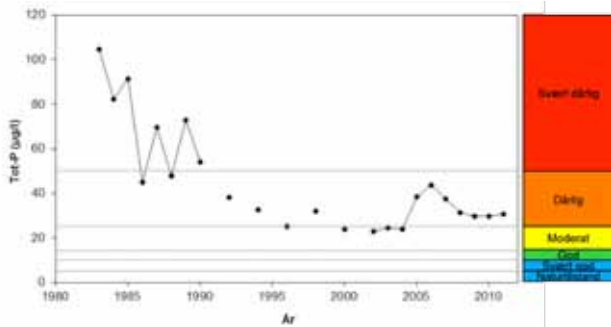
Utviklingen av nitrogenkonsentrasjonen i Kolbotnvannet viser en tydelig avtakende tendens siden midten av 1980-årene. I 2011 var innholdet av totalnitrogen i Kolbotnvannet på 586 µg/L, noe som tilsvarer tilstandsklasse «Moderat» iht. Vannforskriften («Mindre god» iht. SFT's klassifiseringssystem). Hovedkilden 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.

Oksygenvinn og H₂S-dannelse i bunnvannet

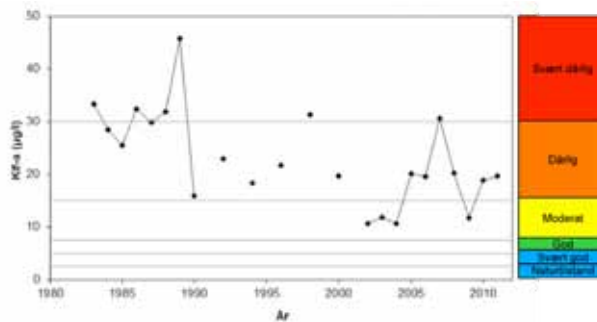
I en innsjø som er lite forurensset vil oksygenmetningen være nær 100 % fra overflaten ned mot bunnen. Stor tilførsel av fosfor og nitrogen medfører økt algeproduksjon i innsjøen. Partikler i tilført kloakkvann, erosjonsmateriale /landbruksavrenning og produserte alger synker til bunns og nedbrytes av bakterier. Nedbrytningen forbruker oksygenet i de dypeste vannmassene. Når alt oksygenet er oppbrukt går bakteriene over til svovel som energikilde og omdanner det til H₂S (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.



Figur 12. Målte konsentrasjoner av total fosfor ($\mu\text{g/L}$) i Kolbotnvannet (0-4 meter) for perioden 1984-2010, samt grensene mellom de ulike økologiske tilstandsklassene i klassifiseringssystemet til Vanndirektivet.



Figur 13. Konsentrasjon av klorofyll-a i Kolbotnvannet for perioden 1972-2010 (middelverdier 0-4 meters dyp), samt grensene mellom de ulike økologiske tilstandsklassene i klassifiseringssystemet til Vanndirektivet [referansetilstanden, svært god (SG), god (G), moderat (M), dårlig (D)].

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 alge mengden) variert mellom tilstandsklasse «Dårlig» og «Svært dårlig» iht. Vannforskriften (**Fig. 13**).

