

Haldenvassdraget vannområde

# ► Tilstandsvurdering av innsjøer i Haldenvassdraget etter kvalitetselementet planteplankton

Datarapport 2023

Oppdragsnr.: 5202703 Dokumentnr.: 01 Versjon: J02 Dato: 2024-05-12



**Oppdragsgiver:** Haldenvassdraget vannområde  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Lars Kristian Selbekk  
**Rådgiver:** Norconsult AS, Kjørboveien 22, NO-1337 Sandvika  
**Oppdragsleder:** Trond Stabell  
**Fagansvarlig:** Trond Stabell  
**Andre nøkkelpersoner:** Leif Simonsen

## Forord

Dette oppdraget er gitt av Haldenvassdraget vannområde.

Hovedformålet med undersøkelsen har vært å klassifisere tilstanden i innsjøer etter kvalitetselementet *planteplankton*. Til dette har det blitt utført målinger av klorofyll *a* og kvantitative analyser av planteplanktonet. Vannkjemiske støtteparametere har også blitt analysert.

Det ble i perioden mai – oktober 2023 tatt 8 - 9 prøver for analyse for analyse av planteplankton og 10 prøver for vannkemi i følgende innsjøer: Bjørkelangen, Hemnessjøen, Skulerudsjøen, Rødenessjøen, Aremarksjøen og Femsjøen.

Hos Norconsult er det Trond Stabell som har analysert planteplankton og som har hatt hovedansvaret for rapporteringen. Leif Simonsen og Øistein Hveding har vært ansvarlige for kvalitetssikring. Kartet i figur 1 er laget av Annlaug Meland. Vannkjemiske analyser er utført av ALS Laboratory Group Norway AS. Kontaktpersoner for oppdragsgiver har vært Lars Kristian Selbekk, leder for Haldenvassdraget vannområde.

Prøvetaking er utført av Johan Bergerud fra Utmarksforvaltningen AS.

Forsidebilde er fra Rødenessjøen, og er tatt av Lars Kristian Selbekk

Vi ønsker å takke alle for godt samarbeid underveis.



Trond Stabell

Sandvika, 12. mai 2024

J02	2024-05-12	Til bruk	Trond Stabell	Øistein Hveding	Trond Stabell
B01	2024-04-09	Til gjennomsyn	Trond Stabell	Leif Simonsen	Trond Stabell
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

## ► Innhold

<b>1</b>	<b>Lokaliteter</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Metoder</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Klassifisering</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Planteplankton i innsjøer</b>	<b>8</b>
4.1	Sesongsuksesjon	8
4.2	Typisk suksesjonsmønster, næringsfattige innsjøer.	10
4.3	Typisk suksesjonsmønster, næringsrike innsjøer.	10
<b>5</b>	<b>Resultater</b>	<b>11</b>
5.1	Bjørkelangen	12
5.2	Hemnessjøen	13
5.3	Skulerudsjøen	14
5.4	Rødenessjøen	15
5.5	Aremarksjøen	16
5.6	Femsjøen	17
5.10	Oppsummering	18
<b>6</b>	<b>Referanser</b>	<b>22</b>

## 1 Lokalteter

I denne undersøkelsen inngikk innsjøer i Haldenvassdraget med beliggenhet i kommunene Aremark, Aurskog-Høland, Halden, Indre Østfold og Marker. Det ble tatt prøver for analyse av planteplankton fra følgende innsjøer: Bjørkelangen, Hemnessjøen, Skulerudsjøen, Aremarksjøen, Rødenessjøen og Femsjøen. Oversikt over innsjøtype og beliggenhet er vist i tabell 1 og figur 1.

Tabell 1. Oversikt over innsjøene i denne undersøkelsen. Koordinater: UTM32

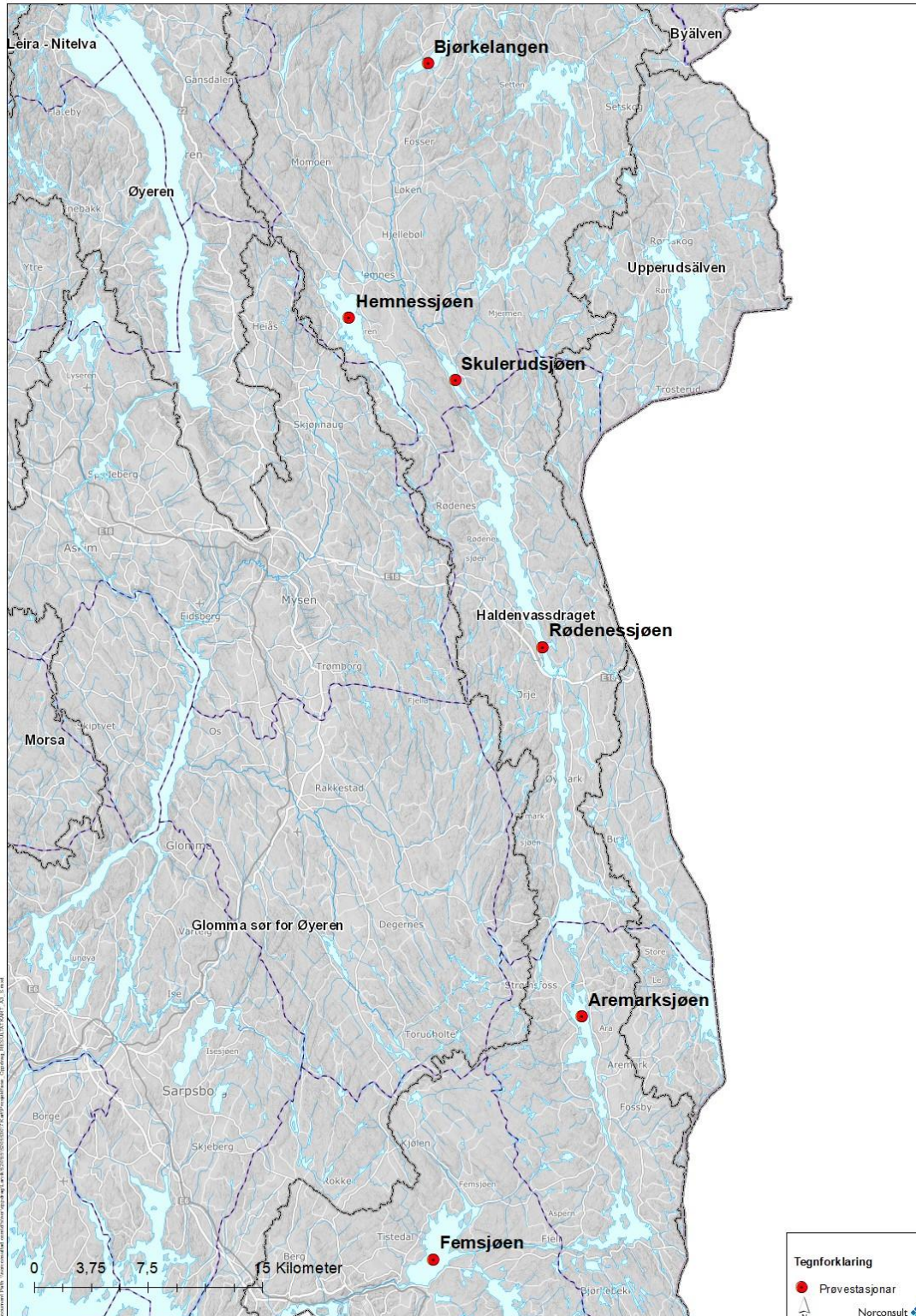
Innsjø	Innsjøtype	Vannmiljø-ID	Y-koordinat	X-koordinat
Bjørkelangen	L108	001-27839	6637200	641900
Hemnessjøen	L108	001-29656	6620450	636700
Skulerudsjøen	L108	001-38238	6616341	643694
Rødenessjøen	L106	001-31086	6598800	649450
Aremarksjøen	L106	001-28281	6574500	652000
Femsjøen	L106	001-30733	6558500	642250

## 2 Metoder

Innsamling av vannprøver, analyse av klorofyll *a* og planteplankton ble utført etter standard metoder, som beskrevet i overvåkingsveilederen (Direktoratsgruppa 2018).

Ved analyse av planteplankton ble det i de fleste tilfeller benyttet to ulike volumer for hver prøve. Så lite som 3 ml ble sedimentert i det ene kammeret. Dette ble gjort for lettere å se alle små arter, og for å kunne gå gjennom et større areal av bunnplaten. For telling av større arter og arter med lavere forekomst, ble 10 ml prøve sedimentert.

