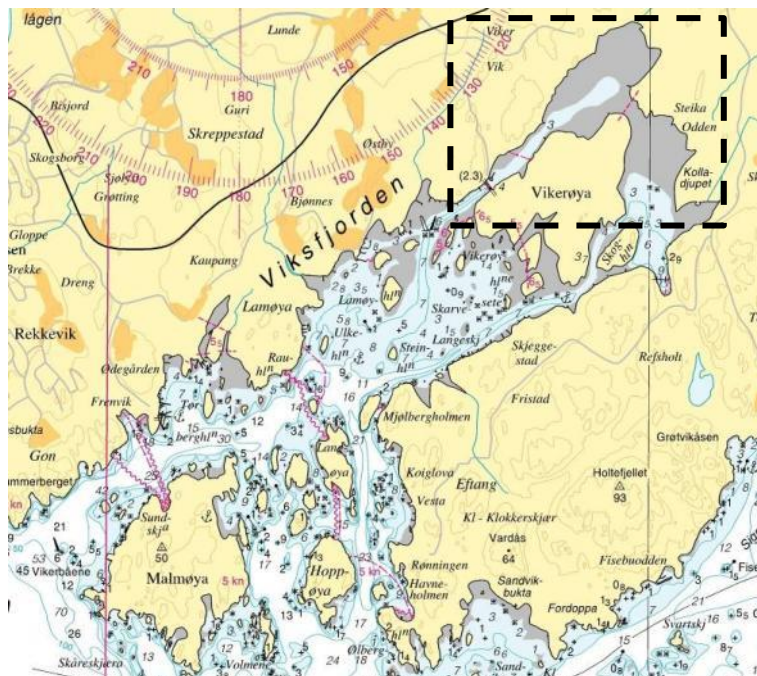


Truet ålegressforekomst i indre Viksfjord, Larvik

Undersøkelser 2011-2013 i forbindelse med skjøtsel



PROSJEKTRAPPORT



Nordnesgaten 50, Postboks 1870 Nordnes, 5817 BERGEN
Tlf. 55 23 85 00, Fax 55 23 85 31, www.imr.no

Tromsø 9294 TROMSØ Tlf. 55 23 85 00	Flødevigen 4817 HIS 5392 Tlf. 37 05 90 00	Austevoll STOREBØ Tlf. 55 23 85 00	Matre 5984 MATREDAL Tlf. 55 23 85 00
--	--	---	---

Rapport:	Nr. - År 2014
Tittel (norsk/engelsk): Truet ålegressforekomst i indre Viksfjord, Larvik Undersøkelser 2011-2013 i forbindelse med skjøtsel	
Forfatter(e): Frithjof Moy, Jon Albretsen, Torjan Bodvin, Lars Johan Naustvoll og Martin Ohldeck.	

Distribusjon: Åpen
HI-prosjektnr.: 14078
Oppdragsgiver(e): Indre Viksfjord Vel Fylkesmannen i Vestfold
Oppdragsgivers referanse:

Dato: 01.02.2014
Program: Kystprogrammet
Forskningsgruppe: 427 Bunnsamfunn og kystint.
Antall sider totalt: 56

Sammendrag:

Viksfjorden, Larvik kommune, huser store ålegressforekomster av nasjonal viktighet, samt verdifulle grunne bløtbunnsområder og naturvernområder, inkludert et fuglereservat. Samtidig truer årvisse oppblomstringer av grønnalger ålegresset og det rike fuglelivet innerst i Viksfjorden. Ålegress er en prioritert art og naturtype og Fylkesmannen gir tilskudd til utarbeidelse av tiltaksplaner for skjøtsel av ålegress.

Oppblomstring av store grønnalgeforekomster, som i dårlige år danner flytende grønnalgematter, truer ålegresset gjennom å redusere lystilgang og skape dårligere vekstvilkår for ålegresset. Med grunnlag i et forprosjekt utført av Havforskningsinstituttet (HI) i 2011, har Indre Viksfjord Vel (IVIV) mottatt tilskudd til utarbeidning av skjøtselstiltak for å bedre tilstanden. Her rapporteres både forprosjektet og resultater fra undersøkelser i 2012-13.

Analyser av tilførsler og næringssalter viser at Viksfjorden er næringsrik (eutrof). Grønnalgene binder store mengder næringssalter om sommeren, men uten transport ut av systemet, frigjøres disse tilbake til fjorden om vinteren. Dette er en kontinuerlig prosess som akkumulerer næringssalter i fjordsystemet. Utdyping av Klåstadrenna vil øke vannutskiftning og gi bedre vannkvalitet og miljøforhold for ålegresset. Opptak av grønnalger (slikk) vil ha positiv effekt på ålegresset og ta næringssalter ut av systemet. Slikket er også godt egnet som jordforbedring. Det er fortsatt behov for kunnskapsinnhenting som kan hentes inn koordinert med Vannforskriftens krav til god økologisk tilstand i vannforekomsten. Konstrnadseffektiv skjøtsel må påregnes over lang tid.

Emneord (norsk): 1. ålegress 2. grønnalger 3. næringssalter 4. vannutskiftning	Subject heading (English): 1. eelgrass 2. green algae 3. nutrients 4. water sirkulasjon
---	--

Prosjektleder
Frithjof Moy

Programleder
Einar Dahl

Innholdsfortegnelse

FORORD.....	3
SAMMENDRAG	4
Førundersøkelser (2011).....	6
Generell beskrivelse av ålegress.....	7
Generell beskrivelse av grønnalger	8
Generell beskrivelse av grønnalgeproblemet	9
Lokal tilstandsbeskrivelse	9
Naturverdier.....	10
Forurensning.....	11
Ubalanse i økosystemet	12
Vannforskriften	12
Mulige løsninger.....	12
Anbefalte økologiske undersøkelser.....	15
Sammendrag av førundersøkelser	16
UNDERSØKELSER I 2012.....	17
Ålegress i indre Viksfjord	18
Grønnalger.....	19
Kjemiske undersøkelser av slam, sedimenter og grønnalger ("slikk").....	20
Bakterier	21
Næringssalter.....	21
Tungmetaller, miljøgifter	23
Vannanalyser.....	24
Næringssalttilførsel Viksfjorden	26
Fosfor	27
Nitrogen.....	28
Biologiske tilførsler.....	29
Fisk og dyreliv i vannmassene (fotoundersøkelser)	29
Sirkulasjonsforholdene i Viksfjorden.....	32
Materialer og metoder	32
Modelleringsresultater.....	34
Konklusjon fra strømmodellering.....	40
Undersøkelser i 2013.....	41
Vannforekomst og tilstand etter Vannforskriften.....	41
Grønnalgenes vekst gjennom sesongen.....	42
Opptak av grønnalger	43
Vannprøver.....	43
Strømmåling og modellering.....	45
Ubalanse i økosystemet	47
Feltforsøk (tiltak) med børstemark.....	48
Konklusjoner og innspill til skjøtelsesplan	51
Konklusjoner	51
Innspill til skjøtelsesplan.....	53
REFERANSER	55

FORORD

Havforskningsinstituttet Forskningsstasjon Flødevigen (HI), har utført undersøkelser i 2011 - 2013 på oppdrag fra Fylkesmann i Vestfold (FMVE) og Indre Viksfjord Vel (IVIV). HI gjennomførte et forprosjekt på oppdrag fra FMVE som utredet muligheter for skjøtselstiltak. Basert på denne utredningen er IVIV tildelt skjøtelsmidler i 2012, 2013 og 2014.

Havforskningsinstituttet har stått for biologiske, kjemiske og hydrologiske undersøkelser i 2012 og 2013 med målsetning å gi et kunnskapsgrunnlag for utforming av et målrettet skjøtsel av ålegresset i indre Viksfjord.

Havforskningsinstituttet har samarbeidet med Norsk institutt for vannforskning (NIVA) i gjennomføring av flere oppgaver: strømmmålinger med Uta Brandt, børstemarkforsøk med Karl Norling og feltundersøkelser/bunnprøver/dropkamerainspeksjoner med Lise Tveiten.

Fra Havforskningsinstituttet har følgende personer hatt sentrale roller: Jon Albretsen, strømmmodellering; Torjan Bodvin, feltarbeid og møter; Lars Johan Naustvoll, feltarbeid, vannprøver og næringsalter; Martin Ohldieck, bunndypkartlegging.

Undertegnede har vært ssentral ved all feltinnsamling, møter og rapportering.

Denne rapporten er en sammenstilling av tidligere årsrapporter i prosjektet for å gi et helheltlig grunnlag for utarbeidelse av en skjøtelsplan for ålegress i indre Viksfjord.

For 2012 og 2013 er det også publisert årsrapporter fra tiltaksprosjektet på www.iviv.no

mars 2014

Frithjof Moy

Forskningsgrupeleder Bunnnsamfunn og kystinteraksjoner

SAMMENDRAG

Denne rapporten har tre kronologiske deler: førundersøkelser i 2011, undersøkelser i 2012 og undersøkelser i 2013. Disse har helt eller delvis vært publisert elektronisk tidligere og er her sammenstillet for å gi et helheltlig grunnlag for utarbeidelse av en skjøtselsplan for ålegresset i indre Viksfjord.

På oppdrag fra Fylkesmann i Vestfold laget Havforskningsinstituttet en problemutredning i 2011, og basert på denne og søknad fra Indre Viksfjord Vel (IVIV) ga Fylkesmann tilskudd til skjøtselstiltak for ålegresset i indre Viksfjord.

Det er i norsk sammenheng liten erfaring med skjøtselstiltak for ålegress og fokus har følgelig vært på kunnskapsinnhenting og utvikling av kostnadseffektive tiltak som kan inngå i en skjøtselplan. Fylkesmannen har gitt tilskudd til skjøtsel av ålegresset i indre Viksfjord i 2012, 2013 og 2014.

Havforskningsinstituttet utført biologiske, kjemiske og hydrologiske undersøkelser i Viksfjorden. IVIV har hatt ansvar for prosjektgjennomføring og utvikling av kostnadseffektiv tiltaksmetodikk. Denne utviklingen, sammen med løpende obeservasjoner, kan leses på www.iviv.no.

Det aktuelle området ligger i vannforekomsten «Viksfjorden indre» og består av begge vannløpene rundt Vikerøya: Varildfjorden, Kolladjupe og Klåstadrenna. Det som i dette prosjektet omtales som indre Viksfjord er synonymt med Varildfjorden.

Ålegress er en prioritert art og naturtype og i 2011 ble det publisert et faggrunnlag for en handlingsplan for ålegress (Christie et al 2011). Handlingsplanen er under utarbeidning. Undervannsenger av ålegress er hjem for mange dyr og organismer og yter viktige tjenester til fjordsystemet, som for eksempel å være oppvekstområde og matfat for fisk. Men ålegress er også truet av menneskelig aktivitet, og Fylkesmann gir tilskudd til utarbeidelse av tiltaksplaner og til skjøtsel av ålegressforekomster.

Viksfjorden, Larvik kommune, huser store ålegressforekomster av nasjonal viktighet, verdifulle grunne bløtbunnsområder, landskapsvernområder og et fuglereservat. Samtidig truer årvisse oppblomstringer av grønnalger ålegresset og det rike fuglelivet i indre Viksfjorden. Ålegressenga i indre Viksfjord ble i 2012 målt til 100 daa, som er større enn hva som er registrert i Naturbase.

Årlige oppblomstring av store grønnalgeforekomster, som danner flytende grønnalgematter, truer ålegresset og miljøet i fjorden. Grønnalgene reduserer lystilgangen, tar næringssalter og skape dårligere vekstvilkår for ålegresset. De store mengdene av grønnalger påvirker sannsynligvis også de grunne områdenes kvaliteter for fugl, samt friluftsliv, bading og generelt til stor sjenanse.

Grønnalgene vokser meget raskt og forbruker all næring i vannet. Det viser vannanalysene som avdekker at det omtrent ikke er målbart nitrat eller fosfat i vannet om sommeren. Det meste av grønnalgene som vokser opp i indre Viksfjord forblir i området og om høsten når grønnalgene dør og råtner, frigjøres næringssaltene samtidig som oksygen forbrukes. Det betyr at næringssalter akkumuleres årlig i området. Analyser viser at bunnsedimentet både på sjøbunnen og på de grunne mudderflatene er svært næringsrike.

Vannanalysene viser også at det er episodiske lokale tilførsler av næringsrikt vann, ofte i sammenheng med nedbør som medfører avrenning fra land. Det er ingen klare punktkilder til næringssalter. Med tilførsler og liten eksport vil næringssaltreservoaret øke med tiden og problemet med grønnalgeoppblomstring vil vokse.

Opptak av grønnalger er et godt tiltak for å redusere belastningen på ålegresset og vil samtidig ta ut bundet næring fra området. Analyser viser at grønnalgemassen/«slikket» har god næringsverdi og avsaltet masse er godt egnet til jordforbedring. Opptak av grønnalger er således en vann-vinn situasjon.

I 2013 ble det tatt opp ca. 280 tonn våtvekt grønnalger og det tilsvarer uttak av 300-600 kg nitrogen og 40-70 kg fosfor (usikkerhet er knyttet til vanninnhold). Opptaksforholdene i 2013 var vanskelige på grunn av mye sønnavind som ført grønnalgemattene inn i fuglereservatet og bort fra opptaksfasilitetene (lenser og gravemaskin).

Analyse av bunnsedimentet viser at det ikke inneholder miljøgifter med unntak av et område ved småbåthavn og nedenfor gammel fabrikk. Her var det forhøyede verdier av TBT og en PAH-forbindelse.

Et stort grunnområde på nord-øst-siden av Vikerøya (Klåstadrenna) faller helt eller delvis tørt på lavvann og bru over til Vikerøya snevrer inn vannløpet. Liten vannutskiftning i vannforekomsten hindrer ”utvanning” av næringssaltene og eksport av grønnalgebiomasse. Dette bidrar til en opphopning av næringssalter i indre Viksfjord. En fullskala, ekstremt høyoppløst modellering av sirkulasjonsmønsteret i Viksfjorden, viser klart at en utdyping av Klåstadrenna, vil bedre vannsirkulasjonen og ha positiv betydning for vannkvaliteten i indre Viksfjorden. Modellvalidering med strømmålere gir god tiltro til beregningsresultatet, og det anbefales en videre utredning kanalforslaget.

Ubalanse i økosystemet kan materialisere seg på liknende måter om eutrofi med oppblomstring av grønnlager. Mangel på amfipoder, børstemark, snegl med flere arter, som spiser grønnalger og grønnalgesporer, kan føre til ukontrollert oppblomstring. Stikkprøver viser et rikt liv i vannfasen av trepigget stingsild, tangkutling, brisling og enkeltobservasjoner av sjøørret, bergnebb og ål. Det ble også registrert snegl og små algespisende krepsdyr. Bunnlevende dyr var fåtallige. Kartlegging av økosystemet i indre Viksfjord, med vekt på funksjonelle dyregrupper, vil styrke grunnlaget for kunnskapsbasert forvaltning.

Et tett stasjonsnett av observasjonspunkter fra kartleggingen i 2012 gir et grunnlag for videre overvåking av ålegressets tilstand i tiltaksområdet og for vurdering av effekter av tiltak.



Sjøørret og brislingstim fotografert i ålegressenga i indre Viksfjord. (Foto: HI 2012)

Førundersøkelser (2011)

I 2011 ble det gjennomført et forprosjekt for å beskrive ålegresset og dets tilstand i indre Viksfjord, samt peke på mulig skjøtselstiltak. Et notat fra forprosjektet ble formidlet til Fylkesmann for Vestfold og er her tatt inn som en del av rapporten.

Viksfjorden, Larvik kommune, huser store ålegressforekomster av nasjonal viktighet, samt verdifulle grunne bløtbunnsområder, landskapsvernområder og et fuglereservat (Figur 1). Ålegress er en prioritert art og naturtype og det er publisert et faggrunnlag (Direktoratet for Naturforvaltning) for en handlingsplan (Christie et al 2011, <http://www.dirnat.no/multimedia/51115/Horingsutkast---faggrunnlag-for-alegraseng--16-12-2011v4.pdf>). Undervannsenger av ålegress er hjem for mange organismer og yter viktige tjenester til fjordsystemet, som for eksempel å være oppvekstområde og matfat for fisk.

Gruntvannsområdet innerst i Viksfjorden er fredet av hensyn til det rike fuglelivet og ålegresset tjener som livgivende vegetasjon, og tjener sammen med store tørrfallsområder, som beitemark for et rikt fugleliv.

Ålegressenger av nasjonal viktighet (A) tjener som livgivende vegetasjon, oppvekstområde for fisk og andre organismer, og beitemark for vannfugl, i fjordbassenget indre Viksfjord. Store grønnalgematter truer ålegressengenes vitalitet og overlevelse, gjennom redusert lystilgang og dårligere vann- og sedimentkvalitet. Tilliggende strandenger påvirkes også negativt når algematter flyter i land og ”kveler” vegetasjonen. I tillegg til de økologiske konsekvensene er algemattene til stor sjenanse for båtbruk, badeliv mv. Det er i norsk sammenheng liten erfaring med skjøtselstiltak for å motvirke denne type miljøutfordringer. Masseforekomster av grønnalger i indre Viksfjord er blant de største som er identifisert i Norge, og Fylkesmannen i Vestfold ønsker en gjennomgang av kunnskapsgrunnlaget med sikte på å lage et forslag til skjøtelsesplan.



Figur 1. Kart over Viksfjord og naturvernområder (grønne grenselinjer).

Generell beskrivelse av ålegress



Ålegress er marine blomsterplanter med rot, stengel, blad, blomster og frø, ikke ulikt vanlige gress. I Norge er det 2 arter av ålegress, hvor *vanlig ålegress* er vår vanligste og viktigste art. *Dverg-ålegress* er en sydlig art som er funnet noen få plasser i Sør-Norge, deriblant i Viksfjord. Den regnes som sjelden i Norge og det er laget en handlingsplan for arten. Andre sjøgressarter i Norge er *småhavgras* og *skruehavgras*. Begge disse er vanlige i Sør-Norge.

Figur 2. Ålegresseng. Foto: F Moy.

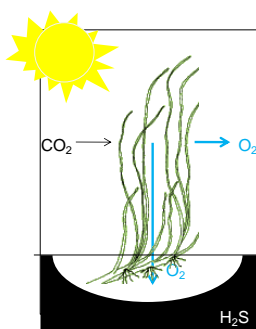
Vanlig ålegress (heretter referert til som ålegress) er en vanlig art på hele den nordlige halvkule og langs hele vår kyst, men mer sjelden i Troms og Finnmark. Ålegress vokser fra fjæresonen og ned til ca 10 m dyp, avhengig av vannets klarhet, og både i brakkvann og saltvann (saltholdighet fra 5-30 psu).

Ålegressenger er svært produktive områder og undersøkelser har vist at engene har høyere produksjon enn mange systemer på land. Ålegressengene yter også viktige økosystemtjenester, ikke minst som oppvekstområde og spisskammers for mange fiskeslag, f.eks. torsk, og som leve- og beiteområde for mange vannfugl.

Ålegressenger kan være svært artsrike (opptil 150 arter er funnet i norske enger) og inneholde sjeldne arter, hvor flere er på den norske rødlista.

I tillegg til den fysiske 3-dimensjonale strukturen som ålegresset skaper, påvirker ålegresset positivt det fysiske, kjemiske og biologiske miljøet, både i vannfasen og i bunnsedimentet.

Gjennom rotsystemet binder ålegresset bunnsedimentet og hindrer kysterosjon, og ålegresset motvirker overgjødning og klimagassutslipp gjennom å ta opp næringssalter og CO₂. I fotosyntesen gjøres CO₂ med sollyset som drivkraft, om til plantevev og O₂, og dette oksygenet frigis til vannet og transporteres ned i røttene og ut i bunnsedimentet (Figur 3). På det viset omskaper ålegresset dødelig CO₂ til livsviktig oksygen for oss mennesker og alle fisk, fugler og dyr, på lik linje med alle planter fra



Figur 3. Ålegresset tar opp karbondioksid (CO₂) fra vannet og skiller ut oksygen (O₂) gjennom primærproduksjonen til vannet og bunnsedimentet.

det minste planteplanktonet til trærne på land. Men ålegresset motvirker i tillegg råttne bunn gjennom sin oksygentransport ut i bunnsedimentene, og dette er livsviktig ikke bare for ålegresset, men for alle dyr og mange mikroorganismer som lever på bunnen og i sedimentet.

Hvis lystilgangen blir dårlig, f.eks. ved grumsete vann eller sterk påvekst av trådalger, reduseres ålegressets produksjon av oksygen. Ved en kritisk grense klarer ikke ålegresset lenger å motvirke forråtnelse i sedimentet og røttene begynner å dø, og bunnen kan endres fra en grønn eng til svart, illeluktende (giftig) gjørme.

Ålegresset gror og dør naturlig, og en eng er i stadig endring og fornyelse. Bladene i et skudd lever i 1-6 måneder, og nye blad vokser ut hele tiden, mens gamle blad faller av. Ålegresset er på det frodigste på sensommeren. De fleste blad visner og faller av om vinteren, når lyset

blir svakt, men ålegresset skaper en grønn eng også gjennom vinterhalvåret. En ålegresseng kan gjennom vekst og sesongvariasjoner endre seg mye gjennom året og mellom år. I bunnsedimentet ligger det et nettverk av røtter som skyter skudd og kontinuerlig vokser utover, men den horisontale tilvekst er langsom, ca 25 cm/år. I tillegg til rotskudd skjer det en årlig fornyelse gjennom frø som slippes hver høst. Det er lite kunnskap om betydningen av frø-spredning kontra rotskudd og hva som er normale variasjoner i en ålegresseng.

Utbygging i strandsonen, overgjødning, sykdom, forurensning og fremmede arter er identifiserte trusler mot ålegressenger, hvor de først nevnte sannsynligvis er de viktigste. Utbygging i strandsonen er som oftest et direkte inngrep i en ålegressforekomst f.eks. gjennom etablering av en småbåthavn, mudring, legging av kabler og rør. I tillegg kan det være indirekte påvirkning gjennom endret vannutskiftning, f.eks. bygging av molo eller bropilarer, og/eller endrede tilførsler, ikke minst av forurenset vann.

Økt organisk belastning til en vannforekomst øker O_2 -behovet til nedbrytingsprosesser og når dette overstiger oksygentilførslene, f.eks. gjennom ålegressets produksjon, dør bunnen og bunnvannet blir råttent. Overgjødning fører til overproduksjon av bl.a. planteplankton og grønnalger, og når denne biomassen av naturlige årsaker visner, dør og synker til bunns, fører det til stor organisk belastning og til død bunn om det overstiger vannforekomstens omsetningskapasitet.

Generell beskrivelse av grønnalger

Tykke matter av trådformede grønnalger kan danne tette matter som flyter på vannet i indre Viksfjord (Figur 4). Masseforekomster av grønnalger observert i indre Viksfjord er blant de største som er observert i Norge (100-1000 daa), og de utgjør et stort problem for de lokale naturverdiene.

Grønnalger er primitive planter hvor hver celle i planten tar opp vann og næringsalter direkte fra vannet, og det er lite eller ingen transport mellom cellene.

Algene har ikke røtter, men de kan ha en festeskive som fester algen til stein, skjell, andre planter og annet fast substrat. De fleste artene starter sin vekst som små fastsittende tråder.

Rives algen løs kan den vokse videre, mens den flyter rundt. Som ålegress og andre planter, tar disse grønnalgene opp næringsalter og CO_2 og skiller ut igjen livgivende O_2 . Om dette oksygenet fanges opp i den tette og slimete veven av de trådformede grønnalgene, flyter grønnalgene opp til overflaten og danner store, flytende matter.

Grønnalger er en gruppe som har grønt fargestoff (klorofyll), mens rødalger og brunalger henholdsvis har røde og brune fargestoffer som tilleggspigmenter. Som ålegress (som også har klorofyll) lever grønnalgene på grunt vann, mens rød- og brunalgene kan vokse mye dypere pga deres røde og brune pigmenter som hjelper til med å fange opp lys-energien. Grønnalgene er (generelt) hurtigvoksende og responderer raskt på næringsalttilførsler og varme. En av grunnene til dette er algenes primitive oppbygging hvor all produksjon kan gå til ny vekst framfor å bygge røtter og støttevev. Bladformede (som havsalt) og trådformede (som grønn dusk) er to hovedformer av grønnalger, og i indre Viksfjord er det de trådformede grønnalgene som utgjør et problem.



Figur 4. Bilde av tett grønnalgeteppe i indre Viksfjord sommeren 2009. Foto: NIVA.

Generell beskrivelse av grønnalgeproblemet

Grønnalgeproblemet har flere sider. Det ene er at problemet oppstår når produksjonen av grønnalger er større enn avgangen (bli spist, transport bort, brutt ned), dvs at det bygger seg opp stor biomasse. Det andre er at grønnalgene tar næring og lys fra ålegresset slik at dette svekkes. Dette er fordi grønnalgene er mer effektive enn ålegresset til å suge opp næringsstoffer fra vannet, og den kraftige veksten fører til en tett vev som skygger for ålegresset. Det tredje er at den store biomassen av grønnalger går i forråtnelse om høsten og er til stor belastning for økosystemet med dårlig vann- og bunnkvalitet som resultat. Gjennom forråtnelse frigis næringssaltene igjen og mye går da ned i bunnsedimentene. Stor opphoping av grønnalger om sommeren kan derfor tilføre bunnsedimentene i området store mengder næringssalter. Ålegresset kan utnytte denne gjødslingen av bunnsedimentene, men bare om det får tilstrekkelig lys.



Trådformede grønnalger. Foto: F Moy

Store grønnalgematter truer derfor ålegressengenes vitalitet og overlevelse, gir dårligere vann- og sedimentkvalitet, og kan føre til at bunnsedimentet og bunnvannet blir råttent (oksygensvinn (lukt av råtne egg)). Samtidig påvirkes strandenger også negativt når algemattene legger seg over vegetasjonen, og ikke minst er det til stor sjenanse for båtbruk og badeliv.

Problemet er ikke unikt for Viksfjorden, men er kjent fra flere steder (Lystad og Larsen 1996), blant fra svensk vestkyst hvor grønnalgeoppblomstringer er påvist å ha både økologiske og økonomiske konsekvenser (Troell et al 2005).