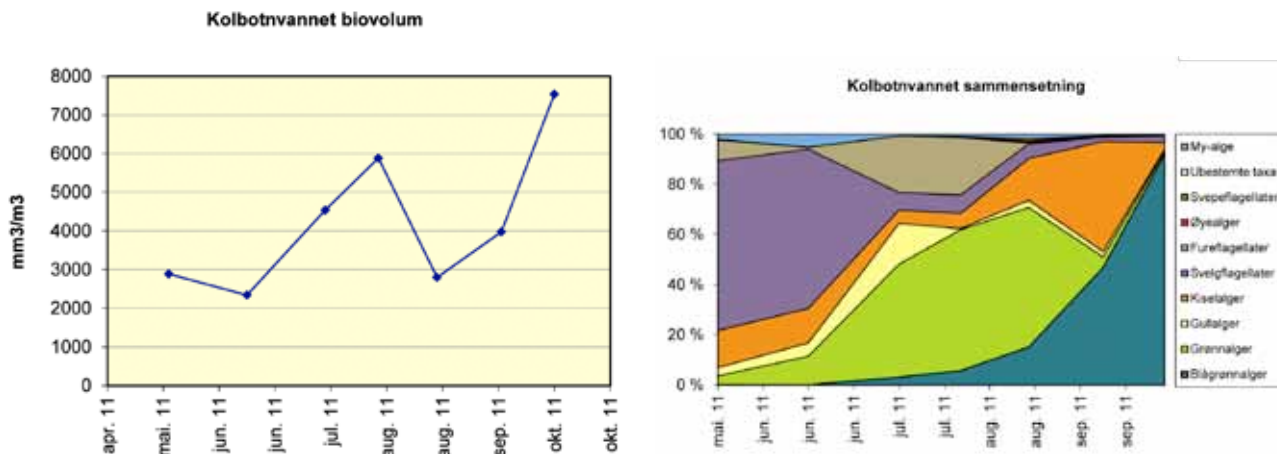
I perioden 2002-2004 var klorofyllverdiene lavere, men i 2005 og 2006 var middelverdiene henholdsvis $20.1 \mu\text{g/L}$ og $19.5 \mu\text{g/L}$, på grensen mellom tilstandsklasse «Dårlig» og «Svært dårlig» iht. Vannforskriften («Dårlig» og «Meget dårlig» iht. SFT's klassifiseringssystem). I 2007 var det en betydelig økning i klorofyll-a ($30.6 \mu\text{g/L}$), noe som i hovedsak skyldtes en kraftig oppblomstring av cyanobakterier. I 2011 var den gjennomsnittlige klorofyllverdien $19.7 \mu\text{g/L}$, i tilstandsklasse «Dårlig» iht. Vannforskriften («Dårlig» iht. SFT's klassifiseringssystem).

Planteplanktonsammensetningen i Kolbotnvannet i 2011 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 var det dominans av svelgflagellater, kiselalger og grønnalger i starten av vekstsesongen. Fra august var det sterk dominans av cyanobakterier, og det var arter i slekten *Planktothrix* som igjen ble observert i Kolbotnvannet. Den totale biomassen av planteplankton i 2011 var på omtrent samme nivå som de siste årene, men sammensetningen viser store år til år variasjoner. 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 oppblomstringssituasjoner av cyanobakterier i innsjøen.

Cyanobakterier og giftproduksjon

Fra sommeren 2005 startet man å måle innholdet av microcystin i Kolbotnvannet etter mistanke om oppblomstring av giftproduserende stammer. 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. Fra august 2011 ble det igjen målt betydelige mengder av microcystin i Kolbotnvannet (**Fig. 15**), og det er mest sannsynlig *Planktothrix* som er microcystinprodusent.

Mange cyanobakterier 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. I 2011 utviklet det seg først en oppblomstring av *Planktothrix* 3-4 meters dyp. Vi ser også at det ble målt høyest konsentrasjon av microcystin i dette dypet i august. Utover seinsommeren og høsten hadde populasjonen av *Planktothrix* trukket oppover til overflatelaget. Stadig mer vind utover høsten og nedbrytning av innsjøens lagdeling omfordeler cyanobakteriene slik at de blir mer jevnt fordelt med dypet. Dette kan også skje på sommeren dersom man har mye vind og svekket sprangsjikt. I et slikt tilfelle vil giftstoffene som cyanobakteriene produserer lettere komme i kontakt med mennesker ved f. eks bading. I september og oktober ble det målt svært høye verdier av microcystin i overflatevannet i Kolbotnvannet ($30-40 \mu\text{g/l}$), og disse var mye høyere enn den anbefalte grenseverdien ($10 \mu\text{g microcystin/L}$) som WHO anbefaler for badevann. I denne perioden valgte Oppegård Kommune å gi en anbefaling om ikke å bade i Kolbotnvannet. Prøver som ble tatt i slutten av oktober og i november viste også at det fortsatt var høy biomasse av *Planktothrix* i overflatevannet og at det var svært høye microcystinkonsentrasjoner (data ikke vist her). Det er et kjent fenomen at *Planktothrix* kan utvikle en høst-oppblomstring og deretter opprettholde overlevelse og vekst ved å legge seg som et sjikt rett under isen i løpet av vinteren. Denne situasjonen vil muligens kunne oppstå i Kolbotnvannet gjennom vinteren 2011/2012, og en kan da forvente at det fortsatt er mye *Planktothrix* i innsjøen når isen går på våren.



Figur 14. Biovolum av planteplankton, og sammensetning (algegrupper) i Kolbotnvannet i 2011.

