

NIVA-Notat

Ny versjon

Journalnr: 0157/15

Begroingsalger og heterotrof begroing i Haldenvassdraget i 2009/2010 og 2014

Maia Røst Kile, NIVA



Foto: Maia Røst Kile

Innledning

Begroingsalger blir ofte brukt i overvåkingsprosjekter i forbindelse med tilstandsklassifisering fordi de er svært sensitive overfor eutrofiering og forsurening. De er bentiske primærprodusenter, som vil si at de driver fotosyntese fastsittende på elvebunnen. Siden bentiske alger (begroingsalger) er stasjonære, kan de ikke forflytte seg for å unnsnippe periodiske forurensinger. Begroingsalger reagerer derfor også på kortsiktige forurensingsepisoder som er lett å overse med kjemiske målinger. NIVA har utviklet en sensitiv og effektiv metode for å overvåke eutrofiering og forsurening ved hjelp av begroingsalger: Indeksene PIT (periphyton index of trophic status; Schneider & Lindstrøm, 2011) og AIP (acidification index periphyton; Schneider & Lindstrøm, 2009) brukes for å indikere grad av henholdsvis eutrofiering og forsurening.

Heterotrof begroing inkluderer sopp og bakterier, som bruker lett nedbrytbart organisk materiale som energikilde. Heterotrof begroing vokser på elvebunnen eller som epifytter på alger og makrofytter. Ved gunstige næringssituasjoner, som ved utslipp av organisk materiale fra industri, avrenning fra gjødselkjemellere eller ved kloakklekkasjer, kan de vokse raskt og oppnå høy dekningsgrad på kort tid. Bakterier og sopp er derfor svært sensitive overfor organisk belastning. I Norge er det utviklet en heterotrof begroingsindeks (HBI) som brukes for å indikere grad av organisk belastning (Direktoratsgruppa, 2014).

Materialer og metode

Prøvetaking av bentiske alger og heterotrof begroing ble gjennomført 18.-21. august 2014 på 32 stasjoner i Haldenvassdraget (Tabell 1; Figur 1). En tilsvarende undersøkelse ble gjort på 20 sammenfallende stasjoner i 2009/2010 (Tabell 1).

På hver stasjon ble en elvestrekning på ca. 10 meter undersøkt ved bruk av vannkikkert. Det ble tatt prøver av alle makroskopisk synlige bentiske alger, og de ble lagret i separate beholdere (dramsglass). Forekomst av alle makroskopisk synlige elementer ble estimert som 'prosent dekning'. For prøvetaking av mikroskopiske alger ble 10 steiner med diameter 10-20 cm innsamlet fra hver stasjon. Et areal på ca. 8 ganger 8 cm, på oversiden av hver stein, ble børstet med en tannbørste. Det avbørstede materialet ble så blandet med ca. 1 liter vann. Fra blandingen ble det tatt en delprøve som ble konserverert med formaldehyd. Innsamlede prøver ble senere undersøkt i mikroskop, og tettheten av de mikroskopiske algene som ble funnet sammen med de makroskopiske elementene ble estimert som hyppig, vanlig eller sjelden. Metodikken er i tråd med den europeiske normen for prøvetaking og analyse av begroingsalger (EN 15708:2009).

For hver stasjon ble eutrofieringsindeksen PIT (Periphyton Index of Trophic status) beregnet (Schneider & Lindstrøm, 2011). PIT er basert på indikatorverdier for 153 taksa av bentiske alger (ekskludert kiselalger). Utregnede indeksverdier strekker seg over en skala fra 1,87 til 68,91, hvor lave PIT-verdier tilsvarer lave fosforverdier (oligotrofe forhold), mens høye PIT-verdier indikerer høye fosforkonsentrasjoner (eutrofe forhold). For å kunne beregne en sikker indeksverdi, kreves minimum 2 indikatorarter per stasjon.

