

7921-2023

Effekter av ekstremværet «Hans» på vannkvaliteten i

Mjøsa

Resultater fra undersøkelser
i 2023



Rapport

Norsk institutt for vannforskning

Løpenummer: 7921-2023

ISBN 978-82-577-7657-2
NIVA-rapport
ISSN 1894-7948

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av: Laurence Carvalho

Jan-Erik Thrane
Prosjektleder/
Hovedforfatter

Sigrid Haande
Kvalitetssikrer

Laurence Carvalho
Forskningsleder

© Norsk institutt for vannforskning og Miljødirektoratet. Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

www.niva.no

Tittel norsk/engelsk

Effekter av ekstremværet «Hans» på vannkvaliteten i Mjøsa
Effects of the storm “Hans” on the water quality of Mjøsa

Sider

17 + vedlegg

Dato

20.12.2023

Forfatter(e)

Jan-Erik Thrane
Birger Skjelbred
Asle Økelsrud

Fagområde

Overvåking

Distribusjon

Åpen

Oppdragsgiver(e)

Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver

Kontaktperson hos oppdragsgiver

Odd Henning Stuen

Utgitt av NIVA

220005

Sammendrag

Ekstremværet «Hans» rammet store deler av Sør-Norge i august 2023, og førte til storflom i Gudbrandsdalslågen og rekordhøy vannstand i Mjøsa. Denne rapporten presenterer hvordan ekstremværet påvirket vannkvaliteten i Mjøsa de etterfølgende månedene. Resultatene er basert på overvåkingsdata innsamlet gjennom den tiltaksrettede overvåkingen i vannområde Mjøsa, finansiert av Vassdragsforbundet, samt to ekstra prøvetakingstokt i september og oktober, finansiert av Miljødirektoratet.

Emneord: Ekstremvær, Overvåking, Mjøsa, Eutrofiering

Keywords: Extreme weather, Monitoring, Mjøsa, Eutrophication

Innholdsfortegnelse

Forord	4
Sammendrag	5
Summary	6
1 Introduksjon	7
2 Prøvetaking og analyser	8
2.1 Prøvetaking på Mjøsa	8
2.1 Estimering av fosfortransport i Gudbrandsdalslågen	8
3 Resultater og diskusjon	10
3.1 Fysisk-kjemisk vannkvalitet	10
3.2 Planteplankton og klorofyll	15
3.3 Effekter av flommen på lengre sikt	16
4 Konklusjon	17
5 Referanser	17
6 Vedlegg	18

Forord

I tillegg til den pågående tiltaksrettede overvåkingen i Mjøsa, som finansieres av Vassdragsforbundet, bevilget Miljødirektoratet midler til to ekstra prøvetakingstokt på Mjøsa etter ekstremværet «Hans». I denne rapporten presenteres resultatene fra undersøkelsene. En så rask vurdering av effektene av en ekstremhendelse som «Hans» hadde ikke vært mulig uten den lange tidsserien som har blitt framskaffet gjennom den tiltaksrettede overvåkingen, som har pågått årlig siden 1970-tallet.

Alle vannprøver fra Mjøsa er analysert ved NIVAs akkrediterte laboratorium. Kontaktpersoner på NIVALab har vært Veronica Eftervåg og Tina Bryntesen. Birger Skjelbred har analysert planteplankton. Asle Økelsrud har vært ansvarlig for feltarbeid, med bidrag i felt fra Jan-Erik Thrane, Jonas Persson og Cecilie Baann. Statens naturoppsyn har stilt med båt og båtfører på de ordinære «hovedrundene» på Mjøsa. Jan-Erik Thrane har analysert dataene og skrevet rapporten. Kvalitetssikring er gjennomført av seniorforsker Sigrid Haande.

Vi takker oppdragsgiver for godt samarbeid.

Jan-Erik Thrane, prosjektleder

Oslo, 15.12.2023

Sammendrag

Ekstremværet «Hans» rammet store deler av Sør-Norge fra 7. til 9. august 2023. Det førte til storflom i Gudbrandsdalslågen og høyeste målte vannstand i Mjøsa utenom snøsmeltesesongen siden målingene startet i 1908. Som følge av flommen ble Mjøsa tilført store mengder partikler og oppløste stoffer gjennom avrenning fra dyrka mark og urbane områder. I tillegg bidro den høye vannstanden i Mjøsa, sammen med overløp og lekkasjer fra avløp, til at urensset kloakk rant ut i tilløpselver og i innsjøen.

I denne rapporten belyses de umiddelbare effektene av «Hans» på Mjøsas vannkvalitet. Resultatene baserer seg på prøver innsamlet i det pågående overvåkingsprogrammet for Mjøsa, finansiert av Vassdragsforbundet, og ekstra undersøkelser i september og oktober, finansiert av Miljødirektoratet.

I perioden etter «Hans» ble det observert en kraftig økning i turbiditet (partikler) nær termoklinen på 20-40 meters dyp i Mjøsas nordre deler. Økningen i turbiditet var også synlig Mjøsas sentrale deler, men mengden partikler avtok gradvis fra nord mot sør som følge av sedimentering og fortykning i innsjøens store vannmasser. Turbiditeten økte også i overflatevannet, men ikke like mye som på dypere vann.

Konsentrasjonen av total-fosfor i Mjøsas overflatevann økte tydelig etter «Hans». Konsentrasjonene var høyest nær innløpet til Lågen, og avtok gradvis sørover. Ved Skreia lå de fleste målingene av total-fosfor mellom 4 og 8 $\mu\text{g P/l}$, og middelkonsentrasjon for august til oktober var ca. 25 % høyere enn normalt (gjennomsnittet siden år 2000). Ved Brøttum var målte fosforkonsentrasjoner mellom 6 og 11 $\mu\text{g P/l}$, og nesten 40 % høyere enn normalt. Konsentrasjonene av løst fosfat ved Brøttum, Skreia og i Furnesfjorden var omtrent doblet sammenliknet med før flommen. Noen av fosfatkonsentrasjonene som ble målt nord i Mjøsa (5-7 $\text{PO}_4\text{-P } \mu\text{g/l}$) var relativt høye til Mjøsa å være og kan indikere forurensing fra f.eks. avløpslekkasjer. Fosfatkonsentrasjonene ved Skreia, Kise og Furnesfjorden ble imidlertid ikke målt høyere enn 3 $\mu\text{g PO}_4\text{-P/l}$. Dette er høyere enn normalt, men ikke urovekkende høyt. Konsentrasjonene av nitrat og total-nitrogen endret seg ikke som følge av flommen.

Det ble målt omtrent en dobling i vannfarge og en 50% økning i konsentrasjon av oppløst organisk karbon i overflatevannet. Dette reflekterer i hovedsak avrenning av humusstoffer og organisk materiale fra utmark og jordsmonn under flommen. Mest farget vann var det i Furnesfjorden, trolig som følge lokal påvirkning fra naturlig humusrike tilløpsvassdrag, som Brumunda.

Som følge av økt turbiditet og vannfarge ble siktedypet i hele Mjøsa redusert etter flommen. Det var en tydelig nord-sør gradient i siktedyp, med 2-3 meter sikt i nord, og rundt 5 meter ved Skreia. Normalt siktedyp ved Skreia om høsten og seinsommeren er > 8 meter. I slutten av oktober hadde forskjellene i siktedyp jevnet seg ut og det var 5-6 meter siktedyp ved alle stasjoner, med unntak av Skreia, der siktedypet igjen var rundt 8 meter.

Planteplanktonbiomassen tredoblet seg i ukene etter «Hans», noe som trolig var en respons på økte fosfortilførsler under flommen. Den faktiske biomassen av planteplankton var imidlertid ikke høyere enn det som er normalt for årstiden i Mjøsa. At algebiomassen ikke ble høyere enn normalt, skyldes trolig dårlige lysforhold pga. økt turbiditet og farge. Veksten kan dermed ha vært begrenset av lys og ikke næring. Artssammensetningen av plankton var normal, med unntak av en noe større andel svelgflagellater enn vanlig. Dette er en gruppe alger som trives under litt dårlige lysforhold.

Mye av fosforet som ble tilført Mjøsa under «Hans» vil forbli i Mjøsa i flere år fremover og kan påvirke økologisk tilstand neste år. Vi forventer imidlertid ikke mer enn en økning på omkring 10% i konsentrasjon av total-fosfor. Dette estimatet er svært usikkert, og hvilken effekt det eventuelt vil få på vekst av planteplankton og økologisk tilstand, avhenger særlig av hvor mye av fosforet som blir biotilgjengelig.

