

Undersøkelser i vannforekomst Botn i Indre Fosen kommune 2016-2018



RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Danmark

Njalsgade 76, 4. sal
2300 København S, Danmark
Telefon (45) 39 17 97 33

Internett: www.niva.no

Tittel Undersøkelser i vannforekomst Botn i Indre Fosen kommune 2016-2018	Løpenummer 7506-2020	Dato 13.05.2020
Forfatter(e) Gunhild Borgersen Lars Golmen	Fagområde Overvåking	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Trøndelag	Sider 27 + Vedlegg

Oppdragsgiver(e) Nordre Fosen Vannområde i samarbeid med Indre Fosen kommune	Oppdragsreferanse Aud Sylvi Tellesbø
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 180063

<p>Sammendrag</p> <p>NIVA har gjennomført undersøkelser av bløtbunnsfauna og vannkvalitet i vannforekomst Botn i Indre Fosen kommune i Trøndelag. Formålet med undersøkelsene var å vurdere økologisk tilstand i vannforekomsten etter mange år med innsats for å bedre forholdene der. Resultatene fra overvåkingen 2016-2018 viser at Botn har tilfredsstillende vannkvalitet i overflatelaget for fosfat, nitrat og ammonium (<i>god</i> eller <i>svært god</i> tilstand), men <i>moderat</i> tilstand for total fosfor, totalt nitrogen og klorofyll a. Oksygenforholdene i bunnvannet viste <i>moderat</i> tilstand. Bløtbunnsfauna ble klassifisert til <i>moderat</i> tilstand, med unntak av én stasjon som ble klassifisert til <i>dårlig</i> tilstand. Det var en artsfattig bunnsfauna nesten utelukkende bestående av flerbørstemark. Innholdet av organisk karbon i sedimentet ga <i>dårlig</i> tilstand fire av stasjonene og <i>moderat</i> tilstand på én stasjon. Forholdene i dypvannet i Botn er nå bedre enn de var tilbake på 80- og 90-tallet, men resultatene tyder på at det fortsatt er behov for tiltak for å unngå forverring av tilstanden.</p>

Fire emneord	Four keywords
<ol style="list-style-type: none"> 1. Botn i Rissa kommune 2. Tilstandsundersøkelse 3. Vannkvalitet 4. Bløtbunnsfauna 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Botn i Rissa 2. Survey of ecological status 3. Water quality 4. Soft bottom fauna

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

Gunhild Borgersen
Prosjektleder

Kai Sørensen
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7241-3
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

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

**Undersøkelser i vannforekomst Botn i Indre
Fosen kommune 2016-2018**

Forord

Prosjektet ble gjennomført av NIVA på oppdrag fra Nordre Fosen vannområde og Indre Fosen kommune. Undersøkelsen hadde som formål å vurdere økologisk tilstand i vannforekomsten «Botn» i Indre Fosen kommune på grunnlag av de biologiske kvalitetselementene bløtbunnsfauna og planteplankton (klorofyll a) og de fysisk-kjemiske kvalitetselementene næringssalter og oksygen.

Kommunen og vannområdet ønsket en oppdatert tilstandskartlegging for å få faktagrunnlag for en oppfølgende avklaring av om Botn nærmer seg miljømålet om god økologisk tilstand etter mange års innsats.

Kontaktpersonen for oppdraget har vært Aud Sylvi Tellesbø ved Nordre Fosen vannområde.

Prøvetaking av bløtbunnsfauna ble gjennomført av Marijana Stenrud Brkljacic og Janne Kim Gitmark 1. august 2018. Ansvarlige for rapportering har vært Lars Golmen (vannkvalitet) og Gunhild Borgersen (bløtbunnsfauna). Gunhild Borgersen har også vært prosjektleder.

Oslo, 14.2.2020

Gunhild Borgersen

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	6
1.1	Formålet med undersøkelsen	6
1.2	Beskrivelse av vannforekomsten	8
1.3	Overvåkingsprogrammet	9
1.3.1	Prøvetakingen i 2018.....	9
1.3.2	Prøvetakingen i 2016-2017	12
2	Vannkvalitet.....	13
2.1	Bakgrunn	13
2.2	Metodikk.....	13
2.2.1	Tilstandsklassifisering	13
2.2.2	Prøveomfang og prøvetakingsfrekvens.....	14
2.3	Resultater.....	14
2.3.1	Salinitet-temperatur.....	14
2.3.2	Siktdyp	15
2.3.3	Oksygen	15
2.3.4	Næringsalter	16
2.3.5	Klorofyll-a	16
3	Bløtbunnsfauna.....	17
3.1	Bakgrunn	17
3.2	Metodikk.....	18
3.3	Resultater.....	19
4	Historisk utvikling i Botn.....	22
4.1	Overvåkingen i Botn før 2016	23
5	Oppsummering og kommentar	26
6	Referanser.....	27

Sammendrag

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) bistod i 2018 Indre Fosen kommune med biologisk og vannkjemisk prøvetaking og måling i fjordpollen Botn i Trøndelag. Formålet med undersøkelsen var å vurdere økologisk tilstand i vannforekomsten i henhold til vannforskriften på grunnlag av kvalitetselementene bløtbunnsfauna, planteplankton, næringssalter og oksygen. NIVA stod for innsamling av bunndyrsprøver i 2018, mens vannprøver ble innsamlet av lokalt personell. Oppdraget inkluderte også en gjennomgang av vannkjemiske data fra årene 2016 - 2018.

De hydrografiske målingene viste salinitetsverdier fra rundt 22 i overflaten til rundt 28 nær bunnen. Temperaturen i dypvannet lå rundt 3-4 grader gjennom hele året. Gjennomsnittlig verdi for siktdypet i siste treårs-periode var 4 meter, tilsvarende tilstandsklasse *dårlig*. Verdien var omtrent som i de foregående 4-5 år, men lavere enn for perioden rundt årtusenskiftet. Oksygen i dypvannet viste en forbedring over siste treårs-perioden, fra *svært dårlig* tilstand i 2016 til *god* tilstand i 2018. Gjennomsnittet for perioden tilsvarte tilstand *moderat*.

Klassifiseringen for næringssalter baseres på sommer-målinger i perioden juni-august. For treårs-perioden 2016-2018 var tilstanden *svært god* for fosfat og ammonium, *god* for nitrat og *moderat* for total-nitrogen og total-fosfor. Året 2016 hadde best tilstand. I de to påfølgende årene var det noe redusert kvalitet, der totalt-nitrogen viste konsistent fallende klasse.

Middelverdiene for *klorofyll-a* i sommermånedene juni-august i 2016-2018 lå mellom 3,5 og 4,5 µg/l. Verdiene indikerer et visst innslag av algebiomasse. For 2016 og 2017 lå middelverdien i tilstandsklasse *god*; i 2018 i klasse *moderat*. For treårs-perioden var tilstanden i klasse *moderat*.

Bløtbunnsfauna ble klassifisert til *moderat* tilstand, med unntak av én stasjon som ble klassifisert til *dårlig* tilstand. Det var en artsfattig bunnfauna nesten utelukkende bestående av flerbørstemark. På den grunneste stasjonen BO5 var det noe høyere artsantall med 25 registrerte arter og noe mer innslag av andre dyregrupper enn flerbørstemark. Alle bunnfaunastasjonene hadde finpartikulært sediment med høy andel silt/leire. Innholdet av organisk karbon lå i intervallet 31-35 mg/g og normalisert TOC ga *dårlig* tilstand på fire av stasjonene og *moderat* tilstand på én stasjon.

Resultatene fra overvåkingen 2016-2018 viser at Botn har tilfredsstillende vannkvalitet i overflatelaget for fosfat, nitrat og ammonium, men *moderat* tilstand for total fosfor, totalt nitrogen og klorofyll a (Tabell 15). Siktdyp gir *dårlig* tilstand, men dette er kun med grunnlag i data fra 2018 og altså ikke en hel treårsperiode. I dypvannet tilsa oksygenprøvene *moderat* tilstand, mens bunnfauna viste i hovedsak *moderat* tilstand.

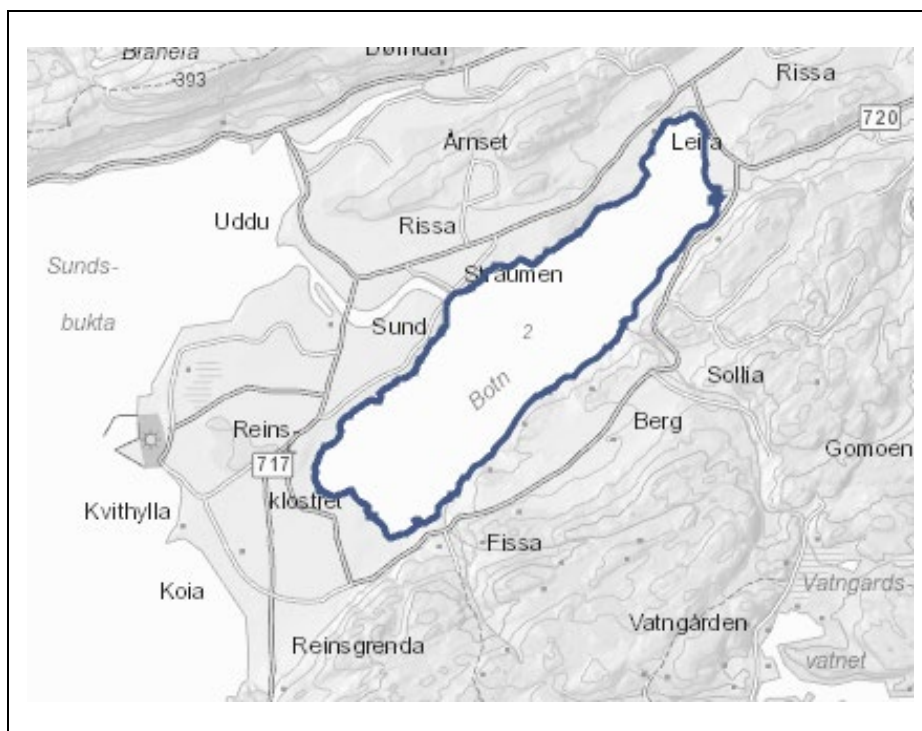
Forholdene i dypvannet var bedre enn tilbake på 80-90 tallet, men er fortsatt ikke optimale. Resultatene tyder på at det fortsatt er behov for tiltak for å unngå forverring av tilstanden og dette bør følges opp med videre kontroll og overvåking.