Vi har liten erfaring med skjøtselstiltak for å motvirke denne type miljøutfordringer. Det er derfor spesielt viktig å forstå den naturlige dynamikken i disse systemene, og ikke minst er det viktig å skille mellom naturlig variasjon og menneskeskapt påvirkning.

Lokal tilstandsbeskrivelse

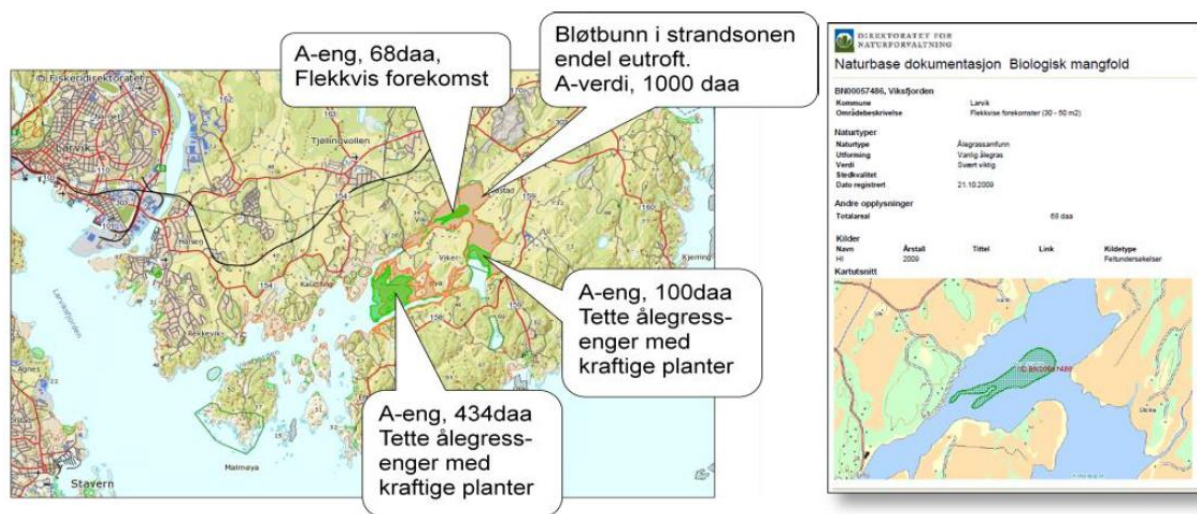
Lokale kjentfolk beskriver de store forekomstene av flytende grønnalgeflak (lokalt omtalt som ”slikk”) som sjenerende og til plage for friluftsliv, båtliv og bading, og bekrefter at problemet har vært økende siste 20-30 år. Samtidig beskrives en endring i fuglelivet i Vikerøya fuglereservat, spesielt med nedgang i vadefugler og økning i svaner og gjess (kilde: lokale ornitologer). Nå kan det ligge så mye som 200 knoppsvaner i området. Fiskere mener også at bestanden av ål har vært god i området, men at den nå er i nedgang. Det fryktes at de forverrede forholdene i området også skal virke negativt for sjørørreten og fiske spesielt i Bjønnesbekken i ytre del av Viksfjord. I Fiskeguiden.no er området også listet opp blant de beste sportsfiskeplassene i ytre Oslofjord-regionen. Forholdene med masseoppblomstring av grønnalger var spesielt ille i 2009 hvor grønnalgene dannet et stort flak som dekket hele det indre området. Med vind driver flakene hit og dit og klistrer seg på alt; på badestrender, på siv og aks i vannkanten, på årer og båtpropeller, generelt til stor sjenanse for friluftsliv og fugleliv. I tillegg til økende grønnalgeproblem, skjer det også endringer i bunnforholdene og gjennom Klåstadrenna (mellom Vikerøya og fastlandet mot nord) er det dag ikke lenger framkommelig med

båt. Dette reduserer vanngjennomstrømmingen rundt Vikerøya. Samtidig pekes det på at brua over Vikerøysundet lager en innsnevring med en lysåpning på 15 m bredde. Fuglereservatet legger begrensninger på hva som kan gjøres i området, men samtidig ser en at området endrer seg og gir dårligere forhold for fuglelivet, og gjennom det reduseres reservatets kvalitet. Ut fra lokale beretninger

(fastboende og hyttefolk) har området uten tvil stor allmenn verdi med stor bruk og mange bruksinteresser.

Naturverdier

Ålegressforekomstene i indre Viksfjord er kartlagt gjennom det nasjonale naturtypekartleggingsprogrammet. Tre A-enger (nasjonalt viktige) er identifisert i indre Viksfjord (Figur 5). To av disse er beskrevet som tette, fine enger med kraftige planter. Den tredje enga, som også ligger i området med de største grønnalgeproblemene, er beskrevet til å bestå av flekkvise forekomster. Store grønnalgemengder og store lang-grunne områder gjorde det vanskelig å kartlegge både tilstand og utbredelse av enga fullt ut. Ut fra en ekspertvurdering karakteriseres ålegressforekomsten som truet av de store grønnalgemengdene.



Figur 5. Kart over kartlagte marine naturtyper i Viksfjorden og faksimile av uttrekk fra Naturbasen.

Dvergålegress med flere sjeldne arter er påvist i området og antakelig er det behov for en ny kartlegging for å stadfeste nå-tilstanden rundt hele Vikerøya. Dvergålegress, en slektning til ålegress som lever på mudderflater, er sterkt truet i Norge og har fått sin egen handlingsplan (Direktoratet for naturforvaltning 2010. Handlingsplan for dvergålegras *Zostera noltei*. DN-rapport 2010-1). Viksfjord er en av de 19 steder i Norge hvor dvergålegress er funnet og planen kan være en referanse for skjøtselstiltak i Viksfjord, da dvergålegress er utsatt for mange av de samme trusler som ålegress: utbygging/utfylling/ graving, overgjødning, forurensning og beiting av knoppsvaner. Handlingsplanen er siden fulgt opp og en statusrapport fra undersøkelser i 2011 (A. Lundberg 2012. Oppfølging av Handlingsplanen for dvergålegras i Noreg. Årsrapport for 2011.) viser at spredte planter ble funnet i området på sørsiden av Vikerøya, hvor den i 1993 var blitt registrert. Blant foreslåtte tiltak for dvergålegras er: tiltak mot landbruksavrenning, nedslamming og annen forurensning, samt tiltak som skjermer dvergålegras mot beiting fra knoppsvaner.

Området i indre Viksfjord inneholder også et stort, grunt bløtbunnsområde, hvor store deler tørrelegges på lavvann. Dette bløtbunnsområdet går over i naturtypene havstrand og strandeng og til sammen skaper de et godt miljø som tiltrekker seg et rikt fugleliv, og som er grunnlag for Indre Viksfjord naturreservat (den strengeste verneformen etter naturvern- og naturmangfoldloven).

Vikerøya landskapsvernområde er et kystområde med et vakkert og egenartet natur- og kulturlandskap, med et rikt biologisk mangfold. Karakteristisk er gårdsbruk med de mange små åkerholmene som skyter opp mellom jordbruksflatene og skaper et livfullt kulturlandskap. Eikehagen øst på øya er en sjelden kulturmarkstype med en artsrik flora (Kilde: www.nhm.uio.no). Samtidig

finnes mange sjeldne planter, inkludert sopp, på øya. Landskapsvernområder er opprettet for å ta vare på det egenartede og vakre natur- og kulturlandskap. Verneformen er brukt for å ta vare på et kulturlandskap i aktiv bruk.

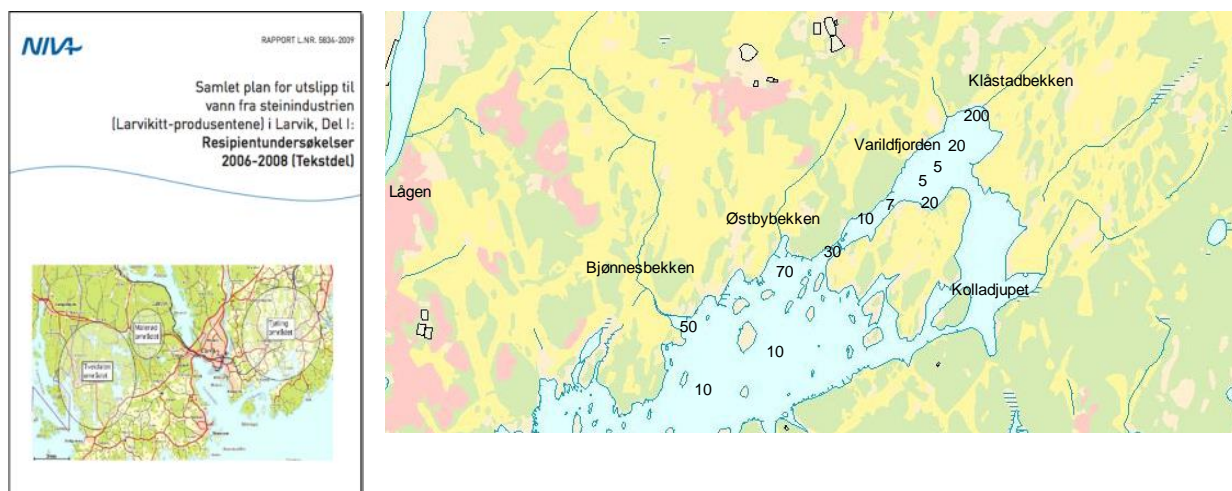
Flatholmen og Bjønnesholmen (vest av Vikerøya) er opprettet som biotopvernområder for å beskytte sjøfugl mot forstyrrelser i hekketiden.

I det hele er indre Viksfjord et unikt område med mange kvaliteter.

Forurensning

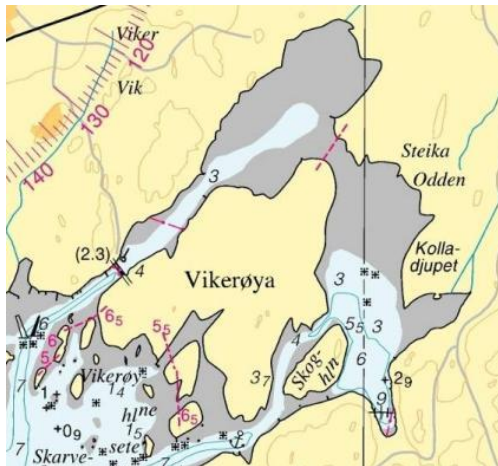
I 2006-2008 gjennomførte NIVA undersøkelser i resipientene til steinindustrien i Larvik, deriblant indre Viksfjord (NIVA-rapport 5834/2009). I rapporten står det at området som helhet er lite påvirket av steinbruddsavrenning, men at Viksfjorden er sterkt eutrofiert med oppblomstring av grønnalger utover sommeren, høyt innhold av organisk karbon i sedimentet og artsfattig bunnfauna. NIVA-undersøkelsene peker på avrenning fra jordbruk og sanitærvløp som sannsynlige næringssaltkilder. I og med at det aller meste av området nå er avkloakkert, står jordbruks-avrenning tilbake som sannsynlig hovedårsak til den negative utviklingen siste 10 årene. Kartet (Figur 6) viser at det er betydelige jordbruksarealer (gule felter) i Viksfjordens nedbørfelt. Indre del av Viksfjorden er betydelig påvirket av partikler fra steinindustrien. Ved utløpet av Klåstadbekken ble det målt høye partikkelverdier (se målte verdier i kartet i Figur 6) og grumsete (grått) vann var synlig i større deler av indre Viksfjord ifm nedbørsperioder og høy vannføring i bekken.

Larvikitt er forforholdig og stein støv fra steinbruddet kan tenkes å være årsak til problematisk algevekst. Men algetester viste at fosforet i avrenningen fra steinbruddvirksomheten var lite tilgjengelig for algevekst (Berge og Källqvist 2008). Men selv om tilgjengeligheten av fosforet var lav (gjennomsnitt ca 20%) vil fosforet på steinpartiklene likevel kunne underholde en viss algevekst.



Figur 6. Resipientundersøkelse i Viksfjorden fant store partikkeltilførsler til fjorden fra omliggende jordbruksarealer (gule felt på kartet) og fra steinindustrien. Kilde: NIVA-rapport 5834/2009 av Berge, Bækken, Romstad, Källqvist, Hedlund Corneliussen, Dahl-Hansen (APN), Christensen (APN), Rygg.

Ubalanse i økosystemet



Figur 7. Utsnitt fra sjøkart hvor grå områder indikerer tørrfallsoner, dvs arealer som tørrlegges på lavvann.

Den årlige oppblomstringen av grønnalger og opphoping av grønnalgematter, er indikasjon på for mye næringssalter, for liten vannutskifting og en ubalanse i økosystemet.

Grønnalgene responderer med oppblomstring på næringssalttilførsler. Normalt er det lite tilgjengelige næringssalter i vannmassene om sommeren. Derfor er tilførsler en sannsynlig årsak som må undersøkes og størrelsesberegnes.

Vannsirkulasjonen er lav og stopper tidvis opp pga grunne, periodevis tørrlagte, områder nord for Vikerøya (Klåstadrenna) (Figur 7). Liten vannutskifting gjør at problemene forsterkes. Grønnalgene som gror fram hver sommer, transporteres i liten grad ut av indre Viksfjord

Om høsten når grønnalgene går i oppløsning, frigis organisk stoff og næringssalter til vannet og bunnsedimentene. Det er mulig dette lageret av næringssalter resirkuleres og over tid bygger seg opp gjennom nye tilførsler (avrenning) til fjorden fra områdene rundt.

Brua over til Vikerøya lager en innsnevring med lysåpning på bare 15 m. Det er usikkert i hvilken grad dette påvirker vannutskiftingen. Oppgrunning av Klåstadrenna har ført til en negativ utvikling med hensyn til vannutskifting.

Den fattige bunnfaunaen (Berge et al 2009, NIVA-rapport 5834) indikerer et økosystem under press. Dårlig fungerende økosystem forringer resipientkapasiteten, dvs. resipientens evnen til å omsette det organiske materialet som produseres eller tilføres. Det kan være flere årsaker til ubalanse i økosystemet: fysisk-kjemisk som vannutskifting og næringssalter, og biologisk som at en viktig art mangler eller er overrepresentert. Dette siste kan også gi visuelt liknende effekter som overgjødning.

Vannforskriften

Vannforskriften setter krav til at det skal være minimum god økologisk tilstand i alle vannforekomster (potensielt god vannkvalitet i modifiserte vannforekomster). Dagens tilstand i indre Viksfjord med oppblomstring av trådformede grønnalger, strider med begrepet økologisk god tilstand og utløser krav til tiltak. Som del av forvaltningen av Viksfjord må det etableres en referansestilstand for vannforekomsten og en handlingsplan for å nå denne tilstanden.

Mulige løsninger

- kunnskap

Kunnskap og ikke minst lokal kunnskap om området, om endringer i bruk av området og naturendringer, naturlige eller menneskeskapt, er avgjørende viktig for å finne løsninger og iverksette gode skjøtselstiltak. Det må legges til rette for god kommunikasjon og kunnskapsinnhenting.

- dårlig vannutskifting

Indre Viksfjord (Varildfjorden) er et stort gruntvannsområde med trange, grunne sund på nord- og sørsiden av Vikerøya, og Klåstadrenna mellom de to bassengene er i dag omtrent tett (se kart over). Dårlig vannutskifting er en del av problemet, og tiltak for å bedre denne vil gi grunnlag for bedre vannkvalitet.

To innsnevringer synes å være kritiske. Det har vært en kontinuerlig oppgrunning av løpet nord for Vikerøya, Klåstadrenna. Området faller i dag ofte tørt ved lavvann. Tidligere var det mulig å gå med båt rundt Vikerøya ved høyvann. Brofundamentene til brua over til Vikerøya snevrer inn det nordre sundet. Åpningen her er ca 15 m. Brospennet er det kanskje ikke mulig å gjøre noe med umiddelbart, men restaurering av Klåstadrenna (mudring) kan være et godt tiltak for å bedre vannsirkulasjonen. Det foreslås å kjøre en analyse av effekter av mulige fysiske tiltak, ved hjelp av en strømmmodell som settes opp for området, som grunnlag for beslutninger. En analyse av vannsirkulasjon og strømmønstre er en standard prosedyre som brukes i mange sammenhenger fra lokalisering og utforming av småbåtanlegg, oppdrettsanlegg osv. Utfordringen er å sette opp en god modell som reflekterer de fysiske forhold (topografi) og drivkreftene (vind, havstrøm) som virker på vannet.

- **eutrofiering**

Oppblomstring av grønnalger drives av næringstilførsler gjennom sommersesongen og det er nødvendig å sette opp et nærings-saltbudsjett for indre Viksfjord som viser hvor mye som tilføres fra ulike kilder, før det settes iverk tiltak. Tilførsler fra land (via bekker, jordavrenning, bebyggelse, etc) må kartlegges i den grad dette ikke er kjent. Det er også sannsynlig at reduksjon i nærings-salttilførsler ikke vil forbedre eutrofisituasjonen på kort tid, pga regenerering av nærings-salter fra bunnsedimentene i området. Det må iverksettes tiltak mot de kilder som bidrar mest til eutrofieringen og oppblomstringen av grønnlager.



Uttak av næringsrik grønnalgebiomasse kan være et tiltak som både reduserer sjenerende grønnalgematter og tar ut biomasse, dvs. nærings-salter, fra kretsløpet. Det er eksempler på denne type av tiltak. Grønnalgebiomassen kan sannsynligvis anvendes til nyttige formål. For eksempel ønsker initiativtakere i Sverige å produsere biogass fra grønnalger høstet på strendene i Laholmsbukten (se avisutklipp til høyre).

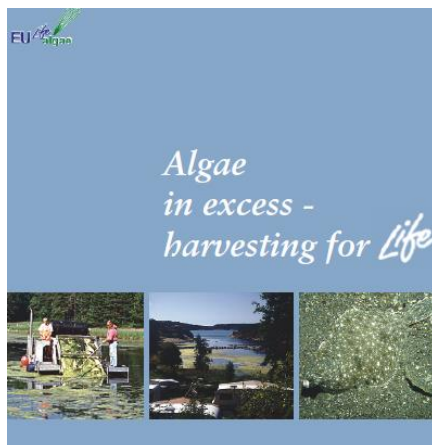
- **restaurering av våtmark/fangdammer**

Klåstadkilen var tidligere en del av våtmarkssystemet i området som i dag er oppdyrket etter etablering av voll og pumpesystem mot fjorden. Ifølge ornitologene er de siste spor av våtmarkene her, noen dammer/ fuktige drag, i det siste blitt borte gjennom nye tiltak for å heve kvaliteten og effektiviteten på jordbruksproduksjonen. Restaurering av tidligere våtmarker som fanger opp tilsig er relevant tiltak som bør utredes. Det er også mulig å etablere (kunstige) fangdammer og kantvegetasjon for å fange opp sig fra jordbruksområdene rundt Viksfjord

- **eksempler på tiltak**

EU Life Algae

EU Life Algae prosjektet, 1996-2001, var et EU-finansiert samarbeidsprosjekt mellom Sverige, Finland og Åland, som testet ut mekanisk høsting av grønnalger for å bekjempe eutrofiering. (http://www5.o.lst.se/projekt/eulife-algae/ENGELSK/index_eng.htm). Figuren (neste side) fra EU Life Algae prosjektet viser hvordan 2 høstinger av grønnalgebiomassen reduserer algemengden (stiplet linje) fra ”dagens nivå” (rød linje) til ”bakgrunnsnivå” (grønn linje). I Strømstad kommune ble det høstet 450 tonn alger (presset våtvekt) som motsvarer et uttak på ca 800 kg N og 100 kg P.



About the EU Life algae project

The EU Life algae project is a cooperation between government authorities and research institutes in Sweden, Finland and on the Åland Islands.

The project is owned by Länsstyrelsen Västra Götaland, County Administration.

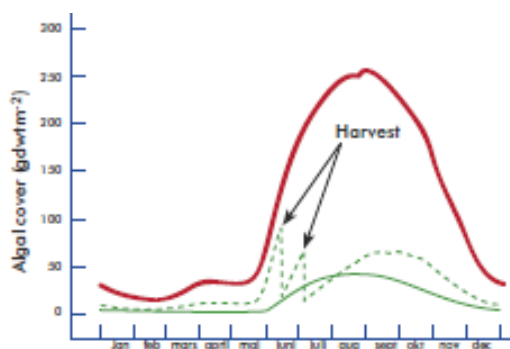
The project has a budget of SEK 13 million, 50 per cent of which has been financed by the EU Life environmental fund (Allocation LIFE96ENV/S/380).

The project commenced in the 30 of November 1996 and finished the 31 of May 2001.

Länsstyrelsen Västra Götaland
County Administration
SE-403 40 GÖTEBORG
SWEDEN
Fax: +46 31 60 52 09
www.o.lst.se/projekt/eulife-algae

Project Management Board:
President of the Board: Sven Swedberg
+46 31 60 50 79
sven.swedberg@o.lst.se

Project Director: Harald Sterner
+46 31 60 52 84
harald.sterner@o.lst.se



Filamentous algal cover in a shallow bay. The model results were obtained using coastal nutrient concentrations observed in coastal waters today (red solid line), and "preindustrial" conditions assuming a 50 per cent lower concentrations (green solid line). The broken green line indicates model results for the same bay if 80 per cent of the algae harvested twice a season in mid June, and early July.

Figur fra EU Life Algae prosjektet (over) hvor rød og grønn linje viser modellert forekomst av grønnalger hhv. i dag og i "før-industriell tid" i en grunnbukt, basert på næringsalter i vannet. Figuren viser at det er langt mer grønnlager nå (rød linje) sammelikt med «referansetilstand». Stiplet grønnlinje viser hvordan det er mulig med to innhøstinger av grønnalgebiomassen (i mai og juni) å redusere grønnalagemengden ned til "bakgrunnsnivå".

Tilsvarende høsting/opsamling av grønnlager i indre Viksfjord kan ha samme positive effekt.

Delaware USA, Atlanterhavskysten.



Bilder er fra Delaware Department of Natural Resources and Environmental Control, DNREC: Division of Soil & Water Conservation: Macro-Algae Harvesting Program
<http://www.dnrec.state.de.us/MacroAlgae/default.shtml>

Et klassisk eksempel fra staten Delaware, USA, hvor urban utvikling og økende avrenning til kystområdene førte til oppblomstring av løstliggende makroalger (rød- og grønnalger) til problem for bruk og vannkvalitet. Som mottiltak utviklet miljøvernavdelingen et høstingsprogram, initiert i 1997, med årlig drift fra april til august, for oppsamling av problemalgene.

Her ble det brukt en farkost liknende hva som ble brukt i EU-Life-prosjektet, hvor et transportbelte i front fanger opp trådalgene og transporterer algen til lasterommet samtidig som vannet renner av. Båten har skoveldrift for å kunne opereres på svært grunt vann. Når lasterommet er fullt, tømmes algemassen i mottak på land.

New York City Environmental Protection. I New York, USA, er en liknende teknikk tatt i bruk i regi av New York City Environmental Protection. Resultater ble nylig presentert på en kongress for økosystemrestaurering: "Harvesting Macroalgae as a Means of Reducing Nutrients in Jamaica Bay, New York City".

National Conference on Ecosystem Restoration, USA

National Conference on Ecosystem Restoration avholdes hvert annet år i USA og den 4. ble avholdt i August 2011 i Baltimore. Det er en stor konferanse med mange temaer. De fleste innlegg om tiltak mot kysteutrofiering, peker på reduksjon i utslipp av nitrogen og fosfor. Som i Norge, har reduksjon i direkte utslipp hatt positiv effekt på vannkvaliteten, men diffuse utslipp, eller diffus avrenning, har det derimot vært vanskelig å redusere. De fleste erfaringer taler for kombinerte løsninger hvor vegetasjonsbelter mellom jordbruk og vannveier er et viktig element. I tillegg til å begrense næringssalttilførsler og utbedre vannveier er det flere eksempler på kombinasjon med restaurering av ødelagt vannvegetasjon gjennom utplantning og utsåing, for å gjenskape levende og bærekraftige samfunn.

Holmsbukt, Sverige

Årlige og tidvis problematisk store forekomster av grønnalger på sandstranden i Holmsbukt, har ført til kreative tiltak for oppsamling av grønnalger. En ombygget skurtresker har skapt oppslag i media og biomassen skal utnyttes i biogassproduksjon.



Anbefalte økologiske undersøkelser

Det anbefales at det gjennomføres økologiske undersøkelser i indre Viksfjord som kan gi grunnlag for kunnskapsbaserte råd, samt dokumentere endringer som følge av tiltakene.

- **Biologisk mangfold.** Det er grunnleggende å få kunnskap om det biologiske mangfoldet i indre Viksfjord. Ubalanse i biomangfoldet bidrar til den dårlige tilstanden i området og endringer i dette vil påvirke utviklingen. Både arter, mengde og deres funksjon eller økologiske tjenester må beskrives for de tre gruppene:
 - Vannplanter og alger
 - Bunndyr og fisk
 - Fugler

- **Kjemiske undersøkelser.** Næringssalter i vannet, i bunnsedimentet og i organismer og endringer i disse gjennom året, er viktige elementer for vekst av grønnalger og ålegress. Tilførsler og forråd av næringssalter er grunnlaget for vekst.
- **Oseanografi-hydrodynamikk.** Vannutskiftning betyr også utskiftning av næringssalter og av biologisk materiale. Oppgrunning av det nordre løpet har redusert vanngjennomstrømmingen, og dette kan ha medvirket til problemene.
- Det foreslås at det lages et enkelt opplegg for **overvåking** av tilstand og utvikling i indre Viksfjord, spesielt for å dokumentere effekter av skjøtselstiltak.

Sammendrag av førundersøkelser

Svak vannutskiftning og for mye næringssalter gir årlige problemer med oppblomstring av grønnalger som gir dårlig økologisk kvalitet og reduserer naturverdien i indre Viksfjord. Samtidig er indre Viksfjord et viktig naturområde med ålegressenger, rødlistede arter (som dvergålegress) og et rikt fugleliv beskyttet som naturreservat. Store brukerinteresser er knyttet til Viksfjord, ikke minst til friluftsliv som bading, båtbruk, sportsfiske og rekreasjon, men også til aktiv drift av øygårdsbruk og vedlikehold av kulturlandskapet. Det er således knyttet verneinteresser, driftsinteresser og allmenne bruksinteresser til området og aktiv skjøtsel synes nødvendig for å ivareta interessefelleskapet.