Summary

The storm "Hans" hit large parts of southern Norway from August 7. to 9. 2023. It caused major flooding in Gudbrandsdalslågen and the highest measured water level in Mjøsa outside the snowmelt season since measurements began in 1908. As a result, Mjøsa received large amounts of particles and dissolved substances through runoff from agricultural land and urban areas. In addition, storm overflows and leakages from water treatment plants, caused untreated sewage to flow into tributaries and the lake. This report highlights the immediate effects of "Hans" on Mjøsa's water quality. The results are based on samples collected in the ongoing monitoring of Mjøsa, funded by Vassdragsforbundet, and additional surveys in September and October, funded by the Norwegian Environment Agency.

In the period after "Hans", a sharp increase in turbidity was observed around the thermocline at a depth of 20-40 meters in the northern parts of Mjøsa. Turbidity also increased in the surface water, but not as much as in the deeper water. The increase in turbidity was also evident in central parts of Mjøsa, but the amount of particles gradually decreased southwards as a result of sedimentation and dilution.

The concentration of total phosphorus (Tot-P) in Mjøsa's surface water clearly increased after "Hans". Concentrations were highest near the inlet of Gudbrandsdalslågen, and decreased southwards. At Skreia, most measurements of Tot-P were between 4 and 8 µg/l, and the mean concentration for August-October was about 25% higher than normal (mean since year 2000). At Brøttum, the concentrations were 6-11 µg/l and almost 40% higher than normal. The concentrations of dissolved phosphate at Brøttum, Skreia and in Furnesfjorden were about twice as high as before the flood. Some of the concentrations measured in northern Mjøsa (5-7 PO₄-P µg/l) were high for Mjøsa, and may indicate the influence of P-rich pollutant sources, e.g. untreated sewage leaks. Phosphate concentrations at Skreia, Kise and Furnesfjorden were, however, not measured higher than 3 µg PO₄-P/l. This is higher than normal, but not alarmingly high. The concentrations of nitrate and total nitrogen did not change as a result of the flood.

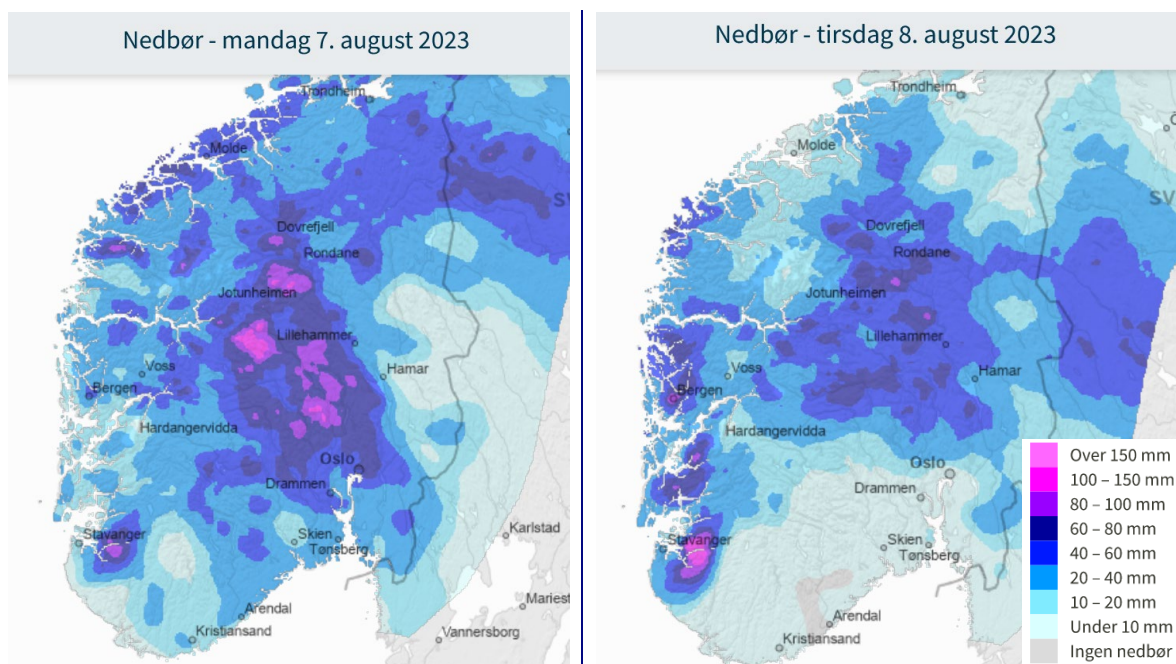
A roughly doubling in water colour and a 50% increase in the concentration of dissolved organic carbon in the surface water was measured. This reflects increased inputs of humic substances and organic material from runoff and soils during the flood. The most coloured water was seen in Furnesfjorden, probably because of the influence from naturally humic tributaries such as the river Brumunda. As a result of increased turbidity and colour, the Secchi depth in most of Mjøsa was reduced after the flood. There was a clear north-south gradient in Secchi depth, with 2-3 meters of visibility in the north, and around 5 meters at Skreia. The normal Secchi depth at Skreia in late summer is >8 meters. By the end of October, the differences in Secchi depth had evened out, and Secchi depth was 5-6 meters at all stations, except for Skreia, where it was around 8 meters.

Phytoplankton biomass tripled in the weeks after "Hans", which was probably a response to increased phosphorus inputs during the flood. However, the actual phytoplankton biomass was no higher than normal for the time of year. The fact that algal biomass was not higher than normal is probably due to poor light conditions due to increased turbidity and color. Growth may have been limited by light and not nutrients. The species composition of plankton was normal, except for a larger than usual proportion of cryptophytes. This is a group of algae that thrives under poorer light conditions.

Much of the phosphorus that was transported to Mjøsa during "Hans" will remain in Mjøsa for several years and may affect the ecological status next year. Still, we don't expect the concentration of total phosphorus to increase more than around 10% next year. This estimate is highly uncertain, and what effect this may have on phytoplankton growth and ecological status depends especially on how much of this phosphorus becomes bioavailable.

1 Introduksjon

Under ekstremværet «Hans» den 7. til 9. august 2023, kom det rekordstore nedbørsmengder i deler av Sør-Norge (Figur 1). I henhold til meteorologisk institutt¹ må vi tilbake til månedsskiftet august/september 1938 for å finne tilsvarende eller større mengder regn på Østlandet. Størrelsen på området som ble rammet av kraftig nedbør under «Hans» var imidlertid trolig større enn i 1938¹. De mest ekstreme nedbørsmengdene falt i Innlandet, der det ved flere målestasjoner ble satt nedbørsrekorder for samlet mengde nedbør over tre dager. Alle disse lå vest for Mjøsa og i nedbørfeltet til Drammenselva, men også i Mjøsas nedbørfelt falt det svært mye regn. For eksempel ble det i Skjåk målt 77 mm nedbør mellom 8. og 10. august, som er det høyeste som er målt siden 1938.



Figur 1. Nedbør i Sør-Norge 7.-9. august 2023. Kartene viser sum av døggnedbør (mm) fra kl. 08 den aktuelle datoen til kl. 08 dagen etter. Nedbørsmengdene er basert på målinger ved målestasjoner og interpolert til ruter på 1 km². Kartene er produsert av meteorologisk institutt for tjenesten www.SeNorge.no, hvor kartene er hentet fra.

De ekstreme nedbørsmengdene førte til storflom i Gudbrandsdalslågen, der det den 10. august ble målt en vannføring på rundt 2900 m³/s ved målestasjonen i Losna. Det er den høyeste vannføringen som er målt siden målingene startet i 1902². De store vanntilførselene gjorde at vannstanden i Mjøsa økte kraftig, før den nådde toppen den 13. august. Da var vannstanden den høyeste siden flommen i 1995. Ifølge Glommen og Lågen brukseierforening (GLB) har det imidlertid ikke vært målt høyere vannstand utenom snøsmeltesesongen siden målingene startet i 1908².

I løpet av «Hans» og dagene etter ble Mjøsa tilført store mengder partikler og oppløste stoffer som følge av avrenning fra dyrka mark, urbane områder og utmark i de ulike delnedbørfeltene rundt innsjøen. Mange rundballer, betydelige mengder søppel, trær og andre større objekter, havnet også i Mjøsa, og et viktig spørsmål i etterkant av flommen var graden av plastforurensing. Dette er imidlertid ikke omtalt videre i denne rapporten, siden det ikke måles i overvåkingsprogrammet.

¹ <https://www.met.no/nyhetsarkiv/over-100-ar-siden-det-har-regnet-sa-mye-pa-ostlandet>

² «Hvor stor ble flommen»; innlegg på <https://glb.no/aktuelt/> 25.08.2023

Den høye vannstanden i Mjøsa, sammen med overløp på renseanlegg, bidro til at mye urensset kloakk rant ut i tilløpselver og i selve innsjøen³. Samlet sett kan vi dermed anta at betydelige mengder forurensing, særlig i form av fosfor og organisk stoff, ble tilført Mjøsa som følge av «Hans».