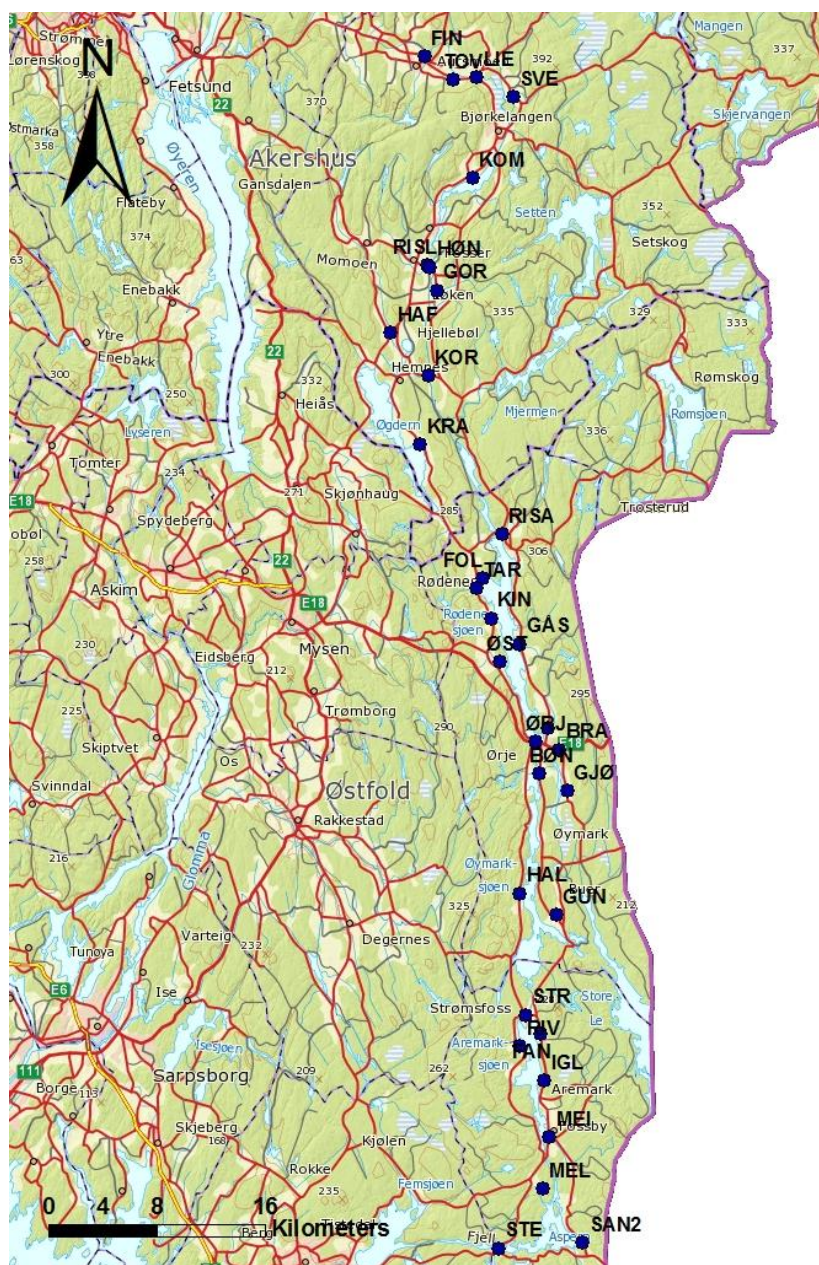
Forsuringsindeksen AIP (Acidification Index Periphyton) ble videre beregnet for hver stasjon (Schneider & Lindstrøm, 2009). AIP er basert på indikatorverdier for tilsammen 108 arter av bentiske alger (kiselalger ekskludert) og blir brukt til å beregne den årlige gjennomsnittsverdien for pH på en gitt lokalitet. Indikatorverdiene strekker seg fra 5,13 – 7,50, hvor lave verdier indikerer sure betingelser, mens høye verdier indikerer nøytrale til lett basiske betingelser. For å kunne beregne en sikker AIP-indeks, må det være minst 3 indikatorarter til stede på hver stasjon.

I tillegg ble hver stasjon klassifisert for organisk belastning ved bruk av HBI, som tar utgangspunkt i et årlig gjennomsnitt av dekningsgrad (prosent dekning) av heterotrof begroing (Direktoratsgruppa, 2014). Dette er et skjønnsmessig system som baserer seg på at tilstanden blir dårligere ved økt dekning av sopp og heterotrofe bakterier. Ved registreringer av f.eks 1-10 % dekningsgrad av heterotrof begroing vil lokaliteten havne i moderat økologisk tilstand, og høyere dekning vil gi dårligere tilstand. Systemet overstyrer klassifisering som blir gjort med utgangspunkt i PIT-indeksen for begroingsalger i de tilfeller hvor HBI fører til dårligere tilstandsklasse enn PIT.