1 Innledning

1.1 Formålet med undersøkelsen

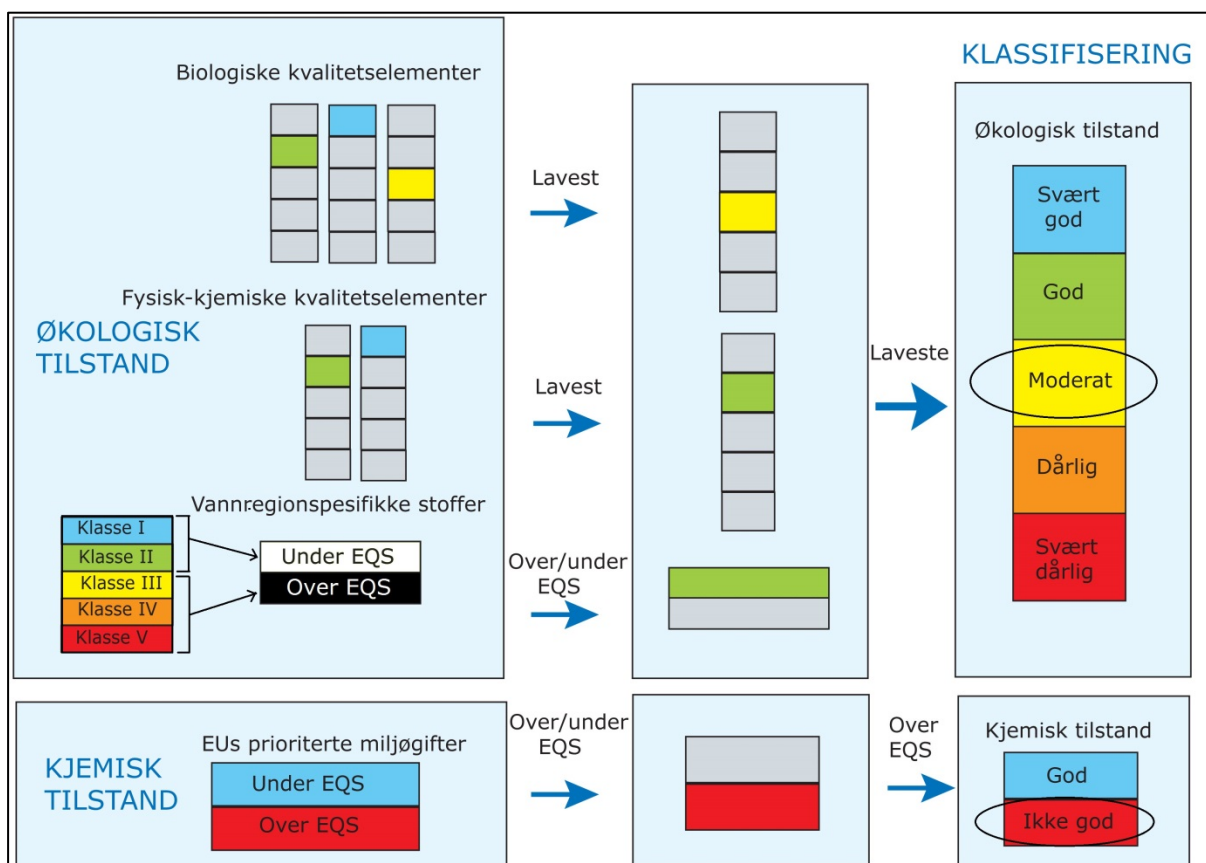
Formålet med undersøkelsen var å vurdere økologisk tilstand i henhold til vannforskriften i vannforekomsten Botn i Indre Fosen kommune i Trøndelag (Figur 1). Tilstanden skulle vurderes på grunnlag av de biologiske kvalitetselementene bløtbunnsfauna og planteplankton (klorofyll a) og de fysiske-kjemiske kvalitetselementene næringsalter og oksygen. Botn har i lang tid hatt *svært dårlig* eller *dårlig* tilstand og mange tiltak er gjennomført. Kommunen og vannområdet ønsker på bakgrunn av foreliggende undersøkelse å vite om det har skjedd noe i positiv retning med hensyn til økologisk tilstand i vannforekomsten.

NIVA har foretatt prøvetaking av bløtbunnsfauna i 2018, samt bistått Nordre Fosen vannområde/Indre Fosen kommune med biologisk og vannkjemisk prøvetaking og måling dette året. Oppdraget inkluderte også gjennomgang og tilstandsklassifisering av prøvemateriale fra årene 2016 og 2017 (vannkemi). Det er også gjort en vurdering av historisk utvikling i pollen.



Figur 1 Kart over vannforekomsten Botn i Indre Fosen kommune i Trøndelag.

Overvåkingsprogrammet for Botn er utformet i henhold til krav og retningslinjer angitt i vannforskriften. Ved implementeringen av vannforskriften i Norge har alle vannforekomster fått konkrete og målbare miljømål, ved at minimum *god* tilstand skal oppnås. Vannforskriften har som mål å sikre beskyttelse og bærekraftig bruk av vannmiljøet, og om nødvendig iverksette tiltak for at miljømålene nås. Fundamentalt i vannforskriften er karakteriseringen og klassifiseringen av vannforekomster. Karakteriseringen inndeles vannforekomster i vannotyper, identifiserer belastninger og miljøvirkninger av belastningene, mens klassifiseringen definerer den faktiske tilstanden i en vannforekomst ved hjelp av systematisk overvåking. Figur 2 viser en oversikt over klassifisering av økologisk og kjemisk tilstand i en vannforekomst.



Figur 2 Prinsippskisse som viser klassifisering av miljøtilstand i en vannforekomst. Biologiske og fysisk-kjemiske kvalitetselementer samt vannregionspesifikke stoffer inngår i vurdering av økologisk tilstand og EUs prioriterte miljøgifter inngår i kjemisk tilstand. EQS-verdier (Environmental Quality Standards) angir miljøkvalitetsstandarder, også kalt grenseverdier. Piler påtegnet «Laveste», betyr at det kvalitetselementet som får dårligste tilstand bestemmer. Prinsippet omtales ofte som «Det verste styrer». Dette er eksemplifisert i figuren ved at det kvalitetselementet som gir lavest tilstand, her Moderat (farget gult), bestemmer den økologiske tilstanden. Kjemisk tilstand bestemmes av hvorvidt målte konsentrasjoner av EUs prioriterte miljøgifter er under eller over EQS-verdier. I figuren er dette vist ved at målt konsentrasjon av en eller flere miljøgifter er over EQS-verdi, slik at Ikke god kjemisk tilstand oppnås (farget rødt).

For å fastslå tilstanden til en vannforekomst er det i vannforskriften lagt føringer for forvaltningen i forhold til overvåking, og det opereres med tre ulike overvåkingsstrategier: basisovervåking, tiltaksorientert overvåking og problemkartlegging. Tiltaksorientert overvåking iverksettes i vannforekomster som anses å stå i fare for ikke å nå miljømålene, eventuelt for å vurdere endringer i tilstanden som følge av iverksatte tiltak. Konkrete krav til hvilke kvalitetselementer som skal undersøkes ved ulike påvirkninger, prøvetakingsfrekvens og grenseverdier for tilstandsklassifisering er angitt i detalj i en egen Klassifiseringsveileder (Veileder 02:2018). Prøvetakingsfrekvensen skal være så hyppig at man pålitelig kan fastsette miljøtilstanden. For bløtbunnsfauna er det ved tiltaksrettet overvåking angitt at prøvetaking skal gjennomføres hvert tredje år. For planteplankton og fysisk-kjemiske kvalitetselementer som oksygen og næringssalter bør tre års sammenhengende prøvetaking ligge til grunn for klassifisering av tilstand. Prøvetaking over en tre-års er nødvendig for å jevne ut eventuelle forskjeller som skyldes naturlig variasjon fra år til år og fra en dag til en annen.

1.2 Beskrivelse av vannforekomsten

Vannforekomsten Botn i Indre Fosen kommune i Trøndelag er en svært innestengt innlandsfjord, eller fjordpoll, som er forbundet med indre del av Sundsbukta i Trondheimsfjorden via Strømmen. Strømmen er ca. 2 km lang, og svært smal og grunn, noe som fører til dårlig vannutskifting i Botn.

Vannforekomsten har tilførsler av næringssalter fra landbruk (ved diffus avrenning og erosjon ved kraftig regnvær) og fra kloakk ved at overvannsledningen har utløp i Botn (Tabell 1). Nedbørfeltet til Botn er preget av store arealer med intensivt jordbruk, kommunesenteret Rissa og tettstedet Leira med noe næringsvirksomhet samt omkringliggende spredt og delvis mer tett bebyggelse. Flere steder er det ingen kantvegetasjon mellom intensive landbruksområder og vannforekomsten slik at avrenning under større nedbørsepisoder går rett ut i fjordpollen. Mildt kystklima kan bidra til avrenning hele året. Vanntilførsler fra tilhørende nedbørfelt er derfor til tider en belastning da mye av nedbørfeltet drenerer fra intensivt drevet jordbruksvirksomhet. Botn regnes derfor som en svært sårbar vannforekomst med hensyn til menneskeskapte påvirkninger.

Tabell 1 Påvirkningstyper i vannforekomst Botn (fra <https://www.vann-nett.no>)

Påvirkningstype	Påvirkningsgrad
Jordbruk	
Diffus avrenning fra beite og eng	Middels grad
Diffus avrenning fra fulldyrket mark	Stor grad
Diffus avrenning fra husdyrhold/husdyrgjødsel	Middels grad
Avløpsvann	
Diffus avrenning fra spredt bebyggelse	Middels grad
Punktutslipp fra regnvannsoverløp	Middels grad

Tilførslene har ført til at vannforekomsten er påvirket av eutrofiering, eller overgjødning. Næringstilførselene fører til høy egenproduksjon av planter og alger i vannet, som så brytes ned eller forråtnet. Ved nedbrytingen forbrukes det oksygen, og over tid kan all oksygenet bli brukt opp og det kan oppstå oksygenfrie (anoksiske) bunnsedimenter og bunnvann. Videre nedbryting av organisk materiale under oksygenfrie forhold fører til at det dannes gasser som metan eller hydrogensulfid som er giftig for de fleste dyrene i havet. Den dårlige vannutskiftingen mellom Botn og Trondheimsfjorden bidrar til å forverre tilstanden. Strømmen er mange steder meget grunn og med flere fysiske terskler som bremser tidevannsstrømmen. Oksygenrikt vann som kommer inn i Botn kan ofte være lettere enn det tunge oksygenfattige bunnvannet og dermed legge seg på overflaten, og bidrar ikke nødvendigvis til vannutskifting av de dypere vannlagene.

På grunn av de lokale utslippene til Botn på 1960- og 70-tallet forverret forholdene seg med perioder med anoksiske bunnforhold, særlig om vinteren. Om somrene ble overflaten og strandsonen overgrodd med alger. På 1980-tallet satte kommunen i gang tiltak for å redusere utslippene, hovedsakelig fra landbruket. I januar 1992 ble et bobleanlegg satt i drift. Anlegget er plassert på 30 meters dyp for å tilføre oksygen til vannmassene og øke vannutskiftingen i dypet ved å omfordele vannmassene (vertikalomrøring). Dette hadde en umiddelbar positiv effekt på vannforekomsten, og oksygeninnholdet i vannmassene økte.