Den negative utviklingen har pågått over lang tid (10-30 år) og har sannsynligvis skapt en ubalanse i økosystemet som reduserer resipientkapasiteten i indre Viksfjord. Høyt organisk innhold i bunnsedimentene, artsfattig bunnfauna og nedgang i bestander av vadefugl tyder på negativ utvikling med tap av økologiske mekanismer som er nødvendig for et bærekraftig økosystem.

Den store, årlige produksjonen av grønnalger er både et symptom på og årsak til den dårlige tilstanden, og alt tyder på at utviklingen forblir negativ om ikke avbøtende tiltak iverksettes. Mulige tiltak går på utbedring av vannveier for å øke vannsirkulasjonen, ta ut (høste) grønnalgebiomasse for å redusere den organiske belastningen og redusere næringstilførsler. Skjøtelsprogrammet må bygges på økologisk forståelse som inkluderer oversikt over artenes økologiske funksjoner og oversikt over næringskilder og -kjeder i området. Samtidig må skjøtelsprogrammet bygges på de målsetninger som ligger i naturreservatet, landskapsvernområdet og biotopvernområdene. Biologiske undersøkelser er nødvendig for best mulig beslutningsgrunnlag. Som en del av forprosjektet har HI ved Moy og Bodvin holdt foredraget "Indre Viksfjord sett gjennom marinbiologenes (vann)kikkert" på fagseminar om Indre Viksfjord den 9. des 2011 hos Fylkesmannen i Vestfold, Tønsberg.

UNDERSØKELSER I 2012

Havforskningsinstituttet har gjennomført biologiske, kjemiske og fysiske undersøkelser i 2012, fra mai til november. Status har blitt formidlet månedlig til Indre Viksfjord Vel (IVIV) og derfra videre til Fylkesmann i Vestfold som del av deres månedlige statusrapport fra prosjektet. Rapportene er tilgjengelig på web: www.iviv.no.

Alge-, vann- og sedimentprøver er samlet inn i Varildfjorden (ofte omtalt som indre Viksfjord), på østsiden av Vikerøya (Kolladjupet) og på sør-vestsiden (utsiden) av Vikerøya (kontrollområde utenfor de to fjordarmene) om våren (mai), sommeren (juni/juli) og høsten (november). Sedimentprøver er blitt samlet inn med corer, grabb og dykker, fra 1, 2 og 3 m dyp, samt fra tørrfallsonen (0 m dyp). Grønnalger og mudderprøver fra tørrfallsonen ble innsamlet på lavvann. Prøver av ålegress, grønnalger og bunnsedimenter fra rundt 2 m dyp ble innsamlet av dykker med håndholdt corer.

Kjemiske analyser av innsamlet materiale ble utført av Eurofins (gjennom NIVA-lab) iht deres analysepakker for avløpsslam til bruk i jordforbedring: PMM9A-Hygiene, PMM9B-Tungmetaller og PMM9P-Næring, samt miljøgifter (forurenset sediment) PMM57.

Forekomster av fisk ble undersøkt ved å sette ut undervannskameraer i ålegresset i indre Viksfjord (2 stk) og i ålegresseng på utsiden av brua (kontroll). Kameraene fotograferte hvert 5 sekund over ca 8 timer. Kameraene ble satt ut den 16. juli 2012 kl 11 og tatt opp dagen etter ca kl 11. Et utvalg av bilder fra de første 8 timer er opparbeidet.

PRØVER AV GRØNNALGER OG "SLIKK"

Sediment/slikk(grønnalger)-prøver fra 0 m dyp, tørrfallsonen, ble samlet inn på høyvann. 6 prøver ble tatt i indre del (hvorav 3 er plukket ut til analyse og 3 reserveprøver foreløpig lagres) og 3 prøver ble tatt i ytre del av indre Viksfjord (fabrikk/båthavn). GPS-posisjon er tatt på alle prøvepunkt. Prøvene ble tatt som en blanding av grønnalger og øverste sedimentlag tilsvarende det en kan tenke seg blir "skrapet av" og samlet opp ved tiltaket. Hver av prøvene har noe ulik karakter/sammensetning og vil reflektere en variasjon i forholdene i indre Viksfjord. Prøvene er analysert etter retningslinjer for avløpsslam til jordforbedring og ble sendt til Eurofins gjennom NIVA (som har lab-avtale med Eurofins).

PRØVER AV SEDIMENTER

Sedimentprøver er samlet inn i flere omganger av Havforskningsinstituttet og IVIV og sendt til EUROFINS for analyse av tungmetaller og organiske miljøgifter.

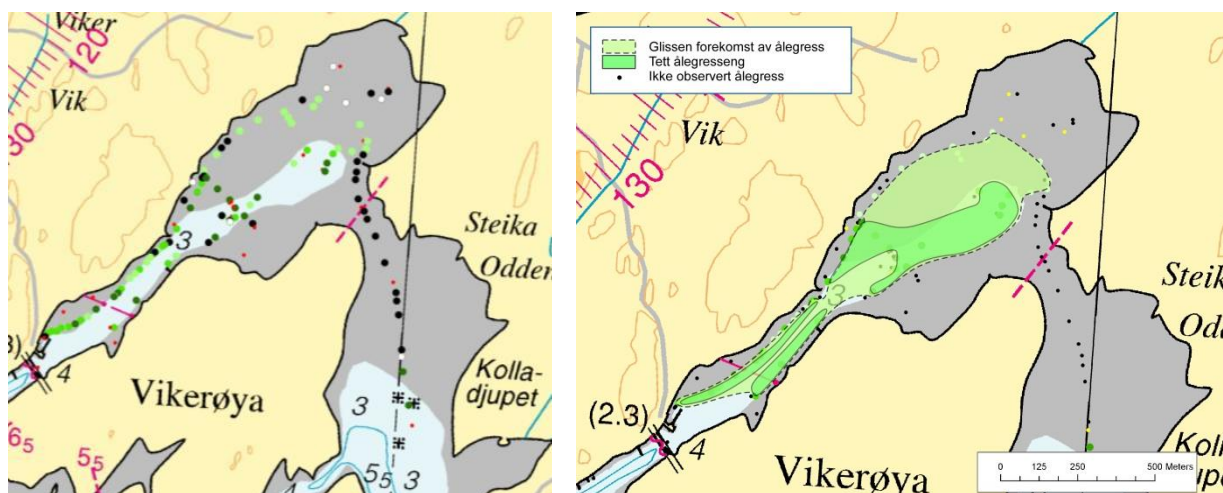
OPPMÅLING AV VANNDYP

I juni ble det også gjennomført en oppmåling av bunndyp rundt Vikerøya med multistråle-ekkolodd til bruk i modellering av strømforhold og vannutskiftning. Hele området er svært grunt og sjøkartdata hadde ikke tilstrekkelig oppløsning til å studere vannutskiftning i området, derfor ble dybdekartleggingen gjennomført.

Ålegress i indre Viksfjord

Ålegressets tilstand og utstrekning ble kartlagt med hjelp av et slepbart undervannskamera fra småbåt og ved dykkerundersøkelser. Observasjonene ble fortløpende notert og tatt på disk. Videotransekter ble kjørt langs land på begge sider av indre Viksfjord (Varildfjorden), i deler av fuglereservatet, gjennom det grunne området i nord over til østre fjordarm og transekter på tvers av indre Viksfjord gjennom de dypeste områdene (3-4 m dyp). På kartleggingstidspunktet (16 og 17 juli 2012) var det over normalt høy vannstand, som gjorde det mulig å gli gjennom hele det oppgrunnede området mellom nord-enden av Vikerøya og fastlandet. Det ble tatt GPS-punkter hele veien for å dokumentere observasjonspunkter og traséer (Figur 8). Ålegressengas utstrekning i indre Viksfjord, avgrenset gjennom videoinspeksjonen sommeren 2012, er vist i Figur 8 (høyre). Utenfor dette grønne arealet ble det observert spredte forekomster med ålegress, men med for lav tetthet til at ålegresset danner en eng. I indre del av indre Viksfjord, mot fuglereservatet vokste ålegressenga opp til ca 1 m dyp. Grunnere enn 1 m var det bare spredte planter av ålegress sammen havgras (*Ruppia* sp.) som stedvis var vanlig.

I ytre del av indre Viksfjord (mot båthavn og broa) vokste ålegressenga opp til ca 1,5 m dyp. Grunnere enn dette var det bare spredte ålegressplanter. Ålegresset ble funnet ned til ca 3 m dyp og de dypeste områdene av indre Viksfjord besto av svart mudderbunn uten ålegress eller grønnalger. Ålegressengas utbredelse ble funnet å være mellom 1 og 3 m dyp og avgrensningen av utbredelsen inn mot strandsonen og tørrfallsonen viser at tiltak mot grønnalger (slikk) i grunnområdene og tørrfallsonen ikke direkte vil berøre selve ålegressenga.



Figur 8. Venstre panel: Punkter undersøkt med undervannskamera. Forklaring: Mørke grønne punkt indikerer tett ålegress. Lyse grønne punkt indikerer spredt forekomst av ålegress, men ålegresset danner ikke eng. Hvite punkt viser observasjon av enkelte strå av ålegress. Sorte punkt er observasjoner uten ålegress. Høyre panel: Utbredelsen av tett (mørk grønn) og glissen (lys grønn) ålegresseng kartlagt sommeren 2012.

Ålegresset danner en 100 daa stor tett eng, med 75-200 planter pr m² og bladhøyde (lengde) på 70-100 cm. I tillegg er det et tilsvarende areal med glissen og flekkvis forekomst av ålegress. Ny oppmåling gir et større areal enn hva som er oppgitt i Naturbase. Det ble observert god tetthet av frøbærende blomsterskudd i juli. Sammen og i konkurranse med ålegresset, vokste det store mengder grønnalger, dominerende (tett) forekomst (se kap. om ”Grønnalger” under). Bunnen på dypere vann (1,5-3 m) besto av svart mudder som stedvis hadde hvitt belegg av forråtnelsesbakterier og sopp. Det indikerer forråtnelse av organisk materiale (mest sannsynlig algemateriale) som forbruker oksygen og skaper dårlige bunnforhold. Det kan være ødeleggende for tilstanden om dette overstiger resipientkapasiteten til området. Overvåking av bunnvann og bunntilstand vil kunne vise en eventuell utvikling i området.

Ålegresset var generelt svært løst festet i mudderet slik at det lot seg lett rive opp. Det har implikasjoner med hensyn til både beitende svaner og skjøtsel. Det er begrenset hvor dypt svaner klarer å beite på ålegress og normalt skades ikke ålegress på dypere vann av beiting (svanene river bare av litt av bladene), men siden ålegresset sitter så løst i det løse mudderet, kan svanene rykke opp hele planter med røtter, når de biter og får tak i toppen av ålegresset. Med hensyn til skjøtsel, har uttak av grønnalger fra ålegressenga vært vurdert, men dette kan bli vanskelig når gresset sitter så løst.

Ålegresset hadde spredt påvekst av trådformede arter grønnalger, de samme arter som også vokste løsrevet, og spredte forekomst av bryozooer (små skorper av koloni-levende dyr). Sammen med ålegresset vokste også havgras (*Ruppia*, vanlig forekommende) og brunalgen martaum (*Chorda*, vanlig forekommende). Havgras er en vanlig vannplante som ofte forekommer sammen med ålegress. Havgras er ikke kjent å ha samme viktige økologiske rolle som ålegress og er ikke blant de prioriterte arter/ naturtyper.

Grønnalger

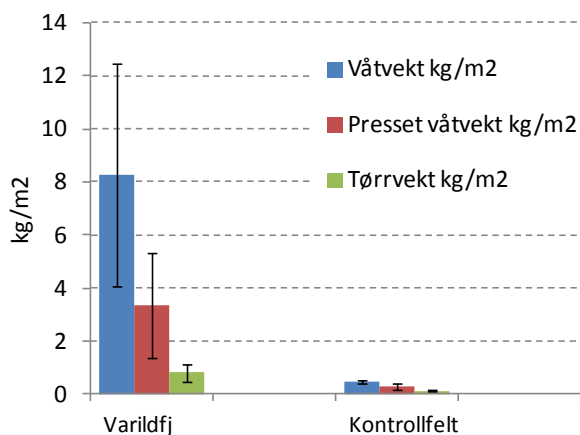


Figur 9. Bilder tatt 6-8. juni 2012 av grønnalger i bukt på Vikerøya i indre Viksfjord, samt i småbåthavna . Foto: Bjørn Nygård, IVIV

Det ble ikke så stor vekst av grønnalger i 2012 som rapportert tidligere, jfr Figur 4. Det kan skyldes at sommeren 2012 var relativt kjølig med mye gråvær. Sollys og temperatur er to viktige drivfaktorer sammen med næringssalter. Likevel ble det observert stor vekst av grønnalger også i 2012 som vist på bilder i Figur 9. I følge lokale observatører drev vinden mye av de flytende grønnalgemattene nordover og inn i sivet i fuglereservatet og ikke så mye utover i sundet til båthavner og badeplasser. Likevel var grønnalgene til stor sjenanse for bære båteiere (Figur 9) og badende også i 2012.

Prøver av grønnalgene viste at de tette teppene besto av en til flere arter av slekten grønnndusk (*Cladophora* sp.), samt noe tarmgrønske (*Ulva* spp.). På mudderbunn vokste det også noen vanlige rød- og brunalger, men grønnalgene utgjorde den store majoriteten.

Mengden av grønnalger varierte mye fra prøve til prøve, fra 360 gram til 1,2 kg tørrvekt pr m², i gjennomsnitt 800 gram/m² (Figur 10). Grønnalgemattene inneholder mye vann. Våttvekten til prøvene veide opptil en halv kilo hver, som tilsvarte 10-12 kilo pr m² (Figur 10). Ved å presse ut vann (håndkraft) redusertes vekten til godt under det halve (Figur 10).



Figur 10. Mengde grønnalger (kg/m²) i indre Viksfjord (Varildfjorden) sammenliknet med kontrollstasjon på sørsiden av Vikerøya. (Vertikale linjer viser variasjon mellom prøver (standard avvik)).

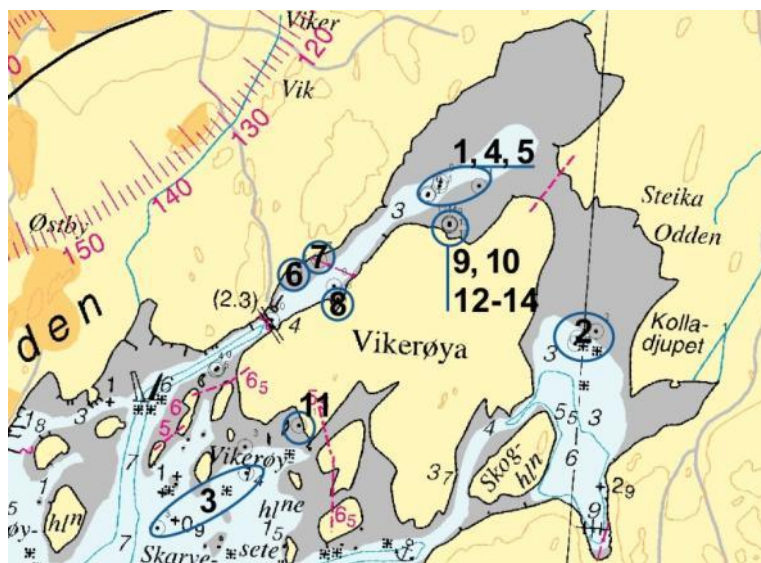
Tørrvekt sammenliknet med våttvekt, viser at ca 90 % av våttvekten er vann. Det er normalt, men viser at det er praktiske problemer knyttet til oppsamling av grønnalgene, da forekomstene inneholder mye uønsket vann.

Sammenliknet med kontrollstasjoner på utsiden (grunnområdet på sør-vestsiden av Vikerøya) var grønnalgeomengden pr m² ca en tiendedel av forekomsten i indre Viksfjord (90-160 gr/m²).

Ålegressenga i indre Viksfjord er beregnet til 68 daa (Naturbasen) og gruntområdene er beregnet til 1000 daa (Naturbasen, jfr. Figur 5). Hvis vi anslagsvis sier at grønnalgeteppeet med gjennomsnittlig mengde dekker 100 daa, tilsier det ca 300 tonn friskvekt og 80 tonn tørrvekt grønnalger. I denne grønnalgebiomassen er det bundet ca 1-2 tonn nitrogen og 50-100 kg fosfor.

Kjemiske undersøkelser av slam, sedimenter og grønnalger ("slik")

Sedimentinnsamling viste forhøyede verdier av nær alle parametre i Varildfjorden (indre Viksfjord) og Kolladjupe sammenliknet med kontrollstasjon på sør-vestsiden av Vikerøya (se stasjonskart i Figur 11).



Figur 11. Kart over prøvestasjoner for innsamling av sedimenter og grønnalger.

Bakterier

Hygieneanalyser i henhold til krav for bruk av slam til jordbruksforbedring, viste at ingen termotolerante koliforme bakterier eller salmonella ble påvist i prøvene. Slam/grønnalgeslikk kan derfor trygt brukes til jordforbedring (se slamdeklarasjon vist i Vedlegg).

Næringsalter

Analyser av nitrogen- og fosfor-innholdet i sedimentet viser at det, i fjæresonen og på 2m dyp, var henholdsvis ca 5 og 10 ganger høyere nitrogen-konsentrasjoner i Varildfjorden og Kolladjupe sammenliknet med kontroll-området på utsiden (sørsiden) av Vikerøya. For fosfor var konsentrasjonene 1,5 til 2 ganger høyere i indre Viksfjord enn i kontrollfeltet (Tabell 1).

Analyseresultater av slam/slikk (Tabell 2) viste høye næringsalt- og sporstoffkonsentrasjoner. Samtidig lavt bakterieinnhold gjør (avsaltat) slam/slikk godt egnet til jordforbedring. Det viser også analyseresultater i henhold til en standard slamdeklarasjon (Tabell 3).

Tabell 1. Nitrogen og fosforkonsentrasjoner (g/kg) i sedimentprøver fra sjøsonen (2 m dyp) i indre Viksfjord (st 1) og fjæresonen (0 m dyp) i indre Viksfjord (st 9) og kontrollstasjoner hhv st 3 og 11. Stasjonsposisjoner er vist i Figur 11.

Sted Kode	Sjøsonen			Fjæresonen			
	Snitt	(Stdev)	Kontroll	Snitt	(Stdev)	Kontroll	
Tot-N	7.5	(1.71)	0.8	5.4	(8.33)	0.4	g/kg
Tot-P	0.68	(0.11)	0.39	0.77	(0.21)	0.54	g/kg

Tabell 2. Kjemiske analyser av slam og grønnalger (gjennomsnitt og variasjon (standard avvik) av alle prøver).

Hygieneanalyser	Enhet	Kode	Snitt	Median	Stdev	Grensev.
Salmonella	antall	Salm	Ikke påvist			0
TKBakterier	antall	TKB	<20 MPN/g			2500
Total tørrstoff 27 %	%	TS	23.8	23.5	7.14	
Slamanalyser (næring)						
Total tørrstoff	%	TS	43	48	23.76	
Glødetap	% TS	Glødetap	10.9	4.3	16.71	
pH		pH	8.1	8.3	0.60	
Ledningsevne	mS/m	Cond	200	165	89.55	
Tot-N	g/kg TS	Tot-N	5.01	1.95	6.25	
Fosfor (P)	g/kg TS	Tot-P	0.69	0.7	0.19	
Ammonium-N	g/kg TS	NH4	0.23	0.115	0.30	
Nitrat-N	g/kg TS	NO3	< 0.003	0.002	0.002	
Fosfor (P-AL)	g/kg TS	P	0.14	0.105	0.14	
Kalium (K-AL)	g/kg TS	K	2.25	0.955	4.30	
Kalsium (Ca-AL)	g/kg TS	Ca	15.36	7.65	16.17	
Magnesium (Mg-AL)	g/kg TS	Mg	2.34	1.55	1.93	
Natrium (Na-AL)	g/kg TS	Na	13.3	7.5	11.80	
Mikronæringsstoffer						
Aluminium (Al)	mg/kg TS	Al	5537	5200	2943	
Bor (B)	mg/kg TS	B	70.93	31	108	
Jern (Fe)	mg/kg TS	Fe	10864	10450	5482	
Kobber (Cu)	mg/kg TS	Cu	10.93	7.15	8.98	
Kobolt (Co)	mg/kg TS	Co	5.14	5.05	2.20	
Mangan (Mn)	mg/kg TS	Mn	155.8	125	102	
Molybden (Mo)	mg/kg TS	Mo	< 4.05	2.15	3.17	
Sink (Zn)	mg/kg TS	Zn	54.21	47	30.42	
Svovel (S)	mg/kg TS	S	6521	5600	4864	

Tabell 3. Slamdeklarasjon av slam/slikk fra indre Viksfjord basert på 14 prøver innsamlet i 2012.

ANALYSE AV SLAM/SLIKK fra VIKSFJORD		pH	TS %	Glødetap %av/TS	Kjeldahl N g N/kg TS	Ammonium N g N/kg TS	Total P g/kg TS	Kalcium g/kg TS	Termostoleran. Antall/g TS	Salmoneella Antall/g	Parasit-egg Antall	Kadmium Mg/kg TS	Bly		Kvikksølv		Nikkel		Sink		Kobber		Krom		
													Mg/kg TS	% av	Mg/kg TS	% av	Mg/kg TS	% av	Mg/kg TS	% av	Mg/kg TS	% av	Mg/kg TS	% av	Mg/kg TS
Mai-juli 2012																									
Grense Jordbruk		-	-	-	-	-	-	-	2500	0	0	2.00	80	3.00	50.0	800	650	100.0	150.0	13.5	13	6	7.6	1	6.9
Grense Grøntareal		-	-	-	-	-	-	-	2500	0	0	5.00	200	5.00	80.0	1500	1000	150.0	150.0	13.5	13	6	7.6	1	6.9
Snitt Viksfjord		8.1	43.2	10.9	5.0	0.2	0.1	2.3	<20	0	0	0.17	9	13.4	17	0.06	2	8.6	17	46	6	7.6	1	6.9	
STD		23.8	16.7	6.3	0.3	0.3	4.3	16.2				0.13	4	0.01	3.4	38	4	3.4	38	38	38	4	4	6.9	
2xSTD		47.5	33.4	12.5	0.60	0.60	8.59	32.35	0	0	0	0.26	8	0.03	6.8	76	8	6.8	76	76	76	8	8	13.8	
Snitt+2xSTD		90.7	44.3	17.5	0.8	0.4	10.8	47.7	0	0	0	0.43	22	0.08	15.4	122	3	15.4	122	15	15	16	2	27.3	
Prøve 1		8.3	20.0	14.0	7.0	0.41	1.90	51.00	<20	0	0	0.40	20	14	18	0.05	2	13.0	26	66	8	13	2	21.0	
10		9.0	80.0	2.0	0.9	0.04	0.1	0.50	<20	0	0	0.03	2	5.8	7	0.01	0	11.0	22	27	3	4.4	1	16.0	
11		6.9	76.0	0.5	0.4	0.04	0.0	0.39	<20	0	0	0.06	3	1.9	2	0.00	0	3.6	7	15	2	1.3	0	5.5	
12		6.9	8.9	66.0	24.0	1.20	0.6	17.00	<20	0	0	0.17	9	5.7	7	0.02	1	12.0	24	120	15	9.1	1	3.4	
13		8.5	55.0	3.0	1.8	0.10	0.1	1.00	<20	0	0	0.15	8	8.1	10	0.02	1	10.0	20	43	5	6.1	1	16.0	
14		8.5	47.0	4.8	2.1	0.13	0.1	0.70	<20	0	0	0.14	7	7.4	9	0.02	1	8.1	16	34	4	5	1	16.0	
2		8.4	25.0	11.0	6.0	0.16	0.2	1.50	<20	0	0	0.36	18	15	19	0.04	1	14.0	28	68	9	12	2	25.0	
3		8.3	63.0	2.7	0.8	0.07	0.1	0.91	<20	0	0	0.08	4	2	3	0.01	0	4.0	8	16	2	1.8	0	7.1	
4		8.2	14.0	16.0	10.0	0.32	0.2	2.40	<20	0	0	0.23	12	8.9	11	0.02	1	8.0	16	71	9	8.6	1	13.0	
5		8.4	22.0	13.0	7.3	0.25	0.1	2.00	<20	0	0	0.37	19	15	19	0.04	1	11.0	22	62	8	12	2	19.0	
6		7.9	63.0	2.0	1.0	0.06	0.1	0.45	<20	0	0	0.046	2	4.1	5	0.03	1	4.9	10	18	2	3.1	0	8.5	
7		7.5	24.0	11.0	5.4	0.24	0.1	1.60	<20	0	0	0.22	11	90	113	0.50	17	7.9	16	53	7	23	4	16.0	
8		8.1	49.0	3.8	1.8	0.10	0.1	0.73	<20	0	0	0.05	2	4.4	6	0.02	1	4.8	10	21	3	2.8	0	9.3	
9		8.3	58.0	2.5	1.7	0.09	0.1	0.72	<20	0	0	0.10	5	5.2	7	0.01	0	8.5	17	29	4	4.3	1	13.0	

Tungmetaller, miljøgifter

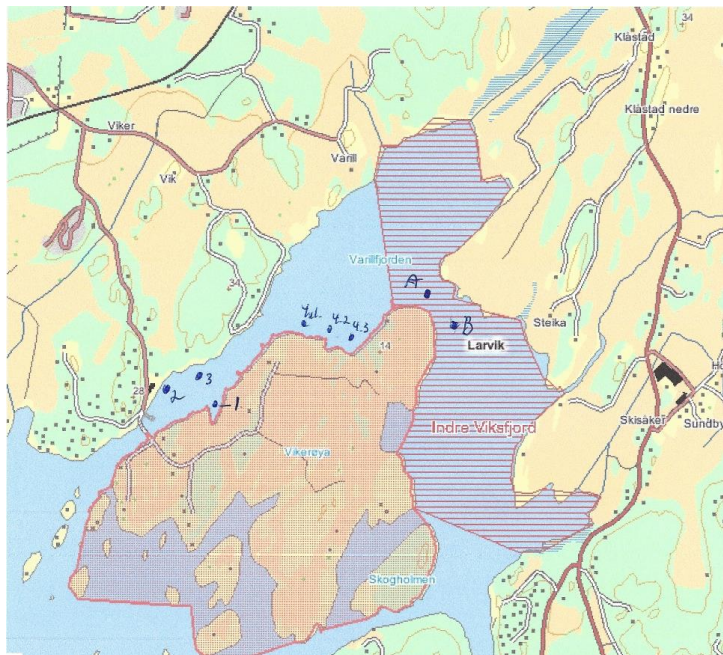
Analysene av miljøgifter viser lave verdier dvs at tilstanden var god eller meget god tilstand, bortsett fra TBT (bunnstoff) og Benzo[ghi]perylene (PAH-forbindelse) i sediment ved småbåthavna, som havnet i KLIF-klasse dårlig. Høye verdier i båthavner/industriområder er ikke uvanlig.