Tabell 1 Undersøkte lokaliteter i Haldenvassdraget 2009/2010 og 2014

Navn Vannforekomst	Id-Vann-nett	Stasjonskode 2014	Stasjonskode 2009/2010	Koordinater		
				UTM-sone	Øst	Nord
Bekkefelt Rødnessjøen	001-211-R	FOL	CHA FOL	32	645318	6608405
Bekkefelt Rødnessjøen	001-211-R	ØST	CHA LUN	32	647132	6602346
Bekkefelt Rødnessjøen	001-211-R	ENG	CHA ENG	32	651116	6597818
Bekkefelt Ara	001-218-R	FAN	CHA FAN	32	652579	6575272
Bekkefelt Ara	001-218-R	IGL	CHA SJU	32	653195	6571888
Bekkefelt Ara	001-218-R	RIV	CHA RIV	32	651169	6574237
Bekkefelt Aurskog	001-224-R	TOV		32	639782	6644834
Bekkefelt Aurskog	001-224-R	FIN	BHA FIN	32	637596	6646378
Bekkefelt Auskog	001-224-R	RISA		32	646424	6611759
Bekkefelt Bjørkelangen	001-217-R	KOM	BHA KOM	32	641881	6637764
Bekkefelt Hemnessjøen	001-9-R	KRA	BHA KRA	32	639858	6617791
Bekkefelt nedstrøms Bjørkelangen	001-215-R	RISL	BHA RIS	32	639163	6631024
Bekkefelt nedstrøms Bjørkelangen	001-215-R	GOR		32	640022	6629246
Bøenselva	001-41-R	BØN	CHA RUD	32	650769	6594402
Gunnengbekken	001-102-R	GUN	CHA GUN	32	652934	6584189
Gåsebybekkene	001-98-R	GÅS	CHA GÅS	32	658486	6603819
Hafsteinelva	001-196-R	KOR		32	639964	6622916
Halvorsrudbekken	001-104-R	HAL	CHA HAL	32	650105	6585502
Hølandselva nedstrøms Bjørkelangen.	001-216-R	HØN	BHA HØN	32	639401	6630936
Kinnbekken	001-96-R	KIN		32	646231	6605510
Korsa	001-197-R	HAF	BHA HAF	32	636907	6625812
Lierelva utløp Bjørkelangensjøen	001-184-R	LIE		32	641556	6645169
Meieribekken	001-48-R	MEI	CHA MEI	32	653925	6567760
Melbyelva	001-43-R	MEL	CHA MEL	32	653798	6563949
Svenskebekken med flere	001-222-R	SVE		32	644343	6643972
Ørjeelva	001-153-R	ØRJ	CHA ØRJ	32	650288	6596718
Braneselva m/Brutjernene	001-13-r	BRA		32	652070	6596330
Bekker til Gjølvsjøen	001-12-r	GJØ		32	652918	6593375
Små bekker til Aspern	001-145-r	SAN2		32	657042	6560209
Stenselva	001-136-r	STE	CHA STE	32	650953	6559267
Strømsfoss - elvestrekning mellom Øymarksjøen og Aremarksjøen	001-152-r	STR		32	651362	6576592
Bekkefelt Rødenessjøen	001-211-r	TAR		32	644885	6607630

I forbindelse med vannforskriften er det fastsatt klassegrenser for PIT-, AIP- og HBI-indeksen. For PIT og AIP avhenger klassegrensene av elvetype, mens HBI er lik uansett elvetype. For PIT-indeksen er Ca-konsentrasjonen avgjørende, mens både Ca- og TOC-konsentrasjonen er avgjørende for AIP-indeksen (Direktoratsgruppa, 2014). PIT-indeksen har vært gjennom en interkalibrerings-prosess, som vil si at klassegrensene er på samme nivå som i andre nord-europeiske land (England, Irland, Sverige og Finland). For bioindikasjon av forsurening ved hjelp av begroingsalger og for organisk belastning basert på heterotrof begroing er det fortsatt ikke gjennomført en tilsvarende prosess, slik at klassegrensene for HBI- og AIP-indeksen per i dag ikke er bindende. Av den grunn er resultatene for forsurening og organisk belastning hovedsakelig fremstilt ved bruk av de absolutte indeksverdiene og ikke normaliserte EQR-verdier.



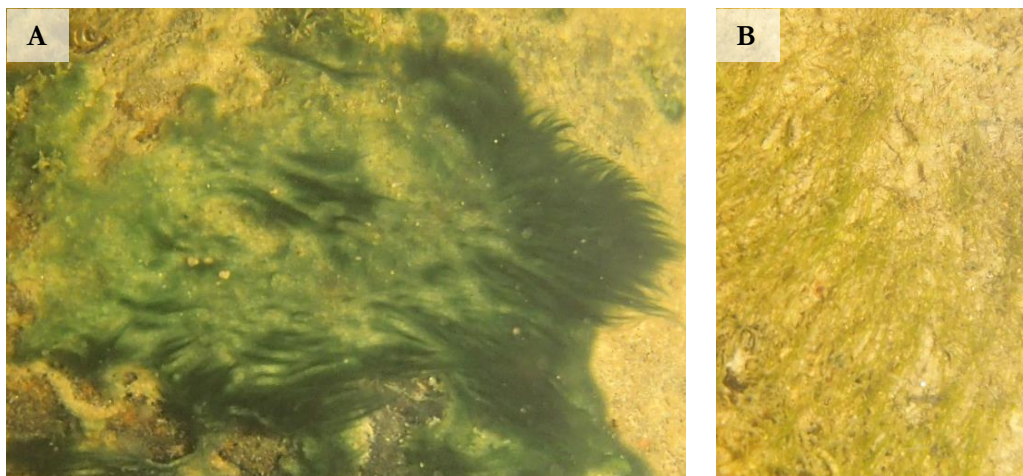
Figur 1 Provetakingstasjonene i Haldenvassdraget 2014.