Men hvordan påvirket disse tilførselene vannkvalitet og økologisk tilstand i Mjøsa i tiden etter flommen? Hvor mye økte konsentrasjonene av fosfor? Så vi en respons i form av økt planteplanktonbiomasse eller oppblomstringer av cyanobakterier? Og hvordan ble sikten i vannmassene påvirket av økte mengder partikler og organisk materiale? Ikke minst – kan det tenkes at «Hans» vil føre til dårligere vannkvalitet og mer algevekst i Mjøsa neste år?

Denne rapporten gir en første vurdering av effektene av «Hans» på vannkvaliteten i Mjøsa basert på prøvetaking i ukene og månedene etter. I tillegg til prøver tatt i forbindelse med den årlige tiltaksrettede overvåkingen i vannområde Mjøsa (finansiert av Vassdragsforbundet), ble det samlet inn prøver ved to ekstra anledninger i september og oktober (finansiert av Miljødirektoratet).

2 Prøvetaking og analyser

2.1 Prøvetaking på Mjøsa

Det samles inn månedlige prøver av vannkjemi, planteplankton og andre fysisk-kjemiske parametere gjennom det pågående tiltaksrettede overvåkingsprogrammet i vannområde Mjøsa. Prøvene samles inn fra fire faste stasjoner fra mai til og med oktober (**Figur 2**). Ved hovedstasjonen (Skreia) blir det i tillegg tatt prøver annenhver uke av planteplankton og vannkjemi. Prøvetakings- og analysemetodikk er beskrevet i de årlige overvåkingsrapportene fra Mjøsa (se f.eks. Thrane mfl. 2023).

For å følge opp konsekvensene av «Hans» bevilget Miljødirektoratet midler til to ekstra prøvetakingsrunder på høsten. Da det ble tatt vannprøver for analyse av fysisk-kjemiske parametere og planteplankton fra 0-10 m (epilimnion), samt fysisk-kjemiske parametere fra 25 m (nær termoklinen) og 60 m (under termoklinen). I tillegg ble det målt siktedyp og vertikalprofiler av fysisk-kjemiske parametere (bl.a. turbiditet, temperatur og klorofyll fluorescens) med multiparametersonde. Prøver ble tatt ved seks stasjoner i et transekt fra Vingrom i nord til Skreia i sør, inkludert de fire faste stasjonene (**Figur 2**). Samlet sett ble det i 2023 gjennomført fire prøvetakinger før «Hans» og syv etter; den siste i slutten av oktober (**Figur 3**).

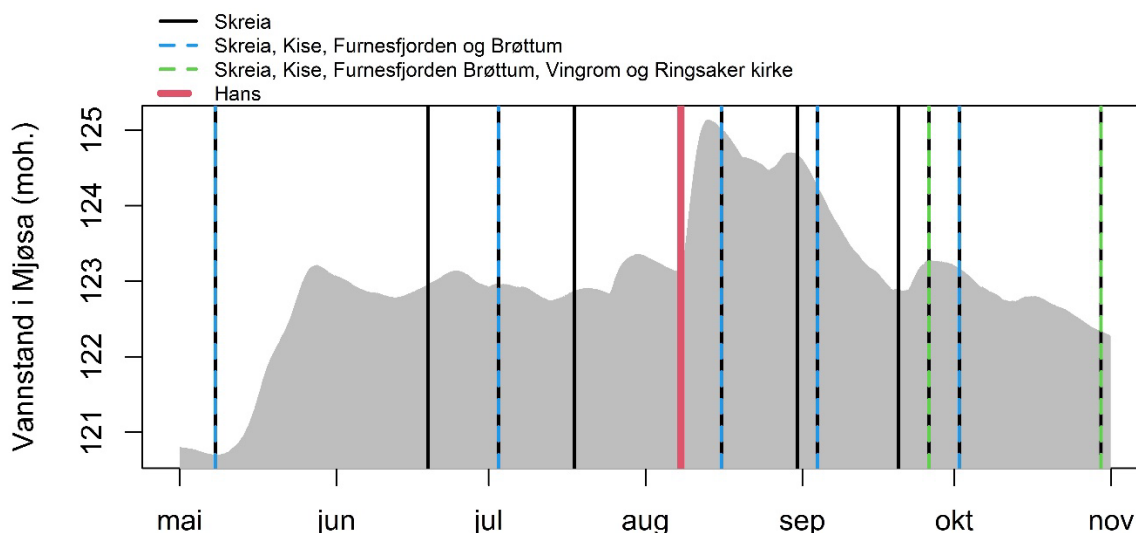
2.1 Estimering av fosfortransport i Gudbrandsdalslågen

Transport av total-fosfor i Gudbrandsdalslågen under «Hans» ble estimert på bakgrunn av vannføringsdata ved målestasjon Losna og historiske data på konsentrasjon av total-fosfor (24 målinger per år). Vi tilpasset en lineær regresjon til sammenhengen mellom log(vannføring) og log(total-fosfor) i Lågen basert på data for perioden 2010-2022 ($n=322$, $R^2 = 0,33$), og benyttet den empiriske sammenhengen til å predikere total-fosforkonsentrasjon som funksjon av vannføring under «Hans». Transport av totalfosfor ble estimert på timesbasis og summert for perioden 07/08–17/08, da vannføringen var nede på normalt nivå igjen. Et konfidensintervall for estimatet ble beregnet ved å predikere regresjonsmodellen for øvre og nedre konfidensgrense (estimert total-fosfor $\pm 2*SE$).

³ <https://www.lillehammer.kommune.no/kloakk-i-mjoesa.6615549-172351.html>



Figur 2. Kart som viser prøvetakingsstasjonene på Mjøsa (sorte firkanter). Skreia, Kise, Furnesfjorden og Brøttum inngår i det faste overvåkingsprogrammet, mens Vingrom og Ringsaker kirke (markert i rødt) er nye stasjoner som kun ble prøvetatt etter «Hans».



Figur 3. Prøvetakingstidspunkter i 2023 og vannstand i Mjøsa (moh., markert i grått). Rød vertikal linje viser tidspunktet da ekstremværet «Hans» rammet Sør-Norge (7.-9. august 2023). De resterende vertikale linjene viser tidspunktene de ble tatt prøver ved hovedstasjonen Skreia. Datoer det ble tatt prøver ved både Skreia, Kise, Furnesfjorden og Brøttum er markert med stiplede svarte/blå linjer. Svarte/grønne linje viser datoene det i tillegg ble tatt prøver ved Ringsaker Kirke og Vingrom.

3 Resultater og diskusjon

3.1 Fysisk-kjemisk vannkvalitet

3.1.1. Turbiditet – et mål på konsentrasjonen av partikler

Turbiditeten i Mjøsas overflatevann økte etter flommen (**Figur 4A**), men var ikke vesentlig høyere enn hva som kan observeres etter en normal vårflo. Målinger med nedsenkbar turbiditetssensor viste imidlertid betydelig høyere turbiditet på dypere vann (**Figur 5**), nær termoklinen (**Vedleggsfigur 1**). På rundt 20-40 meters dyp ved Brøttum og rundt 15-30 meters dyp ved Kise ble det målt svært høy turbiditet i august og til dels i september (**Figur 5**). Nivåene avtok gradvis utover høsten som følge av sedimentering og blanding av vannmassene. Også sentralt i Mjøsa, ved Skreia, var det en tydelig topp i turbiditet på rundt 30 m dyp i august som vedvarte til september (**Figur 5**). I Furnesfjorden ble det observert en svak økning i turbiditet litt senere på høsten, men turbiditeten var mye lavere her enn ved de andre stasjonene.

Det har vært målt turbiditet med sensor i overvåkingsprogrammet siden 2017, og i denne perioden har det aldri vært målt verdier i nærheten av det som ble målt nord i Mjøsa like etter «Hans». Årsaken til at turbiditeten toppet seg på 20-40 m dyp og ikke i overflaten, var at flomvannet fra Gudbrandsdalslågen holdt noe lavere temperatur, og dermed noe høyere tetthet, enn overflatevannet i Mjøsa. Flomvannet la seg dermed inn som en «tunge» i dybdesjiktet i Mjøsa med tilsvarende temperatur og tetthet.

I slutten av september ble det tatt prøver for analyse av andelen uorganiske partikler i vannet (f.eks. leire- og brepartikler, målt som suspendert gløderest). I alle unntatt én prøve var konsentrasjonen av uorganiske partikler under deteksjonsgrensen på 0,8 – 1,3 mg/l. Den totale konsentrasjonen av partikler (målt som suspendert tørrstoff) var fra 1-4 mg/l (se vedlegg). Dette tyder på at hoveddelen av partiklene i vannmassene på det tidspunktet var organiske – f.eks. små biter av plante- eller jordmateriale, inkludert alger. Unntaket var i prøven fra Vingrom på 25 m dyp, som besto av to tredjedeler uorganiske partikler.