Vannforekomsten har vanntype «Ferskvannspåvirket beskyttet fjord», og grenseverdiene som benyttes i vannforskriften er gyldige for denne vanntypen. Men grunnet vannforekomstens spesielle karakter, kan det stilles spørsmål ved hvor relevante disse klassegrensene er. Den økologiske tilstanden er i Vann-nett (<https://www.vann-nett.no>) per 12.2.2020 satt til *dårlig* (Tabell 2). Kjemisk tilstand for miljøgifter (prioriterte stoffer) er ikke kjent. Av de undersøkte kvalitetselementene som ligger til grunn for den økologiske tilstandsklassifiseringen i Vann-nett viser planteplankton (klorofyll a) og siktdyp *dårlig* tilstand, total fosfor og nitrat/nitritt viser *moderat* tilstand, mens totalt nitrogen viser *god* tilstand. Bunnfauna er ikke blitt undersøkt i vannforekomsten tidligere.

Tabell 2 Informasjon om vannforekomst Botn (fra <https://www.vann-nett.no> per 12.2.2020)

Vannforekomst: Botn	
Vannforekomst id	0320040500-5-C
Vanntype navn	Ferskvannspåvirket beskyttet fjord (vanntype 4)
Vanntypekode	CH4413222
Vannkategori	Kystvann
Økoregion	Norskehavet Sør
Oppholdstid bunnvann	Moderat (uker)
Saltholdighet	Polyhalin (18.30)
Bølgeeskponering	Beskyttet
Tidevann	Middels (1-5 m)
Miksing i vannsøylen	Delvis blandet
Strømhastighet	Moderat (1-3 knop)
Økologisk tilstand	Dårlig
Kjemisk tilstand	Ukjent

1.3 Overvåkingsprogrammet

1.3.1 Prøvetakingen i 2018

Overvåkingen i 2018 var siste del av et treårig overvåkingsprogram for å fastsette tilstanden i Botn for perioden 2016-2018. Programmet for 2018 bestod av vannprøvetaking og hydrografimålinger som ble gjennomført av Nordre Fosen vannområde/ Indre Fosen kommune, samt prøvetaking av bløtbnnsfauna og sediment som ble gjennomført av NIVA.

All prøvetaking for vannkvalitet ble utført av Nordre Fosen vannområde/Indre Fosen kommune. NIVA bisto oppdragsgiver i å utarbeide et program for 2018 som angitt i Tabell 3. Elementene i programmet bygde på prøvetaking i foregående år.

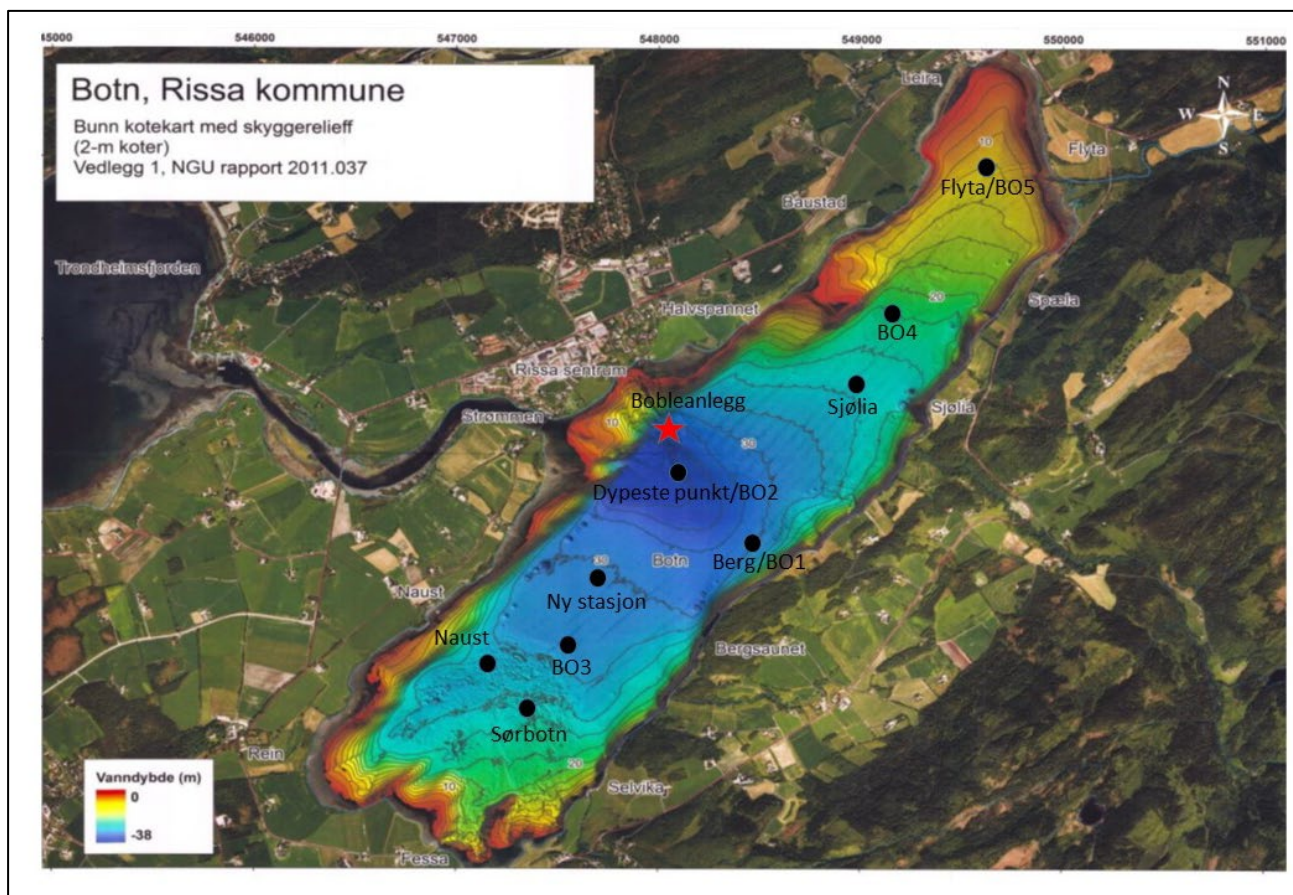
Tabell 3 Prøvetakingsprogrammet i Botn i 2018. Resultat for målt siktdyp er angitt.

Dato 2018	Parameter	Hydrografisonde	Temperatur	Siktdyp
08.05 (Uke 19)	Klorofyll, Næringssalter		Manuell	
24.05 (Uke 21)	(Klorofyll)		Manuell	
05.06 (Uke 23)	Klorofyll, Næringssalter, O ₂		Manuell	4 m
18.06 (Uke 25)	Klorofyll, Næringssalter, O ₂	Ingen data	Manuell	3,6 m
03.07 (uke 27)	Klorofyll, Næringssalter, O ₂		Manuell	4 m
08.07 (Uke 27)	Kun CTD	Ja	-	
31.07 (Uke 31)	Klorofyll, Næringssalter, O ₂		Manuell	3,8 m
01.08 (Uke 31)	Prøvetaking bunndyr	Ja (NIVA)	-	
13.08 (Uke 33)	Næringssalt	Ja		3,4 m
27.08 (uke 35)	Klorofyll, næringssalter, O ₂	Ja	Manuell	5 m
01.10 (uke 40)	Klorofyll, O ₂			

Første prøvetaking i 2018 ble gjennomført 8. mai 2018. Fra og med toktet 5. juni 2018 ble prøver også tatt i den dypeste delen av Botn, ned til ca. 38 m like innenfor Straumen. Programmet inkluderte vannprøver for analyse av klorofyll-a fra 5 m dyp, næringssalter (tot-N, tot-P) og oksygen. Vannprøvene ble tatt med vannhenter. Prøvetakingsdypene var 0,5 m, 5 m, 10 m og 15 m. Oksygenprøver ble tatt fra 10 m og nedover. Prøvene ble analysert av ALS Laboratory Group. Det ble også målt siktdyp ved bruk av Secchiskive.

Temperatur ble først notert ved manuell avlesing av termometeret i vannhenteren. I juni 2018 ble det tatt i bruk en hydrografisonde som logget og lagret data for temperatur og salinitet.

Prøvetakingen fra og med juli ble konsentrert om stasjonene BO2 (Dypeste punkt), supplert med Sjølia, «Ny stasjon» og Naust (Figur 3). Disse punktene erstattet tidligere målepunkt Berg, for å trekke litt unna bobleanlegget og utløpet ved Straumen for prøvetaking ned til 15-20 m. Prøvetaking ved Sørbotn og Flyta ble da redusert (kun stikkprøver overflate).



Figur 3 Kart med dybdekoter over Botn med kanalen Straumen og målestasjoner for hydrografi og prøvetaksstasjoner for bløtbunnsfauna (BO1-5). Kartkilde: Norges Geologiske Undersøkelse (NGU).

Klassifiseringssystemet er avhengig av om saliniteten i vannforekomsten er over- eller under 18. Botn har salinitet over 25, bortsett fra i overflatelaget, så det er tabellen for salinitet over 18 som skal legges til grunn (Tabell 4).

Tabell 4 Klassifisering for vannkvalitet ved salinitet over 18 (fra Veileder 02:2018).

Tabell 9.26 Klassifisering av tilstand for næringssalter og siktdyp i overflatelaget, samt oksygen i dypvannet ved saltholdighet over 18 (modifisert fra SFT 97:03).

Parameter		Tilstandsklasser				
		I	II	III	IV	V
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Overflatelag Sommer (Juni-August)	Total fosfor ($\mu\text{g P/l}$)*	< 11,5	11,5-16	16-29	29-60	>60
	Fosfat ($\mu\text{g P/l}$)*	< 3,5	3,5-7	7-16	16-50	>50
	Total nitrogen ($\mu\text{g N/l}$)*	< 250	250-330	330-500	500-800	>800
	Nitrat + nitritt ($\mu\text{g N/l}$)*	< 12	12-23	23-65	65-250	>250
	Ammonium ($\mu\text{g N/l}$)*	< 19	19-50	50-200	200-325	>325
	Siktdyp (m)	> 7,5	7,5-6	6-4,5	4,5-2,5	<2,5
Overflatelag Vinter (Desember- Februar)	Total fosfor ($\mu\text{g P/l}$)*	< 20	20-25	25-42	42-60	>60
	Fosfat ($\mu\text{g P/l}$)*	<14,5	14,5-21	21-34	34-50	>50
	Total nitrogen ($\mu\text{g N/l}$)*	<291	291-380	380-560	560-800	>800
	Nitrat+nitritt ($\mu\text{g N/l}$)*	<97	97-125	125-225	225-350	>350
	Ammonium ($\mu\text{g N/l}$)*	<33	33-75	75-155	155-325	>325
Dypvann	Oksygen ($\text{ml O}_2/\text{l}$)**	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metning (%)***	>65	65-50	50-35	35-20	<20

1.3.2 Prøvetakingen i 2016-2017

Prøvetakingsprogrammet i 2016-2017 ble gjennomført av Indre Fosen kommune før NIVA ble involvert. Prøvetakingen var konsentrert om stasjonen ved Berg. Disse to årene utgjør de to første av prøvetakingsserien på 3 år og var grunnlaget for at Vannområdet og kommunen ønsket en oppsummering ved slutten av prøvetakingen i 2018.

