

Haldenvassdraget vannområde

# ► Tilstandsvurdering av innsjøer i Haldenvassdraget etter kvalitetselementet planteplankton

Datarapport 2021

Oppdragsnr.: 5202703 Dokumentnr.: 01 Versjon: J02 Dato: 2022-04-28



**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 2021 tatt 6 - 8 prøver for analyse av planteplankton og vannkjemi 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 har vært ansvarlig for kvalitetssikring. Kartet i figur 1 er laget av Anlaug 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, vannområdeleder for Haldenvassdraget.

Vi ønsker å takke alle for godt samarbeid underveis.



Trond Stabell

Sandvika, 28. april 2022

J02	2022-04-28	Til bruk	Trond Stabell	Leif Simonsen	Trond Stabell
B01	2022-04-02	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>21</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

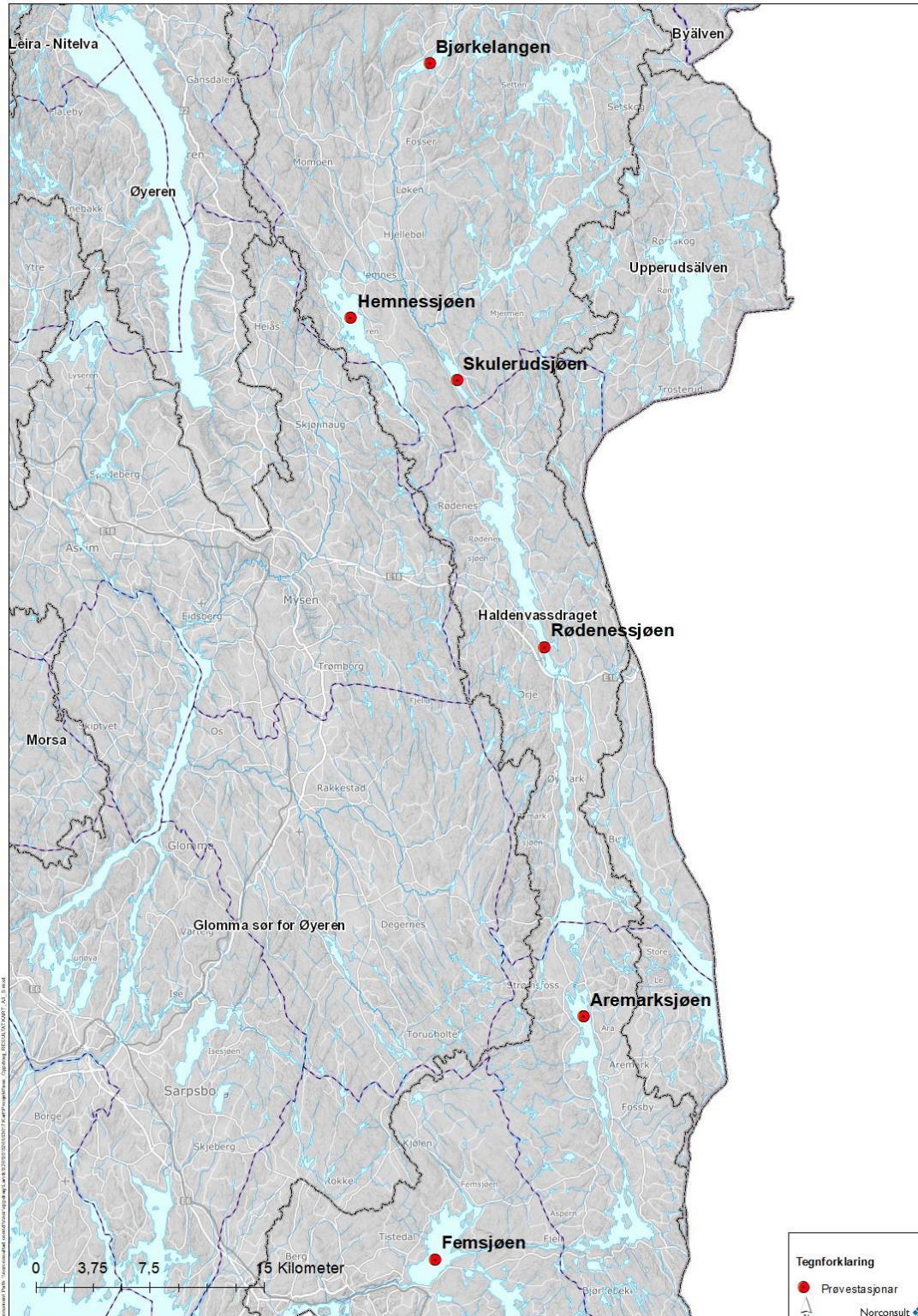
Innsjø	Innsjøtype	Vannmiljø-ID	Y-koordinat	X-koordinat
Bjørkelangen	L108	001-27839	6637200	641900
Hemnessjøen	L108	001-29656	6620450	636700
Skulerudsjøen	L108	001-38238	6616341	643694
Rødenessjøen	L106	001-31086	6598800	649450
Aremarksjøen	L106	001-28281	6574500	652000
Femsjøen	L106	001-30733	6558500	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 6 - 8 prøver i perioden fra mai til månedsskiftet september/oktober. Innsamlingen hadde i enkelte av innsjøene en noe høyere frekvens i sommerperioden 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 parametere som inngår i kvalitetselementet *planteplankton*. Disse parametere 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 Sesongsuksisjon

#### 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 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 beitetrykk 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 blandings sjiktet.