For planteplankton og vannkjemiske analyser ble det tatt fra 8 - 9 prøver i perioden fra mai til månedsskiftet september/oktober. Innsamlingen hadde i sommerperioden en noe høyere frekvens enn i resten av sesongen.



Figur 1. Beliggenhet til innsjøene i denne undersøkelsen.

### 3 Klassifisering

Den gjeldende klassifiseringsveilederen (veileder 02:2018) gir informasjon om aktuelle analyser for å vurdere tilstanden i bl.a. ferskvannsforkomster. I denne finnes også grenseverdier for inndeling i ulike kvalitetsklasser (Direktoratsgruppa, Vanndirektivet 2018).

Klassifiseringssystemet tar hensyn til vassdragstype ved klasseinndelingen. Områder med ulik geologi har ulik bakgrunnstilførsel av næringsalter, og selv uten noen menneskelig påvirkning ville vannforekomstene framstå forskjellig både med hensyn til kjemiske- og biologiske parametere. I stedet for å benytte målte verdier som utgangspunkt for klassifiseringen, benyttes derfor heller *avviket* fra en definert referansetilstand. Dette forholdstallet mellom målt verdi og referanseverdi kalles økologisk kvalitetskvotient (ecological quality ratio, EQR), og varierer fra 0 til 1, der 1 er best.

Ved klassifisering normaliseres EQR – verdiene (nEQR) for de ulike parametere på en slik måte at klassegrensene for nEQR alltid blir 0.8, 0.6, 0.4 og 0.2.

For mer utdypende forklaring om EQR-verdier og normalisering av disse, henvises det til nevnte veileder (Direktoratsgruppa, Vanndirektivet 2018).

Forekomsten av planteplankton oppgis noen steder som total biomasse, andre steder som totalt biovolum. I klassifiseringsveilederen benyttes biovolum, men enheten mg/l. Dette kan virke forvirrende, men tettheten til planktonalgene settes normalt til 1,0 mg/mm<sup>3</sup> som betyr at algenes biovolum i mm<sup>3</sup> blir identisk med deres biomasse i mg. Siden enheten i veilederen er oppgitt i mg/l, benyttes her betegnelsen biomasse heller enn biovolum.

I tabellene 2 – 5 vises grenseverdiene som er satt for de relevante innsjøtypene i denne undersøkelsen for de ulike parameterne som inngår i kvalitetselementet *planteplankton*. Disse parameterne er: Total biomasse av planteplankton, indeks for artssammensetning (PTI), biomasse av cyanobakterier (CyanO<sub>max</sub>) og klorofyll *a*.

**Tabell 2. Klassegrenser for total biomasse (mg/l) av planteplankton i innsjøtypene som var relevante i denne undersøkelsen.**

Innsjøtype	Referanse-verdi	Maksimal-verdi	I (Svært God)	II (God)	III (Moderat)	IV (Dårlig)	V (Svært dårlig)
L106	0,30	6,00	< 0,60	0,60 – 1,00	1,00 – 2,00	2,00 – 4,60	> 4,60
L108	0,34	7,00	< 0,77	0,77 – 1,24	1,24 – 2,66	2,66 – 6,03	> 6,03

Tabell 3. Klassegrenser for artssammensetning av planteplankton uttrykt i form av indeksverdien PTI.

Innsjøtype	Referanse-verdi	Maksimal-verdi	I (Svært God)	II (God)	III (Moderat)	IV (Dårlig)	V (Svært dårlig)
L106	2,09	4,00	< 2,26	2,26 – 2,43	2,43 – 2,60	2,60 – 2,86	> 2,86
L108	2,22	4,00	< 2,39	2,39 – 2,56	2,56 – 2,73	2,73 – 3,07	> 3,07

Tabell 4. Klassegrenser for maksimal biomasse (mg/l) av cyanobakterier (Cyano<sub>max</sub>).

Innsjøtype	Referanse-verdi	Maksimal-verdi	I (Svært God)	II (God)	III (Moderat)	IV (Dårlig)	V (Svært dårlig)
Alle	0,00	10,00	< 0,16	0,16 – 1,00	1,00 – 2,00	2,00 – 5,00	> 5

For komponentene total biomasse, PTI og Cyano<sub>max</sub> regnes EQR ut etter formelen:

$$EQR = \frac{\text{Observert verdi} - \text{maksimalverdi}}{\text{Referanseverdi} - \text{maksimalverdi}}$$

Det er ikke satt noen maksimalverdi for klorofyll a. EQR fastsettes da ved:

$$EQR (Kl. a) = \frac{\text{Referanseverdi}}{\text{Observert verdi}}$$

Referanseverdi og klassegrenser for klorofyll a er gitt i tabell 5.

Tabell 5. Klassegrenser for klorofyll a (µg/l).

Innsjøtype	Referanse-verdi	Maksimal-verdi	I (Svært God)	II (God)	III (Moderat)	IV (Dårlig)	V (Svært dårlig)
L106	2,7		< 5,4	5,4 - 9	9 - 16	16 - 32	> 32
L108	3,5		< 7	7 – 10,5	10,5 - 20	20 - 40	> 40

## 4 Planteplankton i innsjøer

I dette kapittelet skisserer vi en typisk biomasseutvikling av planteplankton gjennom vekstsesongen i henholdsvis næringsfattige og næringsrike innsjøer. Det kan være nyttig å ha disse mønstrene klart for seg før vi i neste avsnitt ser på resultatene fra hver enkelt innsjø.

### 4.1 Sesongsuksesjon

#### Vinter

I vinterperioden er både vanntemperatur og lysinnstråling lav, noe som fører til at veksthastigheten til planteplankton er svært lav.

Mange innsjøer er islagt. Dersom det i tillegg er et lag med snø på isen, kan lystilførselen under isen være tilnærmet null. Vannmassene vil da ligge helt i ro, og det tilføres ikke oksygen hverken fra fotosyntese eller fra atmosfæren.

Organisk materiale som gjennom forrige sesong har sunket ned til bunnen vil i løpet av vinteren brytes ned. Denne prosessen krever oksygen og frigjør næringssalter. Dersom det ikke tilføres oksygen til bunnvannet, og det er en kombinasjon av mye organisk materiale og en lang isleggingsperiode, kan alt oksygen i vannmassene like over sedimentoverflaten forbrukes. Dette gir *reduserende forhold*, som drastisk øker løseligheten til fosforholdige salter. Under slike forhold vil vi ved målinger registrere en svært høy konsentrasjon av fosfat i bunnvannet.

#### Vår

Etter isgang vil vannmassene varmes opp. Så lenge temperaturen er lav skal det lite vindpåvirkning til for å blande vannmassene. Innsjøen er inne i en periode med *fullsirkulasjon*. Planktonalger (og cyanobakterier) er svært små, og selv om lysinnstrålingen kan være sterk, vil lysforholdene for en enkelt algecelle likevel være dårlige, særlig i dypere innsjøer. Dette fordi algecellen bare i en kort periode er nær overflaten. Næringssalter som gjennom vinteren er frigjort i bunnvannet blandes nå inn i vannmassene pga. sirkulasjonen. Næringsforholdene er derfor gjerne gode, mens vanntemperaturen fortsatt er lav.

Under slike betingelser med lite lys, lav vanntemperatur og relativt høy konsentrasjon av bl.a. fosfor, er det vanligvis arter innenfor gruppen av kiselalger som vokser raskest. Disse vil da dominere samfunnet av planteplankton, og svært ofte danne det vi kaller en *våroppblomstring*.

Vannets tetthet avtar med økende temperatur, men *forskjellen* i tetthet pr. grad øker etter hvert som temperaturen stiger. Det betyr at det er mye større tetthetsforskjell på vannmasser med en temperatur på f.eks. 19 °C og 20 °C enn det er mellom vannmasser på henholdsvis 4 °C og 5 °C. Med økende vanntemperatur skal det dermed stadig mer energi til for å få vannmassene til å fullsirkulere. Selv i vindeksponerte innsjøer lar dette seg ikke lenger gjøre når temperaturen stiger opp mot 10 °C. Innsjøen blir da termisk sjiktet, og det vil nå bare være de øverste meterne av vannmassene som sirkulerer. Vi kan gjerne definere dette som overgangen til *sommerperioden*.