Resultater

Biologisk mangfold

Det ble registrert fra 4 til 21 ulike taksa av alger (ekskludert kiselalger) på de 32 undersøkte stasjonene i 2014. Artsrikdommen var generelt høyest innen gruppene grønnalger og/eller cyanobakterier på samtlige stasjoner (Appendiks 1).

Til tross for at de fleste av lokalitetene havnet i moderat eller dårlig tilstand (Figur 3), bestod algesamfunnene i større eller mindre grad av en blanding av eutrofe og oligotrofe arter. I all hovedsak dominerte algene som trives i næringsbelastede områder. Dette gjaldt slekten *Phormidium*, som består av flere eutrofe arter. Ulike arter innen denne slekten ble registrert på samtlige av de undersøkte lokalitetene (Figur 2A). Gulgrønnalgen *Vaucheria* sp. trives også i næringsrike vann, og ble registrert makroskopisk på halvparten av lokalitetene (Figur 2B). Videre ble blant annet de eutrofe artene *Oscillatoria limosa*, *Geitlerinema splendendum* og arter innen slektene *Audoninella* og *Tribonema* registrert på flere av lokalitetene. Som allerede nevnt ble det også registrert rentvannsindikatorer i det undersøkte området. Arter innen slektene *Oedogonium* og *Heteroleibleinia* ble blant annet registrert på omtrent halvparten av lokalitetene.



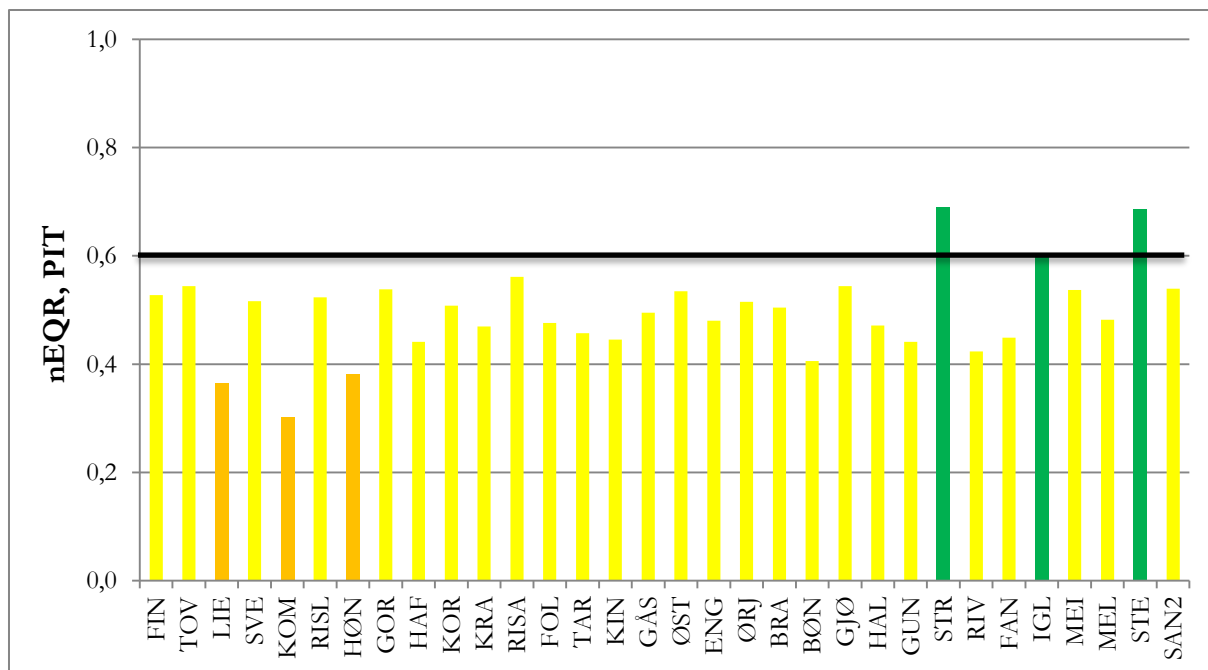
Figur 2 Bilder av **A:** cyanobakterien *Phormidium* spp. og **B:** gulgrønnalgen *Vaucheria* sp. Foto: Maia Røst Kile