2 Vannkvalitet

2.1 Bakgrunn

Fysiske og kjemiske parametere representerer miljø- og vekstvilkår for marin flora og fauna. De er nevnt som støtteparametere, men representerer egentlig forklaringsvariabler for tilstand og eventuelle påviste endringer hos de biologiske kvalitetselementene. Disse parameterne kan også gi viktig informasjon i seg selv med hensyn til forurensningsepisoder, sesongvariasjon og grad av organisk belastning, samt evt. oksygenvinn i bunnvannet. Vannkjemiske data innenfor tidsavgrensede perioder kan si noe om eutrofitilstanden i et område. Støtteparameterne kan kobles sammen med data for lokale tilførsler av organisk stoff og topografisk informasjon om sjøområdet der grunne terskler og vannets oppholdstid vil ha stor betydning for vannkvaliteten.

I klassifiseringssystemet for hydrografi (støtteparametere) er det konsentrasjonen av næringssaltene fosfor og nitrogen, samt oksygen og siktdyp, som blir benyttet (se Tabell 4). Disse parameterne kan benyttes til tilstandsvurdering av miljøforholdene basert på klassifiseringssystemet gitt i Veileder 02:2018.

Siktdyp er en parameter som gir informasjon om hvor klart vannet er, og påvirkes av faktorer som planteplankton-produksjon og partikler i vannet. Redusert klarhet i vannet kan påvirke organismer som er avhengig av lys for å vokse. Siktdypet blir målt ved å senke en hvit Secchi-skive festet i enden på en snor ned i sjøen fra båten. Når skiva ikke lenger kan skimtes, blir dypet notert. Det er verdier for sommeren/sommerhalvåret (juni-august) som skal legges til grunn i klassifiseringen.

Blant støtteparameterne er oksygenkonsentrasjon i bunnvannet inkludert. Oksygeninnholdet kan gi informasjon om organisk belastning og oksygenforbruk, og blir også brukt til å tolke tilstanden til bunnfaunaen. Metningsverdien for oksygen i sjøvann er avhengig av temperatur, salinitet og trykk, og er vanligvis nær 100 % i overflata og så avtakende med dypet. Planteplanktonets primærproduksjon produserer oksygen om dagen og oksygenmetninga i overflatelaget kan bli høyere enn 100 % i forbindelse med algeoppblomstringer. Oksygenmåling skal gjennomføres i perioden med forventede lave verdier. I terskelfjorder er det oftest et minimum i løpet av høsten/vinteren (desember-februar).

De hydrografiske målingene (salinitet, temperatur) er først og fremst innsamlet for å kunne vurdere vannforekomsten med hensyn til vanntype og tilstand, og tidsutvikling i salinitet, temperatur og sjikting av sjøvannet.

2.2 Metodikk

Siden vannprøvetaking og hydrografi-målingene ble utført av oppdragsgiver, blir det ikke gitt noen nærmere beskrivelse av metodikken som ble benyttet.

2.2.1 Tilstandsklassifisering

NIVAs «NIVAKlass»-program ble benyttet for å tilstandsklassifisere kvalitetselementene i vannmassene. Hydrografidata, det vil si næringsalter, oksygen og siktdyp, utgjør såkalte støtteparametere i forhold til Miljødirektoratets veileder for klassifisering av vannforekomster (Veileder 02:2018). Datagrunnlaget for Botn er ikke helt i samsvar med de krav som settes til bl.a.

frekvens i veilederen, men resultatene kan likevel gi en god indikasjon på hvilken tilstand vannforekomsten har. For klorofyll a er det benyttet middelerverdier for tilstandsklassifisering, og dette avviker fra vannforskriftens metodikk som tilsier at det er 90-percentilen som skal benyttes.

2.2.2 Prøveomfang og prøvetakingsfrekvens

En fullverdig klassifisering av vannkvaliteten i en vannforekomst skal baseres på minimum tre år (sammenhengende) med målinger og prøvetaking. For næringsalter legger klassifiseringssystemet til grunn prøver fra hhv. vinter- og sommerperioden. Prøvene skal tas fra standard dyp ned til 10 (15) m, og så midles til en verdi for aktuelt tidspunkt. Prøvetaking skal skje minimum 1 gang i måneden, men helst 2 ganger i måneden, og helst 10 prøver totalt pr sesong/periode.

For Botn foreligger det målinger og prøver fra tre sammenhengende år (2016-2018). Prøvetakingsfrekvensen og antall prøver pr år/sesong er noe variabelt og i nedre grense for å tilfredsstille kravene til klassifisering som er nevnt i forrige avsnitt. Men resultatene vil uansett kunne gi en god indikasjon på tilstanden.

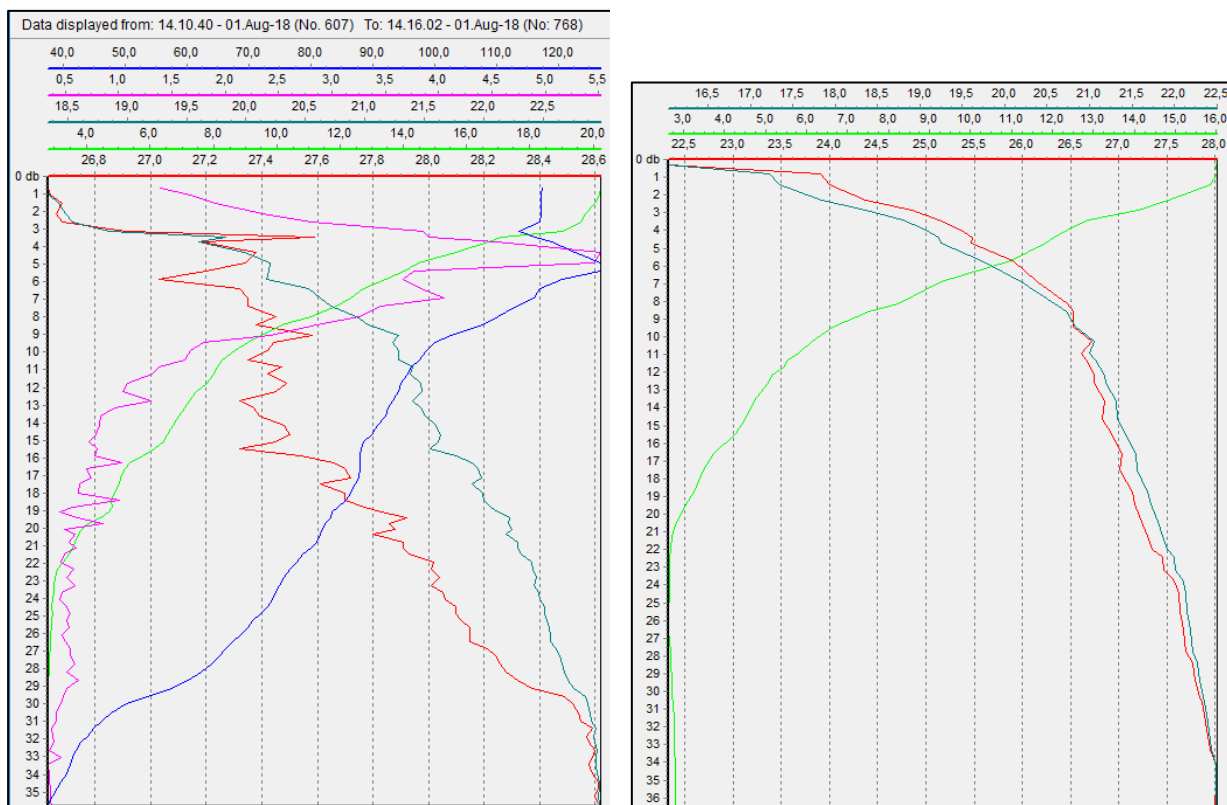
2.3 Resultater

2.3.1 Salinitet-temperatur

Sjøtemperaturen i Botn i ulike dyp er målt manuelt med termometer ved de fleste prøvetakingsrundene siste åra. Disse målingene sammenfaller med dypene der vannprøvene har blitt tatt. I 2018 ble det tatt i bruk en CTD-sonde av type SAIV. Slike batteridrevne sonder måler temperatur og salinitet (konduktivitet) og dyp (trykk) elektronisk og lagrer resultatene internt i dataminne. På den måten oppnår man dybdeprofiler av disse parameterne med god nøyaktighet og tett mellom målepunktene nedover. På det første toktet ble det benyttet en sonde som også hadde sensorer for oksygen og klorofyll a fluoresens.

Resultat for to målinger i august 2018 er vist i Figur 4. Målingene viser salinitetsverdier på rundt 28 nær sjøbunnen og verdi ned mot 22 i overflaten. Overflateverdiene vil fluktuere over tid i takt med nedbør, snøsmelting og annen ferskvannstilrenning. Det samme vil gjelde for overflatelaget, som den 1. august var om lag 3 m dypt og bare om lag 1 m dypt den 27. august. Salinitetsverdiene for Botn gir grunnlag for hvilken klassifiseringstabell som skal benyttes. Det framgår at saliniteten var på over 18 i 2018, og dette harmonerer bra også med tidligere målinger.

Temperaturen i dypvannet lå på rundt 3-4 grader, upåvirket av de relativt høye verdiene i overflatelaget: opp mot 20 grader målt der i 2018.



Figur 4 CTD-profiler i Botn 1. august (venstre graf) tatt av NIVA og 27. august 2018 (høyre graf) tatt av Indre Fosen kommune/ Nordre Fosen vannområde. Grønn kurve; temperatur, rød kurve; salinitet, svart kurve; tetthet, lilla kurve; klorofyll a fluorescense, blå kurve; oksygenmetning.

2.3.2 Siktdyp

For siktdyp er det data kun fra 2018 i siste treårs-perioden (Tabell 5). Gjennomsnittsverdien var 3,96 meter, som tilsvarer klassen *dårlig* iht. Tabell 4. Verdiene for foregående år fremgår av Figur 9. I 2018 var gjennomsnittet på linje med foregående 4-5 år, med mindre (dårligere) sikt enn for perioden 1998-2003/2004, da det tilsynelatende inntraff en viss endring/forverring av sikten.

Tabell 5 Tilstandsvurdering basert på målt siktdyp (m) i Botn, 2016-2018 (sommerverdier). I 2016-2017 ble målingene tatt ved Berg. I 2018 ble det vekslet mellom ulike punkter i vannforekomsten.

Vannforekomst	År	Antall målinger	Sikt (m)	Tilstandsklasser
Botn	2016	-	-	I. Svært god
Botn	2017	-	-	II. God
Botn	2018	6	3,96	III. Moderat
Botn	2016-2018	6	3,96	IV. Dårlig
				V. Svært dårlig

2.3.3 Oksygen

Det var litt få verdier for oksygen i dypvannet (> 30 m dyp) i vår dataserie, kun 2 eller 3 prøver pr år. Resultatene er vist i Tabell 6. Det er en trend med forbedring av forholdene over treårs-perioden, fra *svært dårlig* i 2016 til *god* i 2018. Gjennomsnittet for 3-årsperioden havner i tilstandsklasse *moderat*.