Dette var prøven som ble tatt nærmest innløpet til Lågen, og det er sannsynlig med høyere andel uorganiske partikler her, ettersom disse vil sedimentere ut over tid og med avstand til Lågen.

3.1.2. Fosfor

Både i nordlige og sentrale deler av Mjøsa økte konsentrasjonen av total-fosfor tydelig etter flommen, før den avtok gradvis frem mot slutten av oktober (**Figur 4B**). Konsentrasjonene av total-fosfor i overflatevannet på Skreia lå mellom 4 og 8 µg P/l i de fleste målingene etter «Hans». Dette er høyere enn normalt, men ikke ekstremt høyt. Middelkonsentrasjonen fra august til oktober var 5,7 µg P /l, som er ca. 25 % høyere hva som normalt måles på denne tiden av året. Siden år 2000 har det vært målt like høye eller høyere middelkonsentrasjoner ved Skreia i 2009, 2011 og 2015. Ved Brøttum lå konsentrasjonene av total-fosfor etter «Hans» mellom 6 og 11 µg/l. Middelkonsentrasjonen for august til oktober var 7,8 µg/l, som er 37% høyere enn normalt for perioden. Siden år 2000 har det vært målt like høye eller høyere middelkonsentrasjoner i 2007, 2009, 2011 og 2015, men det har ikke vært målt konsentrasjoner høyere enn 10,5 µg/l i enkeltprøver.

Som følge av flommen rant det flere steder urensset kloakk ut i Mjøsa og tilløpselver. Urenset kloakk er en kilde til biotilgjengelig fosfor i form av fosfat. Ved Skreia og Brøttum ble det målt omtrent en dobling i fosfatkonsentrasjon etter flommen (**Figur 4C**). Det samme gjaldt i Furnesfjorden (se vedlegg). Enkelte av fosfatkonsentrasjonene målt ved Brøttum og Vingrom i august og september (5-7 µg PO₄-P/l) var relativt høye til Mjøsa å være og kan indikere påvirkning fra f.eks. avløpslekkasjer. Imidlertid ble det ikke målt høyere fosfatkonsentrasjoner enn 3 µg PO₄-P/l ved Skreia, Kise eller i Furnesfjorden. Dette er trolig høyere enn normalt, men ikke urovekkende høyt.

Konsentrasjonene av fosfat og total-fosfor etter «Hans» avtok gradvis fra nord til sør i Mjøsa (**Figur 6B & C**). I nord, ved Vingrom og Brøttum, var noen av fosforkonsentrasjonene som ble målt relativt høye til Mjøsa å være. Reduksjonen av fosforkonsentrasjoner sørover skyldes i hovedsak en kombinasjon av sedimentering av partikulært bundet fosfor og en fortykning i Mjøsas store vannmasser.

3.1.1. Fargetall og organisk materiale

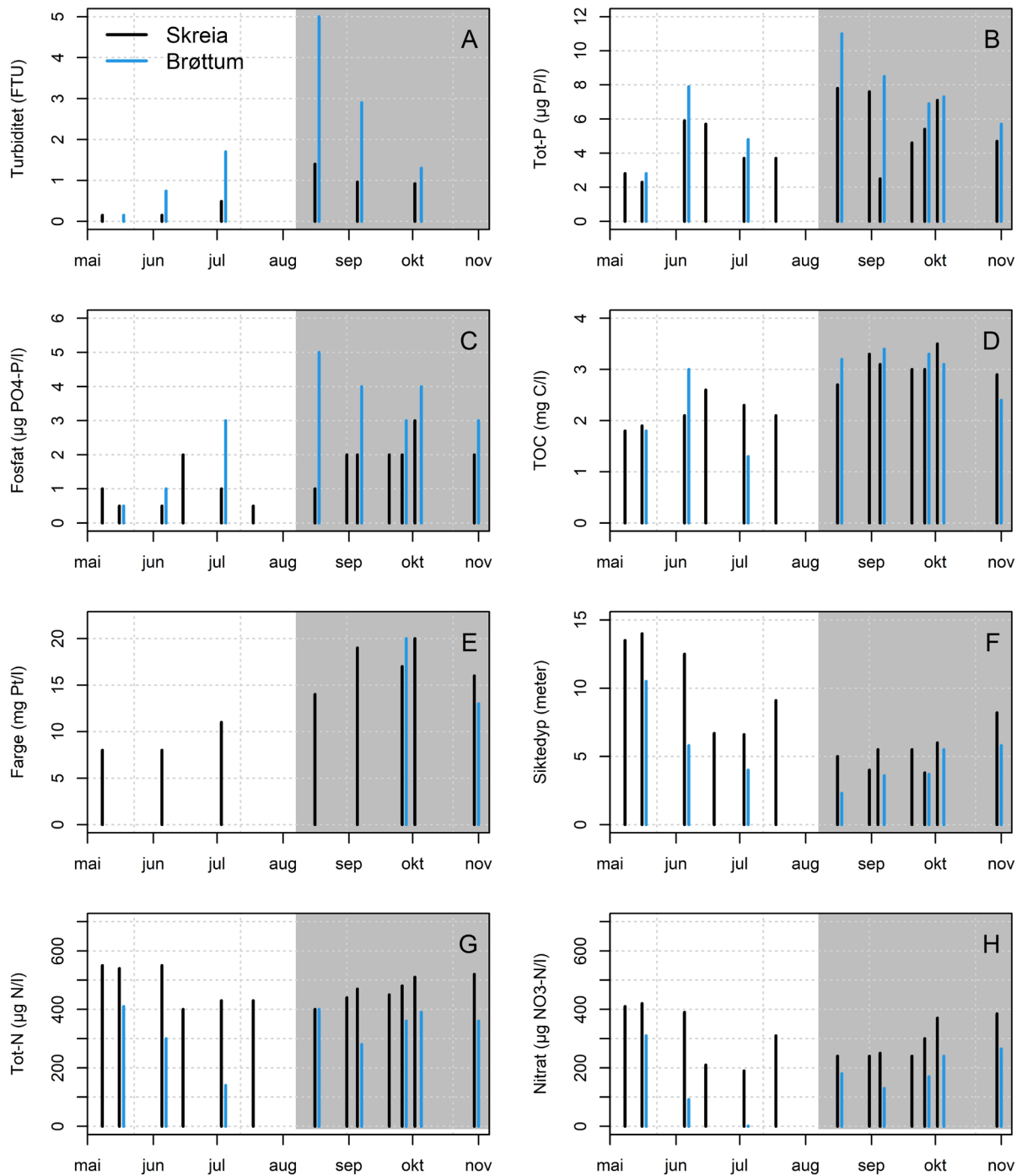
Ved Skreia var det omtrent en dobling av fargetall sammenliknet med før «Hans» (**Figur 4E**). Konsentrasjonene av total organisk karbon (TOC) økte også med omkring 50 % (**Figur 4D**). Begge disse målingene reflekterer i hovedsak økt avrenning av humusstoffer fra utmark og jordsmonn i nedbørfeltet under flommen. Økningen i konsentrasjon av TOC var størst i Furnesfjorden, der det ble observert nesten en dobling.

For TOC og farge var det geografiske mønsteret motsatt av det som ble observert for turbiditet og fosfor (**Figur 6**). Konsentrasjonen av TOC og fargetall økte sørover, og det var høyest i Furnesfjorden. Det er vanligvis høyere fargetall i Furnesfjorden enn ved de andre stasjonene fordi denne delen av Mjøsa er mer påvirket av avrenning fra humusrike tilløpsvassdrag, f.eks. Brumunda. Lågen har vanligvis klart vann med lite humus, og bidrar derfor til en klarere vann i Mjøsas nordre og sentrale deler. De fleste elvene som renner inn i Mjøsa på vei sørover er humøse, og disse kan lokalt bidra til mer farget vann – noe de trolig også gjorde under «Hans..