Økologisk tilstand

Eutrofiering

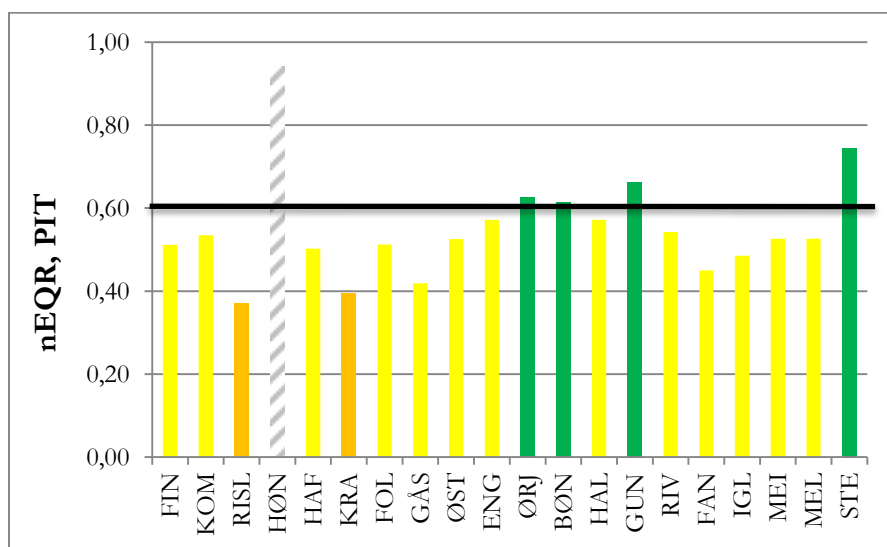
Vannområde Haldenvassdraget er et flatt område dekket av store skog- og jordbruksområder. Det er også et av få vassdrag i Norge som er i dårligst tilstand lengst nord, mens tilstanden bedres lenger sør i vassdraget (Haande m.fl. 2014). Dette skyldes hovedsakelig at innsjøen Bjørkelangen, som ligger nord i vassdraget, mottar avrenning fra jordbruk samt store mengder erosjonspartikler som er rike på fosfor.

Årets resultater viser den samme trenden. Det er dårligst tilstand nord i vassdraget, mens den bedres lenger sør (Figur 3). Av de 32 undersøkte lokalitetene har kun 3 oppnådd miljømålet gitt i vannforskriften. Dette er STR, IGL og STE, og de er alle lokalisert i nedre del av vassdraget og havnet i god økologisk tilstand. De resterende lokalitetene havnet i moderat eller dårlig økologisk tilstand. De 3 lokalitetene som havnet i dårlig tilstand er alle i øvre del av vassdraget, i tilknytning til Bjørkelangen.



Figur 3 Normalisert EQR for eutrofieringsindeksen PIT (Periphyton Index of Trophic status) beregnet for 32 lokaliteter i Haldenvassdraget i 2014, fra FIN i nord til STE og SAN2 i sør. Verdiene angir økologisk tilstand. Grønn = god, gul = moderat og oransje = dårlig tilstand. Den svarte horisontale linjen markerer grensen mellom god og moderat tilstand.

I undersøkelsen NIVA utførte i 2009/2010 kan vi også se den samme trenden ved at de fleste stasjonene havnet i moderat økologisk tilstand, mens to lokaliteter havnet i dårlig tilstand og 4 lokaliteter havnet i god tilstand (Figur 4). Til tross for at det har foregått en del opprydding i spredt avløp i området fra 2010 til i dag kan vi ikke se noen umiddelbar forbedring i økologisk tilstand. Stasjonene som har vært direkte berørt av oppryddingen er FIN, HAF og FOL som ble klassifisert til moderat tilstand i både 2009/2010 og 2014, KOM som ble klassifisert til en dårligere tilstandsklasse i årets undersøkelse i forhold til i 2009/2010, og RISL som er den eneste stasjonen som har gjennomgått en forbedring fra 2009/2010 til 2014. Disse resultatene tyder derfor på at andre faktorer, som f.eks. avrenning fra jordbruk, har større effekt på økologisk tilstand enn spredt avløp i dette området.



Figur 4 Normalisert EQR for eutrofieringsindeksen PIT (Periphyton Index of Trophic status) beregnet for 20 lokaliteter i Haldenvassdraget i 2009/2010, fra FIN i nord til STE i sør. Verdiene angir økologisk tilstand. Grønn = god, gul = moderat og oransje = dårlig tilstand. Skravert grå søyle vil si usikker indeksverdi grunnet få indikatorarter. Den svarte horisontale linjen markerer grensen mellom god og moderat tilstand.

Organisk belastning

På bakgrunn av HBI-indeksen ser det ikke ut til at vannområde Haldenvassdraget har nevneverdige problemer med organisk belastning. I 2014 ble det registrert heterotrof begroing i form av bakterien lammehaler (*Sphaerotilus natans*) og/eller sopp på 23 lokaliteter, men dekningsgraden var mindre enn 1 % på samtlige, og basert på HBI havnet de i god økologisk tilstand. På de resterende 9 stasjonene ble det ikke registrert noe heterotrof begroing, og disse havnet derfor i svært god tilstand. I 2009/2010 ble det registrert mikroskopiske funn av bakterien lammehaler på 5 stasjoner, mens det ikke ble registrert noe heterotrof begroing på de resterende 15 stasjonene. Alle stasjonene havnet derfor i god eller svært god tilstand. Selv om HBI overstyrer PIT-indeksen hvis resultatene gir dårligere tilstand, vil ingen av de undersøkte lokalitetene verken i 2009/2010 eller 2014 endre tilstandsklasse gjennom en samlet vurdering av PIT og HBI (Tabell 2).