I forhold til langtidsutvikling indikerer prøvene en tilstand om lag som for 10-20 år siden, og bedre enn på 80-90 tallet.

Tabell 6 Tilstandsvurdering basert på lavest målte oksygenverdi i dypvannet (ml O₂/l og %-metning) i perioden 2016-2018 i Botn. I 2016-2017 ble målingene tatt ved Berg. I 2018 ble det vekslet mellom ulike punkter i vannforekomsten.

Vannforekomst	År	Antall målinger	Oksygen (ml O ₂ /l)	Oksygen metning	Tilstandsklasser
Botn	2016	2	1,4	13 %	I. Svært god
Botn	2017	3	2,6	23 %	II. God
Botn	2018	3	4,1	37 %	III. Moderat
Botn	2016-2018	8	2,7	24 %	IV. Dårlig
					V. Svært dårlig

2.3.4 Næringssalter

Også for næringssalter er det målt i sommerperioden juni – august med gjennomgående inntil seks prøver under pr år. Vi har midlet analyseresultatene over 0-10 m dyp, det vil si midling av tre (evt. fire prøver) per måletidspunkt. Så er det midlet videre over alle måletidspunkt det aktuelle året.

Resultatene er vist i Tabell 7. Klassifiseringen er basert på sommerverdiene i Tabell 4. Det fremgår at det i 2016 var *svært god* tilstand for alle parameterne. For de to påfølgende årene havnet resultatene i tilstand *god og moderat*, og for totalt nitrogen i *dårlig* tilstand i 2018. Total for de tre årene er tilstanden *svært god* for fosfat og ammonium, *god* for nitrat og *moderat* for totalt nitrogen og totalt fosfor.

Året 2016 hadde altså best vannkvalitet når det gjelder næringssalter. De to påfølgende årene var det redusert kvalitet, uten at noen klar trend kan påvises, utenom for totalt nitrogen som hadde konsistent forverring av tilstanden.

Tabell 7 Klassifisering av miljøtilstand for kjemiske støtteparameterer i Botn basert på sommerverdier (µg/l). Verdien «n» gir antall prøvetidspunkt i det aktuelle året. I 2016-2017 ble målingene tatt ved Berg. I 2018 ble det vekslet mellom ulike punkter i vannforekomsten.

Vannforekomst: Botn	Klassifisering sommerverdier (juni-oktober), konsentrasjonar i µg/l						Tilstandsklasser
	År	Fosfat	Tot P	Nitrat	Ammonium	Tot N	
n = 6	2016	0,6	11,4	2,3	-	215	I. Svært god
n = 6	2017	6	23	26	19	240	II. God
n = 3	2018	-	14	-	14	690	III. Moderat
	2016-2018	3,3	16,1	14,2	16,5	382	IV. Dårlig
							V. Svært dårlig

2.3.5 Klorofyll-a

Det ble analysert seks prøver fra sommermånedene for årene 2016-2017 og 2018. Prøver for filtrering og analyse for klorofyll-a ble tatt i 5 m dyp. Normen er å ta fra flere dyp (0, 5 og 10 m), men resultatene bør likevel gi en god pekepinn på nivå og eventuelt utvikling.

Gjennomsnittsverdiene for hvert av de tre årene er vist i Tabell 8. Veilederen tilsier at det er 90-percentil verdier som skal benyttes. Vi har valgt å ta med alle verdiene siden prøveomfanget er såpass lite. Og det var heller ingen ekstremt høye verdier i resultatene.

Middelverdiene lå mellom 3,5 og 4,5 µg/l. For 2016 og 2017 lå middelverdien i tilstandsklasse *god*, og i 2018 i klasse *moderat*. Dette indikerer et visst innslag av algebiomasse, men ikke alarmerende høyt i prøvetakingsperiodene juni-august. Totalt sett får Botn klasse *moderat*, som har nedre grenseverdi på 4,0 µg/l.

Tabell 8 Klassifisering av miljøtilstand for biologisk kvalitetselement planteplankton (klorofyll a) basert på data for vekstperioden. n angir antall prøver. Tabell 9-3 i Veileder 02:2018 for Norskehavet Sør – «Ferskvannspåvirket» er lagt til grunn. I 2016-2017 ble målingene tatt ved Berg. I 2018 ble det vekslet mellom ulike punkter i vannforekomsten.

Vannforekomst: Botn	Gjennomsnitt i vekstperioden			Tilstandsklasser
	År	Chl a (µg/L)	Høyeste verdi (µg/L)	
n = 6	2016	4,26	6,5	I. Svært god
n = 6	2017	4,35	6,5	II. God
n = 6	2018	3,48	5,6	III. Moderat
n = 18	2016-2018	4,03	6,5	IV. Dårlig
				V. Svært dårlig

3 Bløtbunnsfauna

3.1 Bakgrunn

Bløtbunnsfauna lever på overflaten av leire-, mudder- eller sandbunn eller graver i bunnen. Siden bløtbunnsartene er relativt stasjonære, vil artssammensetningen i stor grad reflektere miljøforholdene. Overvåking av bløtbunn er derfor en viktig metode for å dokumentere miljøtilstanden. Undersøkelser av bløtbunnsfauna gjøres på lokaliteter med sedimentbunn, fortrinnsvis der det er flat bunn med finkornet sediment (høy andel av leire og silt) og fokuserer på virvelløse dyr større enn 1 mm.

Bløtbunnsfauna påvirkes av flere typer miljøbelastninger. Organisk anrikning fra for eksempel avløpsvann, akvakultur og avrenning fra land og annen forurensning kan medføre dominans av forurensningstolerante arter og redusert biodiversitet. For å klassifisere bløtbunnsfauna brukes ulike indekser, hvorav noen er basert på artsmangfold, mens andre også tar i betraktning graden av ømfintlighet til artene som er til stede. Til hjelp for tolkning av artssammensetning brukes sedimentets kornstørrelse og totalt organisk karbon (TOC) i sedimentet som støtteparametere. Sedimentets kornstørrelse gir informasjon om hvor grovt- eller finkornet sedimentet er, hvilket kan ha stor betydning for faunaens artssammensetning, og som kan brukes ved tolkning av resultatene. Totalt organisk karbon (TOC) er en støtteparameter som kan gi informasjon om graden av organisk belastning, men den inngår ikke i den endelige klassifiseringen av stasjonen.

3.2 Metodikk

Prøvetaking av bløtbunnsfauna og sediment ble utført 1. august 2018 fra en lettboat med Ask Kirkeby som lokal båtfører. Bløtbunnsprøvene ble samlet inn på fem stasjoner med en van Veen «håndgrabb». Grabben tar prøver med et overflateareal på 0,025 m² og er mindre enn en vanlig van Veen grabb som har et areal på 0,1 m². Den er derfor vanlig å benytte for prøvetaking i grunne områder siden den kan senkes og heves med en enkel håndvinsj og dermed brukes fra mindre lettboater. Under prøvetakingen ble det gjort en visuell inspeksjon av farge og konsistens av bunnsedimentet og det ble kontrollert for eventuell lukt av hydrogensulfid (H₂S). For å bestemme fargen på sedimentets overflatelag ble det brukt Munsells fargekart for jord og sedimenter. Prøvene for analyse av bunnfauna ble tatt som en blandprøve fra fire parallelle grabbskudd fra hver stasjon (hvert med et areal på 0,025 m²), som til sammen tilsvarer et bunnareal på 0,1 m². Prøvene ble siktet på 1 mm sikt og sikteresten ble konservert i 4-6 % nøytralisert formaldehydløsning. Prøvetaking og behandling ble utført i henhold til NS-EN ISO 16665:2013 og NS-EN ISO 5667-19:2004.

Stasjonenes plassering og dyp er gitt i Tabell 9 og beskrivelse og bilder av sedimentene er gitt i Vedlegg A.

Tabell 9 Posisjoner og dyp for bløtbunnsprøvetakingen ved Botn i Rissa 2018. Koordinater i WGS84 desimalgrader. For stedfesting av stasjonene ble det benyttet en håndholdt GPS.

Stasjon	Beskrivelse	Nord	Øst	Dyp (m)	Aktivitet
BO1	Ved hydrografistasjonen Berg	63,57347	9,97662	32,4	Grabb + CTD
BO2	Dypeste punkt	63,57874	9,97061	38,1	Grabb + CTD
BO3	Ved Sørbotn, men noe lenger fra land	63,56866	9,95567	30,0	Grabb + CTD
BO4	Mellom hydrografistasjonene Berg og Flyta	63,58416	9,98949	23,9	Grabb + CTD
BO5	Ved hydrografistasjonene Flyta	63,59157	10,00013	12,1	Grabb + CTD

Sikteresten ble siden opparbeidet ved NIVAs biologilaboratorium der all fauna ble artsbestemt og individer av hver art talt. Sortering og artsidentifisering ble utført i henhold til NS-EN ISO 16665:2013. På grunnlag av artslistene og individtall ble følgende indekser for bunnfauna beregnet:

- artsmangfold ved indeksene H' (Shannons diversitetsindeks) og ES₁₀₀ (Hurlberts diversitetsindeks)
- ømfintlighet ved indeksene ISI₂₀₁₂ (Indicator Species Index, versjon 2012) og NSI (Norwegian Sensitivity Index)
- den sammensatte indeksen NQI1 (Norwegian Quality Index, versjon 1), som kombinerer både artsmangfold og ømfintlighet

Indeksene ble beregnet for hver grabbprøve, og det ble så beregnet gjennomsnittsverdier av grabbprøvene for hver indeks. De absolutte indeksverdiene ble regnet om til normaliserte EQR-verdier (nEQR) etter formelen:

$$\text{Normalisert EQR} = (\text{Indeksverdi} - \text{nedre klassegrense for indeksverdi}) / (\text{øvre klassegrense for indeksverdi} - \text{nedre klassegrense for indeksverdi}) * 0.2 + \text{nedre klassegrense for normalisert EQR verdi}$$

Det ble så beregnet gjennomsnittet av indeksenes nEQR-verdier på stasjonen. Tilstandsklassen ble bestemt etter vannforskriftens system og klassegrenser gitt i Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppa 2018), se Tabell 10.

Tabell 10 Klassegrenser for bløtbunnsindekser, inkl. normalisert EQR (nEQR) fra Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppa 2018).

Indeks	Type	Vanntype H 4-5				
		Svært God (I)	God (II)	Moderat (III)	Dårlig (IV)	Svært Dårlig (V)
NQI1	Sammensatt	0,91-0,73	0,73-0,64	0,64-0,49	0,49-0,31	0,31-0
H'	Artsmangfold	5,5-3,7	3,7-2,9	2,9-1,8	1,8-0,9	0,9-0
ES ₁₀₀	Artsmangfold	46-23	23-16	16-9	9-5	5-0
ISI ₂₀₁₂	Ømfintlighet	13,4-8,7	8,7-7,8	7,8-6,4	6,4-4,7	4,7-0
NSI	Ømfintlighet	30-25	25-20	20-15	15-10	10-0
nEQR		0,8-1	0,6-0,8	0,4-0,6	0,2-0,4	0-0,2

Støtteparametere til det biologiske kvalitetselementet bunnfauna

TOC er en støtteparameter som gir informasjon om graden av organisk belastning på stasjonen, men inngår ikke i den endelige klassifiseringen. Sedimentfraksjonen gir informasjon om hvor grov- eller finkornet sedimentet er, noe som har betydning for faunaens sammensetning og som kan brukes ved tolkning av resultatene.