Like etter at vannmassene sjiktes får vi derfor gjerne en fase hvor det er lite alger 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 alger 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 algebiomassen 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 beitebare 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 algecellene, 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.

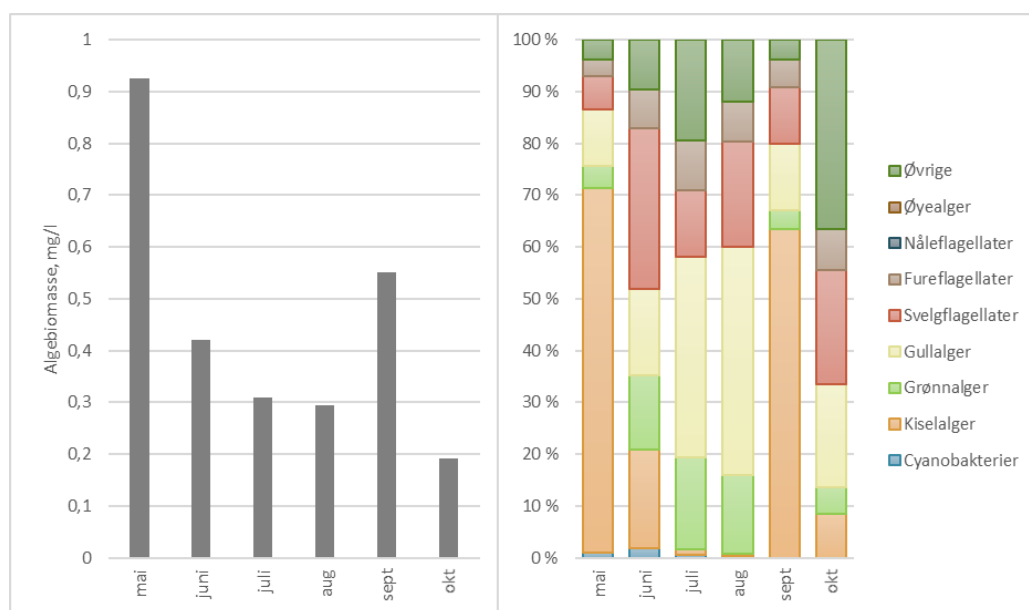
En del cyanobakterier har gassblærer i cellene, og når de dør kan de i første omgang heller flyte opp enn å synke til bunns. Algeoppblomstringen blir da veldig synlig ved at det dannes klumper av alger eller et malingsliknende belegg i overflaten.

## Høst

Utover høsten blir lysforholdene igjen dårlige. Vanntemperaturen avtar inntil vannmassene på nytt fullsirkulerer. Organisk materiale som har sunket ut fra blandings sjiktet 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.

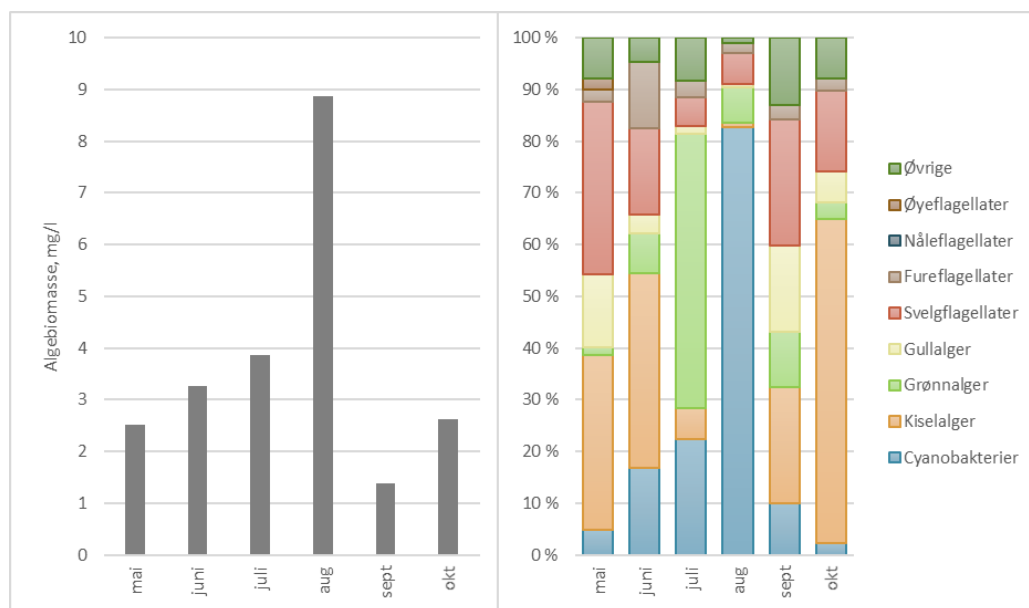
- Med en månedlig prøvetakingsfrekvens er det umulig å vite hvor nær toppen man treffer i vår- og høstoppblomstringen. Ofte vil vi derfor ikke registrere noen topp der. I eksempelet under ser vi hvordan det kan se ut dersom prøvetakingen skjer i nærheten av en slik topp (fig. 2, venstre del). Maksimal 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 beitbare 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 problemalgen 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.