Forsuring

AIP-indeksen er ikke interkalibrert med andre nordiske land, og klassegrensene er derfor ikke bindende. Her bruker vi de foreløpige klassegrensene da de likevel vil kunne gi et bilde av forsuringssituasjonen i et vassdrag.

Grensene mellom de ulike tilstandsklassene for forsuring er avhengige av elvetype, som for begroingsalger avgjøres ut fra konsentrasjonen av kalsium (Ca) og totalt organisk karbon (TOC) i vannet.

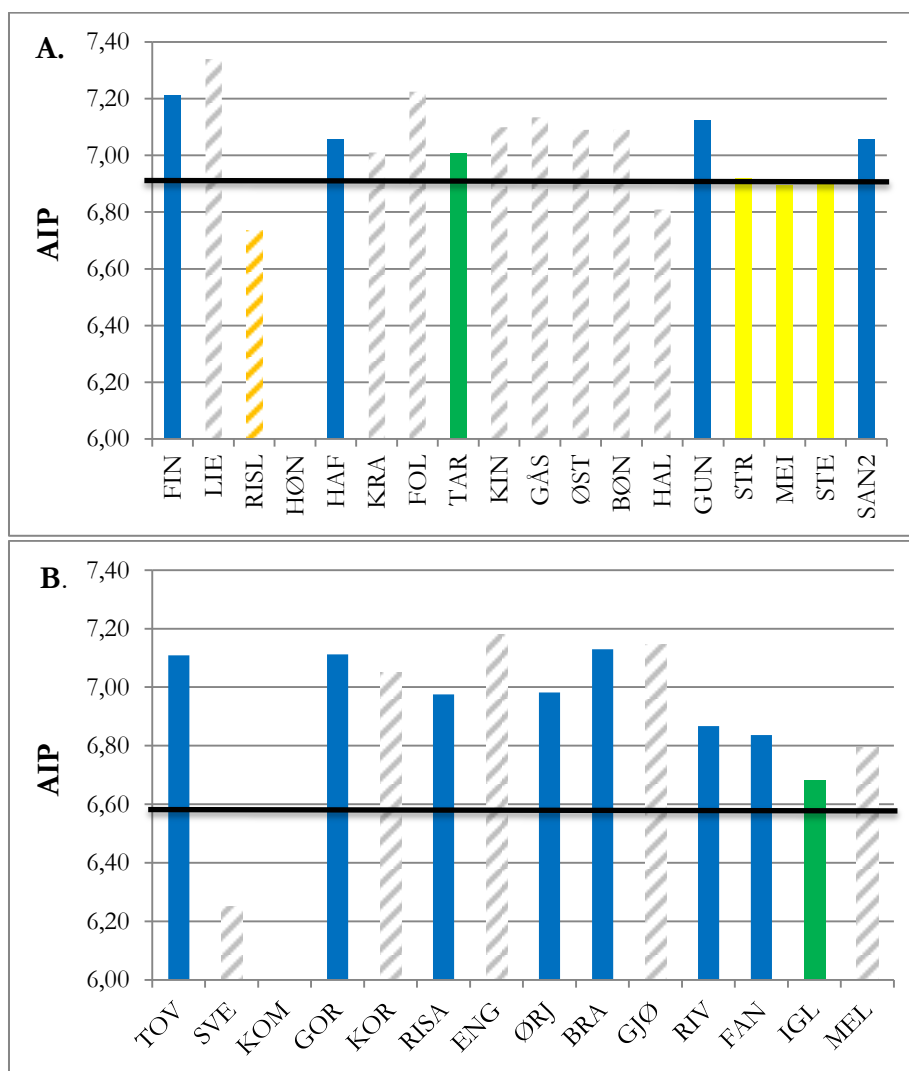
Når Ca-konsentrasjonen er høyere enn 4 mg/l (Ca-klasse 3), er god-moderat grensen for AIP = 6,92, mens grensen mellom god og svært god er AIP = 7,04 og grensen mellom moderat og dårlig tilstand er AIP = 6,80. Resultatene fra 2014 for lokalitetene i denne vanntypen (Ca-klasse 3) er fremstilt i Figur 5A. Her ble 5 av lokalitetene klassifisert til god eller svært god tilstand og har dermed oppnådd miljømålet gitt i vannforskriften. Mens 3 av lokalitetene havnet i moderat tilstand, svært nær grensen til god. Kun én lokalitet ble klassifisert til dårlig økologisk tilstand.