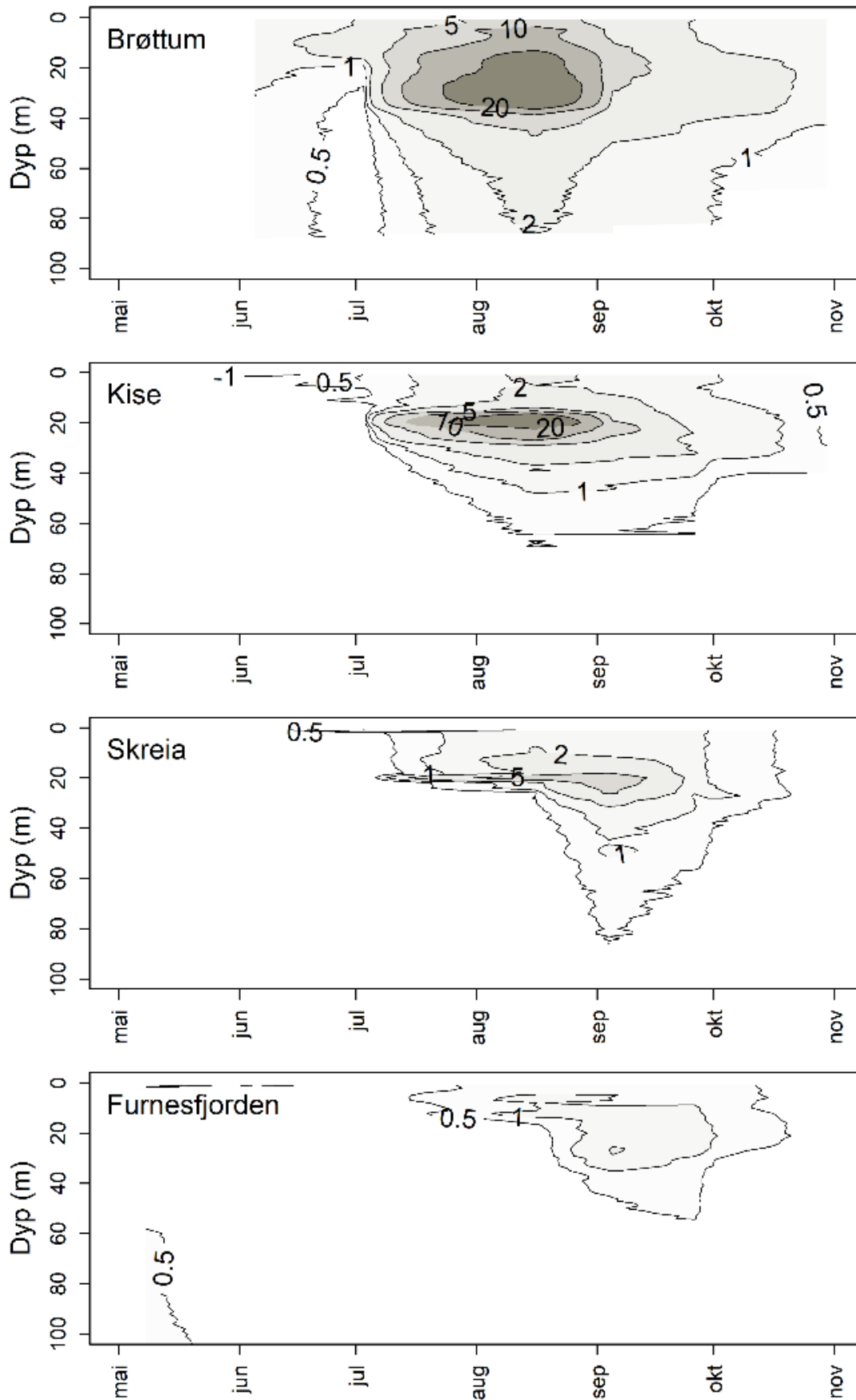
3.1.2. Siktedyp

Som følge av økt turbiditet og fargetall ble siktedypet i hele Mjøsa redusert etter flommen (**Figur 4F**). Siktedypet økte gradvis igjen utover høsten. Etter «Hans» var siktedypet ved Skreia rundt 5 m frem til slutten av oktober, da vannet nærmet seg normalt siktedyp igjen. Basert på data siden år 2000 er normalt siktedyp ved Skreia om høsten og sensommeren litt over 8 m. I september var det en tydelig nord-sør gradient i siktedyp, med kun 2-3 m sikt helt nord i Mjøsa (**Figur 6G**). I oktober hadde imidlertid forskjellene

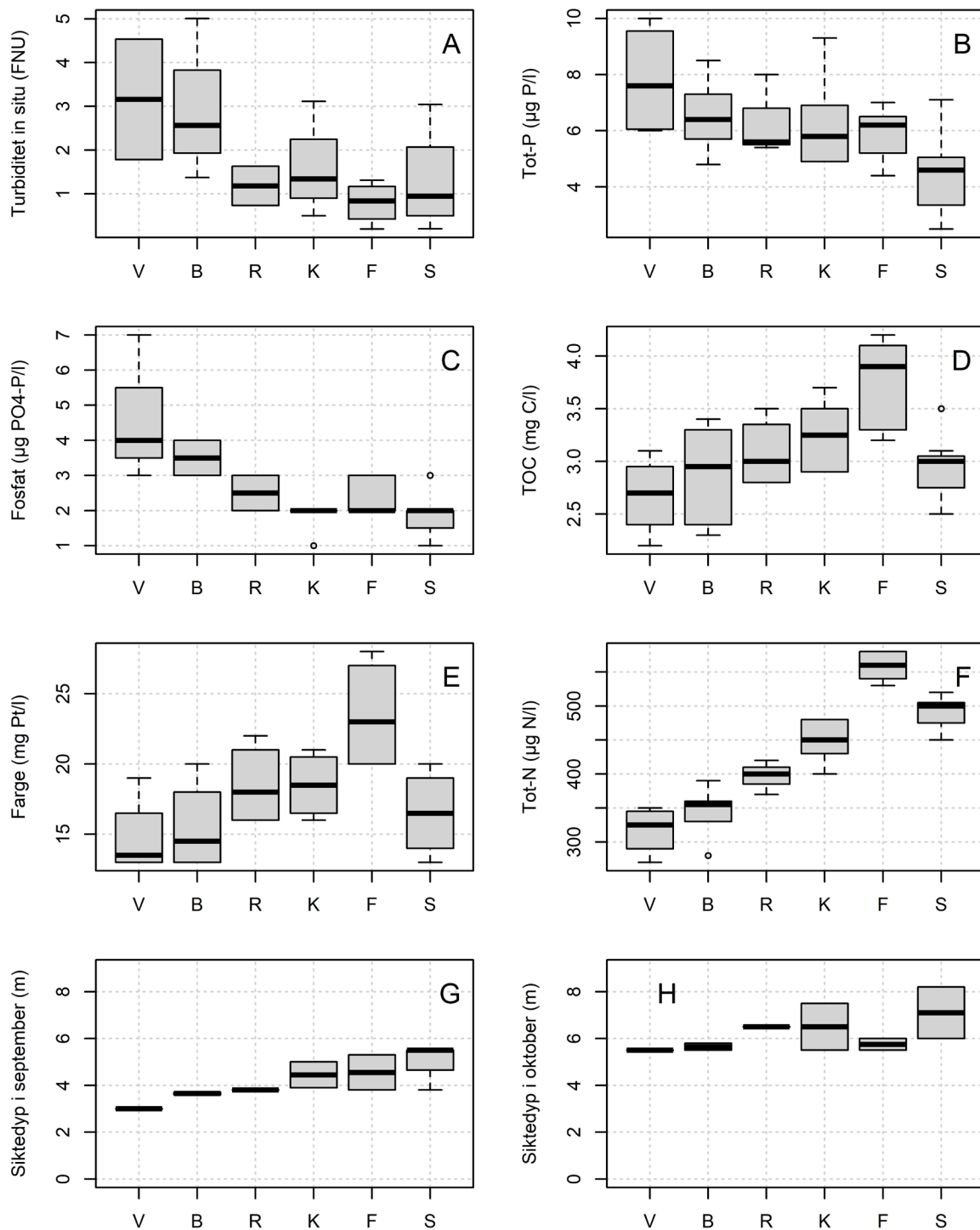
jevnet seg ut, og det var 5-6 m siktedyp ved alle stasjoner unntatt Skreia, hvor siktedypet var høyere (**Figur 6G**).



Figur 4. Tidsutvikling i overflatekonsentrasjoner (0-10 m) av A) turbiditet (FTU, målt på lab), B) total-fosfor (Tot-P, $\mu\text{g P/l}$), C) fosfat ($\mu\text{g PO}_4\text{-P/l}$), D) total organisk karbon (TOC, mg/l), E) farge (mg Pt/l), F) siktedyp (m), G) total-nitrogen (Tot-N, $\mu\text{g N/l}$) og H) nitrat ($\mu\text{g NO}_3\text{-N/l}$) ved Skreia (sentralt i Mjøsa; svarte søyler) og Brøttum (nord i Mjøsa; blå søyler) gjennom 2023. Perioden etter ekstremværet «Hans» (7.-9. august) er markert med grå bakgrunn.



Figur 5. Konturplott med isolinjer som viser variasjon i turbiditet (FTU, visualisert ved grå farge) over tid og gjennom vannsøylen i 2023. Jo mørkere farge, jo høyere turbiditet.