Rene masser (utenom småbåthavnområdet) er positivt med tanke på håndtering og eventuelt bruk av grønnalgeslammet til for eksempel jordforbedringsmiddel. Innsamlingsstasjoner er vist i Figur 12 og Figur 13.

Tabell 4. Tungmetaller av slam fra indre Viksfjord (gjennomsnitt og variasjon (standard avvik) av alle prøver jfr. Figur 11) og (tabell under) metaller og organiske miljøgifter innsamlet iht kart i Figur 12.

Tungmetaller (slam/kompost)	Enhet	Kode		Snitt	Median	Stdev	Grensev.
Kadmium (Cd)	mg/kg TS	Cd		0.17	0.145	0.13	2
Kobber (Cu)	mg/kg TS	Cu	<	7.61	5.55	5.92	650
Bly (Pb)	mg/kg TS	Pb	<	13.4	6.6	22.48	80
Krom (Cr)	mg/kg TS	Cr	<	13.5	14.5	6.16	100
Nikkel (Ni)	mg/kg TS	Ni	<	8.6	8.3	3.38	50
Sink (Zn)	mg/kg TS	Zn	<	45.9	38.5	29.56	800
Kvikksølv (Hg)	mg/kg TS	Hg		0.06	0.019	0.13	3

Sted / Parameter	1 -Liten bukt, Vikørøysundet	2 - Utenfor fabrikk i Vikørøysundet	3 - Ved steinfylling i Vikørøysundet	4 - Bukte på nordside Vikørøya	A - Nord for Vikørøya ved høyspent	B - Nord for Vikørøya mot øst
Metaller						
Arsen (mg As/kg)	3,3	5,7	6,3	3,1	3,7	2,9
Bly (mg Pb/kg)	9,4	28	31	7,4	12	8,5
Kadmium (mg Cd/kg)	0,28	0,48	0,54	0,17	0,33	0,2
Kobber (mg Cu/kg)	10	21	25	5,9	10	6,6
Krom (mg Cr/kg)	14	22	28	11	16	11
Kvikksølv (mg Hg/kg)	0,025	0,09	0,094	0,014	0,025	0,018
Nikkel (mg Ni/kg)	10	15	18	8	11	7,4
Sink (mg Zn/kg)	51	97	120	36	58	40
PAH						
Naftalen (µg/kg)	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Acenaftylene (µg/kg)	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Acenaften (µg/kg)	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Fluorene (µg/kg)	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Fenantren (µg/kg)	<10	21	<10	<10	<10	<10
Antracene (µg/kg)	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Fluoranten (µg/kg)	<10	59	43	<10	12	13
Pyren (µg/kg)	<10	47	31	<10	<10	<10
Benzo[a]antracene (µg/kg)	<10	25	16	<10	<10	<10
Chrysen (µg/kg)	<10	33	23	<10	<10	<10
Benzo[b]fluoranten (µg/kg)	<10	45	50	<10	14	16
Benzo[k]fluoranten (µg/kg)	<10	33	26	<10	<10	<10
Benzo(a)pyren (µg/kg)	<10	22	16	<10	<10	<10
Indeno[123cd]pyren (µg/kg)	<10	25	25	<10	<10	<10
Dibenzo[ah]antracene (µg/kg)	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Benzo[ghi]perylene (µg/kg)	<10	32	30	<10	<10	<10
PAH16 (µg/kg)	ND	340	260	ND	26	29
PCB 7 Sum (µg/kg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
TBT (µg/kg)	<1	26	<1	<1	<1	<1



Figur 12. Prøvepunkter for innsamling til miljøgiftanalyser.

Vannanalyser

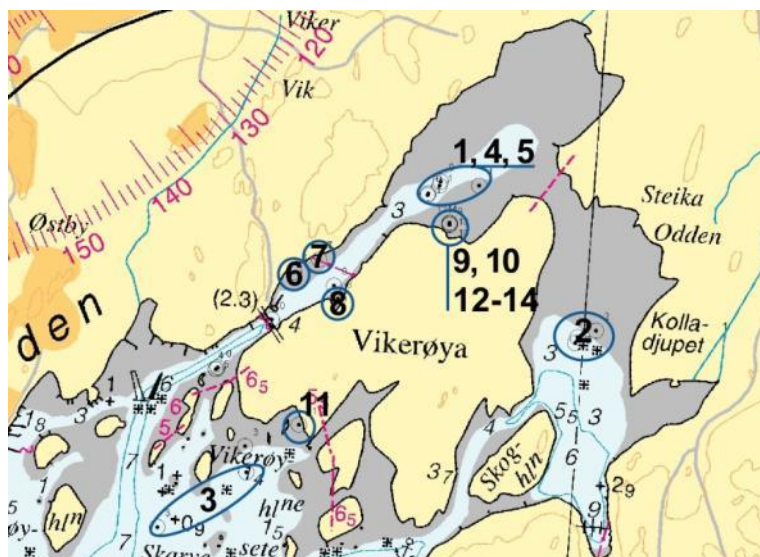
Vannprøver fra 2 m dyp ble tatt i indre Viksfjord (st 1), liten bukt (st 8), under brua, Kolladjupe (st 2) og kontrollstasjon (st 3) i juli og i november. I juli ble det også samlet inn vannprøver fra 0 m dyp på mudderflatene ved st 9 og referanse st 11 (jfr kart Figur 13).

Analysene viser generelt høye næringssaltkonsentrasjoner, spesielt i indre Viksfjord og Kolladjupe (Figur 14, Figur 15). Konsentrasjonen ved kontrollstasjonen var lik referansemålinger fra Håøyfjorden (Grenland) overvåket i det nasjonale Kystovervågingsprogrammet.

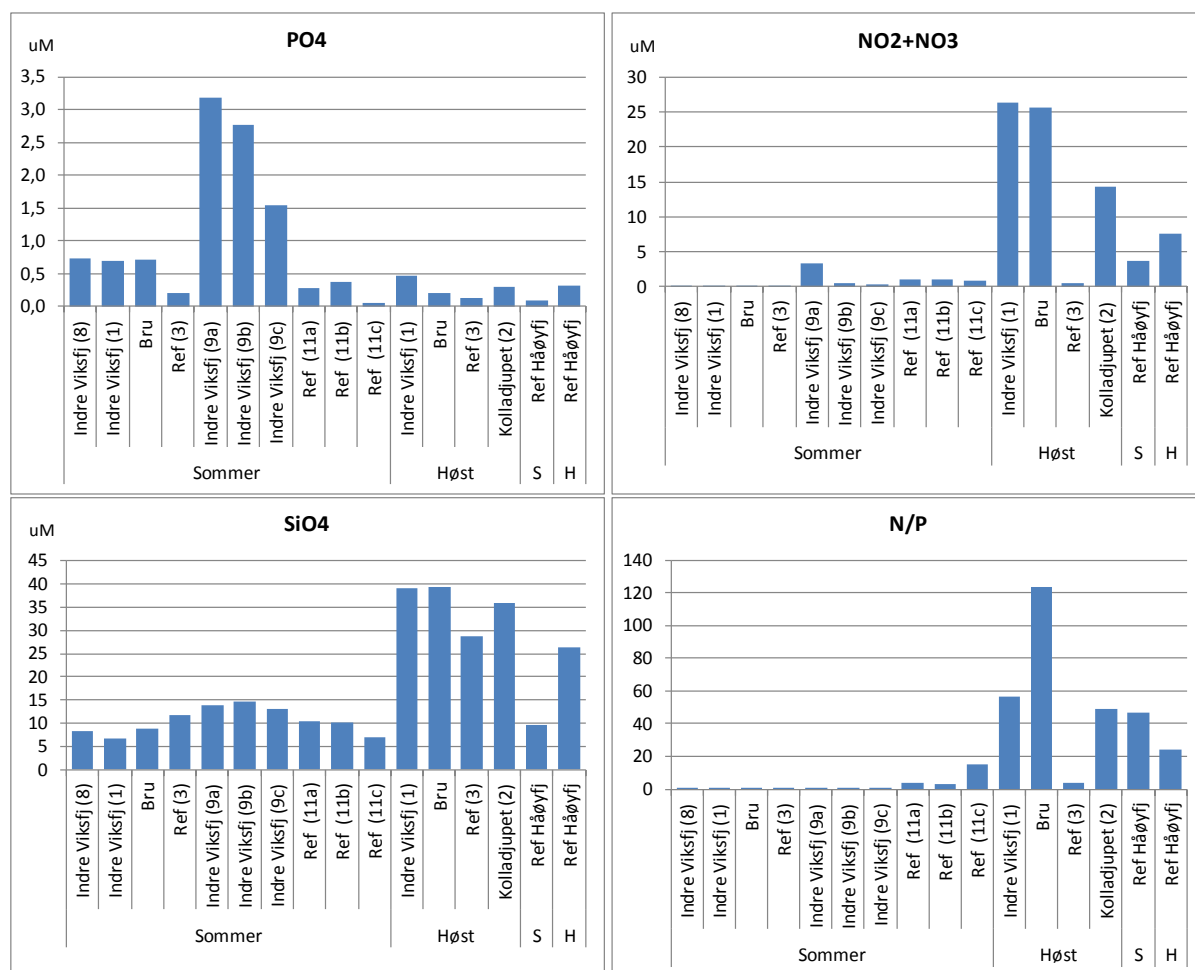
Sommerprøvene viste høye fosforkonsentrasjonen (PO_4), spesielt prøvene fra mudderflatestasjon 9 (porevann). Sammenliknet med referanseverdier målt i Håøyfjorden, var fosfatkonsentrasjoner i vannmassene i indre Viksfjord nær 10 ganger høyere og konsentrasjoner fra mudderflaten var ca 30 ganger høyere. Konsentrasjonen på de lokale referansestasjonene (Ref-3 og Ref-11) var mellom 1 og 4 ganger høyere enn vannprøver fra Håøyfjorden. Dette indikerer lokale tilførsler av fosfat til området, for eksempel fra det fosfatrike jordsmonnet i området. Konsentrasjonene av total-fosfor i vann fra mudderflaten (stasjon 9) var nær 10 ganger høyere enn vannprøver fra Håøyfjorden. Tot-P verdiene fra mudderflaterreferansen (st 11) var marginalt høyere enn i Håøyfjorden. Høstverdiene var relativt normale.

Sommerkonsentrasjoner av løste nitrater (nitrat + nitritt) var (svært) lave i hele området, både i indre Viksfjord og på de lokale referansestasjonene, mens Tot-N verdiene var høye. Det indikerer at det meste av tilgjengelig nitrogen er bundet i biomasse og at nitrat er vekstbegrensende om sommeren (se det lave forholdet N/P i Figur 14). Høstprøvene ble tatt i en periode med mye nedbør og prøvene fra Indre Viksfjord og Kolladjupe viste svært høye konsentrasjoner av nitrat og høyt N/P-forhold. Dette skyldes råtnende grønnalger og avrenning fra land som de høye silikatverdiene indikerer. (Jfr. lav nitratkonsentrasjon og høy silikatkonsentrasjonen på referansestasjon 3.)

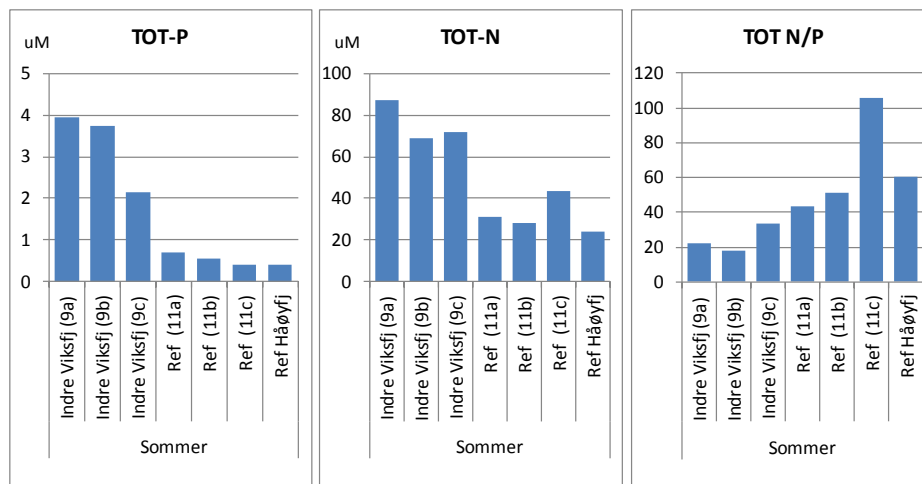
Vannprøveundersøkelsene indikerer sammenhenger og kilder, og det anbefales videre prøvetaking for bedre å forstå sammenhenger og mekanismer med betydning for skjøtsel av området.



Figur 13. Kart over prøvestasjoner for innsamling av vannprøver, sedimenter og grønnalger.



Figur 14. Næringsstoffer (fosfat (PO₄), nitrat (NO₂+NO₃) og silikat (SiO₄)) i vannprøver fra Indre Viksfjord og referanseområder utenfor, jfr kart i Figur 13, samt forholdstallet mellom fosfat og nitrat.



Figur 15. Total forfor (Tot-P) og total nitrogen (Tot-N) og forholdstallet mellom Tot-N og Tot-P i vannprøver fra Indre Viksfjord og referanseområder.

Næringsstofftilførsel Viksfjorden



Figur 16 Kartet viser indre del av Viksfjord med omkringliggende jordbruksarealer (gule felter), tettsteder (rosa) og skog/knauser (grønt) i nedbørsfeltet til Viksfjorden. Kartet er hentet fra NIVA-rapport 5834/2009.



Figur 17 Nedbørsfeltet Viksfjord (avgrenset med tykk grønn strek) er brukt som grunnlag for beregninger av tilførsler til indre Viksfjord (Varildfjorden).

Tilførsler til indre Viksfjord er beregnet på grunnlag av naturlige tilførsler, som nedbør, og tilførsler som skyldes menneskelige aktiviteter. Begge deler bidrar til tilstanden i indre Viksfjord. Tiltak mot tilførsler til sjøområdene i indre Viksfjord vil kunne rettes mot begge typer av tilførsler, for eksempel gjennom fangdammer/kantvegetasjon og reduserte utslipp fra menneskelige aktiviteter. Figur 16 viser at det er store jordbruksarealer som drenerer til Viksfjorden. Samtidig er nedbørsfeltet Viksfjord relativt stort i forhold til vårt interesseområde avgrenset til indre Viksfjord (Figur 17).

Grunnlagsdata for nedbørsfeltet Viksfjord er hentet fra flere rapporter blant annet fra rapporten "Forurensningsregnskap for Vestfold" utarbeidet av Ask Rådgivning/Norconsult (Simonsen & Smith 2011) og "Jordbrukets arealavrenning i Vestfold 2008" fra Bioforsk (Turtumøygard m.fl. 2010).

Det totale nedslagsfeltet er beregnet til ca 50km². Av dette utgjør selve vannflaten i fjorden ca 50% (25 km²). Det totale jordbruksarealet i feltet Viksfjorden er på 10.487 daa (10,5km²). Indre Viksfjord, det vil si området innenfor brua på nord-vestsiden og innenfor Skogholmen i sør-øst, er delt opp i Varildfjorden (beregnet til 0,6 km²) og Kolladjupet (beregnet til 0,8 km²). De 2 områdene har et nedslagsfelt eksklusiv vannarealet på henholdsvis 4,9 km² (Varildfjorden) og 5,0 km² (Kolladjupet). Tabell 5 viser beregnet naturlig bakgrunnsavrenning.

Tabell 5. Naturlig bakgrunnsavrenning, atmosfæriske tilførsler, retensjon i innsjøer (Simonsen & Smith 2011)

Arealtype	Tot-P			Biologisk tilgjengelig P		Tot-N	
	Areal (km ²)	Koeff (kg/km ² /år)	Sum (kg/år)	Koeff	Sum (kg/år)	Koeff (kg/km ² /år)	Sum (kg/år)
Skog (gj.snittsverdi)	11,066	6	66,4	11 %	7,3	150	1659,9
Myr	0,066	7,5	0,5	11 %	0,1	150	9,9
Impediment	5,213	4	20,9	11 %	2,3	150	782
Sum utmark	16,345		87,7		9,7		2451,8
Innsjø	0,031	16	0,5	50 %	0,2	700	21,7
Sum Total(kg)			88,2		9,9		2 473,5

Fosfor

I fosfor-budsjettet (Tabell 5 og Tabell 6) er det antatt at nedslagsfeltene til Varildfjorden og Kolladjupet utgjør et gjennomsnitt av det totale nedslagsfeltet for hele Viksfjordområdet. Dette gjelder også i forhold til utslipp knyttet til tett befolkning, da tettbebygde områder som Tjølling og Bergeskogen antas å være koblet til kommunalt kloaknett. Ut fra dette er det beregnet fosfor-tilførsler til indre Viksfjord (Varildfjorden og Kolladjupet), Tabell 7. Beregnet tilførsel til Varildfjorden er 182 kg fosfor (biotilgjengelig)/år. 25 % er beregnet å komme fra jordbruk, mens ca 70 % fra spredt bebyggelse. Omtrent samme fordeling er beregnet for feltet som drenerer til det østlige sjøområdet for Vikerøya (Kolladjupet).

Tabell 6 Kilder til fosfor til Viksfjorden nedslagsfelt (Simonsen & Smith 2011)

Viksfjorden nedslagsfelt	Totalt fosfor	Biotilgjengelig fosfor
Naturlig	88 kg/år	10 kg/år
Jordbruk	642 kg/år	222 kg/år
Befolkning	876 kg/år	668 kg/år
Atmosfærisk avsetning på sjø	400 kg/år	200 kg/år
Sum	2006 kg/år	1100 kg/år

Tabell 7 Beregnede tilførsler av fosfor til indre Viksfjord.

Fosfor Varildfjorden, nedslagsfelt 5,5 km ²	Areal (km ²)	Tot-P (kg/km ² /år)	Biotilgj. P (%)	Biotilgj. P (kg/år)
Naturlig	4,9	17	11	2
Jordbruk	4,9	126	35	44
Befolkning	4,9	172	76	131
Atmosfæriske avsetninger på sjø	0,6	10	50	5
Sum Varildfjorden	5,5	325		182
Fosfor Kolladjupet, nedslagsfelt 5,8 km ²	Areal (km ²)	Tot-P (kg/km ² /år)	Biotilgj. P (%)	Biotilgj. P (kg/år)
Naturlig	5,0	18	11	2
Jordbruk	5,0	128	34	44
Befolkning	5,0	175	76	133
Atmosfæriske avsetninger på sjø	0,8	13	50	7
Sum Kolladjupet	5,8	334		186

Nitrogen

Nitrogen tilførsler til nedslagsfeltet Viksfjord er vist i Tabell 8. Atmosfærisk bidrag er vesentlig større for nitrogen enn for fosfor. Tilførsler fordelt på kildene: naturlig, jordbruk, befolkning og atmosfærisk, beregnet for de to vannforekomstene Varildfjorden og Kolladjupet er vist i Tabell 9.

Jordbruk har det største nitrogenbidraget til Varildfjorden, hele 75 % og avrenning fra bebyggelse utgjør 15 % av beregnede totaltilførsler av nitrogen til Varildfjorden. Fordelingen er omtrent den samme for Kolladjupet.

Tabell 8 Kilder til nitrogen til Viksfjord nedslagsfelt (Simonsen & Smith 2011).

Totalt nitrogen Viksfjorden nedslagsfelt	64 914 kg/år
Naturlig	2 473 kg/år
Jordbruk	38 015 kg/år
Befolkning	6 926 kg/år
Atmosfærisk avsetning på sjø	17 500 kg/år

Tabell 9 Beregnede tilførsler av nitrogen til indre Viksfjord.

Nitrogen Varildfj., nedslagsfelt 5,4 km ²	Areal (km ²)	Tot-N (kg/km ² /år)	Tot-N (kg/år)
Naturlig	4,9	100	490
Jordbruk	4,9	1500	7350
Befolkning	4,9	300	1470
Atmosfæriske avsetninger på sjø	0,6	700	420
Sum Varildfjorden	5,5	239	9730
Nitrogen Kolladjupet, nedslagsfelt 5,8 km ²	Areal (km ²)	Tot-N (kg/km ² /år)	Tot-N (kg/år)
Naturlig	5,0	100	500
Jordbruk	5,0	1500	7500
Befolkning	5,0	300	1500
Atmosfæriske avsetninger på sjø	0,8	700	560
Sum Kolladjupet	5,8		10560

Tabell 10 Jordbruksareal i Viksfjorden: A) totalt areal og % areal av ulike driftstyper, B) erosjon, C) fosforavrenning, D) nitrogenavrenning. (Kilde Turtumøygard m.fl. 2010).

<p>A) Totalt jordbruksareal i Viksfjord og % areal av ulike driftstyper</p> <p>Areal 10487 daa</p> <p>Flerårig eng 1 %</p> <p>Høstkorn m/ jordarbeiding 5%</p> <p>Høstpløyd 60%</p> <p>Grønnsaker 2%</p> <p>Permanent beite/gras 0%</p> <p>Potet 5%</p> <p>Stubb og direktesådd høstkorn 27%</p>	<p>B) Flateerosjon i Vestfold beregnet med GIS avrenning</p> <p>tonn jordtap/år</p> <p>Erosjon hvis alt høstpløyd 568</p> <p>Erosjon med dagens drift 385</p>
<p>C) Fosforavrenning fra jordbruksarealer i 2008.</p> <p>Tonn/år.</p> <p>Avrenning fosfor 0.64</p> <p>Retensjon i fangdammer 0</p> <p>Tilførsel fosfor . 0.64</p> <p>Biotilgjengelig fosfor 0.22</p> <p>Gjennomsnittlig fosforavrenning i regionen 0.12 kg/daa</p>	<p>D) Nitrogenavrenning fra jordbruksarealer i 2008.</p> <p>N-tap netto Tonn/år</p> <p>Viksfjord 38 3.6 kg/daa</p> <p>Gjennomsnittlig N-avrenning i regionen tilsvarer ca 4.4 kg/daa.</p>

Biologiske tilførsler



Svaner

Med den store svanepopulasjonen i området, er også fæces fra denne vurdert som en potensiell næringssaltkilde. Hahn et al (2008) har beregnet at i ferskvann kan fæces fra svaner i gjennomsnitt utgjør en tilførsel på ca 5,7 g N og 0,6 g P pr dag. I oppsettet antas det at disse anslag også kan anvendes i den type saltvannslokalisitet indre Viksfjord utgjør. Anslår en at det i Varildfjorden er en flokk på 200 svaner som oppholder seg der over en periode på et halvt år (alternativt 100 svaner hele året), vil dette kunne utgjøre et utslipp på 280 kg N og 22 kg P pr år. For N utgjør dette 2,7% av den totale tilførsel. Dersom en for P antar en biotilgjengelighet på 100%, vil svanefæces kunne utgjøre opp mot 12 % av totale tilførsler eller ca 50% av jordbruksavrenning til Varildfjorden.

Svaner beiter kraftig på ålegress, som er en viktig matkilde for svaner. Normalt begrenses beitingen til så langt svanene kan rekke ned med sine lange halsar, det vil si fra 0,5 til 1 m dyp. Ålegressbladene er fra 0,5 til 1 m lange i Viksfjorden, og det betyr at svanene kan beite på ålegress som vokser ned til 1,5 til 2 m dyp. Høyvann og lavvann vil innvirke på dette.

I Varildfjorden er bunnsedimentet så løst og røttene til ålegresset vokser så grunt (helt i sedimentoverflaten) at ålegresset er svært dårlig forankret i bunnen. Det betyr at svaner som napper i toppen av gresset med stor sannsynlighet river opp hele skuddet med røtter og sideskudd. En stor flokk svaner som oppholder seg i Varildfjorden over lengre tid kan ha negativ påvirkning på ålegressforekomsten.

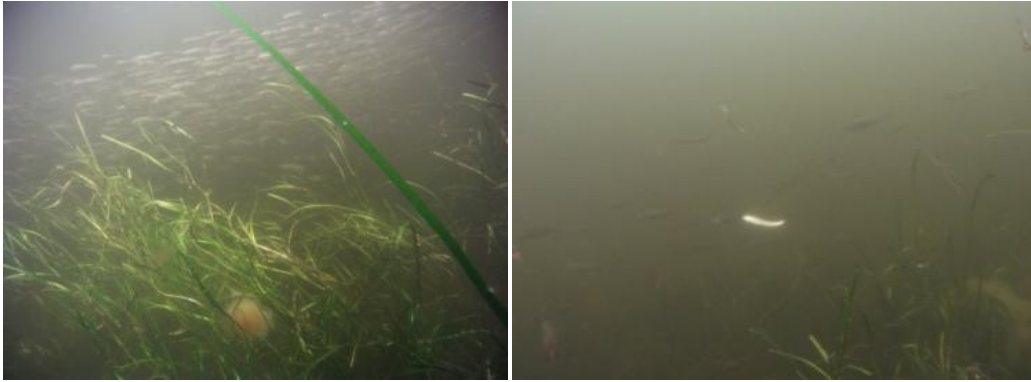
Fisk og dyreliv i vannmassene (fotoundersøkelser)

Begroing av ålegress med trådformete alger behøver ikke nødvendigvis bare være en konsekvens av økt tilførsel av næringssalter samt høy temperatur. Også endringer i de trofiske nivå i det lokale økosystemet kan materialisere seg på liknende måter. Flere undersøkelser, blant annet i Sverige (Moksnes et al 2008) viser at bortfall/endring av toppredator kan gi økt begroing da de amfipoder og snegl som vanligvis holder de trådformete algene i sjakk, beites ned av en kraftig økning i populasjoner av for eksempel leppefisk.