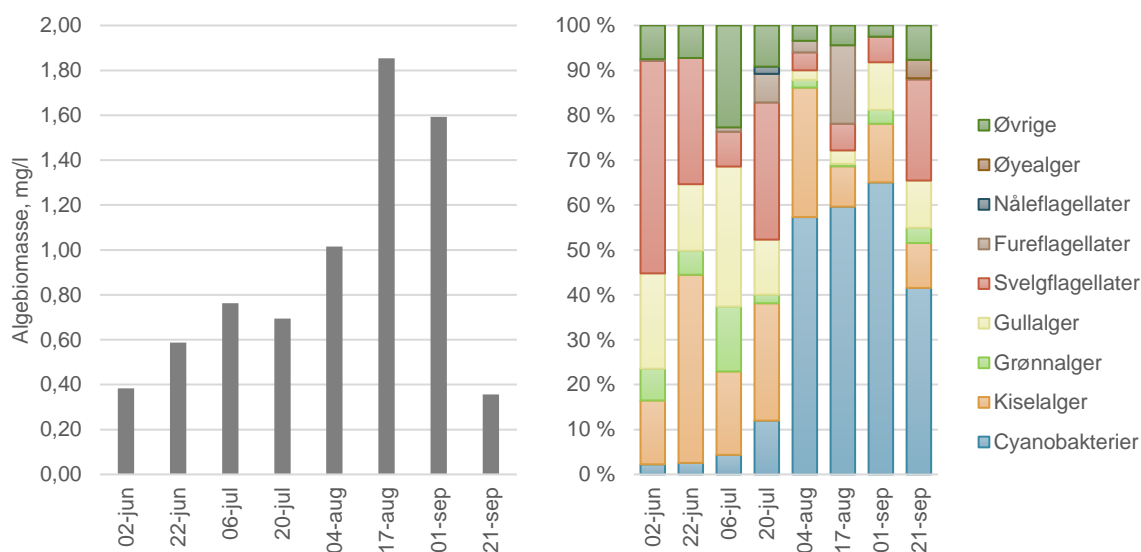
I denne undersøkelsen ble det tatt 6 – 8 prøver gjennom sesongen, mens det tradisjonelle for vurdering av økologisk tilstand er 6. Dette ga i de fleste innsjøene mulighet til å følge utviklingen av både totalbiomasse av planteplankton og artssammensetning på en noe bedre måte enn vanlig.

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.

## 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

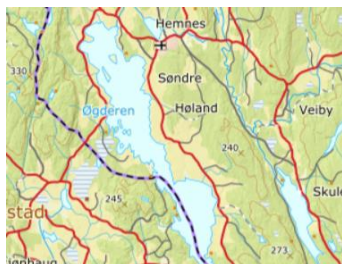


Figur 4. Bjørkelangen. Biomasse og sammensetning av planteplankton

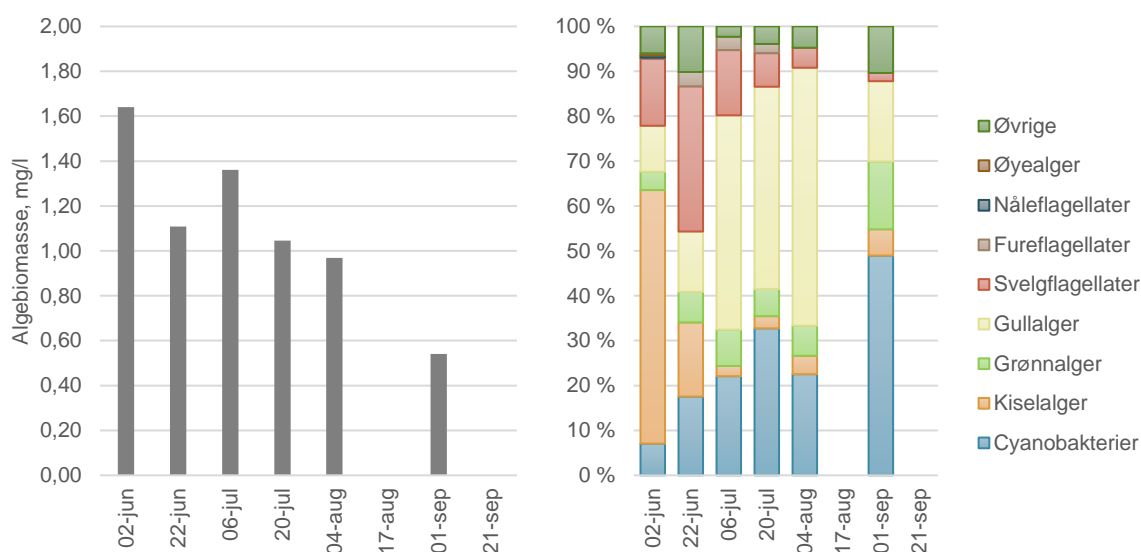
Tabell 6. Bjørkelangen. Parametere som inngår i kvalitetselementet «Planteplankton».