Sedimentfraksjonen < 63 µm ble bestemt ved våtsikting og brukes ved beregning av normalisert TOC. Totalt organisk karbon (TOC) ble analysert med en elementanalytator etter at uorganiske karbonater er fjernet i syredamp.

Klassifiseringen av TOC er basert på finkornet sediment, og prøven standardiseres derfor for teoretisk 100 % finstoff etter formelen:

$$\text{Normalisert TOC} = \text{målt TOC} + 18(1-F),$$

hvor F er andelen finstoff (partikkelstørrelse < 63 µm).

Klassegrensene for normalisert TOC er gitt i Tabell 11.

Tabell 11 Klassegrenser for normalisert organisk karbon (TOC) fra veileder SFT97:03 (Molvær et al. 2007). Inngår ikke i klassifiseringen av økologisk tilstand.

Parameter		Tilstandsklasser				
		Svært God (I)	God (II)	Moderat (III)	Dårlig (IV)	Svært Dårlig (V)
TOC	Organisk karbon (mg/g)	0-20	20-27	27-34	34-41	41-200

3.3 Resultater

En oversikt over antall arter og individer, bløtbunnsindeksene og normaliserte EQR-verdier (nEQR) for hver stasjon i vannforekomst Botn er gitt Tabell 12. Fullstendige artslistene fra stasjonene og indeksverdier for hver grabbprøve er gitt i Vedlegg B.

Alle stasjonene ble klassifisert til *moderat* tilstand for bløtbunnsfauna, med unntak av BO4 som ble klassifisert til *dårlig* tilstand (Tabell 12). BO1-4 hadde en artsfattig fauna med 11-15 registrerte arter per stasjon (0,1 m²). På stasjon BO5 ble det registrert totalt 25 arter, og denne stasjonen hadde en nEQR-verdi på 0,578 som ligger nært opp mot grenseverdien til tilstandsklasse *god* (grenseverdien er

0,6). Stasjon BO4 som ble klassifisert til *dårlig* tilstand hadde en nEQR nær grenseverdien til tilstandsklasse *moderat*.

Tabell 12 Bløtbunnsindekser for de fem stasjonene BO1-BO5 i vannforekomst Botn i Rissa. Indeksverdier og normalisert EQR (nEQR) er gitt for alle indeksene. NQ1=Norwegian Quality Index, H'=Shannons diversitetsindeks, ES₁₀₀=Hurlberts diversitetsindeks, ISI2012=Indicator Species Index versjon 2012 og NSI=Norwegian Sensitivity Index versjon 2012. Klassegrenser og fargekode for tilstandsklasser er gitt i Tabell 10.

Botn i Rissa 2018	S	N	NQ1	H'	ES ₁₀₀	ISI2012	NSI	Gj.snitt nEQR
Stasjon: BO1								
Gjennomsnittlig grabbverdi	11	197	0,642	1,68	8,8	7,98	21,8	
nEQR for gj.sn. grabbverdi			0,605	0,373	0,390	0,640	0,672	0,536
Stasjon: BO2								
Gjennomsnittlig grabbverdi	15	329	0,521	1,81	9,9	7,23	17,0	
nEQR for gj.sn. grabbverdi			0,441	0,402	0,426	0,519	0,479	0,453
Stasjon: BO3								
Gjennomsnittlig grabbverdi	11	208	0,568	2,28	9,1	7,33	19,0	
nEQR for gj.sn. grabbverdi			0,504	0,486	0,402	0,533	0,561	0,497
Stasjon: BO4								
Gjennomsnittlig grabbverdi	11	253	0,463	1,17	7,5	7,20	16,0	
nEQR for gj.sn. grabbverdi			0,370	0,261	0,326	0,514	0,441	0,382
Stasjon: BO5								
Gjennomsnittlig grabbverdi	25	325	0,603	2,66	15,1	7,95	16,8	
nEQR for gj.sn. grabbverdi			0,551	0,556	0,573	0,632	0,471	0,578

Flerbørstemark (polychaeta) var den dominerende gruppen på alle stasjonene, og utgjorde over 98 % av alle individene og 69 % av alle artene. Det var særlig to arter som var dominerende: *Cossura longocirrata* og *Ampharete borealis*. *Cossura longocirrata* er en liten trådformet børstemark som lever av å spise detritus. Arten er ansett å være opportunistisk. *Ampharete borealis* er en liten rørbyggende børstemark som er ansett å være verken opportunistisk eller sensitiv («indifferent» eller nøytral).

På de tre dypeste stasjonene BO1-3 var det totalt kun 5 individer av 987 som ikke var flerbørstemark. På stasjon BO4 ble det registrert kun flerbørstemark og ingen dyr fra noen av de andre gruppene. Den grunneste stasjonen BO5 hadde derimot noe større innslag av andre individer fra andre grupper, og både slangestjerner, snegler og muslinger ble registrert blant fauna. Men flerbørstemark utgjorde fortsatt over 95 % av alle individene også på denne stasjonen.

Sedimentets innhold av finstoff og TOC

En oversikt over sedimentparametrene er gitt i Tabell 13. Stasjonene BO1-4 hadde finpartikulært sediment med høy andel finstoff (silt/leire) på 80-85 %. BO5 hadde noe grovere sediment med andel finstoff på 65 %. Innhold av organisk karbon i sedimentet var høyt på alle stasjoner og lå på 31-35 mg/g. Normalisert TOC gir *dårlig* tilstand på stasjon BO1, BO2, BO4 og BO5, og *moderat* tilstand på BO3 (men svært nær grenseverdien til klasse *dårlig* tilstand).

Tilstandsklassifiseringen av organisk innhold i sedimentet inngår ikke i den økologiske tilstandsklassifiseringen av bløtbunnsfauna, men kan benyttes for å tolke resultatene for bløtbunnsfauna.

C/N-forholdet (forholdstallet mellom karbon og nitrogen) kan gi indikasjon på opprinnelsen til det organiske materialet i sedimentet ettersom ulike typer materiale har ulikt innhold av nitrogen. Generelt vil sedimenter hvor detritusmaterialet hovedsakelig har sin opprinnelse i planteplankton, gi et C/N-forhold på 6-8 fordi planteplankton er relativt rikt på nitrogen. Derimot har bentiske makroalger (tang og tare) et C/N-forhold på 10-60 og terrestrisk plantemateriale >100. Sedimenter med stor tilførsel av terrestrisk plantemateriale har derfor gjerne et C/N-forhold >10-12. Alle stasjonene i undersøkelsen hadde C/N-forhold på over 11 (fra 11,3 til 14,1), noe som tyder på at terrestrisk materiale utgjør en signifikant andel av det organiske innholdet i sedimentet. BO5 hadde det høyeste C/N-forholdet på 14,1.

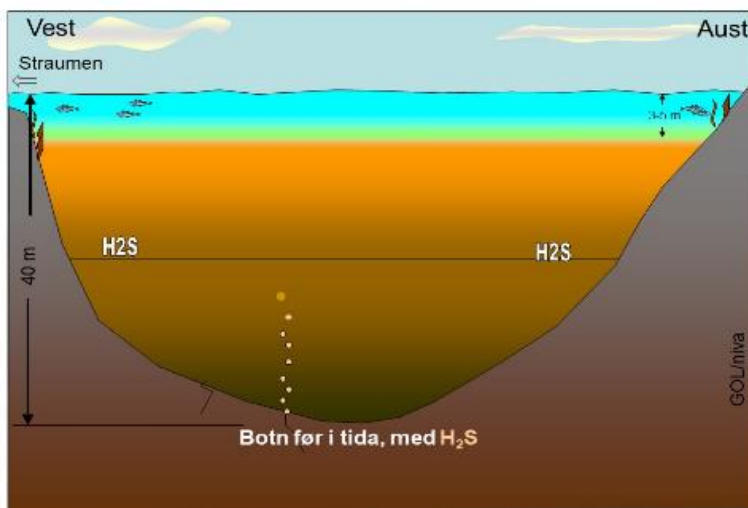
Tabell 13 Finstoff ($\% < 63 \mu\text{m}$), innhold av organisk karbon (TOC) og nitrogen i sedimentet, og normalisert TOC på bløtbunns-stasjonene i Botn i Rissa i 2018. Klassegrenser og fargekode for tilstandsklasser er gitt i Tabell 11.

Stasjon	Kornfordeling (% <63 μm)	Totalt organisk karbon (TOC) mg/g	TOC normalisert	Totalt nitrogen mg/g	C/N forhold
BO1	85	32	34,7	2,5	12,8
BO2	80	35	38,6	3,1	11,3
BO3	85	31	33,7	2,5	12,4
BO4	84	35	37,88	3,1	11,3
BO5	65	31	37,3	2,2	14,1

4 Historisk utvikling i Botn

Som omtalt i kapittel 1.2 er Botn en innstengt fjordpoll («ekstrem terskelfjord») med dårlig vannutskifting. I Den Norske Los Bind 4 (Kartverket Sjødivisjonen 2018) kalles Botn for en «brakkvannssjø». Pollen strekker seg i retning sørvest-nordøst, og er ca. 6 km lang og 2 km bred (Figur 1). Største dyp er ca. 40 m like innenfor der den 2 km lange kanalen Straumen (Figur 6) munner ut. Vannvolumet er ca. 112 millioner m³.

Dårlig vannutskifting i kombinasjon med høye tilførsler av næringssalter til vannforekomsten medførte tidligere generering av giftig H₂S-gass i sjikt fra 7-8 m dyp og nedover (Figur 5). Dette vannet kom tidvis til overflata og medførte lukt- og helseplager rundt pollen. Som følge av dette ble det tidlig på 1990-tallet i regi av daværende Rissa kommune og Oceanor satt i gang tiltak for å forbedre vannkvaliteten, blant annet ved å pumpe luft ut i sjøen gjennom en nedsenket slange. Dette tiltaket ga bra resultater utover 1990-tallet og videre fremover så lenge det har vært i gang.



Figur 5 Forholdene Botn frem til bobleanlegget ble startet opp i 1991/92. Stagnerende dypvann, og innslag av fisk og alger i de øverste meterne.

Kanalen Straumen er grunn, oppgitt til 3 m i Den Norske Los Bind 4 (Kartverket Sjødivisjonen 2018) Slamtilførsler og sedimentering kan ha gjort kanalen grunnere over tid, til ned mot 1 m dyp på det grunneste nå. Landskapet rundt er våtmark og strandenger på begge sider, med rikt fugleliv (Strømmen fuglefredningsområde).