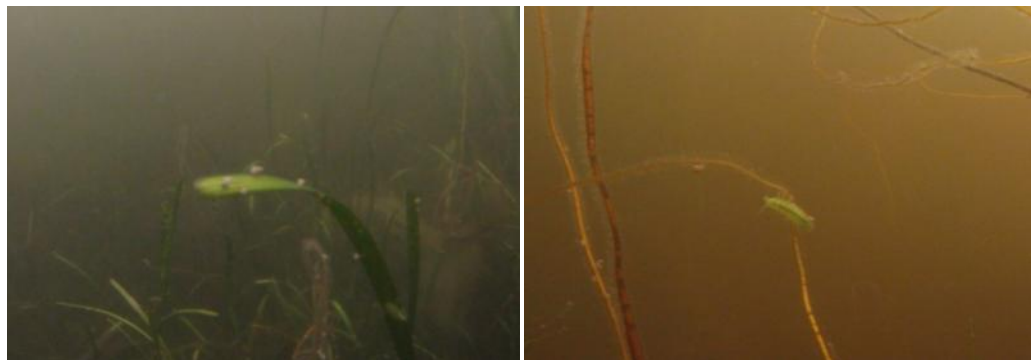
Det er viktig å dokumentere økosystemet i Indre Viksfjord, med vekt på fisk og beiteorganismer. I 2012 ble det gjennomført en enkel registrering med bruk av stillbilderigger, både inne i Indre Viksfjord og i de ytre deler av fjorden (referanse). Totalt ble det benyttet 4 fotorigger over en 4 timers periode.

De viktigste fiskeartene som ble registrert var trepigget stingsild, tangkutling og brisling. I tillegg ble det gjort enkeltobservasjoner av sjøørret, bergnebb og ål samt noen få registreringer av strandkrabbe og strandreke. Av beiteorganismer ble det registrert *Hydrobia* sp. (snegl) og en amfipode (tangloppe).

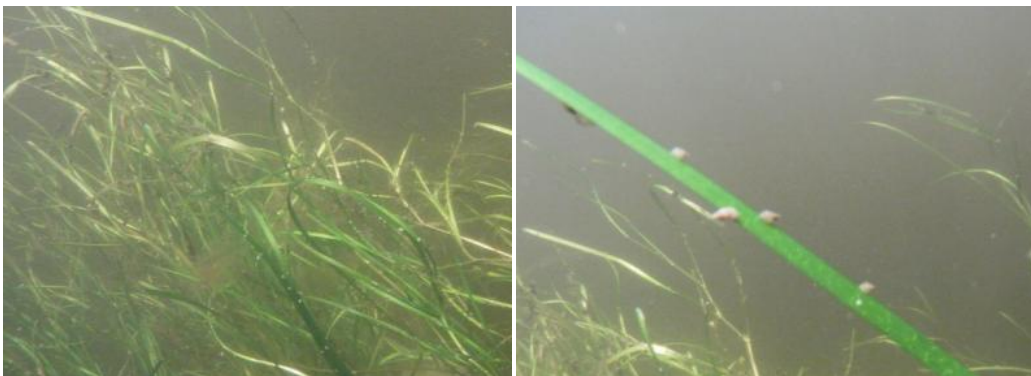
Det ble observert et høyere antall fisk i indre Viksfjord sammenliknet med referansestasjonen utenfor broa, se Figur 18. I Indre Viksfjord synes sjøørreten å fungere som toppredator blant fiskene, kanskje supplert av ålen. I tillegg vil fiskespisende fugler, samt menneskelig aktivitet, også kunne ha en tilsvarende funksjon.



Brisling i Ytre Viksfjorden (referansefelt) og Indre Viksfjord.



Beitende snegler og amfipoder Indre Viksfjord



Beitende snegler Ytre Viksfjord (referanse)



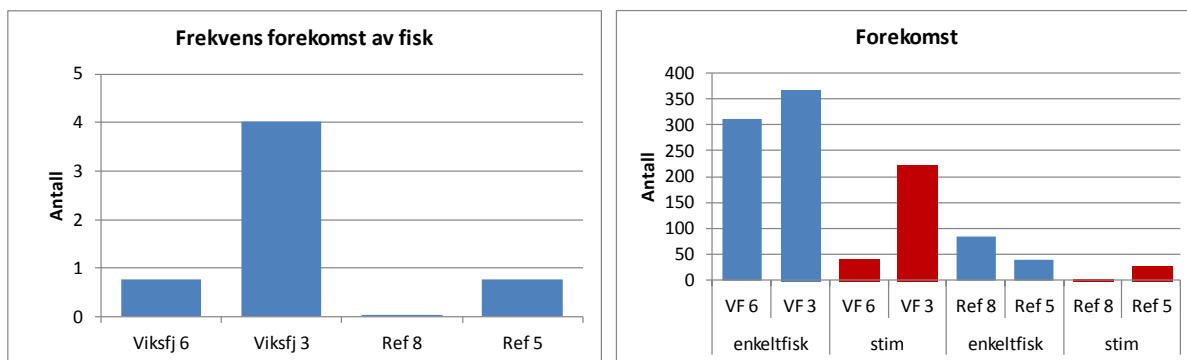
Tangkutling og trepigget stingsild

Benevnelsen sjøørret blir brukt om ørreter som potensielt kan vandre ut i sjøen, og all ørret som blir fanget i saltvann blir kalt sjøørret. I mange sjøørretelver finnes anadrom og stasjonær ørret om hverandre, uten noe klart skille. De ørretene som vandrer ut i sjøen holder seg som regel i nærheten av oppvekstelva. Ørreten spiser alt - fra store og små krepsdyr til vann- og landinsekter, mark og snegler til fisk og artsfrender (Knutsen et al 2001, 2004, Olsen et al 2006). Til og med gnagere har blitt observert i magen på sjøørret. Arten finnes naturlig i hele Norge under marin grense, samt i vassdrag den kan vandre opp i. I Indre Viksfjord er det flere potensielle gytebekker, spesielt Bjønnesbekken, og i Fiskeguiden.no er Viksfjorden listet opp blant de beste sportsfiskeplassene i ytre Oslofjord-regionen. Det fryktes at de forverrede forholdene i området også skal virke negativt for sjøørreten og fisket i indre Viksfjord.

Trepigget stingsild er vanlig over hele landet. Den trepiggete stingsilden er meget tilpasningsdyktig og finnes både i småbekker med rik vegetasjon, i brakkvann og i åpent hav. Trepigget stingsild er rovdyr og spiser en mengde forskjellige larver, mark og dyreplankton.

Tangkutlingen finner en i Øst-Atlanteren, Østersjøen og i det vestlige Middelhav. Langs vår kyst er den vanlig nord til Vesterålen. Tangkutlingen har primært tilhold blant brunalger eller ålegress på grunt vann, oftest fra 1-5 m. Her svømmer den i små stimer. Om vinteren trekker den ofte ned i dypere vann. Føden består for en stor del av ulike hoppekreps, men også ulike larver av større krepsdyr står på menyen.

I videre oppfølging, parallelt med prøvetaking av næringsalter, uttak av slamprøver samt prøver av trådformete alger, bør det gjennomføres registrering av fisk (vha stillfotorigger, vår, sommer og høst) og fototransekter gjennom ålegressområdene, samt i referanseområdet, for å dokumentere begroingsmengde og forekomst av beitere (snegler, amfipoder med mer). Det anbefales at alle potensielle gytebekker dokumenteres og at tiltak for å styrke bestanden av sjøørret vurderes.

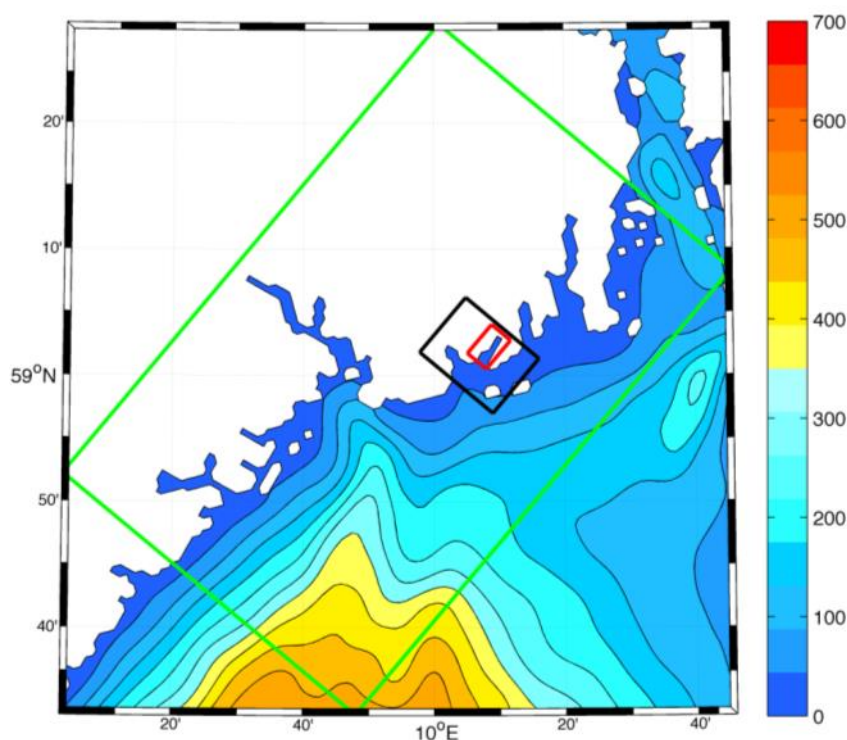


Figur 18. Forekomst av fisk i indre Viksfjord og på referansefelt i Viksfjorden basert på analyse av undervannsfoto fotografert hvert 5 sekund over en periode på 4 timer. Stingsild og tangkutling var de vanligste. Disse ble observert som enkeltfisk og i stim. Sjøørret ble observert i indre Viksfjord og ål ble registrert på referansestasjonen utenfor broen.

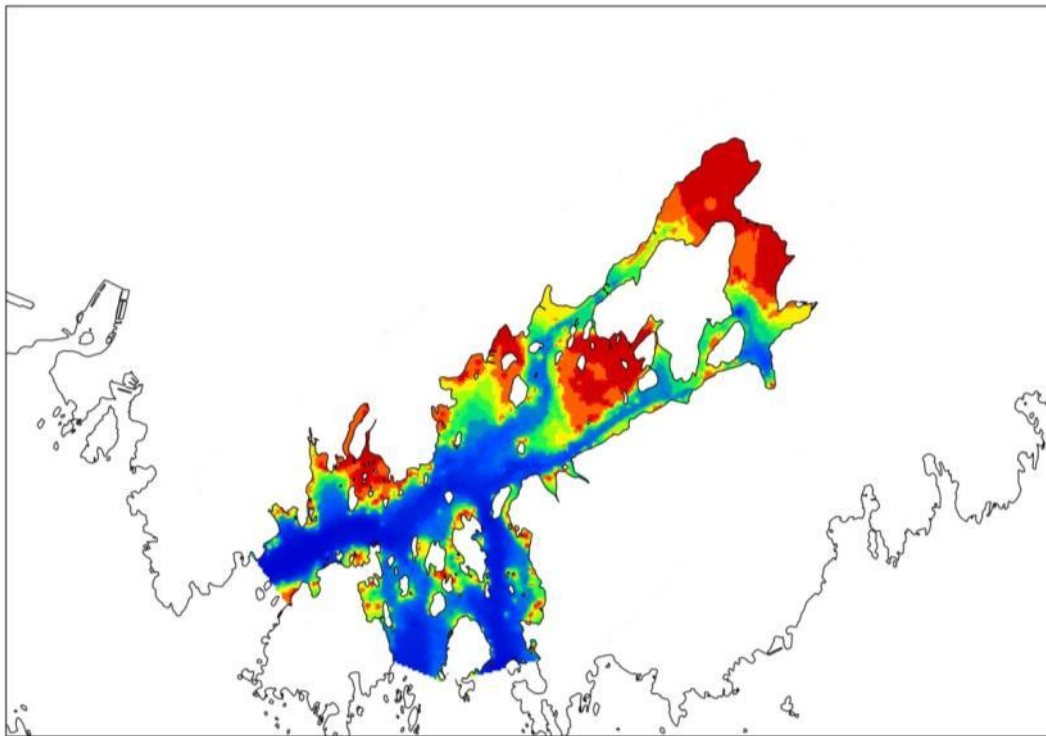
Sirkulasjonsforholdene i Viksfjorden

Materialer og metoder

Sirkulasjonsforholdene i Viksfjorden er forsøkt gjenskapt med en numerisk (matematisk) strømmodell som er satt opp med 10m mellom hvert beregningspunkt horisontalt og med 8 vertikale nivåer. For å kunne simulere strøm og hydrografi på så fin skala, har det vært nødvendig å nedskalere tilsvarende modellsimuleringer fra grovere skala, dvs. fra 4km via 800m, 200m og 50m til 10m (se modellenes dekningsområder i Figur 19), samt ha en god bunn-dypmodell (høyoppløselige bunn-dypdata). Alle simuleringene er gjennomført med den numerisk strømmodellen ROMS (Regional Ocean Modeling System, se <http://myroms.org>). Havforskningsinstituttet (HI) har nesten tjue års erfaring med bruk av ROMS, men ikke på så fin skala som ned til 10m. Vi ønsker da å legge inn forbehold om at ROMS muligens ikke egner seg til bruk på denne skalaen ettersom dette er en modell som antar hydrostatiske forhold. Dette betyr i hovedsak at man antar at momentum (strøm) vertikalt kan tilnærmes gjennom en likevekt mellom kun gravitasjon og trykk-kraft. Dette er en velbrukt og god tilnærming for strømmodeller på relativt grov skala, men bruker man en hydrostatisk modell på et område med så fin skala som 10m, så er det mulig at man mister realisering av dynamiske prosesser som kan ha innflytelse på det totale sirkulasjonsbildet. Man bør derfor være litt forsiktig med å oversette det kvantitative bildet av modellresultatene ettersom mange av de numeriske algoritmene samt drivkreftene (vind) ofte er tilpasset grovere skala modeller. Derimot antar vi at modell-realiseringene vil gi et kvalitativt riktig bilde av sirkulasjonsforholdene ettersom vi har fått inkludert tidevannsbevegelsen, endringer i dynamikken utenfor Viksfjorden (fra Larviksfjorden) samt alle viktige meteorologiske drivkrefter.



Figur 19. Bathymetriske kart over Vestfold og omegn som viser utstrekningen til de høyoppløselige strømmodellen for Vestfold (200m oppløsning, grønn rute), Larvik (50m, svart rute) og Viksfjorden (10m, rød rute). Utstrekningen til den utenforliggende 800m-modellen er ikke vist, men denne omfatter hele Skagerrak inkludert Vestlandet.



Figur 20. Bathymetriske modell (bunndyp) over Viksfjorden satt sammen av dybde data fra Norge Digitalt og multistråle-ekkolodd oppmåling utført av HI sommeren 2012. Rødtone indikerer arealer som tørrelegges på lavvann og blått vann dypere enn 5 m.

Strømsimuleringene på alle nivå fra 800m til 10m er påført realistiske drivkrefter for en periode gjennom sommeren 2009. Vind- og atmosfæriske drivkrefter er hentet fra Meteorologisk institutt sin NORA10 hindcast-database der deres operasjonelle atmosfæremodell, Hirlam, er kjørt for en lengre periode med 10km oppløsning (Reistad m. fl., 2007). Elveavrenning er hentet fra NVE (Beldring m. fl., 2003), men ingen ferskvannsavrenning er lagt inn i Viksfjorden ettersom NVE ikke har definert utløp av hovedelver her. Tidevann er lagt til på 800m-modellen (TPXO), og dynamikken fra de åpne rendene er således ført videre ned i skala. Detaljer rundt oppsettet av 800m-modellen er presentert i Albretsen m. fl. (2011) og tilsvarende opplegg er også brukt for de finere oppløste modellene. Bathymetriske data er satt sammen av kilder fra Norge Digitalt samt HI survey med multistråle-ekkolodd (Figur 20).

Med utgangspunkt i modellert tilstand for Larviksfjorden med 50 m-modell og de samme eksterne drivkreftene, er det simulert fire sirkulasjons-scenarier for Viksfjorden med 10 m-modellen. En sommerperiode (juni-august) i 2009 ble valgt som simuleringsperiode. Eneste forskjellen mellom disse fire simuleringene er at dybdeforholdene og modellens kystlinje er forandret. Ettersom store deler av fjorden tørrelegges ved fjære, ble det satt opp én modell som tilsvarer høyvannssituasjon (HT) og én som tilsvarer lavvann (LT). Ut fra lavvann-scenariet ble det gjort to modifikasjoner der det ene inkluderte en 30m bred og 1m dyp kanal innerst i fjorden (LC) og det andre en fjerning av brua som går over til Vikerøya på vestsiden (LB). Oversikt over eksperimentene er gjengitt i Tabell 11. Minimumsdypet i modellen er i alle tilfeller satt til 1m. Selv om vår erfaring med strømsimuleringer på så fin skala som 10m er begrenset, ønsker vi å understreke at vi regner med at forskjellene mellom de fire realiseringene innbyrdes er signifikante.

Tabell 11. Liste over modellsimuleringene som ble utført med 10m-modell av Viksfjorden.

Eksp. Navn	Beskrivelse
HT	Antar at modellens midlere vannstand tilsvarer høyvannsnivå
LT	Antar at modellens midlere vannstand tilsvarer lavvannsnivå
LC	Som LT og i tillegg en 30mx1m kanal på nordsiden av Vikerøya
LB	Som LT og der brua over til Vikerøya er fjernet

I tillegg til modellrealiseringene utførte vi en målekampanje med tre Gytre strømmålere (SD6000, Sensordata AS) fra 23.10.-23.11. 2012. Én ble plassert under brua til Vikerøya (nr. 14), én i innløpet på sørsiden av Vikerøya (nr. 5) og en utenfor Vikerøya (midt mellom Ulkeholmen og Mjølbergholmen), se kart i Figur 21. Alle ble plassert omtrent 2m fra overflaten. Beklageligvis fikk vi kun fornuftige resultater fra den ytterst plasserte strømmåleren (nr. 8) ettersom kompasset på måler nr. 5 ikke fungerte og propellen til måler nr. 14 ga svært urealistiske verdier. Vi har derfor kun validert strømodellen mot måler nr. 8.



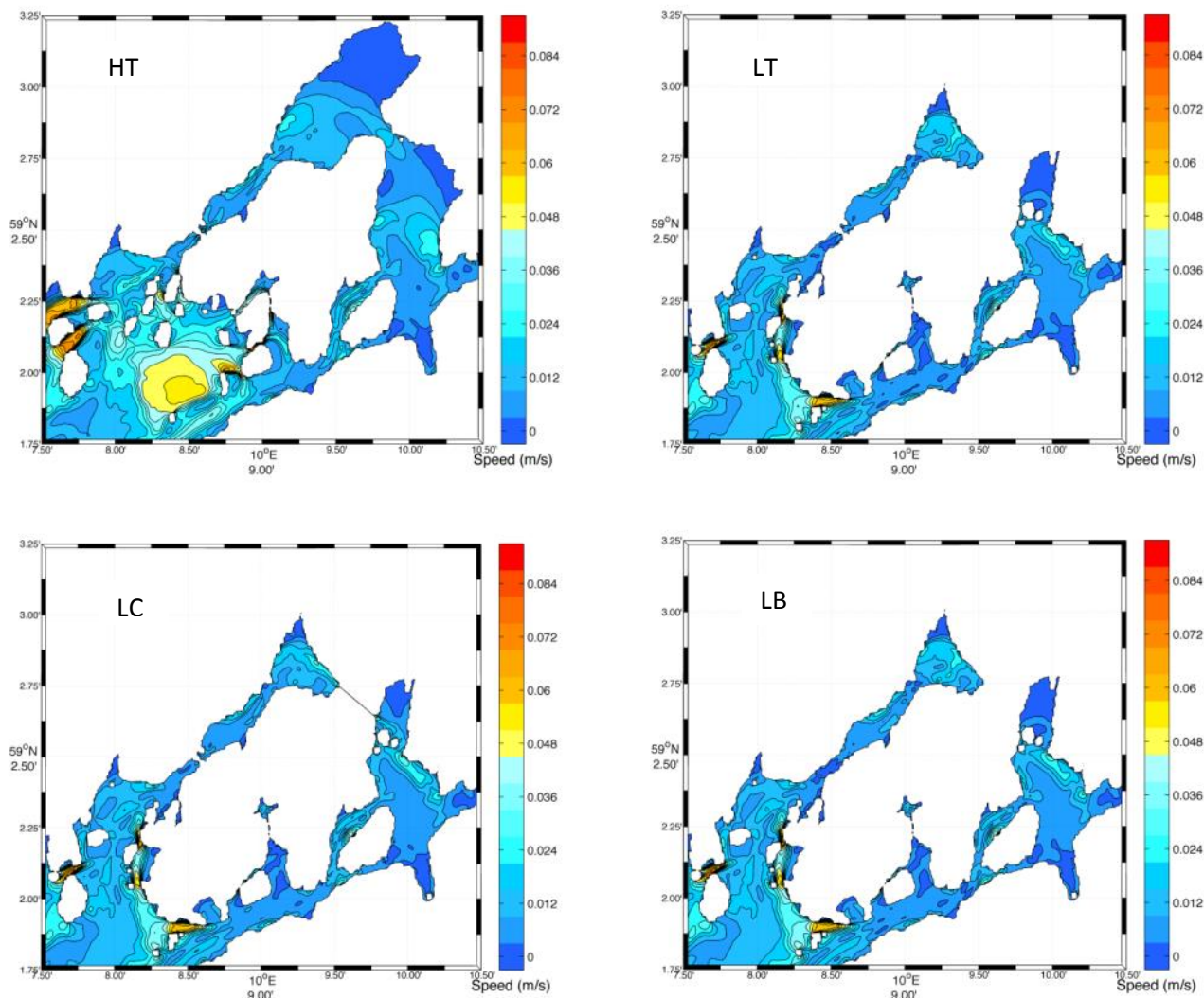
Figur 21. Bathymetriske kart fra Statens Kartverk Sjø over Viksfjorden og plasseringen av de tre strømmålerne.

Modelleringsresultater

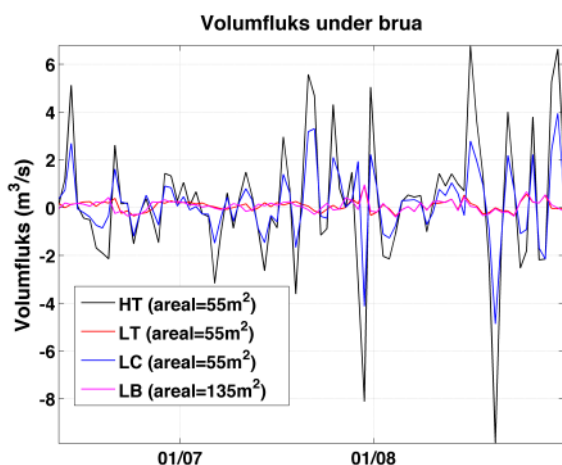
STRØMKART og VANNTTRANSPORT

For å gi et kvalitativt bilde på hvordan sirkulasjonsforholdene rundt Vikerøya gjengis av den ekstremt høyoppløselige strømodellen, er strømmen midlet over tid (10/6-31/8 2009) fra bunn til overflate. Dybdeintegret strømkart for den innerste delen av Viksfjorden er gjengitt fra de fire sensitivitetstestene i Figur 22 (HT: høyvann, LT: lavvann, LC: lavvann og åpning av en 30m bred og 1m dyp kanal innerst i fjorden og LB: lavvann og fjerning av fundamentene til brua over til Viksfjord). Det kommer tydelig frem at ved høyvann (HT) har man en viss sirkulasjon rundt øya, men at denne ved tørrlegging av de indre områdene (LT og LB) naturligvis stopper opp. Ved mudring av en kanal innerst (LC) viser modellresultatene (Figur 22 LC) at dette gir en viss effekt på vanntransportene mellom Varildfjorden og Kolladjupe, men ut fra et midlere strømkart er det vanskelig å se hvor stor effekt kanalen har lokalt og eventuelt hvor stor innvirkning dette har på sirkulasjonsforholdene rundt resten av Vikerøya.

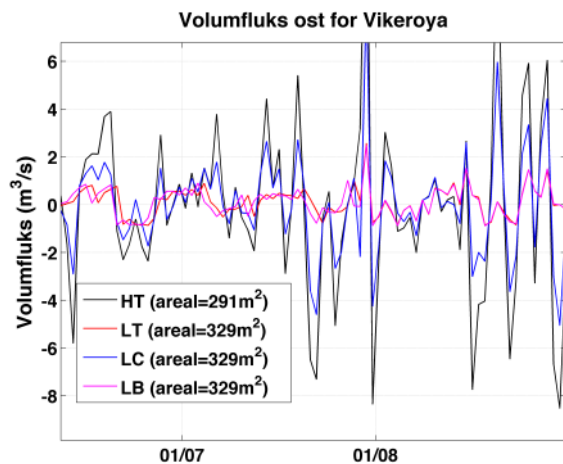
Døgnmidlede transporter er beregnet for tre transekter rundt Vikerøya med plassering tilsvarende ved brua, på sørsiden av Vikerøya og innerst (kun gyldig for HT og LB), og en tidsserie med ett døgn oppløsning er vist i hhv Figur 23, Figur 24 og Figur 25. I alle fire eksperimenter ser man at modellen antyder en fluktuasjon i volumfluksene med periode på størrelsesorden dager, noe som passer godt med tidsskalaen til typiske episodiske, dynamiske effekter av atmosfæriske forhold og endringer i kystvannet utenfor, dvs. i Larviksfjorden (merk at tidevannsbevegelsen er midlet bort).