#### Sommer

I denne perioden vil både lysinnstråling og vanntemperatur være høy, og med permanent sjiktete vannmasser har vi nå fysisk sett en svært stabil periode. Våroppblomstringen av planteplankton har kollapset som et resultat av at alt av tilgjengelige næringssalter er brukt opp, pga. økt beitemetrykk fra dyreplankton som nå også

har rukket å vokse opp, eller pga. temperatursjiktningen som gir økt tap via sedimentasjon ut av blandingssonen. For kiselalger er det gjerne en kombinasjon av disse faktorene som er årsak til at populasjonen bryter sammen. Mesteparten av fosforet i vannet er nå bundet opp i biomassen av planteplanktonet, og trekkes dermed ut av de øvre vannmassene når disse algene dør og synker ut av blandingssjiktet.

Like etter at vannmassene sjiktes får vi derfor gjerne en fase hvor det er lite planteplankton og hvor vannet er mye klarere enn ellers. Dette fenomenet er såpass vanlig at vi gjerne kaller det for *klarvannsfasen*. Vanligvis vil denne inntreffe en eller annen gang i løpet av juni.

Nå går vi inn i den perioden som kanskje er den mest interessante. På grunn av den termiske sjiktningen vil tilførsler av næringssalter fra sedimentene, såkalte *interne kilder*, være svært begrenset. Skal biomassen av planteplankton nå øke igjen, vil det kreve tilførsel av næringssalter utenifra, altså *ekstern tilførsel* fra bekker, elver og diffus avrenning.

Det er dermed utviklingen av planktonsamfunnet gjennom sommerperioden som gir oss best innsikt i omfanget av eksterne tilførsler av næringssalter til innsjøen. Dersom slike tilførsler er veldig begrenset, vil biomassen av planteplankton holde seg lav. Tilføres derimot store mengder næringssalter vil forekomsten av planteplankton øke raskt, siden lys- og temperaturforholdene er gode.

I en situasjon med gode lysforhold, høy vanntemperatur og god tilgang på næringssalter vil det ofte være en eller flere arter av grønnalger som dominerer samfunnet av planteplankton. Disse artene er imidlertid nokså bra føde for dyreplankton, og denne beitingen bidrar ofte til å holde den totale biomassen av planteplankton på et akseptabelt nivå.

En del cyanobakterier, noen fureflagellater, nåleflagellaten *Gonyostomum semen*, og enkelte andre arter omtales gjerne som problemarter. Fellestrekket for disse artene er at de er store og dermed lite beibare for dyreplankton. Selv om de vokser langsomt, kan de derfor ha tilnærmet eksponentiell vekst. Hvis forholdene ligger til rette, og vekstsesongen er lang nok, kan en eller noen ganger flere av dem overta dominansen i samfunnet av planteplankton. På grunn av den lave veksthastigheten, skjer dette vanligvis på sensommeren eller høsten.

Hvis arter av denne typen først er til stede, kan totalbiomassen bli mye høyere enn normalt. Uten særlige tap kan de bare fortsette å vokse til de har utnyttet alt av fosfor i vannmassene. Til slutt vil praktisk talt alt fosfor være bygget inn i cellene, og svært lite er tilgjengelig for ytterligere vekst. På et tidspunkt vil det ikke være nok næringssalter til en ytterligere deling, og hele populasjonen kollapser.

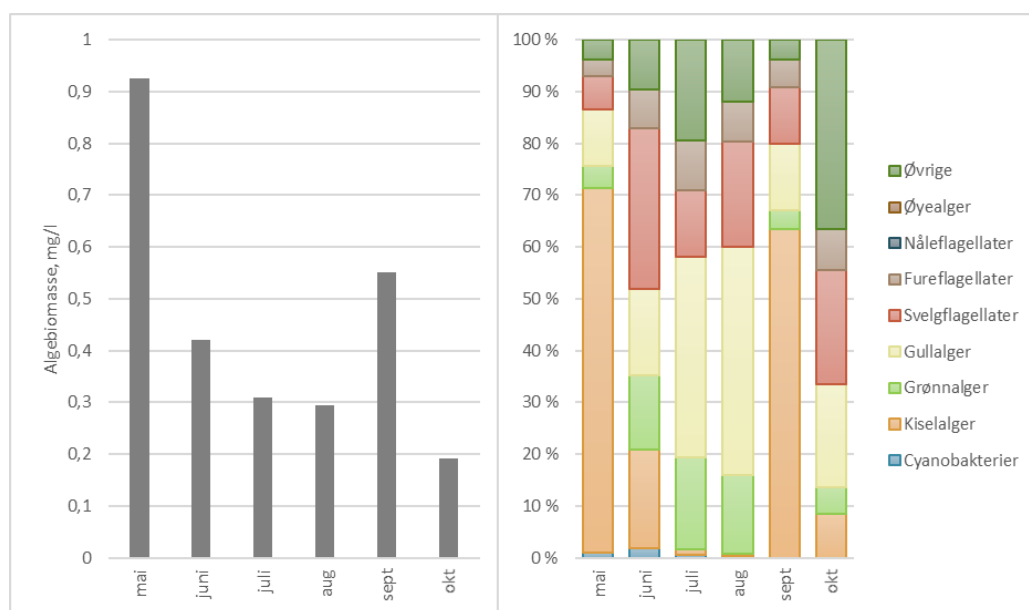
En del cyanobakterier har gassblærer i cellene, og når de dør kan de i første omgang heller flyte opp enn å synke til bunns. Oppblomstringen blir da veldig synlig ved at det dannes klumper av cyanobakterier, eller et malingsliknende belegg i overflaten.

## Høst

Utover høsten blir lysforholdene igjen dårlige. Vanntemperaturen avtar inntil vannmassene på nytt fullsirkulerer. Organisk materiale som har sunket ut fra blandingssjiktet i løpet av sommeren, har blitt nedbrutt i dypet på samme måte som i vinterperioden. Fullsirkulasjonen på høsten vil derfor på nytt frakte næringssalter inn i vannmassene, og vi kan få en type oppblomstring som vi hadde på våren. Ofte vil det være samme art som dominerer her som under våroppblomstringen, men denne *høstopplomstringen* er typisk noe mindre. Deretter vil forekomsten av planteplankton avta pga. stadig dårligere lysforhold.

## 4.2 Typisk suksesjonsmønster, næringsfattige innsjøer.

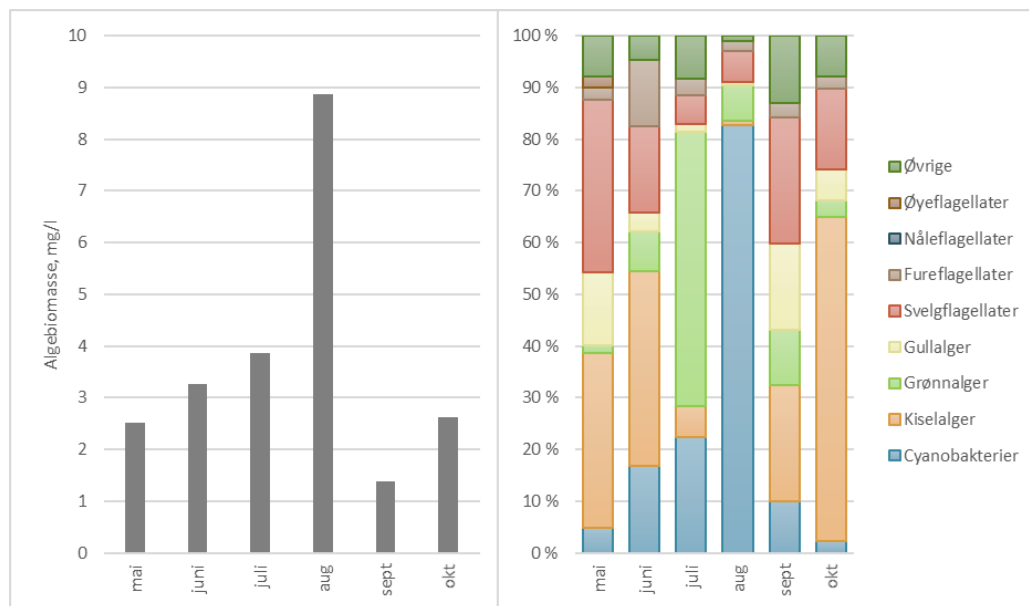
- Med en månedlig prøvetakingsfrekvens er det umulig å vite hvor nær toppen man treffer i vår- og høstoppblomstringen. Ofte vil vi derfor ikke registrere noen topp der. I eksempelet under ser vi hvordan det kan se ut dersom prøvetakingen skjer i nærheten av en slik topp (fig. 2, venstre del). Maksimal biomasse på høsten påtreffes ofte i siste halvdel av september eller første halvdel av oktober.
- Dominans av kiselalger under vår- og høstoppblomstring (fig. 2, høyre del). Ellers et godt sammensatt samfunn, gjerne med små, lett beitebare arter. Gullalger utgjør ofte en stor andel av totalbiomassen.
- Maksimal biomasse er sjelden over 1 mg/L, og den er alltid lav i sommerperioden.