Dato	Total fosfor (µg/l)	Klorofyll a (µg/l)	Biomasse (mg/l)	PTI	Cyano <sub>max</sub> (mg/l)	Totalvurdering planteplankton
02.06.2021	34	2,1	0,38	2,29	0,01	
22.06.2021	15	4,0	0,59	2,42	0,02	
06.07.2021	29	5,7	0,76	2,36	0,03	
20.07.2021	26	3,9	0,69	2,41	0,08	
04.08.2021	18	4,3	1,01	3,01	0,58	
17.08.2021	28	18	1,85	3,24	1,11	
01.09.2021	25	9,6	1,59	2,99	1,04	
21.09.2021	30	4,0	0,36	2,76	0,15	
Gjennomsnitt	25,6	6,5	0,91	2,68		
nQR		0,82	0,74	0,45	0,58	0,60

## 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

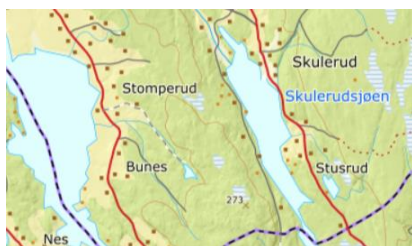


Figur 5. Hemnessjøen. Biomasse og sammensetning av planteplankton

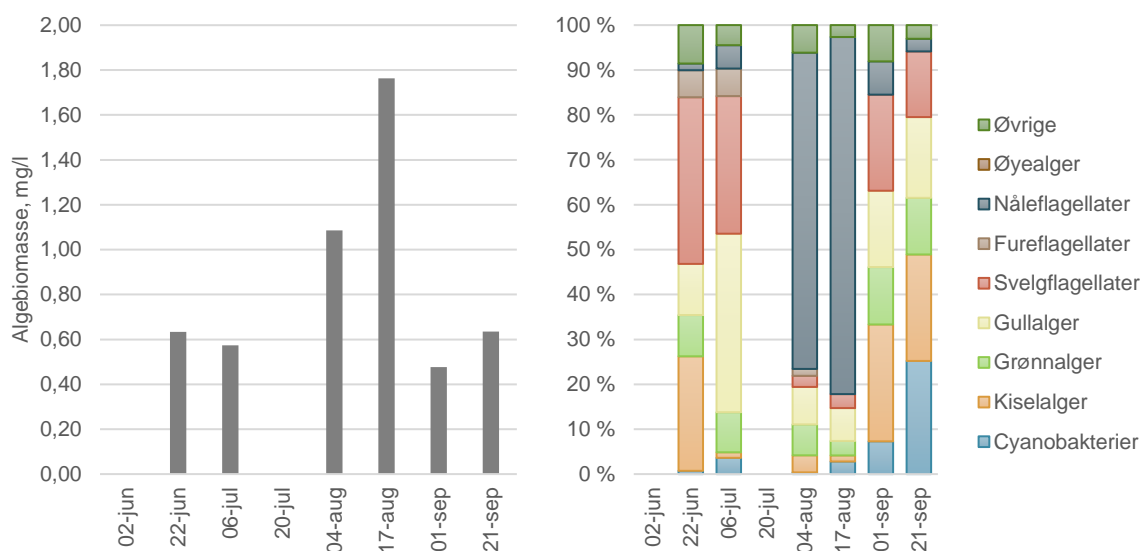
Tabell 7. Hemnessjøen. Parametere som inngår i kvalitetselementet «Planteplankton».

Dato	Total fosfor (µg/l)	Klorofyll a (µg/l)	Biomasse (mg/l)	PTI	Cyano <sub>max</sub> (mg/l)	Totalvurdering planteplankton
02.06.2021	22	6,6	1,64	2,38	0,12	
22.06.2021	7,1	3,1	1,11	2,43	0,19	
06.07.2021	19	13	1,36	2,47	0,30	
20.07.2021	19	11	1,05	2,65	0,34	
04.08.2021	12	6,5	0,97	2,75	0,22	
17.08.2021						
01.09.2021	14	8,1	0,54	2,93	0,26	
21.09.2021						
Gjennomsnitt	15,5	8,1	1,11	2,60		
nEQR		0,72	0,66	0,55	0,76	0,62

## 5.3 Skulerudsjøen



Lokalitet: Skulerudsjøen  
 UTM 32 V: 643694, 6616341  
 Kommune: Marker, Aurskog-  
 Høland  
 Areal: 1,824 km<sup>2</sup>  
 Maksdyp: 17 m  
 Vannmiljø ID: 001-31238  
 Vann-nett-ID: 001-324-L  
 Vannstype: L108: Moderat  
 kalkrik, humøs  
 N GIG type: L-N8