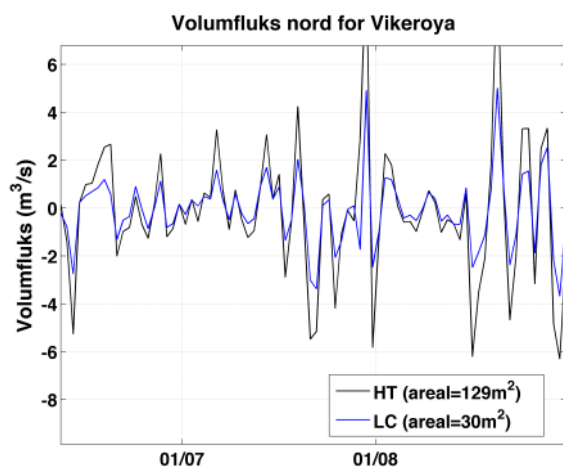
Figur 22. Gjennomsnittlig, dybdeintegrert strømhastighet (i m/s) over ca. 2,5 måneder (juni-august) for scenariet med høyvann (HT), lavvann (LT), lavvann og åpning av kanal innerst i fjorden (LC) og med lavvann og fjerning av brua over til Vikerøya (LB).



Figur 23. Tidsserie av volumfluks (m^3/s) gjennom simuleringsperioden fra 10/6 til 31/8 2009. Enkeltverdiene er beregnet ut fra døgnmidlet strøm midlet over alle dyp (tidevannsbevegelsen er derfor midlet bort). I tillegg er strømhastighet i hvert beregningpunkt multiplisert med arealet som denne representerer. Volumflukser er beregnet fra alle fire sensitivitetstester (angitt med farge) samt at arealet til hele transektet er angitt i forklaringen. Tidsseriene her representerer volumfluks forbi transektet hvor brua ligger.



Figur 24. Tilsvarende som for Figur 23, men tidsseriene her representerer volumfluks gjennom et transektet hvor det er smalest mellom Vikeroya og fastlandet på sørsiden av øya.

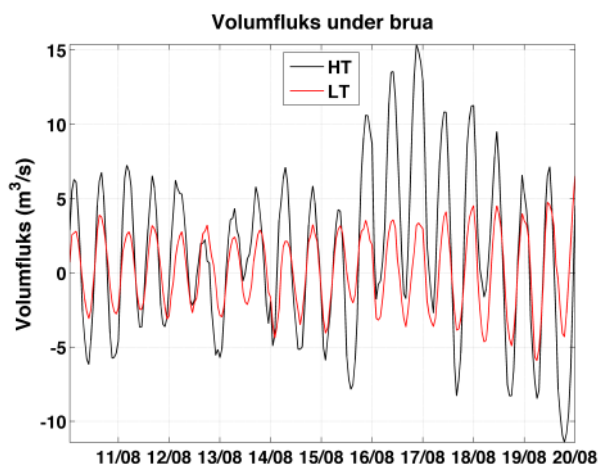


Figur 25. Tilsvarende som for Figur 23, men tidsseriene her representerer volumfluks gjennom et transektet innerst i Viksfjorden (for LT og LB er det kun land her).

Modellen gir tydelige forskjeller mellom høyvann- og lavvann-scenariene der volumfluksene ved høyvann (HT) er omtrent fem ganger høyere ved brua og på sørsiden av Vikeroya enn ved lavvann (LT). Åpner man derimot en 30m bred og 1m dyp kanal innerst i fjorden ved lavvann (LC), så gir modellen at volumfluksene ved brua og på sørsiden nesten når nivåene som ved høyvann (HT). En fjerning av brua for lavvannsscenariet (LB) har derimot veldig liten effekt på sirkulasjonsforholdene. Enkelt fortalt kan man si at modellen antyder at en mudring av kanal innerst i fjorden vil ha en signifikant positiv effekt på sirkulasjonsforholdene rundt Vikeroya, mens en utvidelse av kanalen ved brua vil ha liten effekt.

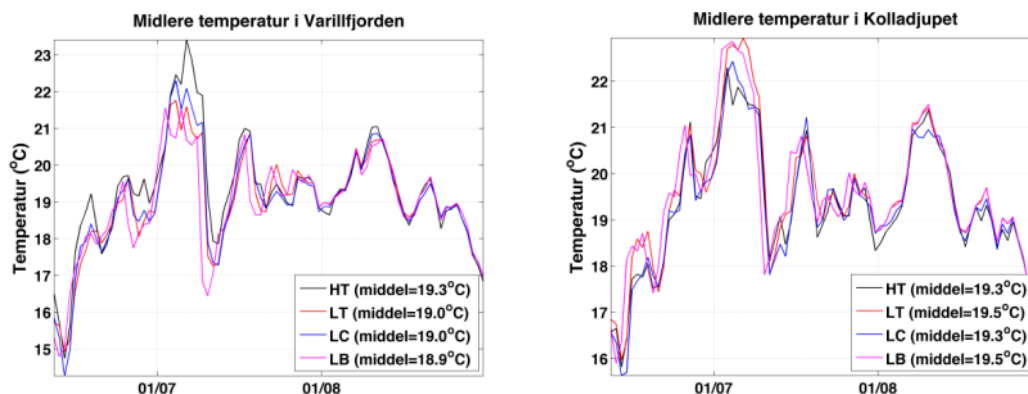
De døgnmidle transportene vil ha tidevannsbevegelsen nesten filtrert helt bort. For å vise utviklingen av transporter gjennom døgnet, er timesverdi av volumfluks under brua vist fra eksperimentet med høyvann (HT) og lavvann (LT) (Figur 26). Den halvdaglige tidevannsperioden kommer tydelig frem i begge eksperimentene, men det er en tydelig økning i volumfluksene ved høyvann når vannet har mulighet til å sirkulere rundt Vikeroya. Fluktuationene i volumfluksen ved brua for LT-eksperimentet viser en relativt jevn amplitude som henger godt sammen med tidevannsbevegelsene. De døgnmidle verdiene av volumflukser fra samme eksperiment (LT, se Figur 23), viste også svært lave transportverdier av vann forbi brua når sundet innerst i Viksfjorden er lukket. Det er tydelig at vannmasserforflytningene når nordlige sund er lukket stort sett er avhengig kun av tidevannet og i mindre grad av meteorologiske påvirkninger eller variasjoner i kystvannet utenfor. Når vannstanden er så høy at vannet kan sirkulere rundt Vikeroya, så er amplituden til volumfluksen under brua mer variabel (HT, Figur 26). Det betyr at sirkulasjonen rundt øya vil være avhengig også av andre drivkrefter enn kun

tidevannet. De drivkreftene som da vil ha en innvirkning på transportene er vind og fluktasjoner i vannmassene i Larviksfjorden. Sistnevnte er også svært avhengig av tilstanden i kystvannet i Ytre Oslofjord og Skagerrak.

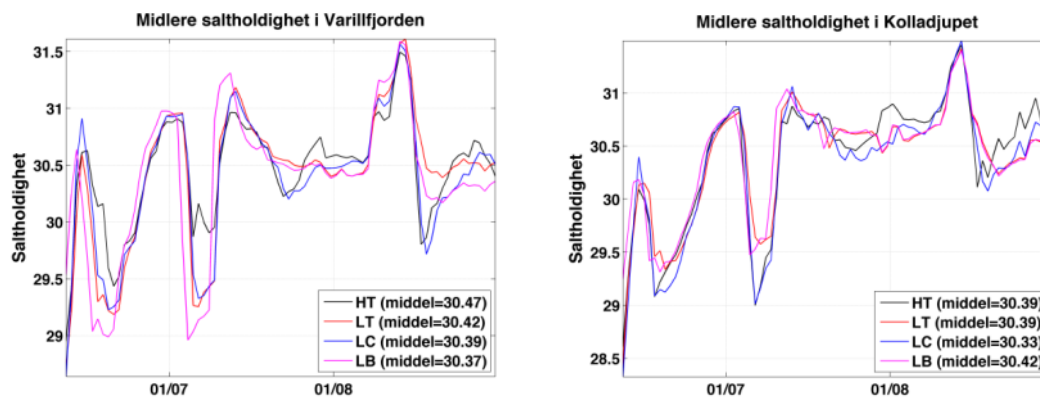


Figur 26. Timesverdier av volumfluks (m^3/s) gjennom transektet som ble lagt ved brua over til Vikerøya fra eksperimentene med høyvanns- (HT) og lavvanns- (LT) situasjon. Kun perioden 10/8-20/8 2009 er vist her.

De hydrografiske forholdene innerst i Viksfjorden er også hentet ut fra strømodellen, og Figur 27 og Figur 28 viser utviklingen av hhv. temperatur og saltholdighet for et lite område i Varildfjorden og Kolladjupe for sommeren 2009. Vannmassene innerst i Viksfjorden er i god kontakt med kystvannet utenfor, men der forekommer en lokal oppvarming på varme sommerdager. De hydrografiske forholdene i Viksfjorden i de fire eksperimentene følger stort sett hverandre, og forskjellene er ikke signifikante.



Figur 27. Modellert temperaturutvikling fra 10/6-31/8 2012 for et lite område i Varildfjorden (venstre side) og Kolladjupe (høyre side) midlet fra bunn til overflate. Kun døgnmidlele verdier er vist. Middelveidien for hele tidsserien er vist i forklaringen.

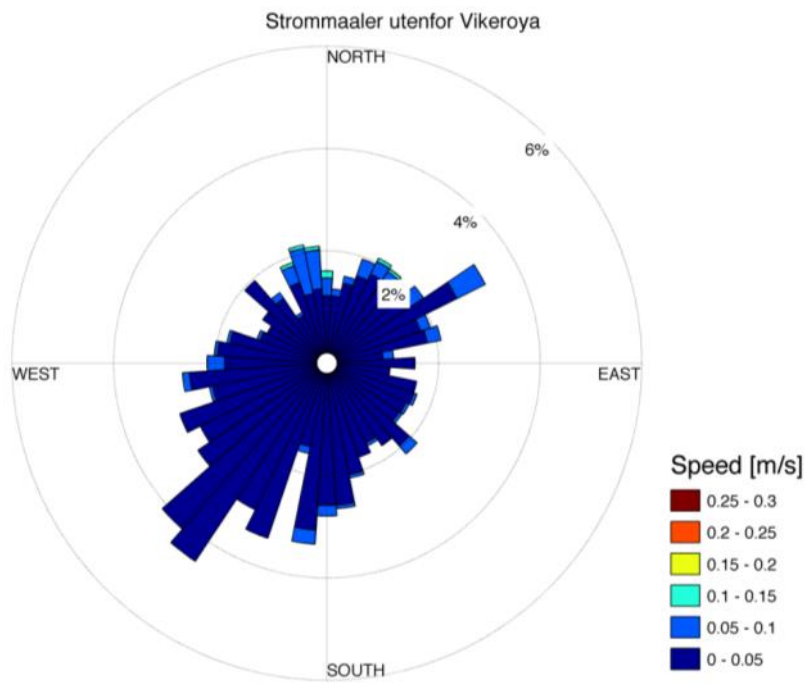


Figur 28. Som i Figur 27, men tidsutviklingen av saltholdighet er vist.

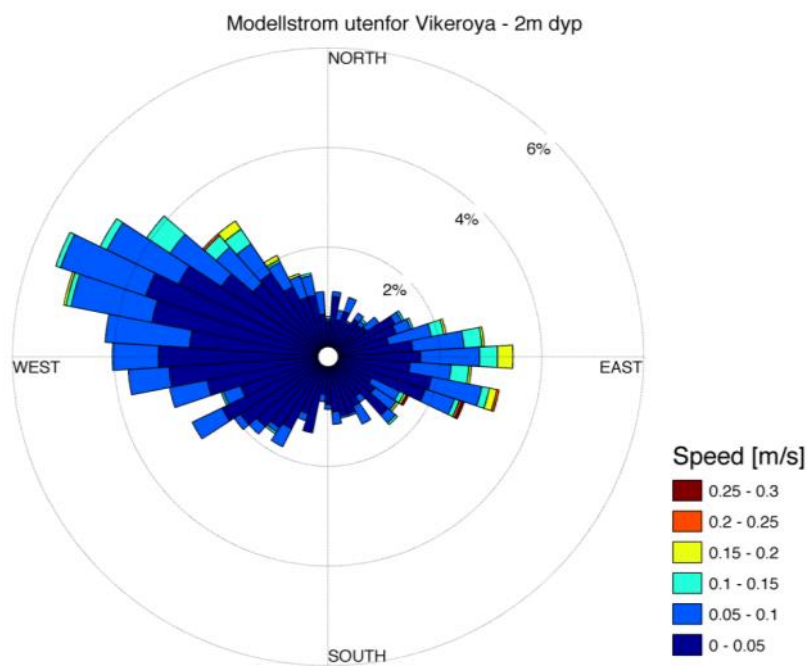
STRØMMÅLING

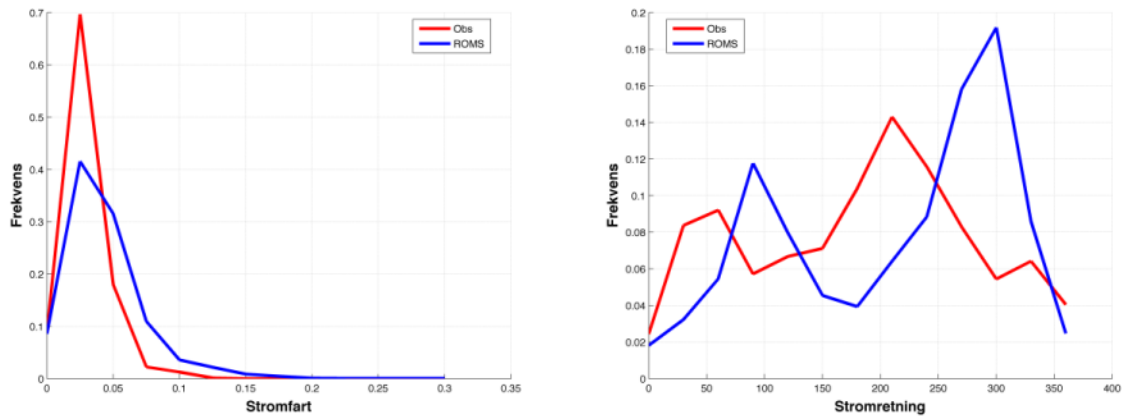
Da vi satte ut tre strømmålere i slutten av oktober 2012 var intensjonen å få informasjon om strømstyrke og retning på hver side av Vikerøya sentralt i løpene samt et referansepunkt utenfor Vikerøya. Ettersom utstyret vi brukte ikke fungerte godt nok med unntak av strømmåleren ytterst i fjorden, og siden vi ikke hadde tid til en ny målekampanje før vinteren, har vi kun ett målepunkt i ett dyp for sammenlikning med modellen. Selv om modellen ble kjørt for en annen periode enn målekampanjen, vil vi likevel få et statistisk bilde på hvordan modellen reproducerer virkeligheten. Alle de fire eksperimentene viste sammenliknbar strømtilstand i posisjon nr. 8 (mao. modifikasjonene i batymetrien hadde liten innflytelse på sirkulasjonen utenfor Vikerøya) og kun verdiene fra høyvannsscenarioet (HT) er derfor vist. En frekvensfordeling av strømstyrke delt opp i retning er vist som en strømrøse fra målinger og modell i Figur 29. Vi forventer ikke at modellen skal vise eksakt det samme som målingene ettersom tidsperiodene er ulike, men vi ser likevel at modellen reproducere observerte verdier godt. Strømstyrken er noe høyere i modellen i enkelte tilfeller, og hovedretningen er mer i vest-nordvestlig retning i modellen i forhold til en mer sørvestlig hovedretning i målingene. Dette kan skyldes at tidsperiodene ikke er de samme og at vindforholdene derfor har variert. En mer sannsynlig forklaring er at bunnypene i modellen ikke er detaljerte nok eller noe forskjøvet i rom slik at modellens sirkulasjonsmønster på enkeltlokaliteter kan ha systematiske avvik. At numeriske strømmodeller representerer strøm for lokaliteter noe forskjøvet i rom er helt vanlig uten at det nødvendigvis har negativ effekt på det totale strømbildet.

Ved å lage frekvensdiagram kun for strømstyrke (Figur 30, venstre side), kommer det tydeligere frem at modellen har en del flere tilfeller med sterkere strøm enn det som ble målt. Et tilsvarende diagram for strømretning (Figur 30, høyre side) viser at både målinger og modell har to hovedretninger (inn og ut av Viksfjorden) og at disse er noe forskjøvet i forhold til hverandre. Selv om dette ikke er en ren valideringsanalyse, men en statistisk evaluering av modellstrømmen i ett punkt, så viser dette at den modellerte strømmen inngir tillit.



Figur 29. Strømrose fra målinger for perioden 23/10-23/11 2012 (øverst) og fra modell for perioden 10/6-31/8 2009 (nederst) fra posisjon angitt med nr. 8 på Figur 2 (utenfor Vikeroya). Strøm er målt/beregnet i ca. 2m dyp. Vinkelen i strømrøse angir retning strømmen går mot, fargekodingen angir strømstyrken og lengden på sektorene angir hvor ofte retningen inntreffer.





Figur 30. Frekvensfordeling for strøm i 2m dyp fra målinger (rød linje) og modell (blå linje) basert på strømstyrke (venstre side) og retning (høyre side). Merk at periode for måling og modellsimulering ikke er den samme. Målekampanjen var 23/10-23/11 2012 og modellresultatene er fra 10/6-31/8 2009.

Konklusjon fra strømmodellering

Vi har gjort en antakelse om å ignorere ikke-hydrostatiske forhold i Viksfjorden, eller i det minste at de ikke har stor innflytelse internt mellom modell-realiseringene slik at avvikene mellom sensitivitetstestene er signifikante. Tilsvarende modelleringsøvelser for andre norske fjordområder har vist seg gode, men da har man ofte hatt tilgang til tidsriktige strøm- og/eller hydrografimålinger for en bedre sammenlikning. Vi hadde ett målepunkt i ett dyp midt i Viksfjorden utenfor Vikerøya hvor vi kunne sammenlikne målt med modellert strøm statistisk, og ut fra denne analysen viste modellen god overenstemmelse med observert tilstand.

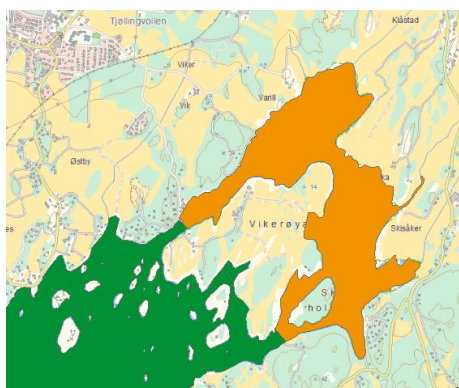
Våre modelleringsresultater viser veldig klart at det vil ha en positiv effekt på sirkulasjonsforholdene rundt Vikerøya om man mudrer opp en kanal med en viss størrelse innerst i fjorden. Ettersom dette er et pionerarbeid for Havforskningsinstituttet med strømmodellering på så ekstremt liten skala som 10m, vil det være ønskelig med en fremtidig sammenlikning mot en uavhengig modelleringsøvelse. I tillegg vil det uansett være svært viktig å foreta en stor og god målekampanje av strøm og hydrografi for å underbygge kvaliteten til strømmodellen. Helt konkret innebærer dette at målinger og modellering utføres for samme tidsperiode.

Undersøkelser i 2013

Prosjektet ble videreført i 2013 med fokus på høsting/opptak av grønnalger, vannanalyser, vannsirkulasjon og kunnskapsinnhenting med sikte på en skjøtelsesplan for ålegressforekomsten i indre Viksfjord. IVIV har stått for jevnlig befaring, fotodokumentasjon, vannprøvetaking og rapportering av grønnalgestatus gjennom 2013 fra april til november.

Vannforekomst og tilstand etter Vannforskriften

Vannforskriften setter krav til at det skal være minimum god økologisk tilstand i alle vannforekomster (potensielt god vannkvalitet i modifiserte vannforekomster). I Vann-nett er indre Viksfjord med Kolladjupet, dvs Varildfjorden og Kolladjupet, definert som vannforekomsten «Viksfjorden indre» (Figur 31, Tabell 12).



Figur 31. Kartutsnitt fra Vann-nett som viser vannforekomstene «indre Viksfjord» (orange) og «Viksfjorden» (grønn).

Tabell 12. Utskrift fra Vann-nett

Vannforekomstidentifisering

OBJECTID: 24144
 VannforekomstID: 0101040400-3-C
 Vannforekomstnavn: Viksfjorden indre
 VassdragsområdeID: 015.
 SHAPE.STArea(): 1415320 m2
 Dato_vannforekomst: 24.01.2013
 Saksbehandler_vannforekomst: fko1
 Typifisering:
 Salinitet: Polyhalin (18 - 30)
 Tidevann: Liten (< 1 m)
 Bølgeeksponering: Beskyttet
 Miksing_i_vannsoylen: Permanent lagdelt
 Oppholdstid: Udefinert
 Strømhastighet: Svak (< 1 knop)
 Økoregion_kyst: Skagerak
 Typologikode: CS3423301
 Interkalibreringskode: NEA 9

Tilstandsklassifisering

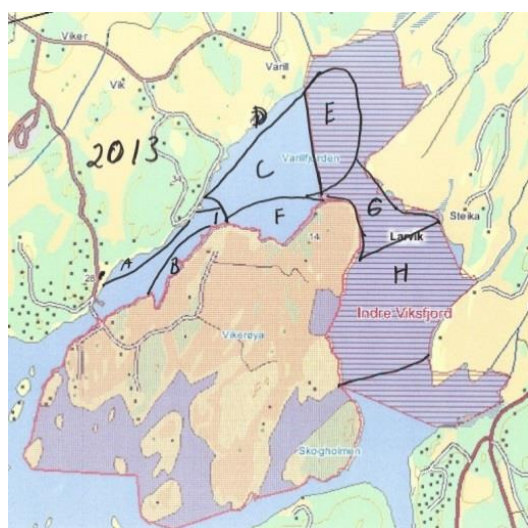
Økologisk_tilstandsetting: Dårlig
 Kjemisk_tilstand: Oppnår ikke god
 Pålitelighetsgrad: Middels
 Kommentar_pålitelighetsgrad:
 Tilstanden i Viksfjord er vurdert og dokumentert i flere rapporter.
 Spesielt nevnes NIVA rapport 5834-2009, Samlet plan for steinindustrien i Larvik Del 1
 Tilstand_basert_på:Klassifiseringsdata
 Dato_Tilstand: 20.03.2013 13:23:09
 Saksbehandler_tilstand: fmve2
 Vannregionmyndighet: Buskerud FK
 Vannregionnavn: Vest-Viken
 Vannområde: Horten - Larvik
 Kommuner: 0709

Økologisk tilstanden i «Viksfjorden indre» er i 2013 blitt klassifisert til tilstandsklasse «dårlig» (Tabell 12). Tilstandsklassifiseringen er i tråd med rapporter om og årvisse observasjoner av grønnalgeoppblomstringer. Verktøy for å fastsette tilstand er under utvikling og per i dag (2013) har ikke Vannforskriften adekvate metoder for tilstandsklassifisering av en grunn vannforekomst som indre Viksfjord med maksimalt dyp på 3-4 m. Ålegress er et av de biologiske kvalitetselementene som inngår i Vannforskriften og i henhold til Vannforskriftveileder 2/2013 vurderes kvalitet ut fra nedre voksedyp, plantetetthet, plantelengde, areal og påvekstbegroing (for eksempel av grønnalger). Siden dypet i indre Viksfjord er begrensende for nedre voksegrense, kan ikke dagens formel for tilstandsberging benyttes. Det er sannsynlig at indre Viksfjord i Vannforskriftsammenheng må behandles særskilt og vurderes etter ikke-interkalibrerte klassifiseringsmetoder.

Ålegressenga i indre Viksfjord har god tetthet og god plantelengde, men dårlig tilstand mht begroing. I trendovervåkingssammenheng er arealutbredelse en viktig faktor for å vurdere endring over tid.

«Dårlig tilstand» utløser etter Vannforskriften krav til tiltaksutredning og oppfølgende overvåking.

Grønnalgenes vekst gjennom sesongen



Figur 32. Områder A-H jevnlig kartlagt mht grønnalgemengder i 2013.

Oppfølging av grønnalgeforekomster i 2013 ble gjennomført av IVIV. Kartet (Figur 32) viser kartlagte områder (A-H) som omtales i det følgende.

Tabell 13 gir et sammendrag av grønnalgeobservasjoner gjennom sesongen. Denne vurderingen er basert på mengde synlig (flytende grønnalgematter) på overflaten, samt vekst fra bunnen observert ved klart vann fra båt. Gjelder vandyp inntil ca 1,5 meter.

Den største tilveksten av grønnalger skjer på dybder fra null til ca. en meter.

Veksten startet tidlig i område F (tidevannsflate). Grønnalgene dannet etterhvert et teppe som dekket bunnen med en tykkelse på ca. 20-30 cm. Tilveksten av grønnalger på dypere vann (under vannoverflaten) var vanskeligere å overvåke og estimere. Men det antas at grønnalgene vokste godt også i sjøsonen (sammen med ålegresset), men først ble synlig i juli.

Fra begynnelsen av juni økte forekomsten av grønnalger i de fleste områdene med unntak av område B som ble mudret høsten/vinteren 2012/2013. Her ser det ut til at grønnalgene først begynte å reetablere seg i august på grunn av tilførsel av flytende grønnalger og sporespredning til mudret areal.

Tabell 13. Forekomst av grønnalger i april/mai, juni, juli, august, september og november i områder A til H i indre Viksfjord (jfr. Figur 32). Observasjonene er foretatt av B Nygård IVIV.

Område	April/mai	Juni	Juli	August	September	Oktober - november
A	Ingen/beskjeden	Høy	Høy	Høy	Beskjeden	Ingen
B	Ingen/beskjeden	Beskjeden	Beskjeden	Begynnende	Beskjeden	Beskjeden/ingen
C	Ingen/beskjeden	Begynnende/høy	Høy	Høy	Høy, fallende	Beskjeden/ingen
D	Ingen/beskjeden	Begynnende/høy	Høy	Høy	Høy, fallende	Beskjeden/ingen
E	Ingen/beskjeden	Begynnende/høy	Høy	Svært høy	Høy, fallende	Beskjeden/ingen
F	Høy	Svært høy	Høy	Svært høy	Høy	Beskjeden/ingen
G	Ingen/beskjeden	Begynnende/høy	Høy	Svært høy	Høy	Beskjeden/ingen
H	Ingen/beskjeden	Beskjeden	Høy	Svært høy	Høy, fallende	Ingen

Opptak av grønnaalger

I 2013 ble det tatt opp ca. 280 tonn (våtvekt) grønnaalger ved bruk av lenser og gravemaskin. Erfaringene fra 2013 viste igjen at utfordringen er å samle tilstrekkelig mengde grønnaalger innenfor rekkevidde av gravemaskinen. Forskjellige løsninger er prøvet ut. Forsøk på å skyve flytende grønnaalger (slikket) med en lense strukket ut mellom to båter, har økt grønnaalgeopptaket. Videre utvikling av mekanisk opptak kan anbefales.