Figur 2. Eksempel på et typisk suksesjonsmønster av planteplankton i en næringsfattig innsjø

## 4.3 Typisk suksesjonsmønster, næringsrike innsjøer.

- Mest sannsynlig har det vært en våroppblomstring, men her har i tilfelle planktonprøven blitt tatt i forkant eller i etterkant av oppblomstringen (fig. 3, venstre del).
- Grønnalger dominerer i juli. Langsomt voksende cyanobakterier med små tap («problemalge») bygger seg opp (fig. 3, høyre del).
- Stor oppblomstring av cyanobakterie i august. Her vet vi heller ikke hvor nær biomassetoppen vi treffer. Uten denne cyanobakterien i systemet ville mest sannsynlig dominansen til grønnalgene ha fortsatt, men da uten en slik kraftig topp i august.
- Etter kollaps av en oppblomstring trekkes næringsalter ut av systemet, og vi får en periode med mye mindre alger. I dette eksempelet skjer det i september.



Figur 3. Eksempel på et typisk suksesjonsmønster av planteplankton i en næringsrik innsjø. Merk at skalering på y-aksen er annerledes enn i figur 2.

## 5 Resultater

Innsjøtype må være kjent for å benytte korrekte grenseverdier. Denne informasjonen har vi for hver innsjø hentet fra portalen Vann-nett.

Kategorien «Øvrige» i figurene som viser biomasse og sammensetning av planteplankton, består i all hovedsak av picoplankton (alger < 2 µm) og små flagellater (2 - 4 µm). I noen av innsjøene var det i enkelte prøver et beskjedent innslag av gulgrønnalger (Xanthophyceae). Disse er også inkludert i kategorien «Øvrige». Legg merke til at skaleringen av y-aksen på disse figurene varierer fra innsjø til innsjø.

I denne undersøkelsen ble det tatt 8 – 9 prøver gjennom sesongen, mens det tradisjonelle for vurdering av økologisk tilstand er 6. Dette ga i de fleste innsjøene mulighet til å følge utviklingen av både totalbiomasse av planteplankton og artssammensetning på en noe bedre måte enn vanlig.

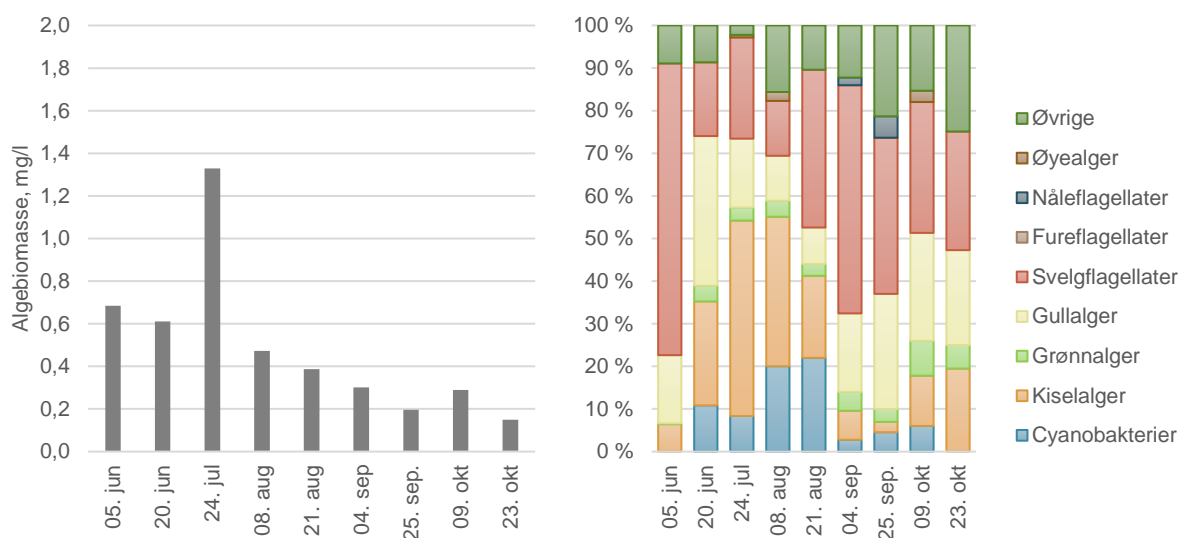
Total fosfor er en støtteparameter ved beregning av økologisk tilstand etter kvalitetselementet *planteplankton*. nEQR-verdier for total fosfor har derfor ikke blitt gitt noen fargekode i tabellene nedenfor, slik de biologiske komponentene i dette kvalitetselementet har. Denne støtteparameteren kan nedgradere tilstanden, men ikke oppgradere den. Nedgradering kan imidlertid kun skje i de tilfellene der kvalitetselementet *planteplankton* gir enten *god* eller *svært god* tilstand.

På grunn av kraftig nedbør i forkant av prøvetaking tidlig i august har vi utelatt målingene fra 8. august for total fosfor i beregningen av gjennomsnittsverdi for sesongen. Tilsvarende har vi utelatt analysene fra 20. juni for klorofyll A. Disse var gjennomgående svært lave, og i flere av innsjøene virket de helt usannsynlige. Her antar vi at det fra laboratoriet har blitt gjort en feil i analysen, eller mer sannsynlig, i utregningen av den rapporterte verdien.

## 5.1 Bjørkelangen



Lokalitet: Bjørkelangen  
 UTM 32 V: 641900, 6637200  
 Kommune: Aurskog-Høland  
 Areal: 3,379 km<sup>2</sup>  
 Vannmiljø ID: 001-27839  
 Vann-nett-ID: 001-330-L  
 Vannstype: L108: Moderat kalkrik, humøs  
 NGIG type: L-N8



Figur 4. Bjørkelangen. Biomasse og sammensetning av planteplankton

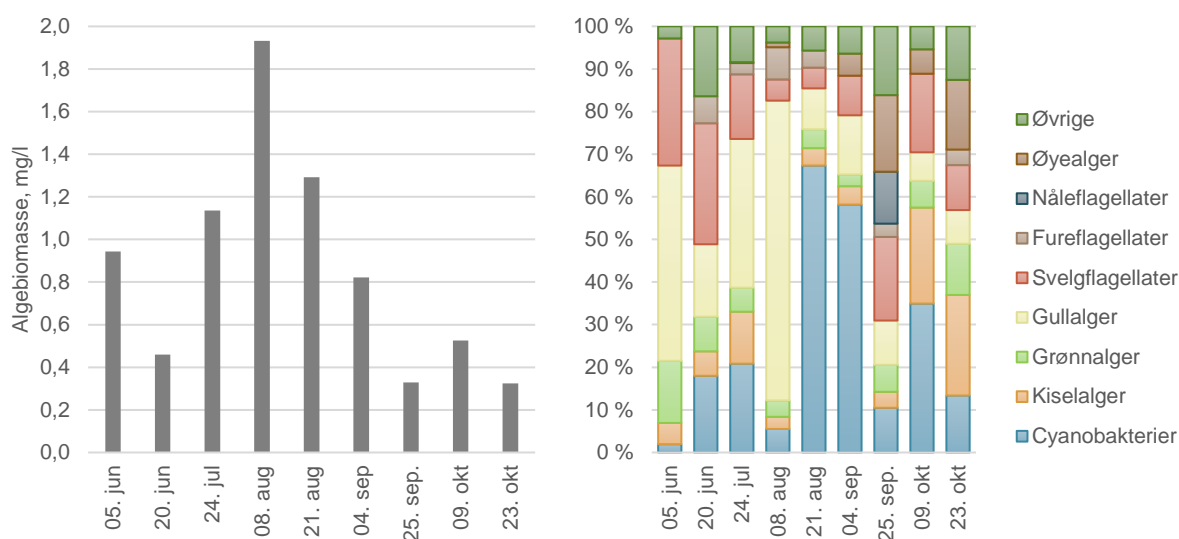
Tabell 6. Bjørkelangen. Parametere som inngår i kvalitetselementet «Planteplankton».