Miljøtilstand i Kolbotnvannet

Konsentrasjonen av totalfosfor i Kolbotnvannet bedret seg fra begynnelsen av 1990-tallet, men klassifiserer fremdeles innsjøen som «Dårlig» iht. Vannforskriften (og SFT's klassifiseringssystem) (Tabell 7). En høy konsentrasjon av fosfor stimulerer til mye algevekst, og dette gjenspeiles i mengden av klorofyll-a. I 2011 var verdien av Klorofyll-a 19,7 µg/L og tilsvarer tilstandsklasse «Dårlig» iht. Vannforskriften («Dårlig» iht. SFT's klassifiseringssystem). Gjennomsnittlig siktedyp i Kolbotnvannet var på 2,5 meter i 2011.

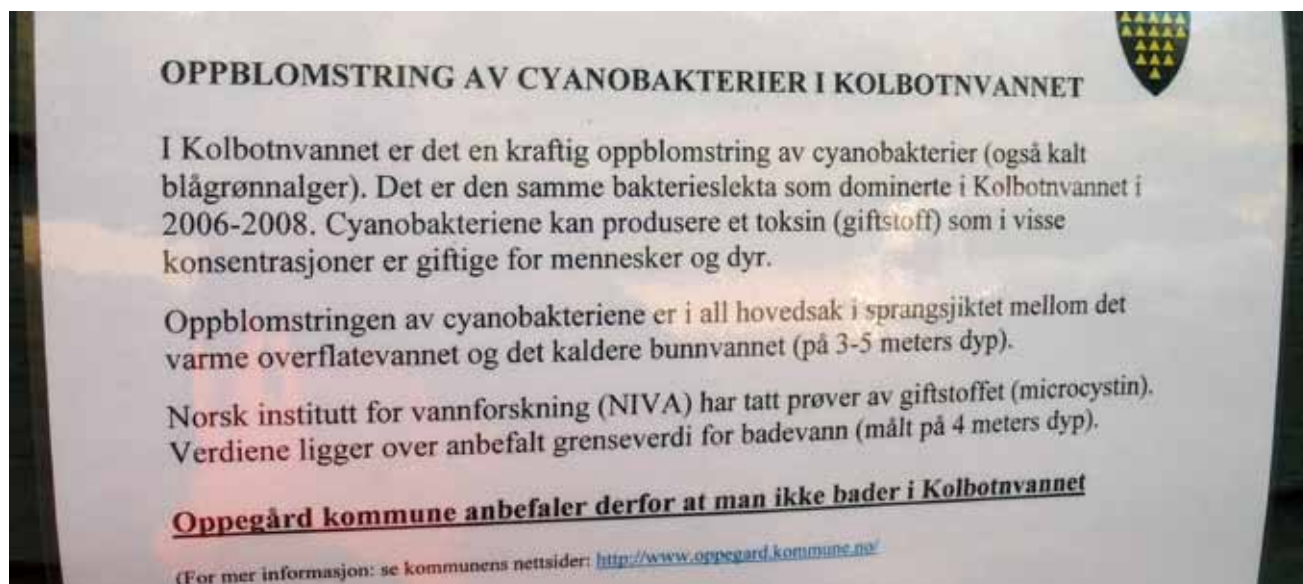
Microcystiner

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.

Tabell 7. Tilstandsklasser for Kolbotnvannet i 1984-2011. Øverst: SFT tilstandsklasser (1984-2011). Nederst: Vannforskriftens tilstandsklasser (2009-2011).

År	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Total fosfor (µg/l)	82,3	91,4	50,7	69,7	47,9	72,9	54,1	36,1	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
Klorofyll (µg/l)	28,4	25,4	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
Sikt (m)	1,5	2,0	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
Total nitrogen (µg/l)	1033	1321	1367	1390	1136	1010	1197	913	1000	817	920	617	660	520	723	622	618	753	620	774	612	586

År	2009 (VD)	2010 (VD)	2011 (VD)
Total fosfor (µg/l)	29,7	29,7	30,6
Klorofyll (µg/l)	11,7	18,8	19,7
Sikt (m)	3,3	2,5	1,8
Total nitrogen (µg/l)	774	612	586





Norsk institutt for vannforskning

NIVA Hovedkontor
Gaustadalléen 21, 0349 Oslo
Telefon 22 18 51 00
www.niva.no niva@niva.no