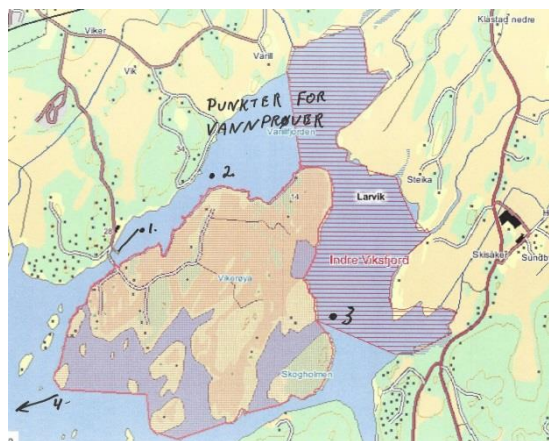
Et uttak av 280 tonn (våtvekt) grønnaalger betyr et uttak av ca 3-600 kg nitrogen og 4-70 kg fosfor. Dette er beregninger med stor usikkerhet, da vanninnholdet i våtvekten er ukjent og anslått på bakgrunn av prøver som ble tatt av «slikket» i 2012. Likevel viser dette at det med relativt enkel midler er mulig å ta ut store mengder næringsalter fra vannet, samtidig som lysforholdet blir bedre for ålegresset når skyggende matter av grønnaalger fjernes fra overflaten.

En «spin off» av dette uttaket, er massene har blitt benyttet med positivt resultat som næringsgjødsel på jordbruksarealer. Dette er en «vinn-vinn» for miljøet og samfunnet knyttet til indre Viksfjord.

Vannprøver

I 2013 ble det satt opp overvåkingsprogram med månedlig innsamling av vannprøver fra 2 m dyp fra fire posisjoner: 1) i ytre del av indre Viksfjord (ende av båtbygge), 2) midt i indre Viksfjord, 3) ved Kolladjupe og 4) utenfor indre Viksfjord, jfr kart i Figur 33. Alle vannprøver ble innsamlet av Bjørn Nygård (IVIV) og analysert på Havforskningsinstituttet Forskningsstasjon Flødevigen sin vannanalyselab. Resultatene (Figur 34) viser normale konsentrasjoner av næringsaltene fosfat og nitrat og at det til tider var forhøyede konsentrasjoner i indre Viksfjord og Kolladjupe sammenliknet med kontrollstasjonen (st 4). Alle fosfat- og nitratverdier lå i tilstandsklasse I «meget god» (grenseverdi 3,5 ug P/l og 24 ug N/l for vann med saltholdighet lik 18 promille).

Sammenliknet med kontrollstasjonen ble det funnet forhøyede konsentrasjoner i indre Viksfjord i mai (nitrogen), juli-august (fosfor) og oktober (nitrogen). I mai, juli-august og oktober var fosfatverdiene ca 10 ganger høyere i indre del enn ved kontrollstasjonen og nitratverdiene var 4-5 ganger høyere. (Forholdstall (ratio) over 1 i Figur 34 betyr høyere konsentrasjon enn på kontrollstasjon 4). Forhøyede verdier i indre vannområder indikerer lokale næringsalttilførsler via avrenning fra land og bekker, sannsynlig knyttet til nedbørsepisoder. Foruten disse episodene var det generelt svært lave verdier av løste næringsalter i vannmassene. Det er også som forventet i det frie næringsalter raskt suges opp av ålegress og spesielt av hurtigvoksende grønnaalger.



Figur 33. Vannprøvestasjoner i 2013.

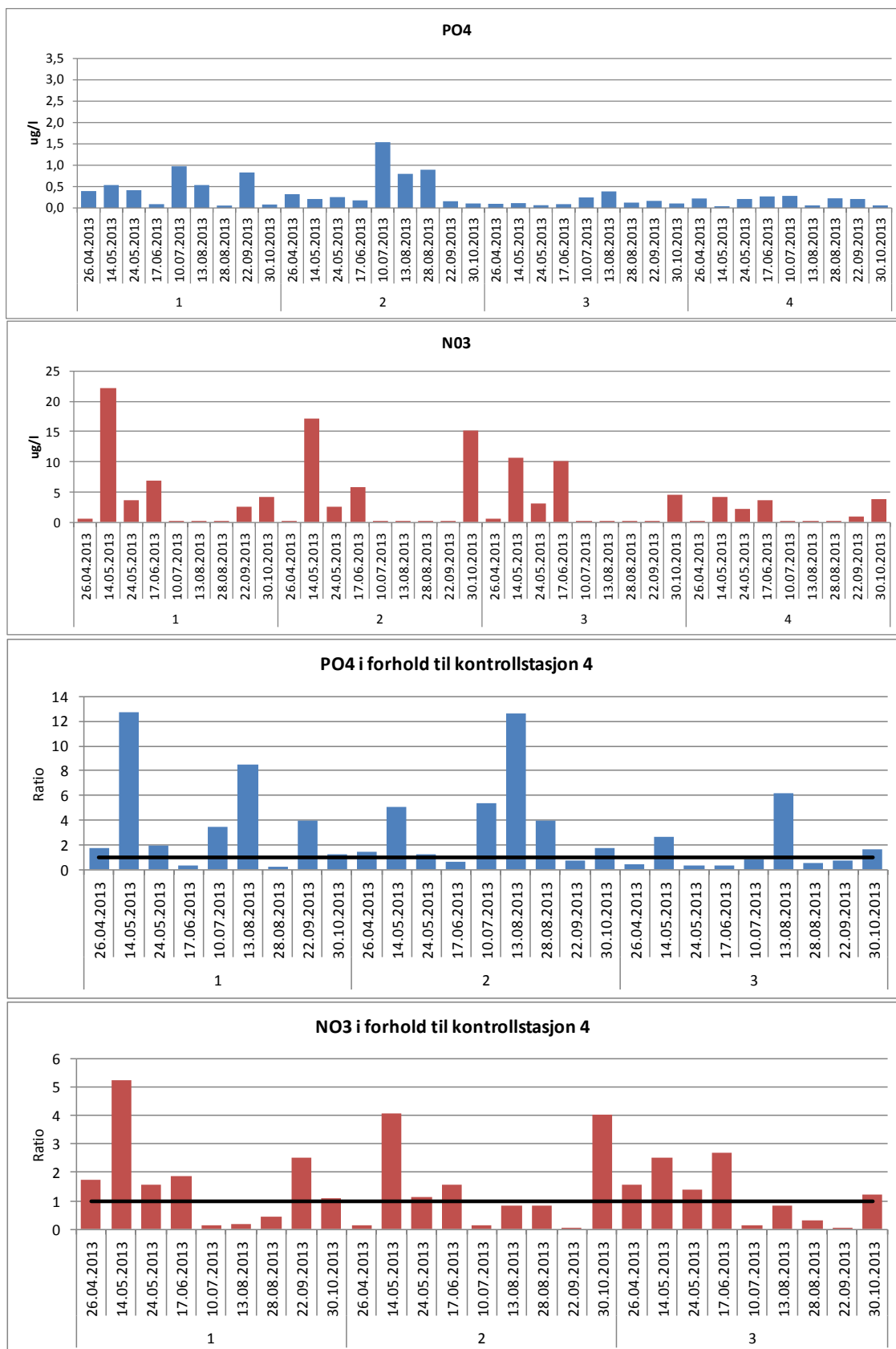
Stasjonsposisjoner:

St 1: Ytterst på flytebygge i Vikerøysundet – posisjon N 59°02.570' – E 10°08.743'

St 2: Innløp til Vikerøysundet – posisjon N 59°02.790' – E 10°09.133' (midt i åpning mellom bøyer)

St 3: Kolladjupe – posisjon N 59°02.397 – E 10°09.935'

St 4: Ute i Viksfjord ved åpning led mot Svenner fyr – posisjon N 59°02.635' – E 10°12.168'



Figur 34. Konsentrasjoner av næringssaltene fosfat (PO₄) og nitrat (NO₃) i perioden fra april til oktober 2013 på 4 stasjoner (se Figur 33) rundt Vikørøya.

Strømmåling og modellering

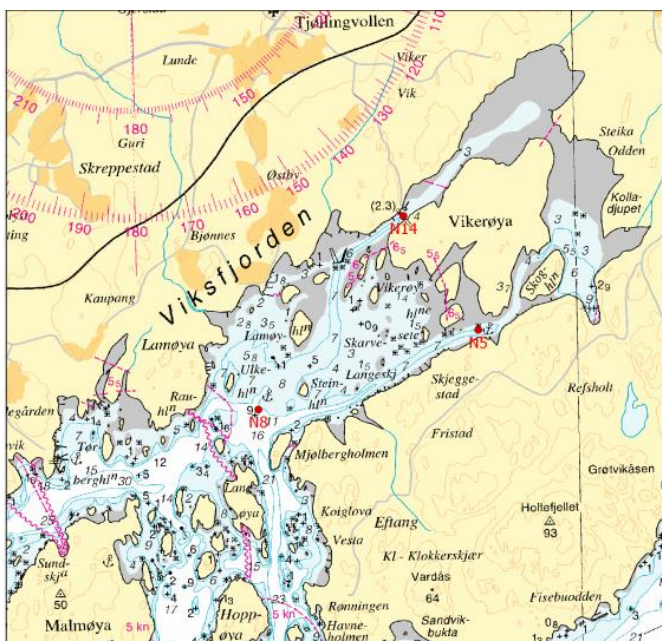
I 2012 etablerte Havforskningsinstituttet et høyoppløselig modellsystem for å beskrive vannsirkulasjonen i Viksfjorden. Strømmodelleringen viste tydelig en positiv effekt på vannsirkulasjonen i indre Viksfjord ved å åpne en kanal som øker vannsirkulasjonen i Klåstadrenna. De viktigste drivkreftene i Viksfjorden er tidevann, vinder og utveksling av vannmasser med Larviksfjorden som følge av endringer i tetthet innenfor og utenfor Viksfjorden. Alle disse drivkreftene er godt representert i modellsystemet som igjen viste at gjennomstrømningen søndre løpet inn til Kolladjupet og ved brua inn til Varildfjorden, er sterkt avhengig av at det er vannsirkulasjon gjennom Klåstadrenna, enten ved høyvann (vannstanden går over tørrfallssonen) eller at det er en kanalåpning.

Med grunnlag i 2012 resultatene, ble det satt ut nye strømmålere for å få et bedre datagrunnlag for strømmodellering og kalibrering av modellen. Det ble benyttet strømmålere fra NIVA som målte strømfart, retning, saltholdighet og temperatur. Måleperioden var fra 8. juli til 9. august (2013).

Strømmålerne ble satt ut på ca. 2 m dyp på de samme tre lokaliteter som første målekampanje i 2012 (se posisjoner i Figur 35).

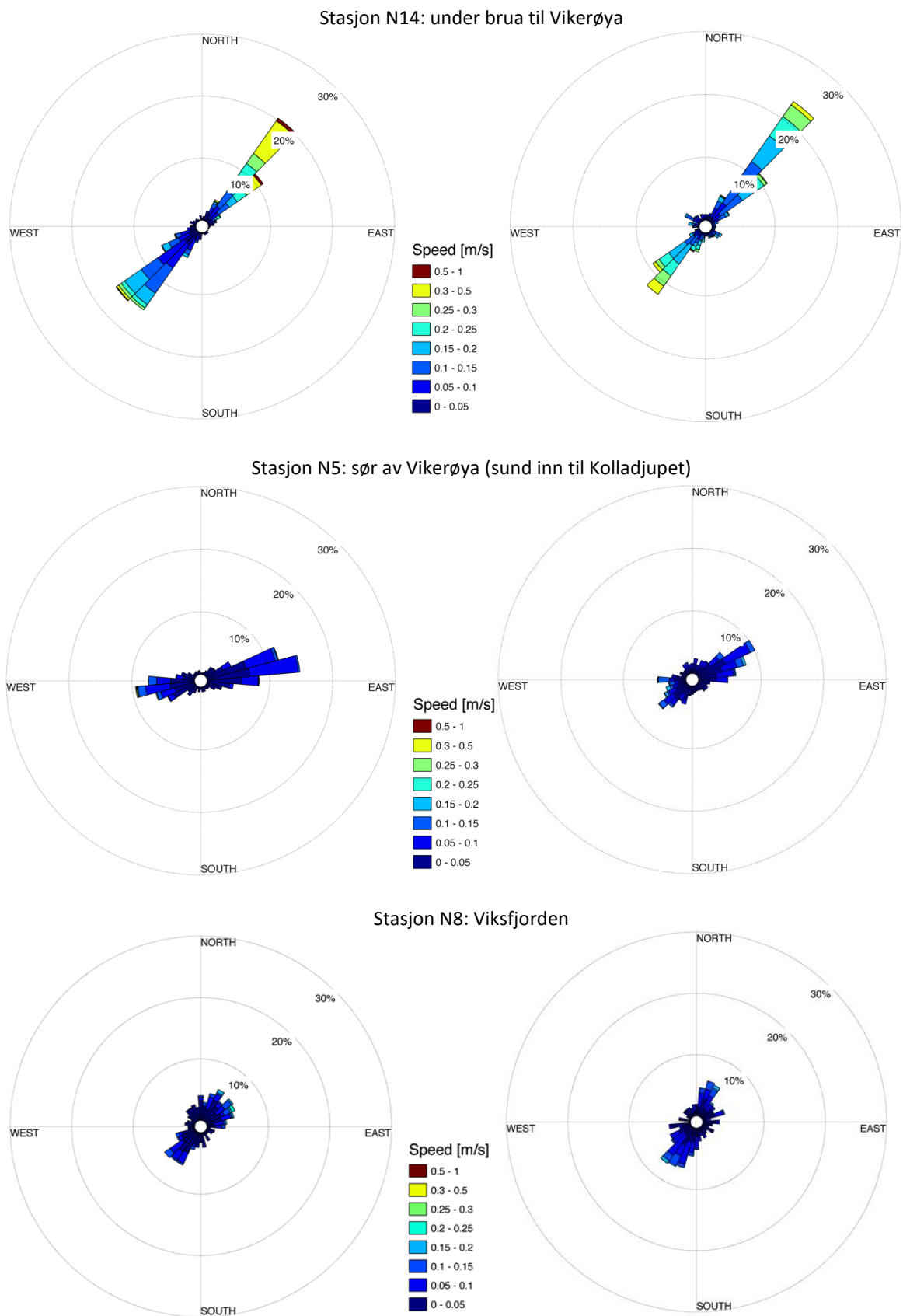
Resultater fra strømmålingene er vist som strømrosener i Figur 36. Strømrosene viser strømretning, i et nord-øst-sør-vest diagram og strømstyrke. Sektorenes lengde angir hvor ofte en måling er registrert i den retningen (sektorene mot nordvest angir strøm mot nordvest, jfr Figur 36, altså vannstrøm innover i Indre Viksfjord i dette tilfellet. Fargene angir strømstyrken, hvor mørkeblått er lite strøm og gult og rødt angir sterk strøm. Tilsvarende er strømresultater hentet ut fra strømmodellen på de samme lokalitetene og presentert i høyre panel i Figur 36. Sammenlikningen viser god overensstemmelse mellom målt strøm og strømmodellen.

Denne valideringsanalysen styrker tiltroen til strømmodellen for området og at mudring av kanal innerst i fjorden, absolutt kan ha en sterk positiv effekt på vannsirkulasjonen rundt Vikerøya og i indre Viksfjord.



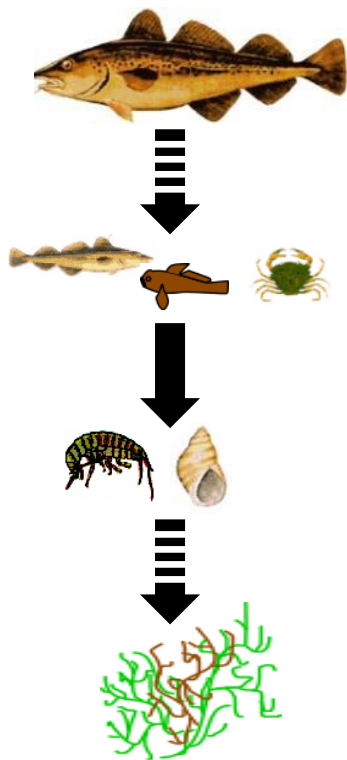
Figur 35. Kart over Viksfjorden som viser posisjonene hvor strømmålerne stod ute i juli/august 2013. Måler N14 var plassert under brua til Vikerøya, N5 sør for øya og N8 et stykke utenfor Vikerøya.

Den numerisk strømmodellen ROMS (Regional Ocean Modeling System, se <http://myroms.org>) som Havforskningsinstituttet har nær tjue års erfaring med å bruke, er et av de beste verktøy for modellering av strømmer til havs og langs med kysten. Men modellverktøyet er ikke laget til å beregne detaljer rundt utforming av en kanal f.eks. kanalens optimale tverrsnitt. Til slike analyser finnes andre verktøy og det anbefales å følge opp dette modelleringsarbeidet med et alternativt modellsystem for kanalutforming, dersom mudring av kanal blir et aktuelt inngrep.



Figur 36. Strømrose fra lokalitetene N14, N5 og N8 (se Figur 35) basert på målinger (venstre) og modell (høyre) for perioden 8/7-9/8 2013 med én times intervaller. Sektorenes lengde angir hvor ofte en måling er registrert i den retningen (sektorene mot nordvest angir strøm mot nordvest, mao. strøm innover i Indre Viksfjord i dette tilfellet), mens fargene angir strømstyrken.

Ubalanse i økosystemet



Figur 37. Skjematisk næringskjede med topp-predator (her torsk) spiser små fisk som lever av krepsdyr og snegl med flere planteetere.

Nyere forskning viser at ubalanse i økosystemet er årsak til eller medvirkende årsak til dårlig økologisk status i mange kystsystemer, som for eksempel diskutert i forbindelse med bortfall av sukkertare på Skagerrak-kysten. Ubalanse i økosystemet ble også diskutert på et tidlig stadie i prosjekt «indre Viksfjord», men det ble samtidig klart at muligheten til biologiske og økologiske undersøkelser var små innenfor rammene av nasjonale skjøtelsesmidler.

Prosjektet om kunnskapsinnhenting har derfor hatt hovedfokus på ålegressets helsetilstand og avbøtende tiltak mot truene forhold, som problematisk grønnalgevekst.

Økologiske sammenhenger er kjent, på generell basis og fra studier som også inkluderer ålegress og tilgroing med grønnalger (Pihl et al. 2006, Moksnes et al. 2008, Eriksson et al. 2009). (Slik sett er det beklagelig at det ikke har vært tilgjengelige midler til full biologisk kartlegging).

Denne problemstillingen ble igjen aktualisert gjennom et lokalt presseoppslag i 2013 som fokuserte på sammenhengen mellom lite kysttorsk og oppblomstring av grønnalger, og at problematisk grønnalgevekst ikke er unikt for indre Viksfjord, men et problem flere steder. Denne sammenhengen kan forklares ved hjelp av Figur 37 (lånt fra sukkertarerapport nr 3, Moy et al 2008). I den skissen er grønnalgene på bunnen av næringskjeden og torsk på toppen. I et normalt balansert økosystem produserer algene mat og energi til hele næringskjeden (fra sollys, næringssalter og vann). Krepsdyr og snegler (m.fl. som noen børstemark) spiser algene og blir selv spist av småfisk og krabber (m.fl. arter). Disse blir igjen spist av for større rovfisk, som eksempel torsk.

Hvis det er lite torsk (topp-predatoren i økosystemet), fører det til lavt beitetrykk på småfisk og krabber. Når færre blir spist øker antallet av småfisk og krabbe og fører til et høyere beitetrykk på snegl, tanglopper m. fl. Med færre plantespisende dyr, vokser algene ukontrollert, og vi får en oppblomstring av for eksempel trådformede grønnalger. Grønnalgene vokser ikke mer en før, men det er færre dyr som spiser algene og det fører til opphoping av algebiomasse.

Bortfall eller lite torsk i Skagerrak kan derfor gi opphav til uønsket grønnalgebiomasse. Fenomenet kalles pseudo-eutrofi, fordi det ser ut som eutrogi – et overgjødslingsproblem, men skyldes noe annet.

Havforskningsinstituttet har gjennom sine undersøkelser god kunnskap om variasjoner i bestanden av torsk på Skagerrakkysten og at bestanden i dag er svak sammenliknet med før 1970. Men hvordan balansen er mellom de økologiske funksjoner i indre Viksfjordssystemet, kan bare kartlegges gjennom biologiske undersøkelser. En ny retning innen restaurering av ødelagte økosystem er å sette inn tiltak på det nivået i næringsnettets som er svakt eller ødelagt. I hvilken grad det er mulig er ulikt i hvert enkelt tilfelle. I indre Viksfjord er det sannsynlig for få dyr som spiser trådformede grønnalger. Men hvilke arter er ikke kjent, og om det er praktisk mulig å tilføre dem i tilstrekkelig antall er også ukjent.

Feltforsøk (tiltak) med børstemark

Et spesielt problem i indre Viksfjord, er store langgrunne mudderflater med sterk tilgroing av grønnalger. Børstemark er en allsidig gruppe dyr og noen arter av børstemark lever på grunt vann og spiser grønnalger. En av dem er *Hediste diversicolor* (syn.: *Nereis diversicolor*). Både nasjonale og internasjonale studier peker på denne artens beitetrykk på grønnalger og at den kan holde grunne mudderflater rene for grønnalger (Nordström et al 2006, Engelsen & Pihl 2008). Leinaas og Christie (1991) viste at børstemarken *Hediste* hadde stor påvirkning på grønnalgemengden i forsøksfelt testet ut i Presterødskilen (Tønsberg). Det var lite grønnalger i feltene med børstemark sammenliknet med utenfor feltene. Det ble derfor besluttet at et forsøk med børstemark skulle testes ut i Viksfjorden.



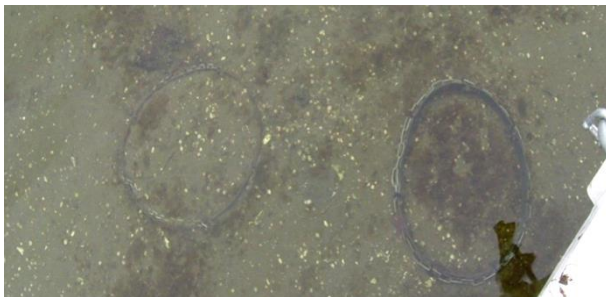
Figur 38. Børstemarken *Hediste diversicolor*.

Beslutningen om et børstemarkforsøk i indre Viksfjord kom for sent til å kunne teste effekten av børstemark på våroppblomstring av grønnalger. Kunnskap fra Leinaas og Christie (1991) vist at børstemark hadde kapasitet til å holde nede grønnalgeoppblomstringen, når marken ble introdusert tidlig på våren samtidig med at grønnalgene begynte å gro. Forsøket, med oppstart 1. juli, ble derfor satt opp for å teste hvordan børstemark fungerer i et system, som i tillegg til groe av grønnalger, også influeres av drivende grønnalgematter, slik forholdene er i store deler av indre Viksfjord. Dette forsøket er spesielt relevant med hensyn bruk av børstemark som skjøtselstiltak. Forsøket ble planlagt og gjennomført av HI i samarbeid med NIVA.

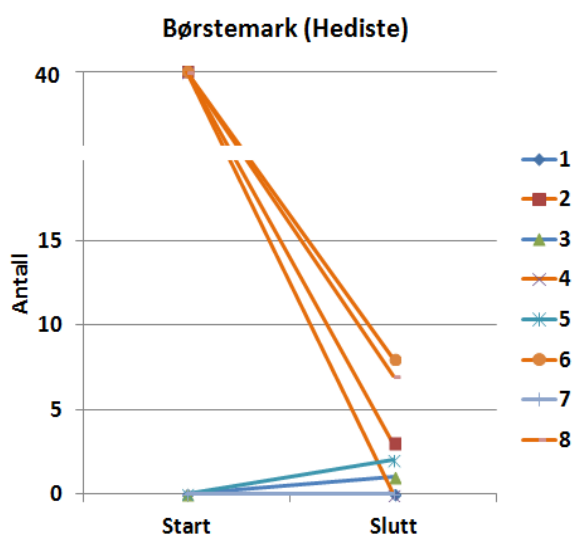
Børstemark kan kjøpes fra England som agn til sportsfiske. Dette er naturlig forekommende mark som graves opp på tidevannsflatene, og disse kan ikke anbefales brukt i feltforsøk i Norge. Til labforsøk her hjemme, har det også vært vanlig å grave etter mark på egnede lokale steder. Det ble gravd etter mark på flere steder i indre Viksfjord med dårlig resultat. Det viser samtidig at forekomsten av mark er svært lav på grunnområdene i indre Viksfjord. I en grunn bukt et stykke på utsiden av brua, ble det funnet mark med en tetthet som gjorde det praktisk mulig å samle inn ca 200 dyr.



Figur 39. Utsetting av forsøksringer på grunt vann for uttesting med børstemark. Karl Norling (NIVA) og Frithjof Moy (HI)



Figur 40. To ringer fotografert ovenifra 1. november. Der er mindre brunt (rester av nedbrutte grønnalger) i ringen med børstemark (venstre) enn kontrollring (høyre).



Figur 41. Antall børstemark i forsøksringer ved start 1. juli og avslutning 1. november.

Forsøksfeltet ble etablert på det langgrunne området innenfor småbåthavna nedenfor gammel fabrikk i indre Viksfjord (Figur 39). Her ble det satt opp 8 ringer (forsøksfelt) hvorav 4 ble podet med 40 børstemark (*Hediste diversicolor*). Som det framgår av bilder var det sterk groe av grønnalger i området med flytende grønnalgematter i vannoverflaten.