Figur 6. Skulerudsjøen. Biomasse og sammensetning av planteplankton

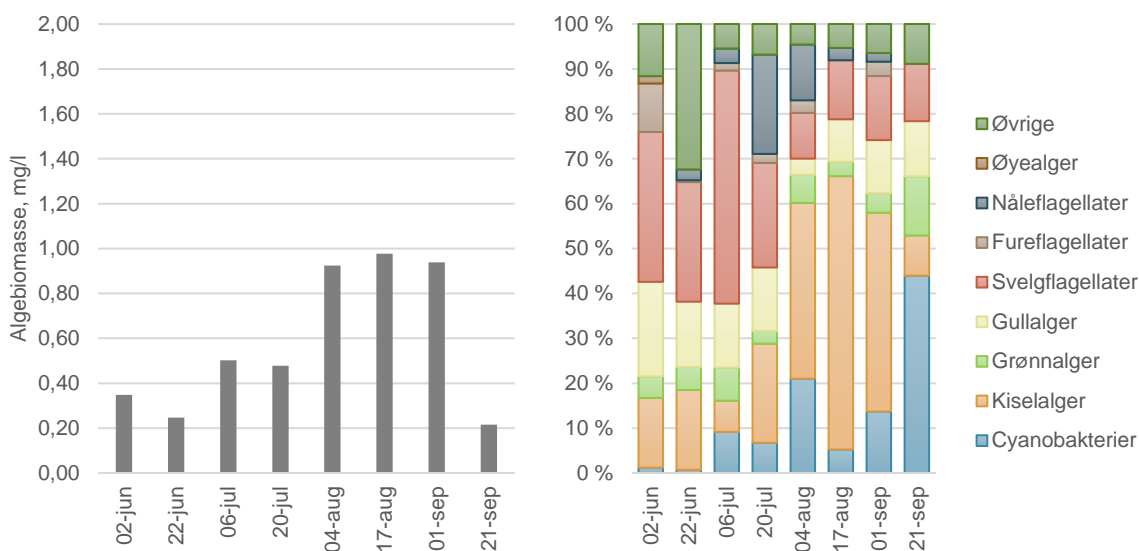
Tabell 8. Skulerudsjøen. Parametere som inngår i kvalitetselementet «Planteplankton».

Dato	Total fosfor (µg/l)	Klorofyll <i>a</i> (µg/l)	Biomasse (mg/l)	PTI	Cyano <sub>max</sub> (mg/l)	Totalvurdering planteplankton
02.06.2021						
22.06.2021	6,3	4,3	0,63	2,34	0,00	
06.07.2021	14	4,3	0,57	2,34	0,02	
20.07.2021						
04.08.2021	20	5,2	1,09	2,82	0,00	
17.08.2021	12	21	1,76	2,89	0,05	
01.09.2021	17	8,6	0,48	2,67	0,03	
21.09.2021	22	7,5	0,63	2,63	0,16	
Gjennomsnitt	15,2	8,5	0,86	2,61		
nEQR		0,70	0,76	0,54	0,80	0,63

## 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  
 Vannstype: L106: Kalkfattig, humøs  
 N GIG type: L-N3



Figur 7. Rødenessjøen. Biomasse og sammensetning av planteplankton

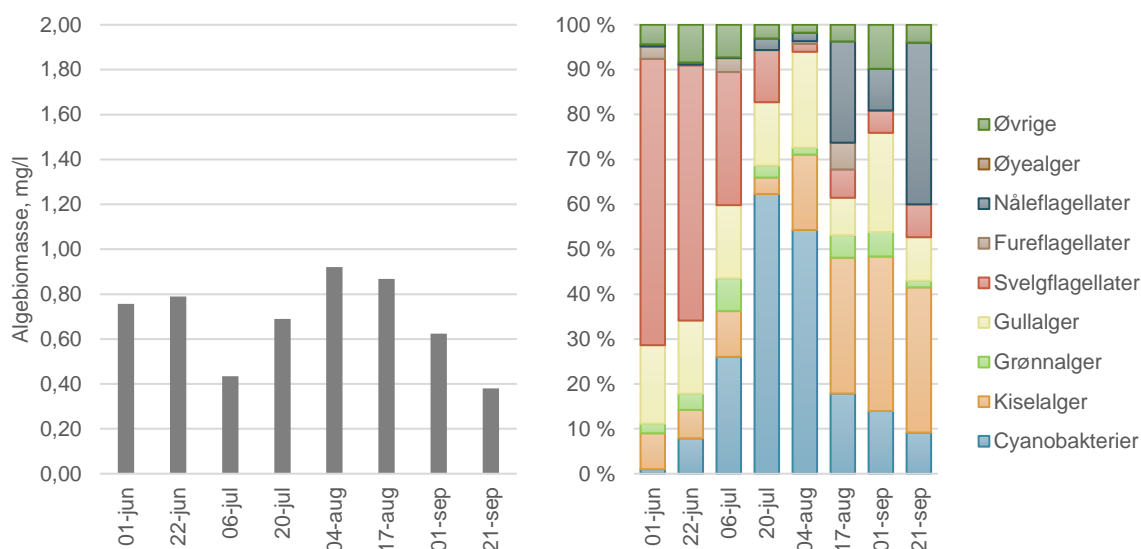
Tabell 9. Rødenessjøen. Parametere som inngår i kvalitetselementet «Planteplankton».

Dato	Total fosfor (µg/l)	Klorofyll <i>a</i> (µg/l)	Biomasse (mg/l)	PTI	Cyano <sub>max</sub> (mg/l)	Totalvurdering planteplankton
02.06.2021	26	1,6	0,35	2,25	0,00	
22.06.2021	14	1,8	0,25	2,29	0,00	
06.07.2021	18	4,2	0,50	2,35	0,05	
20.07.2021	20	2,2	0,48	2,42	0,03	
04.08.2021	11	8,4	0,92	2,61	0,19	
17.08.2021	31	13	0,98	2,39	0,05	
01.09.2021	9,8	12	0,94	2,49	0,13	
21.09.2021	15	3,1	0,22	2,76	0,09	
Gjennomsnitt	18,1	5,8	0,58	2,45		
nEQR		0,77	0,81	0,58	0,79	0,69