Dato	Total fosfor (µg/l)	Klorofyll <i>a</i> (µg/l)	Biomasse (mg/l)	PTI	Cyano <sub>max</sub> (mg/l)	Totalvurdering planteplankton
23.05.2023	30	4,3				
05.06.2023	20	5,0	0,68	2,23		
20.06.2023	26	1,7	0,61	2,52	0,07	
24.07.2023	24	8,6	1,33	2,80	0,11	
08.08.2023	130	4,1	0,47	2,71	0,09	
21.08.2023	59	3,0	0,39	2,63	0,09	
04.09.2023	19	8,1	0,30	2,27	0,01	
25.09.2023	51	2,2	0,20	2,39	0,01	
09.10.2023	50	1,9	0,29	2,41	0,02	
23.10.2023	53	1,3	0,15	2,33		
Gjennomsnitt	37	4,3	0,49	2,48		
nEQR	0,41	0,93	0,93	0,70	0,86	0,81

## 5.2 Hemnessjøen



Lokalitet: Hemnessjøen  
 UTM 32 V: 636700, 6620450  
 Kommune: Indre Østfold  
 Areal: 12,657 km<sup>2</sup>  
 Maksdyp: 35 m  
 Vannmiljø ID: 001-29656  
 Vann-nett-ID: 001-327-L  
 Vanntype: L108: Moderat kalkrik, humøs  
 N GIG type: L-N8

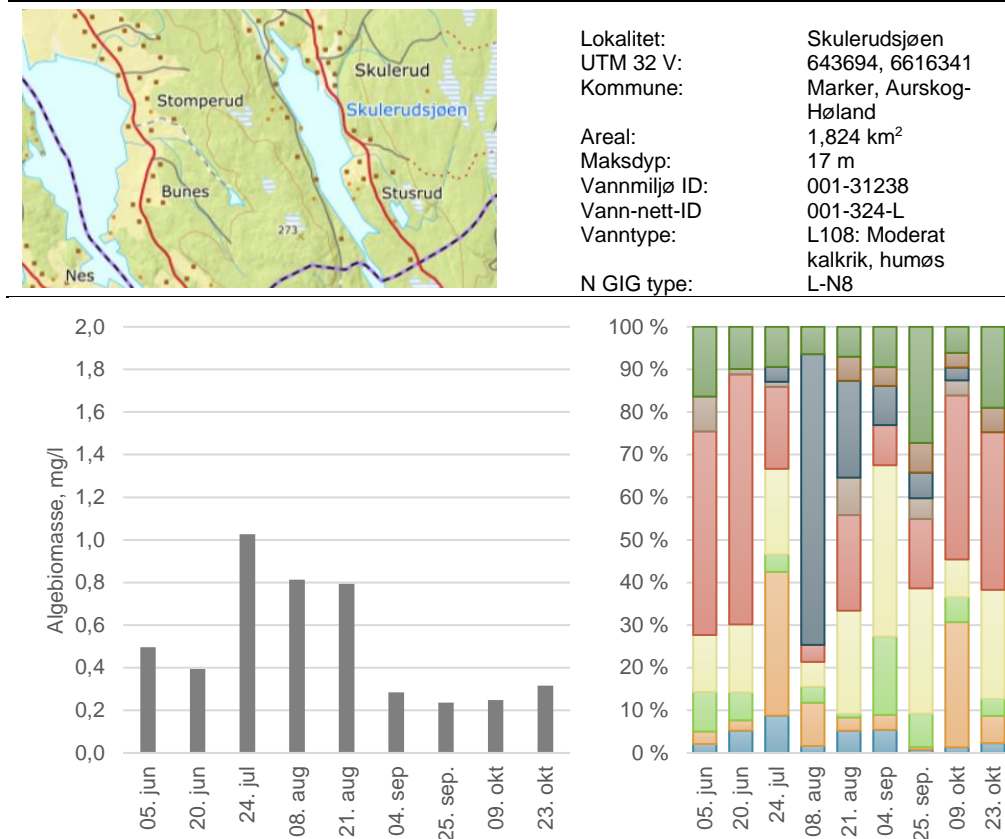


Figur 5. Hemnessjøen. Biomasse og sammensetning av planteplankton

Tabell 7. Hemnessjøen. Parametere som inngår i kvalitetselementet «Planteplankton».

Dato	Total fosfor (µg/l)	Klorofyll <i>a</i> (µg/l)	Biomasse (mg/l)	PTI	Cyano <sub>max</sub> (mg/l)	Totalvurdering planteplankton
23.05.2023	23	11				
05.06.2023	23	5,2	0,94	2,25	0,02	
20.06.2023	23	1,1	0,46	2,37	0,08	
24.07.2023	17	14	1,14	2,50	0,24	
08.08.2023	110	15	1,93	2,77	0,11	
21.08.2023	20	9,2	1,29	2,92	0,87	
04.09.2023	49	1,4	0,82	2,90	0,48	
25.09.2023	30	7,5	0,33	2,68	0,03	
09.10.2023	27	5,1	0,53	2,53	0,18	
23.10.2023	15	4,2	0,32	2,73	0,04	
Gjennomsnitt	25	8,1	0,86	2,63		
nEQR	0,52	0,72	0,76	0,52	0,63	0,63

### 5.3 Skulerudsjøen



Figur 6. Skulerudsjøen. Biomasse og sammensetning av planteplankton

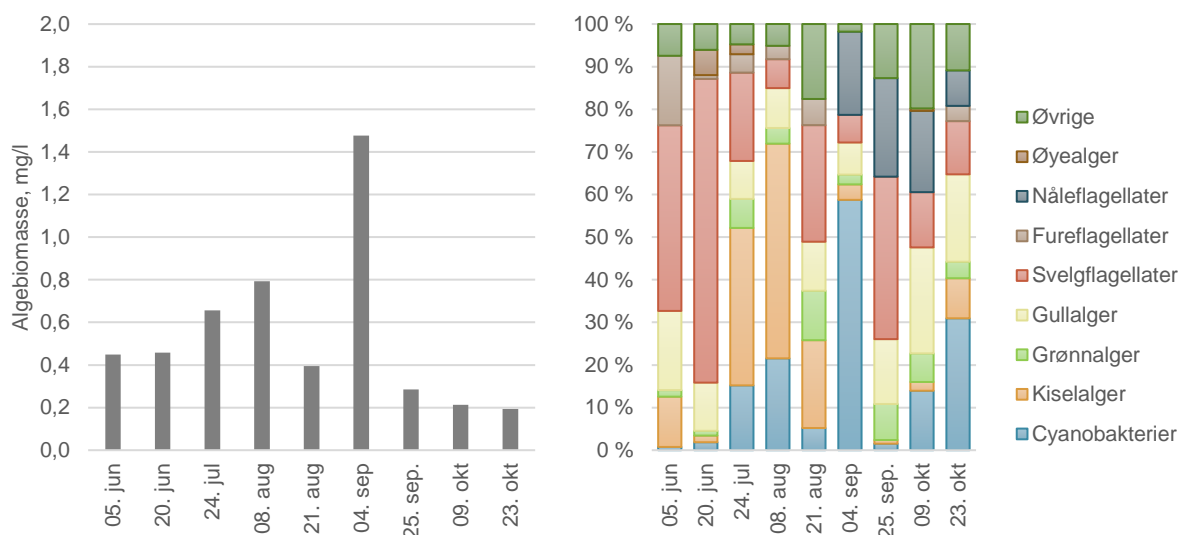
Tabell 8. Skulerudsjøen. Parametere som inngår i kvalitetselementet «Planteplankton».