Sprangsjiktet, eller lagdelingen i vannmassene, i Botn består av et lettere brakkvannslag over tyngre og saltare vannmasser ved bunnen. Lagdelingen danner en effektiv barriere mot avlufting. Organisk materiale fra øvre lag faller kontinuerlig ut i bunnvannet, som blir degradert med tap av oksygen som resultat. Tidvis kommer salt, tungt sjøvann inn i Botn og blander seg med det eksisterende bunnvannet. Slik sporadisk utskifting av bunnvannet sammen med luftinga ser ut til å holde forringingen i sjakk, og demper negative utslag på vannkvaliteten til de dypeste sjikta.



Figur 6 Kanalen Straumen mellom Sundsbukta (Trøndelagsfjorden) og Botn.

4.1 Overvåkingen i Botn før 2016

Ved oppstart av luftingsprosjektet i Fallet ble det satt i gang overvåking av vannkvaliteten i Botn for å verifisere effekten av tiltaket. Før dette var det gjort målinger som dokumenterte den dårlige tilstanden før tiltaket ble satt i gang. Det finnes dokumenterte oksygenmålinger tilbake til 1980 (Tabell 14), kanskje også fra enda tidligere. På 1980-tallet var det permanent oksygenfritt fra rundt 10 m dyp og nedover.

Tabell 14 Resultat av oksygenprøver (mg/l) i perioden 1980-1992, oppsummert i notatet «Botn-tiltak for å forbedre fjorden» (NT Fosen 1992).

ANALYSER	DATO 1980 Nov.	DATO 1981										DATO 1988 Nov.	DATO 1992			
		Jan.	Feb.	Mars	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.		Apr.	Juni	Juli	
Oksygen mg pr. / liter vannprøve																
DYBDE	0 meter	8,3	7,8	8,2	7,7	8,9	8,8	7,2	7,7	8,2	6,8	7,6	15,3	12,1	9,2	9,9
	2 meter	7,0	-	6,9	8,6	8,5	9,8	8,0	7,7	6,2	7,1	7,1	9,1	11,2	10,3	10,3
	5 meter	6,8	6,3	6,3	5,1	5,8	7,1	6,9	8,3	5,4	4,8	4,9	6,7	11,1	13,2	10,6
	10 meter	-	1,8	0	0	0	3,0	2,2	1,4	1,5	0,9	0,9	0	7,1	8,0	6,8
	15 meter	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1,5	2,9	0,1
	20 meter	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2
	25 meter	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-
	30 meter	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-
	35 meter	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-
	40 meter	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-

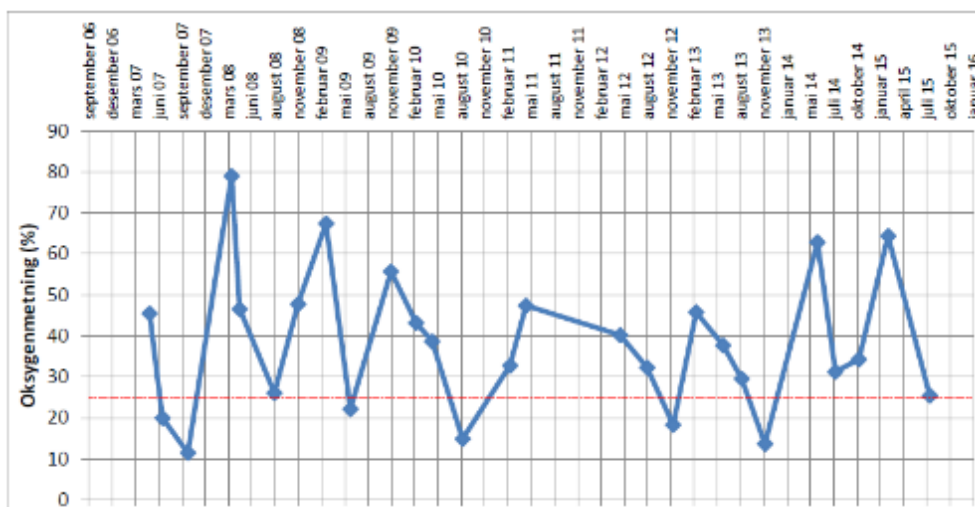
Kommunen oppsummerte målinger fra perioden 2007-2015 i et notat (Rissa kommune 2017).

Målinger og prøvetaking på de tre lokalitetene Sørbotn, Berg og Flyta inkluderte totalt fosfor, totalt nitrogen, TKB (termotabile koliforme bakterier), salinitet/konduktivitet, siktedyp, oksygenmetning og oksygenkonsentrasjon. Datagrunnlaget for klassifisering av økologisk tilstand var begrensa slik at det ikke var mulig å si noe om utvikling i tilstanden i perioden.

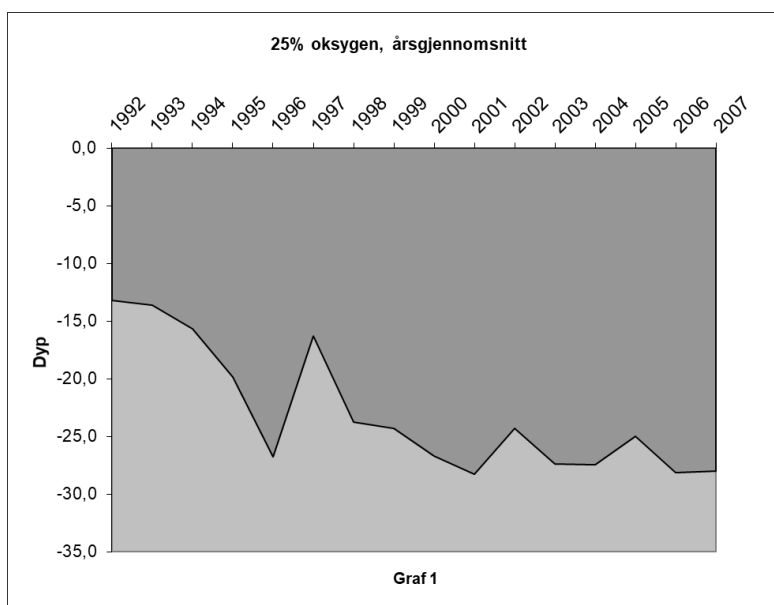
Konsentrasjonen av nitrogen og fosfor indikerte tilstand tilfredsstillende tilstand (*svært god* eller *god*) til *moderat*. Oksygenverdiene i dypvannet (Figur 7) tilsvarte *dårlig*/*svært dårlig* økologisk tilstand, ut fra kriteriene for kystvann. Utviklingen av bunnvann med lavere oksygenmetning enn 25 % fra 1992 fram til 2007 er vist i Figur 8. Tilstanden forbedret seg gradvis de første 8 årene og grenseflaten stabiliserte seg deretter til å ligge i dyp rundt 27-28 meter.

Målinger av siktdyp i perioden 2000-2011 er vist i Figur 9. Figuren er sammenstilt av data fra Kystlab Avd. Fosen. Verdiene virker å ligge oftest i intervallet 3 til 5 m dyp. Dette er relativt lave verdier (*moderat*/*dårlig sikt*).

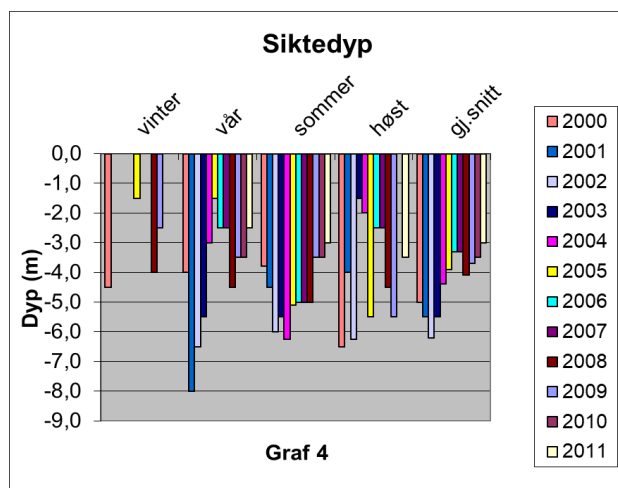
Figur 10 illustrerer hvordan tilstanden virker å være i dag. Bobleanlegget ligger nær stasjon Berg (Figur 3). Målingene av oksygen ved Sørbotn og Berg ga ganske sammenfallende resultater, noe som tyder på at bobleanlegget ikke kun har lokal effekt ved stasjon Berg.



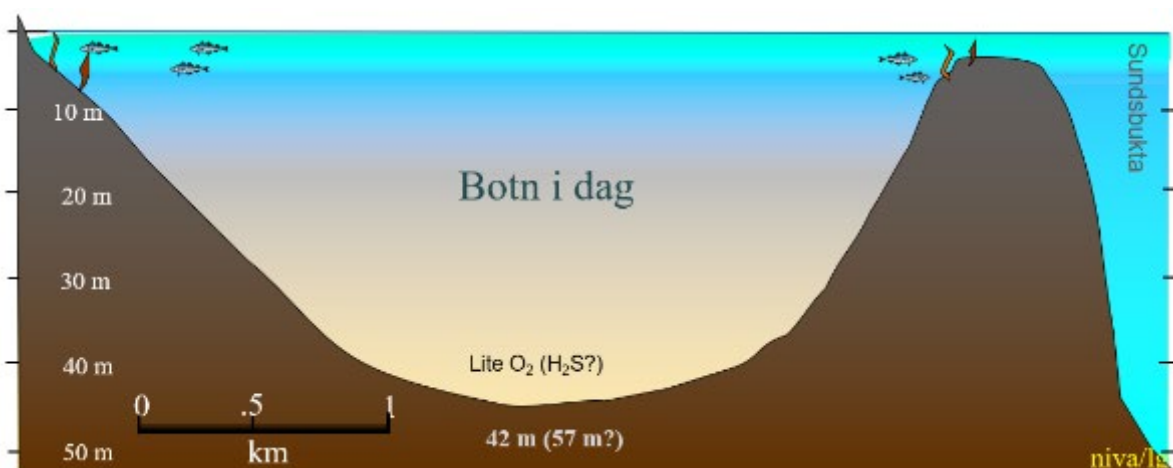
Figur 7 Målt oksygenmetning i bunnvannet i perioden 2006-2016. Kilde: Rissa kommune, 2015.



Figur 8 Grensen for vann med over/under 25 % metning i Botn i perioden 1992-2007. Data og figur fra Kystlab, Avdeling Fosen.



Figur 9 Målt siktedyp ulike år i tidsrommet 2000-2011. Data og figur fra Kystlab, Avdeling Fosen.



Figur 10 Botn slik den fremstår i dag, med tilfredsstillende forhold i øvre og midtre sjikt, og fremdeles lave oksygenverdier ved bunnen.

5 Oppsummering og kommentar

Resultatene fra overvåkingen 2016-2018 viser at Botn har tilfredsstillende vannkvalitet i overflatelaget for fosfat, nitrat og ammonium (*god* eller *svært god* tilstand), men *moderat* tilstand for total fosfor, totalt nitrogen og klorofyll a (**Tabell 15**). Siktdyp gir *dårlig* tilstand, men dette er kun med grunnlag i data fra 2018 og altså ikke en hel treårsperiode.