## 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  
 Vannstype: L106: Kalkfattig, humøs  
 N GIG type: L-N3



Figur 8. Aremarksjøen. Biomasse og sammensetning av planteplankton

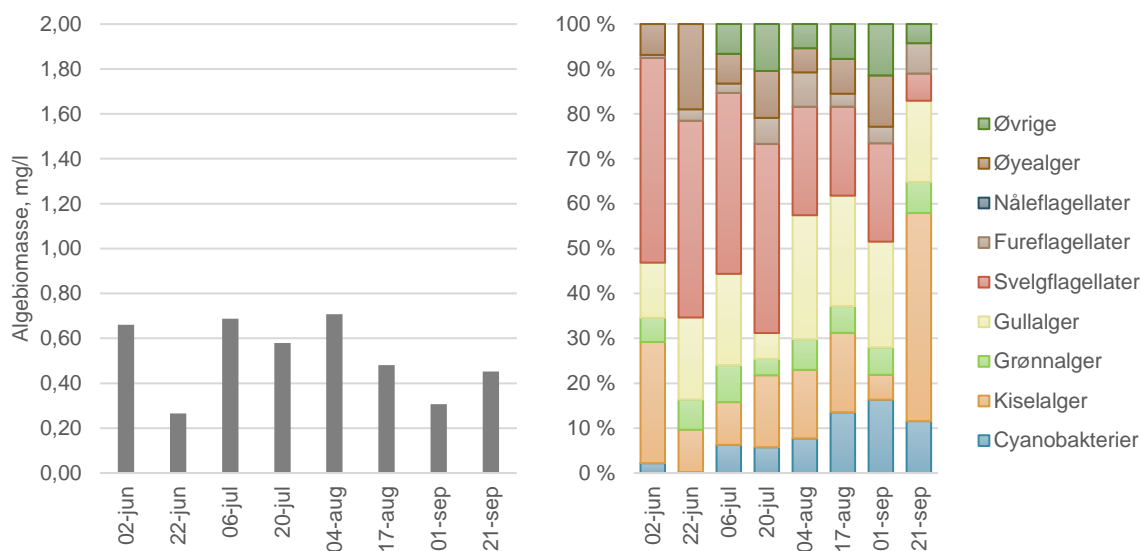
Tabell 10. Aremarksjøen. Parametere som inngår i kvalitetselementet «Planteplankton».

Dato	Total fosfor (µg/l)	Klorofyll <i>a</i> (µg/l)	Biomasse (mg/l)	PTI	Cyano <sub>max</sub> (mg/l)	Totalvurdering planteplankton
02.06.2021	37	4,0	0,76	2,32	0,01	
22.06.2021	16	2,2	0,79	2,39	0,06	
06.07.2021	20	3,2	0,43	2,53	0,11	
20.07.2021	15	2,3	0,69	2,82	0,43	
04.08.2021	12	4,4	0,92	2,83	0,50	
17.08.2021	10	13	0,87	2,60	0,16	
01.09.2021	14	7,0	0,62	2,46	0,09	
21.09.2021	14	6,7	0,38	2,55	0,03	
Gjennomsnitt	17,3	5,4	0,68	2,56		
nEQR		0,80	0,76	0,45	0,72	0,61

## 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
02.06.2021		3,6	0,66	2,32	0,01	
22.06.2021	13	1,4	0,26	2,18	0,00	
06.07.2021	20	3,2	0,64	2,26	0,04	
20.07.2021	13	0,87	0,52	2,42	0,03	
04.08.2021	9,9	1,9	0,67	2,41	0,05	
17.08.2021	9,1	3,1	0,44	2,40	0,07	
01.09.2021	18	3,3	0,27	2,45	0,05	
21.09.2021	15	2,6	0,45	2,28	0,05	
Gjennomsnitt	14,0	2,5	0,49	2,34		
nEQR		1,00	0,87	0,70	0,92	0,82

## 5.10 Oppsummering

I 2020 konkluderte vi med at forekomsten av planteplankton i de undersøkte innsjøene i Haldenvassdraget var lavere enn det vi hadde sett de foregående årene. Ut fra kvalitetselementet planteplankton var det da bare Bjørkelangen som ikke oppfylte kravet til minst *god* tilstand. Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av fosfor var imidlertid relativt høy i alle innsjøene i 2020, trolig på grunn av nedbørforholdene. Dette trakk da alle ned til *moderat* økologisk tilstand, bortsett fra Femsjøen der fosforinnholdet nedgraderte tilstanden fra *svært god* til *god*.

Værforholdene i 2021 var temmelig forskjellige fra de vi hadde i 2020. I motsetning til i 2020 var temperaturen i juli 2021 godt over normalen, mens august var svært nedbørfattig. Til tross for dette var forekomsten av planteplankton ganske lik det vi fant i 2020. I alle innsjøene lå den gjennomsnittlige biomassen likevel noe høyere i 2021, med et unntak for Bjørkelangen, hvor denne var klart lavere i 2021 enn i 2020.

Innholdet av fosfor var også lavere i alle innsjøene, unntatt i Femsjøen, der denne var uforandret fra 2020 til 2021. Likevel var fosforkonsentrasjonen fortsatt noe høyere enn mengden av planteplankton skulle tilsi. Det resulterte i at denne støtteparameteren ble styrende for den endelig fastsatte økologiske tilstanden i alle innsjøene, unntatt i Hemnessjøen og Skulerudsjøen.