Figur 6. Variasjon i A) turbiditet målt med sonde, B) total-fosfor (Tot-P, $\mu\text{g P/l}$), C) fosfat ($\mu\text{g PO}_4\text{-P/l}$), D) total organisk karbon (TOC, mg/l), E) farge (mg Pt/l), F) total-nitrogen (Tot-N, $\mu\text{g N/l}$), G) siktedyp (m) i september og F) siktedyp (m) i oktober fra nord til sør i Mjøsa i perioden etter «Hans». Stasjonene er sortert fra nord (høyre) til sør (venstre). Stasjonskodene er forkortet for å få plass i figuren. V = Vingrom; B = Brøttum; R = Ringsaker kirke; K = Kise; F = Furnesfjorden; S = Skreia. Dataene inkludert i figurene er fra 0-10 m og 25 m ved prøvetakingene i slutten av september og oktober, da alle seks stasjoner ble prøvetatt.

3.1.1. Nitrogen

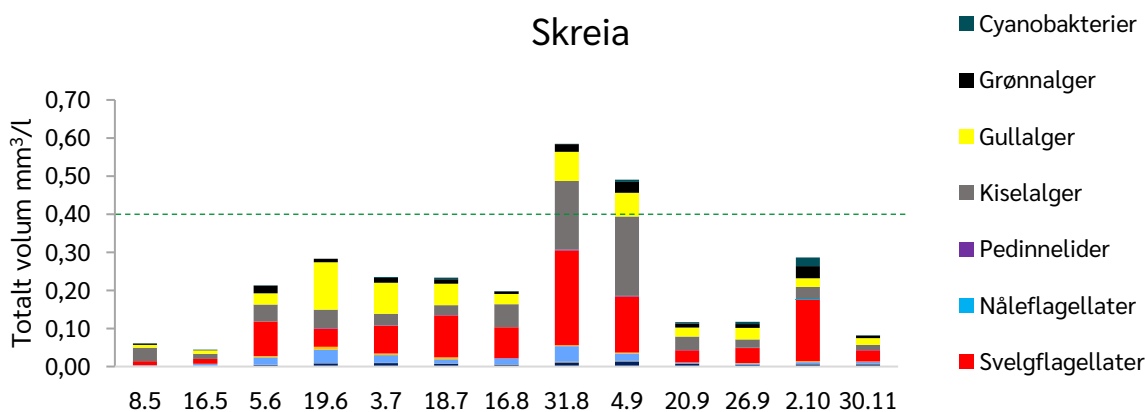
Konsentrasjonene av total-nitrogen og nitrat i Mjøsa endret seg lite i forbindelse med flommen (**Figur 4G & H**). Ved store nedbørmengder vil det renne av betydelige mengder nitrogen fra f.eks. dyrket mark, men konsentrasjonen i avrenningen vil ikke nødvendigvis øke, ettersom de store nedbørmengdene også har en fortynnende effekt. Nitrogen, som er svært vannløselig, måles ofte i lavere konsentrasjoner under flom enn under normale vannføringer. Dette i motsetning til fosfor, som i hovedsak er assosiert med partikler, og som ofte øker pga. økt erosjon under flom.

3.2 Planteplankton og klorofyll

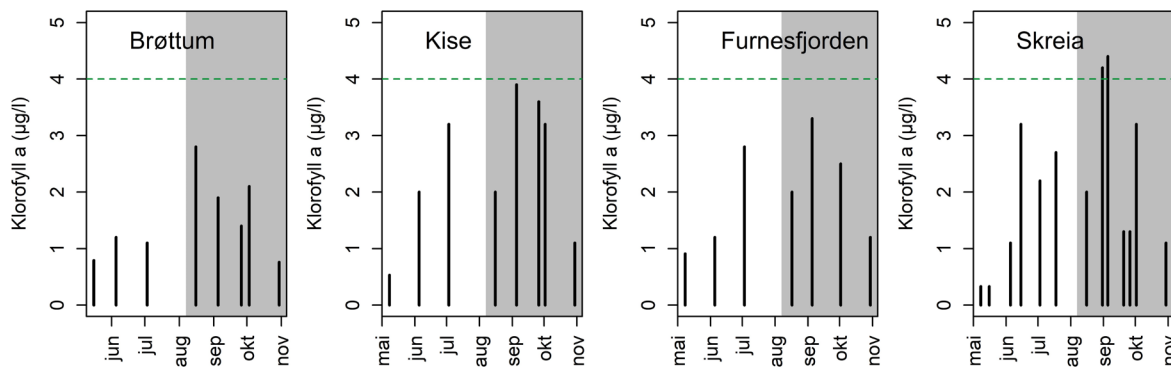
Mengden planteplankton ved Skreia tredoblet seg mellom 16 august (en uke etter «Hans») og månedsskiftet august/september – trolig som respons på økte fosfortilførsler (**Figur 7**). Mengden planteplankton var imidlertid ikke høyere enn det som er vanlig i Mjøsa på denne tiden av året. Faktisk har det i over halvparten av årene siden år 2000 vært målt høyere biovolumer av planteplankton på Skreia enn det som ble målt etter «Hans». Det ble også observert en økning for algepigmentet klorofyll *a* ved Skreia, Kise og i Furnesfjorden i månedsskiftet august/september (**Figur 8**). De høyeste klorofyllkonsentrasjonene ble målt ved Skreia, og var rundt 4 µg/l. Som for biovolum er ikke dette unormalt høyt til Mjøsa å være. Siden år 2000 har det vært målt tilsvarende eller høyere konsentrasjoner om høsten i 30% av årene.

At algebiomassen ikke ble høyere enn normalt kan skyldes at lysforholdene var dårlige (pga. høy turbiditet og farget vann), og at veksten dermed var begrenset av lys og ikke næring. Dette støttes av at det gjennom hele høsten ble målt fosfatkonsentrasjoner på 2–3 µg PO₄-P/l. I Mjøsa, hvor det er sterk fosforbegrensing, er fosfatkonsentrasjonen under normale forhold ofte ≤ 1 µg PO₄-P/l i vekstsesongen som følge av effektivt opptak i planktonalger.

Svelgflagellater og kiselalger dominerte algesamfunnet i ved Skreia etter «Hans» (**Figur 7**). Det var en høyere andel svelgflagellater enn det som har vært vanlig de senere årene. Svelgflagellater trives under dårlige lysforhold, og støtter hypotesen om at planteplanktonet var lysbegrenset i perioden etter flommen. Blant kiselalgene dominerte arten *Tabellaria flocculosa* var. *asterionelloides*. Denne arten dominerer ofte algesamfunnet i Mjøsa sommer og høst. Det ble ikke observert mer cyanobakterier enn normalt etter «Hans» i prøvene Skreia. Det ble heller ikke rapportert om betydelige oppblomstringer langs land.



Figur 7. Biovolum (mm³/l) av ulike algegrupper ved hovedstasjonen Skreia i 2023. Grønn horisontal linje viser grensen mellom god og moderat tilstand for årsgjennomsnitt av biovolum iht. vannforskriften.



Figur 8. Konsentrasjon av algepigmentet klorofyll a ved de fire faste stasjonene gjennom 2023. Stasjonene er sortert fra nord (venstre) mot sør (høyre). Grønn horisontal linje viser grensen mellom god og moderat tilstand for årsgjennomsnitt av klorofyll a iht. vannforskriften. Perioden etter «Hans» er markert med grå bakgrunn.

3.3 Effekter av flommen på lengre sikt

Til tross for en tydelig økning i fosforkonsentrasjoner etter flommen, var økningen i algebiomasse beskjeden. Heller ikke artssammensetningen endret seg i retning av mer næringskrevende arter. Som nevnt kan dårlige lysforhold ha begrenset algeveksten, slik at algene ikke fikk utnyttet den økte tilgangen på fosfor. Mye av fosforet var også partikulært og trolig lite biotilgjengelig. I tillegg skjedde «Hans» relativt sent på året. Dagene blir kortere utover høsten, noe som også bidrar til mindre total solinnstråling og dermed mindre vekstpotensial. Temperatursjiktningen brytes også gradvis ned utover høsten (**Vedleggsfigur 1**), slik at planteplanktonet blandes dypere ned i vannmassene. Dette hindrer at biomassen i overflaten får bygge seg opp.

Vannet i Mjøsa har en teoretisk oppholdstid på ca. 5 år, og de oppløste stoffene (inkludert mye av fosforet) som ble tilført Mjøsa under «Hans» vil derfor bli værende i innsjøen flere år fremover. Under høst- og våromrøringen vil den oppløste delen av fosforet blandes i Mjøsas vannmasser, og bli tilgjengelig for algevekst neste sommer. Deler av det partikulære fosforet vil også kunne brytes ned av mikroorganismer og kanskje bli mer biotilgjengelig på sikt. Etter storflommen i 1995 var det økt konsentrasjon av fosfor og høyere algebiomasse i vekstsesongen 1996 sammenliknet med 1995. Kan det tenkes at noe liknende vil skje neste år?