Tabell 15 Oversikt over tilstandsklassifiseringen for de ulike kvalitets elementene som er undersøkt i Botn i perioden 2016-2018.

Stasjon	År	Kvalitetselement	Tilstandsklasser
Vannkvalitet			
Botn	2018	Siktdyp	I. Svært god
	2016-2018	Oksygen (ml O ₂ /l)	II. God
	2016-2018	Oksygen metning	III. Moderat
	2016-2018	Fosfat	IV. Dårlig
	2016-2018	Tot P	V. Svært dårlig
	2016-2018	Nitrat	
	2016-2018	Ammonium	
	2016-2018	Tot N	
	2016-2018	Klorofyll a	
Bløtbunnsfauna			
BO1	2018	Fauna	
BO2	2018	Fauna	
BO3	2018	Fauna	
BO4	2018	Fauna	
BO5	2018	Fauna	

Bløtbunnsfauna hadde *moderat* tilstand på alle stasjonene bortsett fra BO4 som hadde *dårlig* tilstand. Fauna besto nesten utelukkende av flerbørstemark på stasjon BO1-4, mens BO5 også hadde innslag av flere dyregrupper som slangestjerner, snegler og krepsdyr. Denne stasjonen var den grunneste i undersøkelsen (12,1 m dyp) og hadde også det høyeste antall registrerte arter. Dette tyder på at oksygenforholdene på denne stasjonen er bedre enn på de dypere stasjonene. Innholdet av organisk karbon i sedimentet var høyt og hadde *dårlig* tilstand på alle stasjoner med unntak av BO3 som hadde *moderat* tilstand.

Innhold av oksygen i bunnvannet gir *moderat* tilstand for de tre årene under ett, men viser en positiv utvikling gjennom treårsperioden. I 2018 er oksygeninnholdet nesten 3 ganger så høyt som i 2016, og gir *god* tilstand. Dersom oksygenforholdene holder seg gode over tid og man unngår perioder med anoksisk bunnvann vil dette være positivt for dyrelivet, og man vil sannsynligvis få en bedre tilstand for bløtbunnsfauna.

Forholdene i dypvannet er bedre nå enn de var tilbake på 80- og 90-tallet, men er fremdeles ikke optimale, og det virker som det fortsatt er behov for lufting og tiltak for å redusere tilførslene fra land (jordbruk og avløp) for å unngå forverring av tilstanden. Vannkvaliteten i Botn bør følges opp med overvåking etter samme mønster som i de foregående årene.

6 Referanser

Direktoratsgruppa, 2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann - Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Veileder 02:2018.

Kartverket Sjødivisjonen (2018). Den norske los. Bind 4. Farvannsbeskrivelse Stad-Rørvik. Sjuende utgave.

Molvær, J. Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J., Sørensen, J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Veiledning 97:03. Miljødirektoratets rapportserie TA 1467/1997

NS-EN ISO/IEC 17025. Generelle krav til prøvings- og kalibreringslaboratoriers kompetanse. Norsk Standard.

NS-EN ISO 16665:2013. Vannundersøkelse. Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna (ISO 16665:2014).


NS-EN ISO 5667-19:2004. Vannundersøkelse. Prøvetaking. Del 19: Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder (ISO 5667-19:2004).

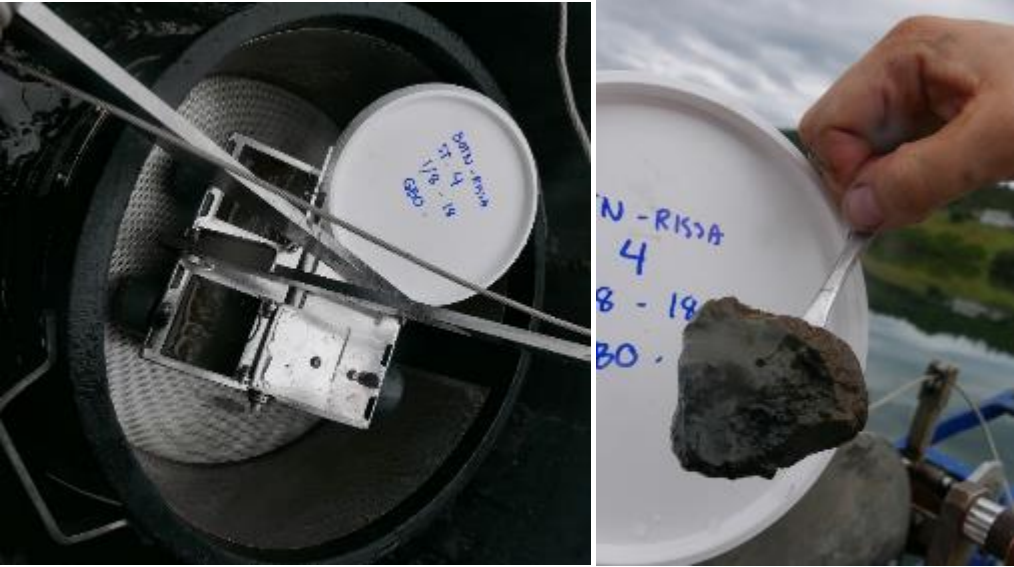

NT Fosen (1992). Botn-tiltak for å forbedre fjorden. Notat.

Rissa kommune (2017). Notat – analyse av prøvetakingsdata fra Botn 2007-2015, vurdering av den økologiske tilstanden og effekten av bobleanlegget. Notat.

Vedlegg A.

Sedimentbeskrivelse for bløtbunnsprøver fra Botn i Rissa 2018.

Stasjon	Beskrivelse
BO1	<p>Finkornet leire med et brunt overflatelag på ca. 1 cm og grått sediment under. Sediment relativt bløtt med noe organisk i sikterest. Ingen H₂S-lukt.</p> <p>Synlig fauna: Østersjøskjell (<i>Limecola balthica</i>), frittlevende børstemark (<i>Nephtys</i> sp.), rørbyggende børstemark på topplaget, samt kambørstemark i sikterest (<i>Pectinaria</i> sp.).</p> <p>Sedimentprøver til TOC, TN og kornfordeling samt bestemmelse av farge ble tatt fra grabbens sedimentoverflate. Munsell 2,5Y 4/4.</p> 
BO2	<p>Finkornet leire med et brunt overflatelag på ca. 1 cm, deretter grått sediment under med et mørkere og fastere lag i bunnen. Sediment relativt bløtt. Svak H₂S-lukt.</p> <p>Synlig fauna: Frittlevende børstemark (<i>Nephtyidae</i>) og rørbyggende kambørstemark (<i>Pectinaria</i>).</p> <p>Sedimentprøver til TOC, TN og kornfordeling samt bestemmelse av farge ble tatt fra grabbens sedimentoverflate. Munsell 2,5Y 4/4.</p>
BO3	<p>Finkornet leire med et brunt overflatelag på ca. 1 cm, deretter grått sediment under med et mørkere og fastere lag i bunnen. Sediment relativt bløtt. Ingen H₂S-lukt.</p> <p>Synlig fauna: Frittlevende børstemark (<i>Nephtyidae</i>) samt rørbyggende børstemark på topplaget.</p> <p>Sedimentprøver til TOC, TN og kornfordeling samt bestemmelse av farge ble tatt fra grabbens sedimentoverflate. Munsell 2,5Y 4/4.</p>

BO4	<p>Finkornet leire med et brunt overflatelag på ca. 1 cm, deretter grått sediment under med et mørkere og fastere lag i bunnen. Sediment noe fastere med lite organisk materiale i sikterest. Ingen H₂S-lukt.</p> <p>Synlig fauna: Frittlevende børstemark (<i>Nephtys</i> sp.).</p> <p>Sedimentprøver til TOC, TN og kornfordeling samt bestemmelse av farge ble tatt fra grabbens sedimentoverflate. Munsell 2,5Y 4/4.</p> 
BO5	<p>Finkornet leire med et brunt overflatelag på ca.1 cm og grått sediment under. Sediment noe fastere med større mengder organisk materiale i sikterest. Ingen H₂S-lukt.</p> <p>Synlig fauna: Østersjøskjell (<i>Limecola balthica</i>), frittlevende børstemark, slangestjerner, rørbyggende børstemark på topplaget samt kambørstemark i sikterest (<i>Pectinaria</i>).</p> <p>Sedimentprøver til TOC, TN og kornfordeling samt bestemmelse av farge ble tatt fra grabbens sedimentoverflate. Munsell 2,5Y 3/3 (overflaten).</p> 

Vedlegg B.

Fullstendige artslister for bløtbunnsfauna fra fem stasjoner i vannforekomst Botn i Rissa i 2018. Det ble tatt fire små grabbprøver à 0,025 m² per stasjon, altså et totalt prøvetakingsareal på 0,1 m² som tilsvarer én vanlig grabbprøve med van Veen grabb.

GRUPPENAVN	FAMILIENAVN	ARSTNAVN	BO1	BO2	BO3	BO4	BO5
POLYCHAETA	Polynoidae	Bylgides sarsi	4			1	
POLYCHAETA	Phyllodocidae	Eteone longa/flava		1	4	5	2
POLYCHAETA	Phyllodocidae	Phyllodoce groenlandica					6
POLYCHAETA	Pholoidae	Pholoe assimilis				1	9
POLYCHAETA	Pholoidae	Pholoe pallida					1
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys ciliata	2	2	6	8	9
POLYCHAETA	Nephtyidae	Nephtys sp.					5
POLYCHAETA	Spionidae	Dipolydora quadrilobata		2			1
POLYCHAETA	Cirratulidae	Chaetozone setosa	3	13	1	2	6
POLYCHAETA	Cossuridae	Cossura longocirrata	10	210	59	206	153
POLYCHAETA	Capitellidae	Heteromastus filiformis		4	11	1	
POLYCHAETA	Capitellidae	Mediomastus fragilis	1	10	16	14	60
POLYCHAETA	Oweniidae	Galathowenia oculata	1	3			2
POLYCHAETA	Pectinariidae	Cistenides hyperborea	4	4			9
POLYCHAETA	Ampharetidae	Ampharete borealis	126	66	90	13	43
POLYCHAETA	Terebellidae	Neoamphitrite sp.					1
POLYCHAETA	Terebellidae	Terebellidae indet		2	1		
POLYCHAETA	Sabellidae	Chone sp.	43		17		1
POLYCHAETA	Sabellidae	Euchone analis				1	1
POLYCHAETA	Sabellidae	Euchone papillosa	2	9	2	1	2
MYSIDA		Mysida indet			1		
OPHIUROIDEA		Ophiuroidea juvenil		1			1
OPHIUROIDEA	Ophiuridae	Ophiura albida					2
OPHIUROIDEA	Ophiuridae	Ophiura robusta					1
OPHIUROIDEA	Ophiuridae	Ophiura sp.		1			2
CAENOGASTROPODA		Caenogastropoda					1
OPISTHOBANCHIA	Philinidae	Philine sp.					1
BIVALVIA	Thyasiridae	Thyasira sp.		1			1
BIVALVIA	Tellinidae	Macoma calcarea	1				5

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no