Lokalitetene STE, MEI og STR, som havnet i moderat tilstand, ligger i et område karakterisert av sure bergarter som gneiser av sedimentær opprinnelse. Disse bergartene har lav tålegrense for sur nedbør siden bufferkapasiteten er dårlig. Det faktum at det er noe sur nedbør i område (Larssen *et al.*, 2008) i kombinasjon med bergarter med dårlig bufferkapasitet kan være årsaken til at lokalitetene til en viss grad er forsuringspåvirket.

Lokaliteten RISL havnet i dårlig økologisk tilstand. Avgjørende for klassifiseringen var at det ble registrert mikroskopiske forekomster av grønnalgen *Mougotia a/b*. Dette er en alge som ifølge Direktoratets gruppa (2014) indikerer sure betingelser. Men ut fra vår erfaring og faglige bakgrunn tror vi at indeksverdien satt på denne arten kan være misvisende. Hvis dette ene taksæet blir fjernet fra beregningen av AIP-indeksen vil lokalitetens tilstandsklasse endres fra dårlig til svært god tilstand. Av den grunn anser vi resultatene fra nevnte lokalitet som usikre.

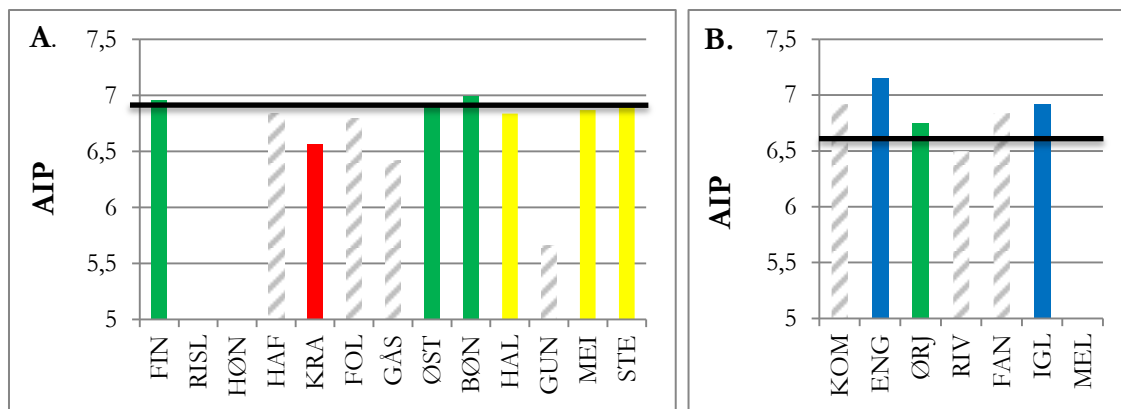
Når Ca-konsentrasjonen er 1-4 mg/l (Ca-klasse 2), er god moderat grensen for AIP = 6,59, mens grensen mellom god og svært god tilstand er AIP = 6,77. Lokalitetene fra 2014 i denne Kalsium-klassen er alle i god eller svært god tilstand og oppnår dermed målet gitt i vannforskriften (Figur 5B).

Det ble ikke registrert noen indikatorarter på to av de undersøkte lokalitetene, så disse kunne ikke tilstandsklassifiseres. I tillegg ble 13 lokaliteter klassifisert på et svært usikkert grunnlag da det kun ble registrert én eller to indikatorarter på disse lokalitetene, mens det kreves et minimum av tre indikatorarter for å få en sikker indeksberegning. Disse er markert med skravert farge i Figur 5.



Figur 5 Forsuringsindeksen AIP (Acidification Index for Periphyton) beregnet for 32 lokaliteter i Haldenvassdraget **A.** 18 lokaliteter i Ca-klasse 3 og **B.** 14 lokaliteter i Ca-klasse 2. Verdiene angir økologisk tilstand. Blå = svært god, grønn = god, gul = moderat og oransje = dårlig tilstand. Skraverte grå søyler vil si usikre indeksverdier grunnet få indikatorarter. Skravert oransje søyle vil si usikre resultater på bakgrunn av ekspertvurderinger. Den svarte horisontale linjen markerer grensen mellom god og moderat tilstand.

I undersøkelsen utført i 2009/2010 havnet 6 lokaliteter i god eller svært god tilstand, mens 3 lokaliteter havnet i moderat og én i svært dårlig økologisk tilstand (Figur 6). De resterende 10 lokalitetene kunne ikke tilstandsklassifiseres med sikkerhet grunnet ingen eller for få registrerte indikatorarter. Ved å sammenligne resultatene fra 2009/2010 med 2014 ser vi en forbedring av økologisk tilstand på lokalitetene FIN og ØRJ, ingen endring på lokalitetene MEI og STE og en forverring av lokaliteten IGL. Resten kan ikke sammenlignes grunnet usikre data i minst én av undersøkelsene. Vi kan dermed konkludere med at forsureningssituasjonen i Haldenvassdraget ikke har endret seg nevneverdig i løpet av de siste fem årene.