Det er vanskelig å gi et eksakt svar på dette siden vi ikke vet 1) nøyaktig hvor mye ekstra fosfor som ble tilført under flommen, og 2) hvor mye som var – og på sikt vil bli – biotilgjengelig. Men vi kan gjøre et grovt estimat. Ut ifra en enkel beregning (se kap. 2) estimerte vi at fosfortransporten i Lågen mellom 7. og 17. august var i størrelsesorden 13 og 18 tonn total-fosfor. Antatt at andelen av de samlede elvetilførselene av total-fosfor som kommer fra Lågen er ca. 64 % (gjennomsnitt for perioden 2000–2022), blir det samlede elvetilførselen av total-fosfor under «Hans» i størrelsesorden 20 til 28 tonn. Om vi antar at alt brytes ned og blir oppløst i vannmassene (noe som ikke er sannsynlig), og fordeler det i Mjøsas samlede vannvolum (56 km³), vil dette gi en økning i konsentrasjon av total-fosfor på 0,3–0,5 µg/l neste år. Det tilsvarer en økning i størrelsesorden 10 %, som ikke er veldig høyt.

Disse beregningene er svært usikre, bl.a. fordi de baserer seg på estimerte fosforkonsentrasjoner og ikke målte. I tillegg vet vi ikke hvor stor andel av fosforet som vil sedimentere og bli utilgjengelig på kort og mellomlang sikt, noe som trolig gjelder en betydelig andel. Vi vet også lite om biotilgjengeligheten.

Estimatet gir dermed kun en pekepinn på tilførslene og hvor mye konsentrasjonene av fosfor kan tenkes å øke neste år. Det endelige svaret vil den videre overvåkingen av Mjøsa gi.

4 Konklusjon

Ekstremværet «Hans» medførte et «støt» av partikkel- og stofftilførsler til Mjøsa i første halvdel av august 2023. Tilførslene ga økt turbiditet og fargetall, redusert siktedyp, samt en tydelig økning i konsentrasjoner av total-fosfor og fosfat i Mjøsas overflatevann i månedene etter. Som følge av sedimentering og fortykning i Mjøsas store vannmasser avtok nivåene gradvis frem mot siste prøvetaking 30. oktober. Til tross for økningen i fosforkonsentrasjon var ikke biomassen av planteplankton vesentlig høyere enn normalt. Dette skyldes trolig lysbegrensning, som gjorde at algene ikke fikk utnyttet den økte tilgangen på fosfor. Mye av fosforet var også bundet i partikler og antakelig lite biotilgjengelig. De økte tilførslene av fosfor under «Hans» vil kunne påvirke Mjøsa neste år, men i hvilken grad er usikkert. Et grovt estimat indikerer imidlertid at økningen i fosforkonsentrasjon neste år ikke vil bli større enn omkring 10 %.

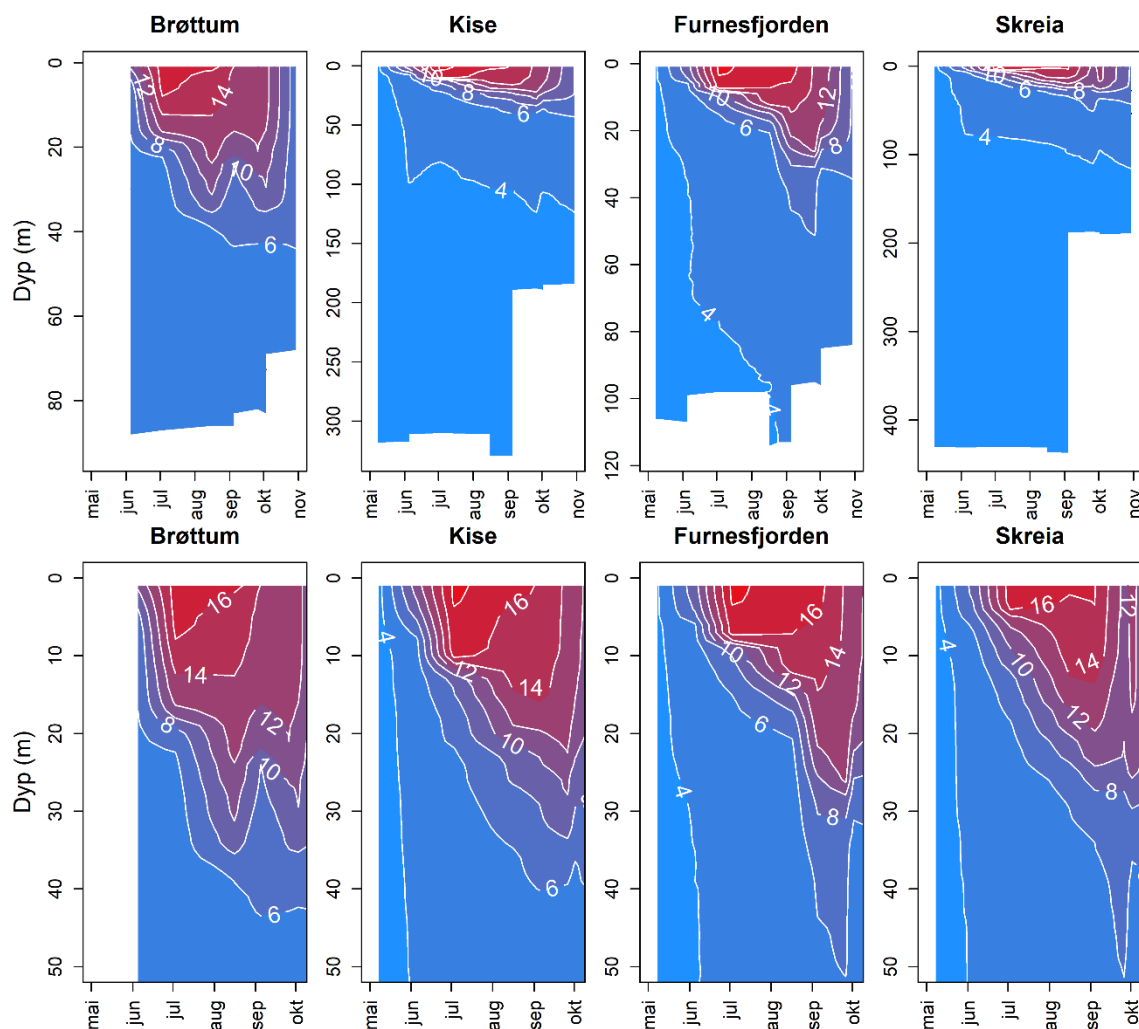
5 Referanser

Thrane, J.-E., Økelsrud, A., Skjelbred, B., Kemp, Joanna Lynn & Håll, J. 2023. Tiltaksorientert overvåking i vannområde Mjøsa. Hovedrapport fra 2022. NIVA-rapport 7857-2023: 38 s + vedlegg.

6 Vedlegg

Vedleggstabell 1. Stasjoner, koordinater og datoer for prøvetaking. Stasjonene Brøttum, Kise, Furnesfjorden og Skreia er faste stasjoner som prøvetas fra mai til oktober hvert år, mens stasjonene ved Vingrom og Ringsaker kirke kun ble prøvetatt i september og oktober i 2023. Stasjonene er sortert fra nord til sør.

Stasjonsnavn	Koordinater	Prøvetakingsdatoer
Vingrom	10.4432, 61.0706	26.09, 30.10
Brøttum	60.9920, 10.5747	16.05, 05.06, 03.07, 16.08, 05.09, 26.09, 03.10, 30.10
Ringsaker Kirke	10.6944, 60.8926	26.09, 30.10
Kise	60.7645, 10.7886	08.05, 05.06, 03.07, 16.08, 05.09, 26.09, 02.30.10
Furnesfjorden	60.8185, 10.9802	08.05, 05.06, 03.07, 17.08, 05.09, 26.09, 02.10, 30.10
Skreia	60.6414, 11.1108	08.05, 16.05, 05.06, 19.06, 03.07, 18.07, 16.08, 31.08, 04.09, 20.09, 26.09, 02.10, 30.10



Vedleggsfigur 1. Konturplott som viser isolinjer av vanntemperatur målt med sonde gjennom 2023. Øverste figurer viser hele vannsøylen, mens nederste figurer viser 0-50 m