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

Samfunnet av planteplankton i Bjørkelangen var i 2021 dominert av svelgflagellater og kiselalger på våren og forsommeren. I juli registrerte vi et godt sammensatt samfunn av planteplankton uten dominans av noen grupper. Som vanlig i denne innsjøen fikk vi utover sensommeren økt forekomst av cyanobakterier, og i august og september utgjorde disse ca. halvparten av den totale biomassen av planteplankton. Som tidligere år var det slekten *Aphanizomenon* som dominerte blant cyanobakteriene, men slektene *Dolichospermum* og *Planktothrix* hadde også et betydelig innslag. Alle disse er kjent for å kunne danne oppblomstringer. Det skjedde ikke i Bjørkelangen i 2021, noe som var hovedårsaken til at tilstanden i innsjøen vurdert ut fra forekomsten av planteplankton var bedre enn tidligere. Den gjennomsnittlige fosforkonsentrasjonen i 2021 var på ca. 25 µg/l, som vanligvis er mer enn nok til å understøtte store oppblomstringer. August var særdeles tørr, noe som trolig resulterte i meget lav tilførsel av fosfor på sensommeren. Dette kan i tilfelle ha gjort at veksten til cyanobakteriene stanset opp. Resultatene for 2021 var oppløftende, og enda bedre enn de vi fant i 2020. De må likevel følges opp av flere år med tilsvarende gode resultater før vi kan være sikre på at forholdene i innsjøen nå er bedre enn den var for noen år tilbake.

For første gang fikk vi i 2021 en nEQR-verdi for kvalitetselementet planteplankton som tilsa *god* økologisk tilstand, selv om denne fortsatt var helt på grensen til klassen *moderat*. Fosforinnholdet ga imidlertid *moderat* tilstand, og dette ble dermed styrende for fastsettelsen av den økologiske tilstanden i innsjøen i 2021.

## B. Hemnessjøen

Både biomassen og artssammensetningen av planteplankton har vært usedvanlig stabile i Hemnessjøen i perioden 2017 – 2021. Biomasseutviklingen gjennom sesongen 2021 var noe uvanlig ved at den var avtakende gjennom hele vekstsesongen. Det indikerer at det ikke var store eksterne tilførsler av fosfor, siden det normalt vil resultere i høyere biomasse utover sommeren. Tilførselen av næringsstoffer var sannsynligvis meget lav i august på grunn av usedvanlig lite nedbør, og dette kan være en årsak til det observerte mønsteret. De samme cyanobakteriene vi fant i Bjørkelangen ble også registrert i Hemnessjøen, noe som gjør at potensialet for oppblomstringer er til stede. Også her var *Aphanizomenon* den mest framtrepende slekten, men biomassen av cyanobakterier var gjennomgående lavere enn i Bjørkelangen. I stedet var det i store deler av sesongen et betydelig innslag av gullalgen *Synura*. I 2020 utgjorde også gullalger en stor andel av den totale biomassen av planteplankton, men da var det slekten *Uroglenopsis* som dominerte. Nåleflagellaten *Gonyostomum semen*, som ofte anses som en problemalge, ble i 2020 kun registrert i små mengder, og i 2021 ble den bare så vidt observert. Det tyder på at konkurransevilkårene for denne arten ikke er spesielt gunstige i innsjøen. Faren for at den skal danne større oppblomstringer er dermed liten. Gjennomsnittlig fosforkonsentrasjon var klart lavere i 2021 enn i 2019 og 2020. I og med at både kvalitetselementet planteplankton og støtteparameteren fosfor ga *god* økologisk tilstand, ble dette også den endelige tilstandsklassen for Hemnessjøen i 2021.

## C. Skulerudsjøen

Samfunnet av planteplankton i Skulerudsjøen var på forsommeren temmelig likt det vi fant i Bjørkelangen og Hemnessjøen, med dominans av kiselalger, gullalger og svelgflagellater. I denne delen av sesongen lå totalbiomassen i overkant av 0,5 mg/l, som i denne type innsjøer må anses som lavt. Av alle innsjøene som inngår i denne undersøkelsen, ser det ut til at det er i Skulerudsjøen nåleflagellaten *Gonyostomum semen* trives best. I 2020 utgjorde denne arten inntil 70% av totalbiomassen på høsten, mens den i august 2021 var enda mer dominerende. Den utgjorde da ca. 80% av den totale biomassen av planteplankton. En mindre oppblomstring av denne arten på noe under 2 mg/l var akkurat det samme vi registrerte i 2020. Den gjennomsnittlige fosforkonsentrasjonen i 2021 var imidlertid på ca. 15 µg/l, som er halvparten av det som ble funnet i 2020. Forekomst og artssammensetning av planteplankton tilsa *god* økologisk tilstand, og som i Hemnessjøen indikerte fosforinnholdet samme tilstandsklasse.