Dato	Total fosfor (µg/l)	Klorofyll a (µg/l)	Biomasse (mg/l)	PTI	Cyano <sub>max</sub> (mg/l)	Totalvurdering planteplankton
23.05.2023	21	3,7				
05.06.2023	19	3,4	0,50	2,24	0,01	
20.06.2023	19	0,96	0,39	2,28	0,02	
24.07.2023	19	12	1,03	2,49	0,09	
08.08.2023	75	7,8	0,81	2,80	0,01	
21.08.2023	32	9,1	0,79	2,76	0,04	
04.09.2023	35	3,1	0,28	2,46	0,02	
25.09.2023	39	2,9	0,24	2,26	0,00	
09.10.2023	35	1,8	0,25	2,30	0,00	
23.10.2023	29	1,6	0,32	2,28	0,01	
Gjennomsnitt	28	5,0	0,51	2,43		
nEQR	0,49	0,88	0,92	0,75	0,89	0,83

## 5.4 Rødenessjøen



Lokalitet: Rødenessjøen  
 UTM 32 V: 649450, 6598800  
 Kommune: Marker  
 Areal: 15,976 km<sup>2</sup>  
 Maksimaldyp: 50 m  
 Vannmiljø ID: 001-31086  
 Vann-nett-ID: 001-323-L  
 Vanntype: L106: Kalkfattig, humøs  
 N GIG type: L-N3

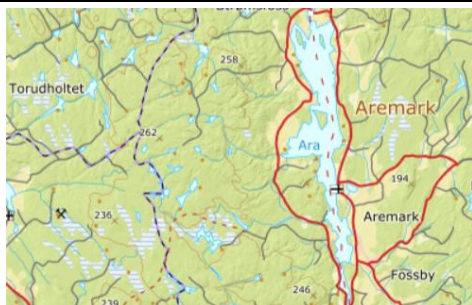


Figur 7. Rødenessjøen. Biomasse og sammensetning av planteplankton

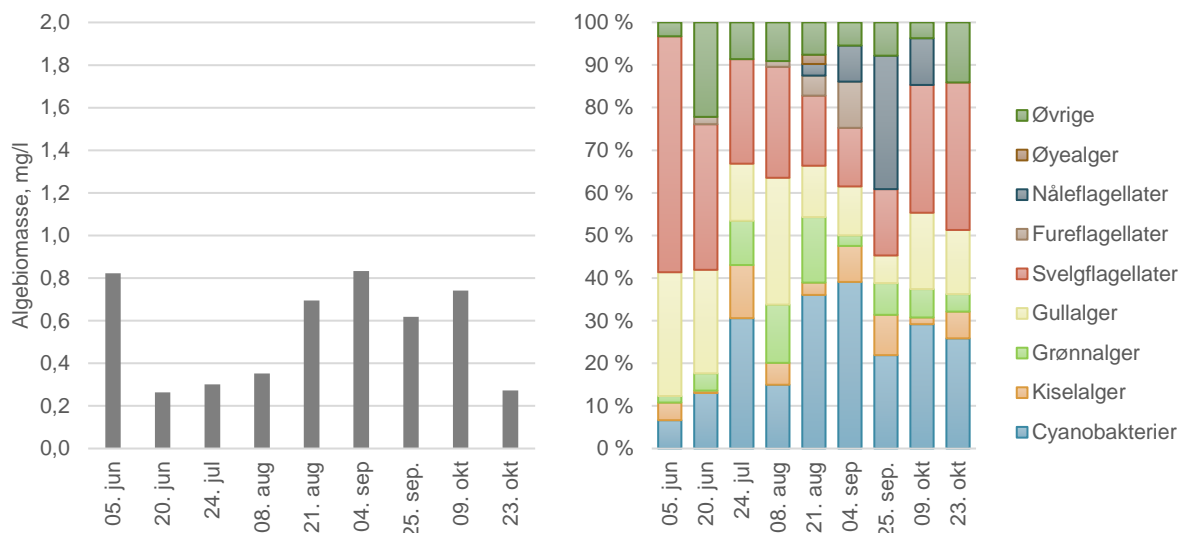
Tabell 9. Rødenessjøen. Parametere som inngår i kvalitetselementet «Planteplankton».

Dato	Total fosfor (µg/l)	Klorofyll <i>a</i> (µg/l)	Biomasse (mg/l)	PTI	Cyano <sub>max</sub> (mg/l)	Totalvurdering planteplankton
23.05.2023	22	2,0				
05.06.2023	49	3,6	0,45	2,29	0,00	
20.06.2023	14	0,67	0,46	2,36	0,01	
24.07.2023	17	12	0,66	2,39	0,10	
08.08.2023	53	8,9	0,79	2,62	0,17	
21.08.2023	16	5,6	0,40	2,47	0,02	
04.09.2023	23	11	1,48	2,90	0,87	
25.09.2023	21	4,0	0,29	2,42	0,00	
09.10.2023	18	2,5	0,21	2,55	0,03	
23.10.2023	16	2,0	0,19	2,41	0,06	
Gjennomsnitt	22	5,7	0,55	2,49		
nEQR	0,49	0,77	0,84	0,53	0,63	0,65

## 5.5 Aremarksjøen



Lokalitet: Aremarksjøen  
 UTM 32 V: 652000, 6574500  
 Kommune: Aremark  
 Areal: 7,464 km<sup>2</sup>  
 Maksimaldyp: 39,5 m  
 Vannmiljø ID: 001-28281  
 Vann-nett-ID: 001-320-L  
 Vanntype: L106: Kalkfattig, humøs  
 N GIG type: L-N3



Figur 8. Aremarksjøen. Biomasse og sammensetning av planteplankton

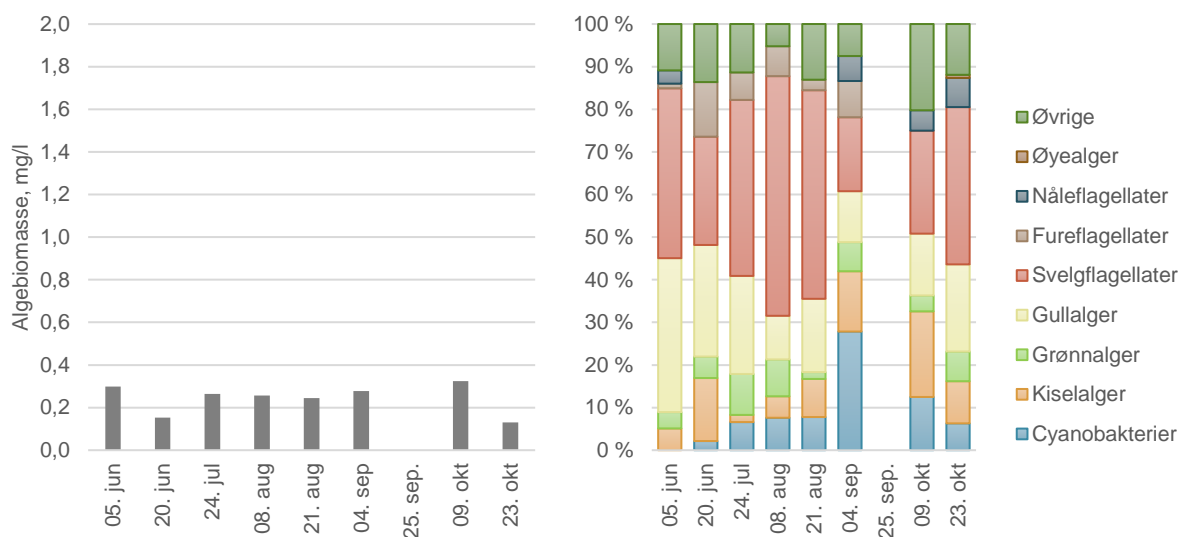
Tabell 10. Aremarksjøen. Parametere som inngår i kvalitetselementet «Planteplankton».

Dato	Total fosfor (µg/l)	Klorofyll <i>a</i> (µg/l)	Biomasse (mg/l)	PTI	Cyano <sub>max</sub> (mg/l)	Totalvurdering planteplankton
23.05.2023	22	5,2				
05.06.2023	33	6,8	0,82	2,36	0,05	
20.06.2023	14	<0,30	0,26	2,32	0,03	
24.07.2023	14	3,4	0,30	2,58	0,09	
08.08.2023	45	4,1	0,35	2,51	0,05	
21.08.2023	14	5,0	0,69	2,60	0,25	
04.09.2023	24	8,4	0,83	2,64	0,33	
25.09.2023	15	8,3	0,62	2,78	0,14	
09.10.2023	16	7,3	0,74	2,46	0,22	
23.10.2023	19	3,5	0,27	2,47	0,07	
Gjennomsnitt	19	5,8	0,54	2,52		
nEQR	0,53	0,77	0,84	0,49	0,76	0,65

## 5.6 Femsjøen



Lokalitet: Femsjøen  
 UTM 32 V: 642250, 6558500  
 Kommune: Halden  
 Areal: 10,726 km<sup>2</sup>  
 Maksimaldyp: 55 m  
 Vannmiljø ID: 001-30733  
 Vann-nett-ID: 001-316-L  
 Vanntype: L106: Kalkfattig, humøs  
 N GIG type: L-N3



Figur 9. Femsjøen. Biomasse og sammensetning av planteplankton

Tabell 11. Femsjøen. Parametere som inngår i kvalitetselementet «Planteplankton».