Forsøksfeltet ble gjenbesøkt ca månedlig og området og forsøksringer ble avfotografert. Det lå ved alle tilfeller en nær heldekkende grønnalgematte over hele forsøksfeltet og børstemarkene viste ingen evne til å kunne redusere mengden grønnalger på dette tidspunkt i vekstsesongen for grønnalger. Figur 40 viser forsøksringer ved avslutning av forsøket 1. november. Bildet viser mindre rester av grønnalger i forsøksringen med børstemark (venstre ring) sammenliknet med kontrollringen som ikke var podet med børstemark (høyre ring). Men over alle 8 ringer var det ikke noe klart mønster som viste at effekt av børstemark på grønnalger.

Ved avslutning (1. november) ble alle ringene gravd opp (og fjernet) og sedimentet undersøkt for børstemark.

Resultatet viste kraftig tilbakegang i antall børstemark fra 40 ved start til mellom 0 og 8 ved avslutning. Samtidig ble det funnet opptil 4 børstemark i kontrollringene (Figur 41). Børstemarken i kontrollringene kan ha vært utvandrerer fra utsettingen eller også naturlig innvandring av mark til området over sommeren.

Resultatet viser klart at børstemarkene ikke har trivdes i forsøksfeltene og har rømt eller død. Det kan være mange årsaker til dette, blant annet at de tette grønnalgemattene, som allerede var etablert på grunnområdet, kveler dyrelivet i sedimentet. Dette er sannsynlig også tilfelle på øvrige gruntvannsflater i indre Viksfjord. Dårlige leveforhold og overlevelse for børstemark i indre Viksfjord kan forklare hvorfor børstemark i liten grad naturlig tar bolig i området og bidrar til å redusere grønnalgeveksten.

Tiltak med børstemark må iverksettes tidlig om våren før den kraftige oppblomstringen av grønnalger starter, om det skal kunne ha effekt.

Børstemark fryser ihjel om vinteren på grunne bløtbunnsflater og det er et problem med hensyn til forekomst og naturlig rekruttering av børstemark. I milde vintre uten frost, overlever børstemarken og et stort antall mark er derfor aktive når grønnlagene begynner å vokse tidlig om våren. I slike tilfeller kan børstemarken holde gruntvannsområdet fritt for grønnalger. Fryser marken ut om vinteren, må den rekrutteres inn og som i indre Viksfjord og mange liknende steder, skjer dette for langsomt og i for liten grad, til å kunne ha innvirkning på oppblomstring av grønnalger. Forekomst av børstemark på 1-3 m dyp i indre Viksfjord er ikke undersøkt.

Et tiltak med børstemark er avhengig av innpoding av et stort antall mark tidlig om våren og muligheter for oppdrett av børstemark (med flere arter) til ”utsåing” om våren, ble utredet. Den ønskede arten (*Hediste diversicolor*) har imidlertid en utfordrende rekrutteringsbiologi, som gjør oppdrett krevende både med hensyn til areal og skjøtsel (Heip and Herman 1979, Heacox et al 1983, Bartels-Hardege & Zeeck 1990, Olive et al 1998, Fidalgo e Costa 1999, Batista et al 2003, Nesto et al 2012). Oppdrett av *Hediste* synes ikke å være en praktisk farbar vei.

Andre arter har også vært diskutert for biologisk bekjempelse av grønnalgeveksten i vannsøylen i ålegressengene. Flere arter krepsdyr beiter på grønnalger og økt bestand av disse kan teoretisk redusere grønnalgeoppblomstringen. Men igjen er det nødvendig med realistiske pilotforsøk slike tiltaket kan vurderes. Samtidig er det nødvendig å kjenne artssammensetningen i økosystemet for å gjøre målrettede biologiske tiltak. (Slike undersøkelser ligger utenfor rammen for skjøtelsesmidler som er bevilget til skjøtsel av ålegress i indre Viksfjord).

Konklusjoner og innspill til skjøtelsesplan

Konklusjoner

Ålegress og grønnalger

Ålegressforekomstene i indre Viksfjord (=Varildfjorden) er tidligere kartlagt gjennom det nasjonale naturtypekartleggingsprogrammet og publisert gjennom Naturbase (Miljødirektoratet). Tre A-enger (nasjonalt viktige) er identifisert i Viksfjorden og to av disse er beskrevet som tette, fine enger med kraftige planter. Ålegressforekomsten i Varildfjorden (indre Viksfjord) er beskrevet som en mindre tett eng (flekkvise forekomster) (Figur 5).

Ålegressenger er svært produktive og yter viktige økosystemtjenester som rensing av vannet, oksygenering av vann og sjøbunn og ikke minst som oppvekstområde og spisskammers for mange arter både av både fisk og fugl, med flere arter. Ålegress er av miljømyndighetene satt på listen over utvalgte naturtyper hvor det kan bevilges tilskudd til skjøtselstiltak.

En ny kartlegging av ålegresset sommeren 2012, viste en 100 daa stor tett (75-200 planter pr m²) og høy (plantelengde 70-100 cm) eng med god tetthet av frøbærende blomsterskudd (Figur 8). I tillegg ble det registrert et tilsvarende areal med glissen og flekkvis forekomst av ålegress. Disse registreringene kan brukes som referanse for oppfølgende overvåking. Ålegressenga vokser fra ca 1,5 til 3 m dyp. Grunnere enn 1,5 m vokser det spredte planter og flekkvise forekomster, men danner ikke sammenhengende eng. Flere steder og spesielt på dypere vann satt ålegresset svært løst festet i mudderbunnen og lot seg lett rive opp. Det betyr også at beitende svaner kan ødelegge ålegresset ved at hele planter med røtter rykkes opp når svanene napper i bladene, og at skjøtselstiltak må ta hensyn til dette.

Sammen og i konkurranse med ålegresset, vokste det også store mengder tynne, trådformede grønnalger (*Cladophora* sp.). Disse var festet til bunnen og til ålegresset og dannet en tett vev av grønnalgetråder. De tynne grønnalgene rives lett løs og vokser videre i veven sammenfiltret i ålegresset og ettersom små oksygenbobler fra fotosyntesen fanges i grønnalgeveven, flyter de opp og danner flytende, tette grønnalgematter (lokalt omtalt som «slikk»). I mattene vokser det også mange andre arter som diatoméer og blågrønnalger. Problemet er at under de flytende mattene er det mørkt og uten tilstrekkelig lys lider ålegresset og vil til sist dø. Samtidig vil bunnen få mindre oksygen og råtne. Ut fra de rådene forhold ble ålegressforekomsten karakterisert som truet. Forråtnelse av store grønnalgemengder hver høst medfører en tilleggsbelastning på ålegresset og økosystemet.

Biologisk tilstand

Biologiske undersøkelser gjenstår, men det er utført «stikkprøver» som viser et rikt liv med stimer av brisling, stingsild og tangkutlinger, ørret og ål (i ålegresseng på utsiden av Vikerøybrua), snegl og krepsdyr. Men i bunnprøver var det lite dyr. Store mengder små tomme skall (hjertermusling) viser at disse forekommer, men har kort levetid. Men det er ikke gjort kvantitative undersøkelser med sikte på å bygge en økosystemmodell, og ubalanse i økosystemet kan gi seg utslag i ukontrollert vekst av opportunistiske grønnalger.

Noen typer sedimentlevende børstemark spiser grønnalgesporer og kimstadier og kan holde sedimentflater frie for grønnalgevekst. Men det ble ikke funnet slike mark i prøver tatt på grunne bløtbunnsflater i indre Viksfjord, men i prøver tatt på sør-vestsiden av Vikerøya (utenfor indre Viksfjorden).

I kalde vintere med frost i bakken/sjøbunnen fryser børstemarken ihjel og naturlig rekruttering til grunnområdene skjer om våren. Rekruttering av børstemark til grunnområdene i indre Viksfjord er meget liten og uten mulighet til å bremse oppblomstringen av grønnalger. Et forsøk med børstemark

(*Hediste diversicolor*) viste også at børstemark mistrives og forsvinner fra områder «plaget» med matter av «grønnalgeslikk». Muligheter til oppformering av børstemarken *Hediste* ble utredet, men det viste seg å være lite realistisk. Alternativt er det flere arter av små krepsdyr som beiter på grønnalger som enklere kan oppformerer, og økt bestand av disse kan teoretisk redusere grønnalgeoppblomstringen. Samtidig er det kjent at flere arter av snegl kan bidra til å holde ålegressbladene frie for sjenerende påvekst.

Knoppsvane er en viktig beiter på ålegress, men spiser i liten grad grønnalger. Tette bestander av svaner kan beite ned ålegresset i grunnområder. Sommeren 2012 ble det registrert ca 200 svaner i indre området og i tillegg til å beite på ålegresset vil disse gjennom en 6 måneders sommerperiode tilføre indre Viksfjord lett biotilgjengelig nitrogen og fosfor (hhv. 280 kg og 22 kg).

Bunnkvalitet

Sjøbunnen har varierende fasthet og kvalitet. De grunne områdene består av sand/leire. På noen strender kan en person gå på bunnen, andre steder vil føttene synke dypt. Det vokser lite foruten grønnalger på de grunne flatene, og dyrelivet var svært fattig (kvantitative undersøkelser er ikke utført). Sjøbunnen dypere enn ca 1 m dyp var generelt svært myk med mye mudder. Bunnen på ca 2 m dyp i indre Viksfjord besto av svart mudder som stedvis hadde hvitt belegg av forråtnelsesbakterier og sopp. Det indikerer forråtnelse av organisk materiale (mest sannsynlig algemateriale) som forbruker oksygen og skaper dårlige, oksygenfrie bunnforhold.

Topplaget av bunnsedimentet var næringsrikt. Nitrogeninnholdet var 5-10 ganger høyere i indre Viksfjord sammenliknet med bunnsediment ute i (ytre) Viksfjorden. Fosfatverdiene var også høye på kontrollstasjonen, men nær dobbelt så høye i indre Viksfjord (Tabell 1). Bunnsedimentene var uten miljøgifter med unntak av bunnsediment fra småbåthavna og utenfor gammel fabrikk (Tabell 4).

Vannkvalitet

I 2012 og 2013 er det tatt vannprøver fra ca 2 m dyp i indre Viksfjord, i Kolladjupe og på kontrollstasjon ute i (ytre) Viksfjorden (se kart i Figur 13 og Figur 33). Analysene viser generelt høye næringssaltkonsentrasjoner i indre Viksfjord og Kolladjupe (Figur 14, Figur 15), mens konsentrasjonen i (ytre) Viksfjorden var på nivå med referansemålinger i nasjonal kystovervåking (ØKOKYST-programmet, målestasjon Håøyfjorden, Grenland). Månedlig prøvetaking viste at konsentrasjonene av nitrat og fosfat var lav (tilstandsklasse I), men varierte mye i indre fjordområder sammenliknet med kontrollstasjonen. I mai, juli-august og oktober var fosfatverdiene ca 10 ganger og nitratverdiene 4-5 ganger høyere i indre Viksfjord sammenliknet med kontrollstasjonen ute i (ytre) Viksfjord (Figur 34). Det viser at det er episodiske lokale tilførsler av næringssalter til indre Viksfjord knyttet til nedbør med avrenning fra land og tilførsler via bekker.

Vannsirkulasjon

Resipientkapasiteten i indre Viksfjord er i høy grad avhengig av vannsirkulasjonen og med naturlig oppgrunning av Klåstadrenna (nord-øst av Vikreøya) har vannsirkulasjonen og resipientkapasiteten blitt redusert. Det ble satt opp en numerisk (matematisk) strømodell (ROMS – Regional Ocean Modeling System) med 10 m mellom hvert beregningspunkt horisontalt og med 8 vertikale nivåer i et forsøk på gjenskape sirkulasjonsforholdene i Viksfjorden (Figur 19). Strømmålinger i 2012 og 2013 ble brukt til å kalibrere og validere Viksfjordmodellen. Modellen (og strømmålingene) ga tydelige forskjeller i vannsirkulasjonen mellom høyvanns- og lavvannsperioder, der volumfluksene under brua og på sørsiden av Vikreøya (ved de ytre grenser for vannforekomsten «Viksfjord indre») var omtrent fem ganger høyere ved høyvann enn ved lavvann. Derimot med en 30 m bred og 1 m dyp kanal (utdyping av Klåstadrenna) var vanngjennomstrømmingen på lavvann nær nivåene for høyvann (Figur 22-Figur 25). God overensstemmelse mellom målt strøm og modellert strøm gir stor tiltro til modellberegningene og til videre kanalutredning.

Opptak av grønnalger («slikk»)

Undersøkelser i 2012 viste at mengden grønnalger varierte mye fra prøve til prøve, fra 360 gram til 1,2 kg tørrvekt pr m² (Figur 10), og i våtvekt veide grønnalgemassen opptil 10-12 kilo pr m² (ca 90 % av våtvekten er vann). Høyt vanninnhold er normalt, men viser at det er praktiske problemer knyttet til oppsamling av grønnalger. Sammenliknet med kontrollstasjoner på grunnområdet på sør-vestsiden av Vikerøya, var grønnalgemengden pr m² ca en tiendedel av forekomsten i indre Viksfjord.

Basert på internasjonale erfaringer, ble opptak av grønnalger anbefalt og samtidig med utprøving av metoder, ble kvaliteten til grønnalgemassen undersøkt av hensyn til videre håndtering. Analyser viste at slam/slikk fra indre Viksfjord er godt egnet til jordbruksforbedring. Massene inneholdt høye næringssalt- og sporstoff-verdier og var samtidig frie for farlige bakterier og miljøgifter (Tabell 2, Tabell 3 og Tabell 4).

I 2013 ble det tatt opp ca. 280 tonn våtvekt grønnalger. Opptaksforholdene i 2013 var vanskelige på grunn av mye sønnavind som ført grønnalgemattene inn i fuglereservatet og bort fra opptaksfasilitetene (lenser og gravemaskin) i indre Viksfjord. Opptaket tilsvarer uttak av 300-600 kg nitrogen og 40-70 kg fosfor (usikkerhet er knyttet til vanninnhold).

Avsaltet slam/slikk er testet ut med godt resultat som jordforbedring på Vikerøya. Det viser at opptak av slam/slikk er en «vinn-vinn» situasjon.

Vannforskriften

Det aktuelle området for skjøtsel ligger i vannforekomsten «Viksfjorden indre» (Figur 31). Økologisk tilstanden for vannforekomsten er klassifisert som «dårlig». «Dårlig tilstand» utløser etter Vannforskriften krav til tiltaksutredning og oppfølgende overvåking.

Innspill til skjøtelsesplan

Hensikten med den skjøtelsesplanen som skal settes opp for ålegresset i indre Viksfjord er å få målrettede og prioriterte skjøtselstiltak som leder fram mot målet om en frisk og livskraftig ålegresseng i indre Viksfjord.

Ut fra de undersøkelser Havforskningsinstituttet har utført og erfaringer fra oppsamling av grønnalger i regi av IVIV, anbefaler vi følgende aktiviteter i skjøtelsesplanen:

- Oppsamling/uttak av grønnalger
- Overvåking av tiltakseffekter
- Kanalutredning for økt vannsirkulasjon
- Avbøtende tiltak mot næringssalttilførsler
- Koordinering med tiltak og overvåking etter Vannforskriften

Vannforskriften setter krav til god økologisk tilstand og

- Kunnskapsinnhenting om økosystemet

er et overlappende behov både med hensyn til skjøtsel av ålegressenga og god økologisk tilstand i vannforekomsten «Viksfjorden indre».

Det er sannsynlig at målrettede tiltak må gjennomføres over lang tid. Erfaring fra mange typer av tiltak mot forringet tilstand viser at det tar lang tid å snu et økosystem fra negativ utvikling til synlige, positive resultater. Det anbefales derfor at skjøtelsesplanen har et langsiktig perspektiv.

Oppsamling og uttak av grønnalgebiomasse er nyttig i den forstand at grønnalgene inneholder mye næring som ellers går tilbake til reservoaret i indre Viksfjord. Grønnalgemassen kan samtidig brukes som gjødsel/jordforbedring og er et nyttig produkt. Opptak av grønnalger fjerner matter av grønnalger som ellers skygger for ålegresset. Mer lys ned til ålegresset gir grunnlag for bedre vekst, inkludert vekst av nye grønnalger. Produksjonen av grønnalger er sannsynlig «uendelig» og det må jobbes for kostnadseffektive løsninger som kan drives over lang tid. Opptak av grønnalger må følges opp med årlig overvåking av ålegresset for å sikre at dets tilstand er tilfredsstillende i henhold til målsetningen med skjøtselen.

Overvåking av tiltakseffekter ligger innenfor anvendelse av skjøtselsmidler og det anbefales at tilstanden til ålegresset og av bunnvannet overvåkes årlig. Det foreslås en årlig (sensommer/høst) visuell inspeksjon av ålegressengas tilstand mht til utbredelse, plantetetthet og plantelengde og vannprøver av bunnvannet på dypeste punkt i indre Viksfjord mht oksygen og næringssalter.

Økt vannsirkulasjon vil bedre vannkvaliteten i indre Viksfjord og bedre levevilkårene ikke bare for ålegresset, men for hele systemet inklusiv for fuglereservatet. I det dypeste partiet på 3-4 m i indre Viksfjord, var vann- og bunnkvaliteten dårlig og det lukket H_2S . Bunnen besto av løst mudder uten ålegress. Dykkerinspeksjon viste dårlig tilstand på ålegresset som vokste ned mot dette dypet. Det anbefales en videre utredning av kanalalternativet, en utdyping av Klåstadrenna, med beregninger for å befeste den påviste positive effekten og for dimensjonering av en kanal.

Vannanalyser viser at det kommer store *næringssalttilførsler* i regnfulle perioder, dvs. via avrenning fra land. Tiltak som kantvegetasjon og våtmarksrestaurering (nedre del av Klåstadbekken) bør utredes med sikte på å inngå i skjøtselsplanen for indre Viksfjord.

Kunnskapsbasert forvaltning bygget på økosystemforståelse, er en generell målsetning i moderne naturforvaltning, og står sentralt i spørsmål om naturpleie og tiltak for god økologisk kvalitet. Økologisk ubalanse er diskutert som en medvirkende årsak til overproduksjon av grønnalger og påfølgende dårlige livsforhold for ålegresset. Dette er likevel ikke fulgt opp da slike forhold ligger utenfor rammen for bevilgning av skjøtselsmidler (rydding, pleie, gjerding, hindre spredning). Kunnskapsinnhenting om økosystemet i indre Viksfjord og spesielt utrede balansen mellom ulike funksjonelle artsgrupper i lys av de fysiske og kjemiske rammebetingelser i indre Viksfjord og Viksfjorden-Skagerrak-systemet i litt større perspektiv, er et felles anliggende for kunnskapsbasert skjøtsel og tiltak etter Vannforskriften. Ålegress er et av de biologiske kvalitetselementen som inngår i Vannforskriften.

Kunnskapsbasert skjøtsel av ålegress betyr behov for kunnskap om ålegressengas robusthet, eller sårbarhet, kartlagt gjennom en genetisk undersøkelse av ålegresset. Ålegressets arvemateriale (genomet) er nylig blitt beskrevet og en genetisk «screening» vil si noe om den genetiske variasjonen i enga. Et høyt genetisk mangfold av ålegressplanter viser at enga mottar frø fra andre områder og har høy evne til fornyelse av enga etter negative hendelser. Det gjør ålegressenga robust. I motsatt fall er god skjøtsel viktig for å bevare og styrke ålegressenga.

REFERANSER

- Albretsen J, Sperrevik AK, Staalstrøm A, Sandvik AD, Vikebø F og Asplin L (2011) NorKyst-800 Report No. 1 - User Manual and Technical Descriptions, Fisken og Havet 2/2011, Havforskningsinstituttet, http://www.imr.no/filarkiv/2011/07/fh_2-2011_til_web.pdf/nb-no
- Bartels-Hardege H.D., Zeeck E. 1990. Reproductive behaviour of *Nereis diversicolor* (Annelida: Polychaeta) Marine Biology 106, 409-412 (1990)
- Batista F.M., Fidalgo e Costa P., Ramos A., Passos A.M., Pousão Ferreira P., Cancela da Fonseca L. 2003. Production of the ragworm *Nereis diversicolor* (O. F. Müller, 1776), fed with a diet for gilthead seabream *Sparus auratus* L., 1758: survival, growth, feed utilization and oogenesis. Bol. Inst. Esp. Oceanogr. 19 (1-4). 2003: 447-451.
- Beldring S, Engeland K, Roald LA, Sælthun NR og Voksø A (2003) Estimation of parameters in a distributed precipitation-runoff model for Norway, Hydrology and earth System Sciences, 7(3): 304-316.
- Berge, Bækken, Romstad, Källqvist, Hedlund Corneliusen, Dahl-Hansen (APN), Christensen (APN), Rygg Samlet plan for utslipp til vann fra steinindustrien i Larvik. Del 1: resipientundersøkelser 2006-2008. NIVA-rapport 5834/2009
- Berge D og Källqvist T. 2008. Biotilgjengelighet av fosfor i avrenningen fra Larvikitt-bruddene i Larvik kommune. NIVA-rapport 5621.
- Christie H, Moy FE, Rinde E. 2011. FAGGRUNNLAG FOR ÅLEGRAS (*Zostera marina*) I NORGE. www.xn--miljodirektoratet-oxb.no/old/dirnat/multimedia/49704/Faggrunnlag-for-Alegras-Zostera-marina-i-Norge.pdf
- Direktoratet for naturforvaltning 2010. Handlingsplan for dvergålegras *Zostera noltei*. DN-rapport 2010-1
- Engelsen A, Pihl L. 2008. Grazing effects by *Nereis diversicolor* on development and growth of green algal mats. Journal of Sea Research 59: 228–236
- Eriksson BE, Ljunggren L, Sandström A, Johansson G, Mattila J, Rubach A, Råberg S, Snickars M. 2009. Declines in predatory fish promote bloom-forming macroalgae. Ecological Applications, 19:1975–1988
- EU Life Algae prosjektet. http://www5.o.lst.se/projekt/eulife-algae/ENGELSK/index_eng.htm
- Fidalgo e Costa P. 1999. Reproduction and growth in captivity of the polychaete *Nereis diversicolor* O. F. Müller, 1776, using two different kinds of sediment: Preliminary assays. Bol. Inst. Esp. Oceanogr. 15 (1-4). 1999: 351-355
- Hahn S, Bauer S, Klaassen M, 2008. Quantification of allochthonous nutrient input into freshwater bodies by herbivorous waterbirds. Freshwater Biol. 53:181-193.
- Heacox A. E., Fischer A., Frangenberg H.R. 1983. DEVELOPMENT OF A MEDIUM FOR IN VITRO CULTURE OF OOCYTES FROM THE POLYCHAETE NEREIS VIRENS. IN VITRO Vol. 19, No. 11, 825-832
- Heip C, Herman R. 1979. Production of *Nereis diversicolor* O. F. Müller (Polychaeta) in a Shallow Brackish-water Pond. Estuarine and Coastal Marine Science 8: 297-305
- Knutsen, J. A.; Knutsen, H.; Gjøsaeter, J.; Jonsson, B. (2001). Food of anadromous brown trout at sea. Journal of Fish Biology vol. 59 issue 3 September, 2001. p. 533-543
- Knutsen, J. A.; Knutsen, H.; Olsen, E. M. (2004). Marine feeding of anadromous *Salmo trutta* during winter. Jonsson, B. Journal of Fish Biology vol. 64 issue 1 January 2004. p. 89-99

- Leinaas HP og Christie H. 1991. Innvirkning av olje på strukturerende prosesser i littoralsonen – bløtbunn. NINA forskningsrapport. Barrett RT (red.) Forskningsprogram om biologiske effekter av oljeforurensning. NINA forskningsrapport 17:24-41.
- Lundberg A. 2012. Oppfølging av Handlingsplanen for dvergålegras i Noreg. Årsrapport for 2011.
- Lystad, E. & Larsen, J.F. 1996: Grønnalger på bløtbunn i Ytre Oslofjord. En sonderende undersøkelse. Statlig program for forurensningsovervåking, rapport 672/96:1-29 + appendix
- Macro-Algae Harvesting Program, Delaware. <http://www.dnrec.state.de.us/MacroAlgae/default.shtml>
- Moksnes PO, Gullström M, Tryman K, Baden S (2008) Trophic cascades in a temperate seagrass community. *Oikos* 117:763-777.
- Moy F, Christie H, Alve E, Steen H, 2008. Statusrapport nr. 3 fra Sukkertareprosjektet. SFT-rapport. TA-nummer 2398/2008. NIVA-rapport 5585. 74 s.
- Nesto N., Simonini R., Prevedelli D., Da Ros L. 2012. Effects of diet and density on growth, survival and gametogenesis of *Hediste diversicolor* (O.F. Müller, 1776) (Nereididae, Polychaeta). *Aquaculture* 362–363: 1–9
- Nordström M, Bonsdorff E, Salovius S. 2006. The impact of infauna (*Nereis diversicolor* and *Saduria entomon*) on the redistribution and biomass of macroalgae on marine soft bottoms. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 333: 58– 70
- Olive PJW, Rees SW, Djunaedi A. 1998. Influence of photoperiod and temperature on oocyte growth in the semelparous polychaete *Nereis (Neanthes) virens*. *Mar Ecol Prog Ser* 172:169-183
- Olsen, E. M.; Knutsen, H.; Simonsen, J. H.; Jonsson, B.; Knutsen, J. A.(2006). Seasonal variation in marine growth of sea trout, *Salmo trutta*, in coastal Skagerrak. *Ecology of Freshwater Fish* vol. 15 issue 4 December 2006. p. 446-452
- Pihl L, Baden S, Kautsky N, Rönnbäck P, Söderqvist T, Troell M, Wennhage H. 2006. Shift in fish assemblage structure due to loss of seagrass *Zostera marina* habitats in Sweden. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 67:123-132
- Reistad M, Breivik Ø og Haakenstad H (2007) A high-resolution hindcast study for the North Sea, the Norwegian Sea and the Barents Sea. *Proceedings of the 10th International Workshop on Wave Hindcast and Forecasting and Coastal Hazard Symposium*, p. 13.
- Simonsen & Smith 2011. Forurensningsregnskap for Vestfold. Ask Rådgivning/Norconsult
- Troell M, Pihl L, Rönnbäck P, Wennhage H, Söderqvist T, Kautsky N. 2005. Regime shifts and ecosystem services in Swedish coastal soft bottom habitats: when resilience is undesirable. *Ecology and Society* 10(1): 30. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss1/art30/>
- Turtumøygard m.fl. 2010. Jordbrukets arealavrenning i Vestfold 2008. Bioforsk rapport 2010.