## D. Rødenessjøen

Det typiske bildet i Haldenvassdraget har vært at den økologiske tilstanden har vært dårligst i Bjørkelangen, bedre og temmelig lik i Hemnessjøen og Skulerudsjøen, og med en ytterligere forbedring ned til Rødenessjøen. I 2021 fikk vi resultater som sammenfalt med dette. Totalbiomassen av planteplankton holdt seg gjennom hele sesongen under 1 mg/l, og både for denne parameteren og for klorofyll *a* fikk vi nEQR-verdier som lå i grensesjiktet mellom *god* og *svært god* tilstand. Artssammensetningen var også god, uten stor dominans av noen grupper i løpet av sesongen. Likevel hadde vi innslag av en del cyanobakterier på høsten, og av nåleflagellaten *Gonyostomum semen* på sommeren. Disse bidro til å trekke delindeksen for artssammensetning (PTI) ned til nedre del av tilstandsklassen *god*. Tilstandsvurderingen for kvalitetselementet planteplankton ble som helhet også *god*. Den gjennomsnittlige fosforkonsentrasjonen lå i 2021 i underkant av 20 µg/l, som er vesentlig lavere enn det som ble funnet i 2020 (27 µg/l). For vanntypen som Rødenessjøen tilhører tilsier dette

likevel en *moderat* økologisk tilstand, som dermed også ble den fastsatte tilstandsklassen for innsjøen i 2021.

#### E. Aremarksjøen

Biomasse og artssammensetning av planteplankton i Aremarksjøen i 2021 samsvarte godt med det vi fant i 2020. Svelgflagellater dominerte i første halvdel av vekstsesongen, mens vi utover sommeren og høsten fikk et betydelig innslag av cyanobakterier. Det var igjen de samme slektene vi fant i Bjørkelangen og Hemnessjøen som ble registrert her, men i Aremarksjøen var slekten *Dolichospermum* den dominerende. I prøvene fra senhøsten utgjorde svelgflagellaten *Gonyostomum semen* en betydelig andel av totalbiomassen. Innslaget av cyanobakterier og nåleflagellater var større i 2021 enn i 2020, noe som ga en lavere indeksverdi for artssammensetning (PTI). Denne var i 2021 så lav som 0,45, noe som medførte at nEQR-verdi for kvalitetselementet som helhet ble trukket helt i nedre del av tilstandsklassen *god*. Gjennomsnittlig fosforkonsentrasjon var nesten identisk med det vi fant i Rødenessjøen. Dette trakk dermed også i Aremarksjøen den endelige vurderingen av økologisk tilstand ned til *moderat*.

#### F. Femsjøen

Fosforkonsentrasjonen i Femsjøen var for sesongen 2021 i gjennomsnitt på 14 µg/l, som er eksakt det samme vi fant i 2020. Dette er et nivå som for denne vanntypen tilsier en *god* økologisk tilstand. Totalbiomassen av planteplankton lå gjennom hele sesongen i intervallet 0,3 – 0,7 mg/l. Dette er noe høyere enn det vi fant i 2020, men fortsatt godt innenfor tilstandsklassen *svært god* for denne parameteren. Samfunnet av planteplankton var dominert av svelgflagellater, gullalger og kiselalger, mens cyanobakterier maksimalt utgjorde 10-15% av totalbiomassen. Også her ble slektene *Dolichospermum*, *Aphanizomenon* og *Planktothrix* registrert. Siden disse ved god næringstilgang ofte vil gi store oppblomstringer, er det ekstra viktig å holde fosforkonsentrasjonen i innsjøen på et lavt nivå. På senhøsten ble nåleflagellaten *Gonyostomum semen* registrert i små mengder også her. Som i flere av de andre innsjøene var det konsentrasjonen av fosfor som ble styrende for den endelige tilstandsvurderingen i Femsjøen, som for 2021 ble fastsatt til *god*.

**Tabell 12. Oppsummering av normaliserte EQR – verdier (nEQR), tilstandsklasse i 2021 ut fra kvalitetselementet planteplankton, og endelig tilstand hvor bidrag fra støtteparametere (fosfor) er inkludert. PTI = indeks for artssammensetning. SG = Klasse 1 (svært god), G = Klasse 2 (god), M = Klasse 3 (moderat), D = Klasse 4 (dårlig), SD = Klasse 5 (svært dårlig). (P) indikerer nedgradering pga. innholdet av totalfosfor.**

Innsjø	Klorofyll a		Biomasse		PTI		Cyano <sub>max</sub>		Planteplankton		Økologisk tilstand
	Kl.	nEQR	Kl.	nEQR	Kl.	nEQR	Kl.	nEQR	Kl.	nEQR	nEQR
<b>Bjørkelangen</b>	SG	0,82	G	0,74	M	0,45	M	0,58	G/M	0,60	0,51 (P)
<b>Hemnessjøen</b>	G	0,72	G	0,66	M	0,55	G	0,76	G	0,62	0,62
<b>Skulerudsjøen</b>	G	0,70	G	0,76	M	0,54	G/SG	0,80	G	0,63	0,63
<b>Rødenessjøen</b>	G	0,77	SG	0,81	M	0,58	G	0,79	G	0,69	0,55 (P)
<b>Aremarksjøen</b>	SG/G	0,80	G	0,74	M	0,45	G	0,72	G	0,61	0,57 (P)
<b>Femsjøen</b>	SG	1,00	SG	0,87	G	0,70	SG	0,92	SG	0,82	0,66 (P)

## 6 Referanser

Direktoratsgruppa, vanddirektivet (2018). Veileder 02:2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Utgitt av Direktoratgruppa for gjennomføring av Vanddirektivet. 220 s.