Dato	Total fosfor (µg/l)	Klorofyll <i>a</i> (µg/l)	Biomasse (mg/l)	PTI	Cyano <sub>max</sub> (mg/l)	Totalvurdering planteplankton
23.05.2023	14	2,3				
05.06.2023	24	2,7	0,30	2,22	0,00	
20.06.2023	11	0,67	0,15	2,02	0,02	
24.07.2023	14	2,7	0,26	2,19	0,02	
08.08.2023	63	3,1	0,26	2,27	0,02	
21.08.2023	14	2,7	0,25	2,30	0,08	
04.09.2023	12	3,1	0,28	2,55		
25.09.2023					0,04	
09.10.2023	12	2,8	0,32	2,33	0,01	
23.10.2023	12	2,1	0,13	2,34	0,00	
Gjennomsnitt	13	2,4	0,24	2,28		
nEQR	0,72	1,00	1,00	0,78	0,90	0,89

## 5.10 Oppsummering

Værforholdene i 2023 var preget av en tørr forsommer og kortere perioder med kraftig nedbør i august. Ved stasjonen til Meteorologisk Institutt i Rakkestad var samlet nedbørmengde i mai og juni på ca. 60 mm, som er noe under halvparten av det normale. I forbindelse med ekstremværet «Hans» kom det i perioden 7-9. august 50-70 mm nedbør i nedslagsfeltet til de undersøkte innsjøene, mens det 27. august kom hele 70-100 mm.

Slike forhold vil påvirke resultater for parametere som planteplankton og total fosfor. Den lave avrenningen tidlig i vekstsesongen kan ha gjort at langsomtvoksende arter i planteplanktonet, blant dem mange cyanobakterier, har hatt dårligere vekstvilkår enn vanlig. Dette kan igjen redusere sannsynligheten for store oppblomstringer av slike arter senere i sesongen. Den kraftige nedbøren i august vil medføre erosjon og høyt partikkelinnhold i innsjøene. Dette vil normalt gi dårlige lysforhold og høye verdier for fosfor. Fosfor binder seg kraftig til partikler, og en stor andel av det tilførte fosforet vil i slike tilfeller være lite tilgjengelig for vekst av alger og cyanobakterier. Vi kan dermed få en situasjon hvor biomassen av planteplankton per enhet av total fosfor er vesentlig lavere enn normalt. Konsentrasjonen av total fosfor kan da overvurdere eutrofigraden, og signalisere en dårligere økologisk tilstand enn den reelle tilstanden. I hvilken grad dette har vært tilfelle i Haldenvassdraget i 2023 er vanskelig å si, men det er helt klart en aktuell problemstilling.

De seneste årene, og særlig siden 2020, har vi sett en positiv utvikling i de undersøkte innsjøene i Haldenvassdraget. Ser vi på forekomsten av planteplankton, fortsatte denne trenden også i 2023. Utviklingen har de siste par årene vært spesielt god i Bjørkelangen. I og med at den innsjøen ligger øverst i vassdraget, har det trolig positiv innvirkning også på de mest nærliggende innsjøene som ligger nedstrøms. I alle innsjøene ser vi at innad i kvalitetselementet planteplankton at det er indeksen for artssammensetning (PTI) som kommer dårligst ut. Det indikerer en viss labilitet i systemene, ved at det finnes arter som under gitte forhold kan skape større eller mindre oppblomstringer. Med en slik artssammensetning er det derfor naturlig med en noe større variasjon i biomasse av planteplankton fra år til år. Det gjør det også ekstra viktig å holde tilførselen av næringsstoffer (primært fosfor) så lavt som mulig. Selv en liten økning i biotilgjengelig fosfor kan resultere i en betydelig høyere totalbiomasse av planteplankton. Dette fordi det kan være tilstrekkelig til at store, beiteresistente arter da kan dominere. Disse har evne til å danne oppblomstringer, og vil gi mye høyere biomasse per fosforenhet enn vi vil få dersom vi har dominans av små arter som raskt og effektivt beites ned av dyreplankton.

Ut fra kvalitetselementet planteplankton oppfylte samtlige innsjøer kravet til minst *god* økologisk tilstand. Som tidligere var denne *svært god* i Femsjøen. I 2023 havnet også både Bjørkelangen og Skulerudsjøen i den beste tilstandsklassen, om enn i nedre del av den. Basert på biomasse og artssammensetning av planteplankton, var tilstanden *god* i de øvrige innsjøene. I tidligere år har vi sett at den gjennomsnittlige konsentrasjonen av totalfosfor har vært høyere enn forekomsten av planteplankton skulle tilsi. Dette var enda mer utpreget i 2023. Samtidig som vi i mange innsjøer registrerte *lavere* biomasse av planteplankton, var den gjennomsnittlige konsentrasjonen av total fosfor i nesten alle innsjøene klart *høyere* enn vanlig. Som beskrevet over var sannsynligvis nedbørforholdene i 2023 en viktig årsak til dette.

Kombinasjonen med en *svært god* eller *god* tilstand vurdert ut fra data for planteplankton, og en klart dårligere tilstand vurdert ut fra støtteparameteren total fosfor, skaper en litt vanskelig situasjon. Etter gjeldende veileder skal total fosfor da nedgradere den tilstanden de biologiske analysene viser. Samtidig åpner veilederen opp for et faglig skjønn dersom resultater virker urimelige. Det er forekomsten av planteplankton som er direkte koblet til eutrofi som påvirkning, ikke konsentrasjonen av fosfor i seg selv. En høy fosforkonsentrasjon kan imidlertid indikere et potensial for høyere biomasse av planteplankton under gunstige vekstforhold. Vi mistenker at en stor andel av det målte fosforet i flere av de undersøkte innsjøene har lav biotilgjengelighet, men siden vi ikke kjenner til dette med sikkerhet, har vi valgt å følge prosedyren i veilederen. Det betyr at alle innsjøene nedgraderes til *moderat* tilstand, unntatt Femsjøen som nedgraderes fra *svært god* til *god* tilstand.

Alle resultater for kvalitetselementet planteplankton er oppsummert i tabell 12.

Dersom vi følger vassdraget sørover fra Bjørkelangen til Femsjøen, så vi følgende i de undersøkte innsjøene:

#### A. Bjørkelangen

Akkurat som vi har sett tidligere, observerte vi i 2023 et betydelig antall ulike cyanobakterier i Bjørkelangen. Slekten *Aphanizomenon* var vanligst, men slekter som *Dolichospermum*, *Woronichinia* og *Planktothrix* var også representert. Ved tilstrekkelig tilgang på næring er det derfor stor sannsynlighet for at minst en av disse i løpet av vekstsesongen vil etablere en stor populasjon. Noe slikt så vi imidlertid verken i 2022 eller 2023, noe som tyder på at næringstilførselen ikke var stor nok til å understøtte en oppblomstring. Værforholdene i 2023 kan ha vært en medvirkende årsak til dette, med en nedbørfattig forsommer og kraftig regn i august. Dette har trolig gitt lav avrenning av næringsstoffer på forsommeren og relativt dårlige lysforhold på høsten.

Vurdert ut fra mengde og sammensetning av planteplankton, har det vært en gradvis forbedret tilstand i Bjørkelangen fra og med 2020, men 2023 er det første året hvor dette kvalitetselementet har signalisert *svært god* tilstand. Dette er nesten litt oppsiktsvekkende, siden vi for første gang registrerte *god* tilstand så sent som i 2021. Uansett værforhold er det sannsynlig at biotilgjengelig fosfor til innsjøen har avtatt de senere årene. Målingene av total fosfor ga imidlertid også i 2023 *moderat* tilstand. Mest sannsynlig betyr det at en betydelig andel av dette målte fosforet er lite tilgjengelig for vekst hos alger og cyanobakterier, men det gjør at den økologiske tilstanden for 2023 blir *moderat*.

#### B. Hemnessjøen

Av innsjøene som inngår i denne undersøkelsen var det i 2023 Hemnessjøen som kom dårligst ut. Likevel ga resultatene en nEQR-verdi for kvalitetselementet planteplankton en verdi i nedre den av tilstandsklassen *god*. Konsentrasjonen av total fosfor trakk den økologiske tilstanden ned til *moderat*.