Vedleggstabell 2. Fysisk-kjemiske rådata fra overvåkingen i 2023. Alle fysisk-kjemiske og biologiske primærdata vil være tilgjengelig Vannmiljø-databasen i mai 2024. Dp1 = dyp 1 (øvre dyp ved blandprøve); Dp2 = dyp 2 (nedre dyp ved blandprøve); for enkeltprøver er dp1 = dp2; TP = total-fosfor ($\mu\text{g P/l}$); PO4-P = fosfat-P ($\mu\text{g PO}_4\text{-P/l}$); Fargetall (mg Pt/l); Klfa = klorofyll a ($\mu\text{g/l}$); NO3-N = nitrat-N ($\mu\text{g NO}_3\text{-N/l}$), SGR = suspendert gløderest (mg/l); STS = suspendert tørrstoff (mg/l)

Stasjon	dato	Dp1	Dp2	TP	PO4-P	Fargetall	Klfa	NO3-N	SGR	STS	TOC	TN	Turbiditet
Brøttum	16.05.2023	0	10	2,8	0,5		0,79	310			1,8	410	< 0,3
Brøttum	05.06.2023	0	10	7,9	1		1,2	92			3	300	0,74
Brøttum	03.07.2023	0	10	4,8	3		1,1	1			1,3	140	1,7
Brøttum	16.08.2023	0	10	11	5		2,8	180			3,2	400	5
Brøttum	05.09.2023	0	10	8,5	4		1,9	130			3,4	280	2,9
Brøttum	26.09.2023	0	10	6,9	3	20	1,4	170	0,65	3,7	3,3	360	
Brøttum	26.09.2023	25	25	5,9	4	16		210	0,65	3,7	2,8	350	
Brøttum	26.09.2023	60	60	4	2	12		350	0,65	2	2,4	480	
Brøttum	03.10.2023	0	10	7,3	4		2,1	240			3,1	390	1,3
Brøttum	30.10.2023	0	10	5,7	3	13	0,76	265			2,4	360	
Brøttum	30.10.2023	25	25	4,8	3	13		265			2,3	330	
Brøttum	30.10.2023	60	60	5,1	3	12		420			2,3	470	
Furnesfjorden	08.05.2023	0	10	3,7	1		0,91	460			1,9	600	
Furnesfjorden	05.06.2023	0	10	4,1	1		1,2	440			2,4	600	
Furnesfjorden	03.07.2023	0	10	3,8	1		2,8	270			2,3	430	
Furnesfjorden	17.08.2023	0	10	6,2	1		2	230			3,1	470	
Furnesfjorden	05.09.2023	0	10	7	3		3,3	310			4,1	530	
Furnesfjorden	26.09.2023	0	10	6,5	2	26	2,5	340	0,65	4	3,9	570	
Furnesfjorden	26.09.2023	25	25	6,5	2	28		380	0,65	1,3	4,2	580	
Furnesfjorden	26.09.2023	60	60	2,7	1	10		410	0,65		2,2	540	
Furnesfjorden	02.10.2023	0	10	5,9	3		2,5	435			3,9	580	
Furnesfjorden	30.10.2023	0	10	5,2	2	20	1,2	420			3,2	550	
Furnesfjorden	30.10.2023	25	25	4,4	2	20		420			3,3	540	
Furnesfjorden	30.10.2023	60	60	2,4	1	10		465			2,1	540	
Kise	08.05.2023	0	10	2,7	1		0,53	400			1,8	570	
Kise	05.06.2023	0	10	6,5	0,5		2	340			2,4	500	
Kise	03.07.2023	0	10	13	2		3,2	150			2,1	310	
Kise	16.08.2023	0	10	5,9	1		2	230			2,6	410	
Kise	05.09.2023	0	10	9,3	1		3,9	250			3,7	460	
Kise	26.09.2023	0	10	5,7	2	21	3,6	240	0,65	4,3	3,5	430	
Kise	26.09.2023	25	25	5,9	2	20		230	0,65	2,3	3,3	400	
Kise	26.09.2023	60	60	1,5	0,5	10		420		0,4	2,1	550	
Kise	02.10.2023	0	10	6,9	2		3,2	295			3,2	440	
Kise	30.10.2023	0	10	4,9	2	16	1,1	345			2,9	480	
Kise	30.10.2023	25	25	4,9	2	17		350			2,9	480	
Kise	30.10.2023	60	60	2,9	2	10		450			2,1	530	
Ringsaker kirke	26.09.2023	0	10	5,6	2	22	2,4	210		1	3,5	400	
Ringsaker kirke	26.09.2023	25	25	8	3	20		180	0,65	3,7	3,2	370	
Ringsaker kirke	26.09.2023	60	60	5,9	2	21		210	0,65		3,5	400	

Ringsaker kirke	30.10.2023	0	10	5,6	3	16	1,3	305			2,8	420	
Ringsaker kirke	30.10.2023	25	25	5,4	2	16		300			2,8	400	
Ringsaker kirke	30.10.2023	60	60	3,2	2	10		435			2,1	520	
Skreia	08.05.2023	0	10	2,8	1	8	0,33	410			1,8	550	< 0,3
Skreia	08.05.2023	0,5	0,5	2,2	1	8		420			1,9	540	< 0,3
Skreia	08.05.2023	5	5	1,7	1	8		400			1,8	540	< 0,3
Skreia	08.05.2023	20	20	1,7	1	8		400			1,7	550	< 0,3
Skreia	08.05.2023	50	50	3,5	2	8		410			1,8	550	< 0,3
Skreia	08.05.2023	100	100	2,9	1	8		390			1,8	550	< 0,3
Skreia	08.05.2023	200	200	2,9	1	8		420			1,8	550	< 0,3
Skreia	08.05.2023	300	300	2,3	1	9		410			1,8	560	< 0,3
Skreia	08.05.2023	400	400	3,3	2	9		430			1,8	620	< 0,3
Skreia	08.05.2023	428	428	3,7	2	9		440			1,9	610	< 0,3
Skreia	16.05.2023	0	10	2,3	0,5		0,33	420			1,9	540	
Skreia	05.06.2023	0	10	5,9	0,5	8	1,1	390			2,1	550	< 0,3
Skreia	05.06.2023	20	443	3,2	0,5	9		430			2,1	690	< 0,3
Skreia	05.06.2023	428	428	3,8	1								
Skreia	15.06.2023	0	10	5,7	2		3,2	210			2,6	400	
Skreia	03.07.2023	0	10	3,7	1	11	2,2	190			2,3	430	0,49
Skreia	03.07.2023	20	443	2,7	2	9		380			2	550	< 0,3
Skreia	03.07.2023	428	428	3,2	2								
Skreia	18.07.2023	0	10	3,7	0,5		2,7	310			2,1	430	
Skreia	16.08.2023	0	10	7,8	1	14	2	240			2,7	400	1,4
Skreia	16.08.2023	20	443	2,6	1	10		420			2,3	570	< 0,3
Skreia	16.08.2023	428	428	2,9	1								
Skreia	31.08.2023	0	10	7,6	2		4,2	240			3,3	440	
Skreia	05.09.2023	0	10	2,5	2	19	4,4	250			3,1	470	0,96
Skreia	05.09.2023	20	443	2,7	1	10		430			2,4	600	0,42
Skreia	05.09.2023	428	428	3,6	1								
Skreia	20.09.2023	0	10	4,6	2		1,3	240			3	450	
Skreia	26.09.2023	0	10	5,4	2	17	1,3	300			3	480	
Skreia	26.09.2023	25	25	2,8	1	13		360	1,8		2,5	500	
Skreia	26.09.2023	60	60	1,7	0,5	9		420	0,4		2,1	550	
Skreia	02.10.2023	0	10	7,1	3	20	3,2	370			3,5	510	0,92
Skreia	02.10.2023	20	443	3,6	3	9		495			2,2	620	0,51
Skreia	02.10.2023	428	428	3,2	2								
Skreia	30.10.2023	0	10	4,7	2	16	1,1	385			2,9	520	
Skreia	30.10.2023	25	25	3,9	1	14		425			2,6	500	
Skreia	30.10.2023	60	60	3,3	1	10		475			2,1	530	
Vingrom	26.09.2023	0	10	9,1	4	19	2,1	160	0,65	1,7	3,1	350	
Vingrom	26.09.2023	25	25	10	7	13		130	2	3	2,8	270	
Vingrom	26.09.2023	60	60	10	6	13		130	0,65	1,3	2,9	270	
Vingrom	30.10.2023	0	10	6	4	14	1,6	230			2,6	340	
Vingrom	30.10.2023	25	25	6,1	3	13		230			2,2	310	
Vingrom	30.10.2023	60	60	5,4	3	11		215			2,1	280	



Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) er Norges viktigste miljøforskningsinstitutt for vannfaglige spørsmål, og vi arbeider innenfor et bredt spekter av miljø, klima- og ressurs spørsmål. Vår forskerkompetanse kjennetegnes av en solid faglig bredde, og spisskompetanse innen mange viktige områder. Vi kombinerer forskning, overvåkning, utredning, problemløsning og rådgivning, og arbeider på tvers av fagområder.