Vi fant omtrent akkurat de samme artene av cyanobakterier her som vi registrerte i Bjørkelangen, men i 2023 var forekomsten av disse høyest i Hemnessjøen. I månedsskiftet august/september utgjorde cyanobakterier ca. 60% av totalbiomassen. Slekten *Dolichospermum* hadde da en biomasse nær 1 mg/l. Dette er ikke høyt nok til å bli karakterisert som en oppblomstring, men likevel langt høyere enn det vi fant i noen av de andre innsjøene. Dette viser seg også ved at nEQR-verdien for artssammensetningen (PTI) lå midt i tilstandsklassen *moderat*. Det ser ut til å være et karakteristisk trekk ved Hemnessjøen at den i løpet av vekstsesongen får en stor forekomst av gullalgen *Synura uvella*. Vi har også tidligere sett at både denne og andre gullalger periodevis har dominert i innsjøen. *Synura uvella* danner kolonier som blir relativt store, noe som reduserer beitetrykket fra dyreplankton, og dermed øker muligheten for oppblomstringer. Den maksimale biomassen av denne arten var nær 1,5 mg/l tidlig i august, som vi kan betrakte som en mindre oppblomstring. Denne gullalgen er ikke toksisk, og utgjør dermed ikke samme problem som cyanobakterier kan gjøre. Sannsynligvis er det derfor bare en fordel at *Synura* har en oppblomstring som kommer tidligere på sesongen enn den maksimale forekomsten av cyanobakterier. Det trekker fosfor ut av systemet og gjør potensialet for en oppblomstring av cyanobakterier mindre enn den ellers ville vært.

### C. Skulerudsjøen

I tidligere år har vi sett at samfunnet av planteplankton i Skulerudsjøen har vært temmelig likt det vi har funnet i Hemnessjøen, med dominans av gullalger gjennom store deler av vekstsesongen. I 2023 var det imidlertid betydelig forskjell mellom disse to innsjøene. Forekomsten av cyanobakterier var svært lav i Skulerudsjøen, og et sommermaksimum i biomasse var dominert av nåleflagellaten *Gonyostomum semen*. Denne karakteriseres også som en problemalge, men den totale biomassen i Skulerudsjøen var bare på ca. 1 mg/l. På et slikt nivå representerer ikke *Gonyostomum* et stort problem. På forsommeren og på høsten utgjorde svelgflagellater en betydelig andel av totalbiomassen av planteplankton i Skulerudsjøen.

Alle delindeksene som inngår i kvalitetselementet planteplankton viste i 2023 *svært god* tilstand, unntatt den for artssammensetning (PTI), som viste *god* tilstand. Dette ga en samlet nEQR-verdi for kvalitetselementet i nedre del av tilstandsklassen *svært god*.

Den gjennomsnittlige fosforkonsentrasjonen i 2023 var så høy som 28 µg/l, som for vanntypen Skulerudsjøen tilhører tilsier en *moderat* tilstand. Ved å ta hensyn til denne støtteparameteren, trekkes altså den økologiske tilstanden til innsjøen helt ned til *moderat*.

### D. Rødenessjøen

I Rødenessjøen var den gjennomsnittlige totalbiomassen av planteplankton i vekstsesongen såpass lav at den delindeksen ga *svært god* tilstand. Tidlig i september var imidlertid biomassen på ca. 1,5 mg/l, og cyanobakterier utgjorde da ca. 60%. Av cyanobakteriene var det slekten *Dolichospermum* som dominerte, men det var også et ikke ubetydelig innslag av slekten *Aphanizomenon*. Dette var ganske likt det vi fant i Hemnessjøen, men i motsetning til i den innsjøen var det svelgflagellater og kiselalger heller enn gullalger som ellers dominerte i Rødenessjøen. I høstprøvene registrerte vi også nåleflagellaten *Gonyostomum semen*, men biomassen av denne var beskjeden.

Med en del problemarter til stede ga delindeksen for artssammensetning (PTI) *moderat* tilstand, men som helhet kom kvalitetselementet planteplankton ut med *god* tilstand.

Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av total fosfor lå litt lavere i Rødenessjøen enn i de ovenforliggende innsjøene, men den var fortsatt på over 20 µg/l. For vanntypen denne innsjøen tilhører tilsier det *moderat* tilstand. Også i denne innsjøen ble dermed fosforinnholdet styrende for den økologiske tilstanden i 2023. Denne ble fastsatt til *moderat*.

### E. Aremarksjøen

I Aremarksjøen var totalbiomassen av planteplankton relativt jevn i store deler av sesongen, og den holdt seg hele tiden godt under 1 mg/l. Det var heller ikke veldig store forskyvninger gjennom sesongen i det relative bidraget til cyanobakterier og de ulike algeklassene. Cyanobakterier ble registrert i hele perioden, på våren og senhøsten i hovedsak representert ved slekten *Woronichinia*. Slektene *Planktothrix*, *Dolichospermum* og *Aphanizomenon* ble også funnet i store deler av sesongen, men aldri i store mengder. Likevel bidro disse, sammen med nåleflagellaten *Gonyostomum semen*, til at

indeksen for artssammensetning (PTI) endte på *moderat* tilstand. De andre komponentene i kvalitetselementet lå imidlertid på enten *god* eller *svært god*, om samlet ga dette *god* tilstand.

Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av total fosfor var på 19 µg/l. Det er litt lavere enn det vi fant i Rødenessjøen, men fortsatt innenfor tilstandsklassen *moderat*. Total fosfor ble dermed styrende for den økologiske tilstanden i innsjøen i 2023, som ble fastsatt til *moderat*.

## F. Femsjøen

Av innsjøene som inngår i denne undersøkelsen er det Femsjøen som alltid kommer best ut for kvalitetselementet planteplankton. Selv om det i 2023 var to andre innsjøer hvor kvalitetselementet planteplankton viste *svært god* tilstand, var det Femsjøen som hadde den høyeste nEQR-verdien. Totalbiomassen var i 2023 enda noe lavere enn vanlig, med et gjennomsnitt på kun 0,24 mg/l. Det er på nivå med det som forventes i en helt upåvirket innsjø av denne vanntypen. Artssammensetningen var god, selv om vi som i tidligere år registrerte flere ulike cyanobakterier og nåleflagellaten *Gonyostomum semen*. Dette er på ingen måte overraskende så lenge disse artene finnes i innsjøer som ligger høyere opp i vassdraget. Næringstilgangen i Femsjøen ser imidlertid ut til å være så lav at disse artene ikke klarer å bygge opp populasjoner til en størrelse som vil representere et problem.

Konsentrasjonen av total fosfor var som gjennomsnitt for sesongen 2023 på 12 µg/l. Dette må betraktes som lavt, men fortsatt antar vi at en betydelig andel av dette fosforet er lite tilgjengelig for vekst. Grenseverdien til tilstandsklassen *svært god* ligger imidlertid enda noe lavere, og fosforkonsentrasjonen nedgraderer dermed den økologiske tilstanden til *god*. Vurdert ut fra påvirkningen eutrofiering, er det ingen tvil om at Femsjøen oppfyller kravet til minst *god* økologisk tilstand.

**Tabell 12. Oppsummering av normaliserte EQR – verdier (nEQR), tilstandsklasse i 2023 ut fra kvalitetselementet planteplankton, og endelig tilstand hvor bidrag fra støtteparameteren total fosfor er inkludert. PTI = indeks for artssammensetning. SG = svært god, G = god, M = moderat. (P) indikerer nedgradering pga. konsentrasjonen av total fosfor. Dersom nEQR for total fosfor er lavere enn 0,50, settes nEQR for økologisk tilstand til 0,50, som er midt i tilstandsklassen «moderat».**

Innsjø	Klorofyll a		Biomasse		PTI		Cyano <sub>max</sub>		Planteplankton		Tilstand
	Kl.	nEQR	Kl.	nEQR	Kl.	nEQR	Kl.	nEQR	Kl.	nEQR	nEQR
Bjørkelangen	SG	0,93	SG	0,93	G	0,70	SG	0,86	SG	0,81	0,50 (P)
Hemnessjøen	G	0,72	G	0,76	M	0,52	G	0,63	G	0,63	0,52 (P)
Skulerudsjøen	SG	0,88	SG	0,92	G	0,75	SG	0,89	SG	0,83	0,50 (P)
Rødenessjøen	G	0,77	SG	0,84	M	0,53	G	0,63	G	0,65	0,50 (P)
Aremarksjøen	G	0,65	G	0,72	G	0,62	G	0,77	G	0,65	0,53 (P)
Femsjøen	SG	1,00	SG	1,00	SG	0,82	SG	0,97	SG	0,91	0,72 (P)

## 6 Referanser

Direktoratsgruppa, vanndirektivet (2018). Veileder 02:2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Utgitt av Direktoratets gruppa for gjennomføring av Vanndirektivet. 220 s.