Figur 6 Forsuringsindeksen AIP (Acidification Index for Periphyton) beregnet for 20 lokaliteter i Haldenvassdraget **A.** 13 lokaliteter i Ca-klasse 3 og **B.** 7 lokaliteter i Ca-klasse 2. Verdiene angir økologisk tilstand. Blå = svært god, grønn = god, gul = moderat og rød = svært dårlig tilstand. Skraverte grå søyler vil si usikre indeksverdier grunnet få indikatorarter. Den svarte horisontale linjen markerer grensen mellom god og moderat tilstand.

Oppsummering

Med utgangspunkt i eutrofieringsindeksen PIT ble 3 av de 32 undersøkte lokalitetene i 2014 og 4 av de 20 undersøkte lokalitetene i 2009/2010 klassifisert til god tilstand, og oppnådde med dette målet gitt i Vannforskriften (Tabell 2). I både 2014 og 2009/2010 havnet de resterende lokalitetene i moderat eller dårlig økologisk tilstand, hovedsakelig grunnet næringstilførsel via avrenning fra landbruk og/eller avløp. Basert på indeksen for heterotrof begroing, HBI, havnet alle lokalitetene i begge undersøkelsene i god eller svært god tilstand med utgangspunkt i organisk belastning. HBI hadde dermed ingen effekt på den totale vurderingen av HBI og PIT (Tabell 2).

Forsuringsindeksen AIP pekte i retning av at det generelt sett ikke er noe forsuringsproblem i vannområde Haldenvassdraget. De fleste stasjonene havnet i svært god eller god økologisk tilstand og oppnådde med dette miljømålet gitt i vannforskriften (Tabell 2). I begge undersøkelsene havnet tre av lokalitetene derimot i moderat økologisk tilstand (tett opp mot grensen til god tilstand), og i 2009/2010 havnet én lokalitet i svært dårlig tilstand. Dette kan sannsynligvis forklares av en kombinasjon av noe sur nedbør i område samt bergarter med dårlig bufferkapasitet på nevnte lokaliteter. De resterende lokalitetene har usikre indeksverdier eller ingen indeksverdi i det hele tatt grunnet få eller ingen registrerte indikatorarter. Av disse er én lokalitet (RISL 2014) usikker grunnet indeksverdien til en spesifikk indikatorart. Hvis denne arten fjernes i beregningen endres tilstanden fra dårlig til svært god.

Tabell 2 Tilstandsklasser for PIT, HBI og AIP på 32 stasjoner i 2014 og 20 stasjoner i 2009/2010 i Haldenvassdraget. Lys grå = usikker klassifisering grunnet for få indikatorarter og hvit = stasjoner som ikke er blitt undersøkt. AIP klassegrensene er ikke interkalibrert og dermed ikke bindende.

Stasjonskode	Ca-klasse	PIT		HBI		HBI og PIT - en samlet vurdering		AIP	
		2009/2010	2014	2009/2010	2014	2009/2010	2014	2009/2010	2014
FIN	3	Moderat	Moderat	Svært god	God	Moderat	Moderat	God	Svært god
TOV	2		Moderat		God		Moderat		Svært god
LIE	3		Dårlig		Svært god		Dårlig		
SVE	2		Moderat		God		Moderat		
KOM	2	Moderat	Dårlig	God	God	Moderat	Dårlig		
RISL	3	Dårlig	Moderat	God	God	Dårlig	Moderat		Dårlig
HØN	3		Dårlig	Svært god	God		Dårlig		
GOR	2		Moderat		God		Moderat		Svært god
HAF	3	Moderat	Moderat	Svært god	Svært god	Moderat	Moderat		Svært god
KOR	2		Moderat		God		Moderat		
KRA	3	Dårlig	Moderat	Svært god	God	Dårlig	Moderat	Svært dårlig	
RISA	2		Moderat		Svært god		Moderat		Svært god
FOL	3	Moderat	Moderat	God	God	Moderat	Moderat		
TAR	3		Moderat		Svært god		Moderat		God
KIN	3		Moderat		God		Moderat		
GÅS	3	Moderat	Moderat	Svært god	God	Moderat	Moderat		
ØST	3	Moderat	Moderat	Svært god	Svært god	Moderat	Moderat	God	
ENG	2	Moderat	Moderat	Svært god	God	Moderat	Moderat	Svært god	
ØRJ	2	God	Moderat	Svært god	God	God	Moderat	God	Svært god
BRA	2		Moderat		God		Moderat		Svært god
BØN	3	God	Moderat	Svært god	God	God	Moderat	God	
GJØ	2		Moderat		God		Moderat		
HAL	3	Moderat	Moderat	God	God	Moderat	Moderat	Moderat	
GUN	3	God	Moderat	God	Svært god	God	Moderat		Svært god
STR	3		God		Svært god		God		Moderat
RIV	2	Moderat	Moderat	Svært god	God	Moderat	Moderat		Svært god
FAN	2	Moderat	Moderat	Svært god	God	Moderat	Moderat		Svært god
IGL	2	Moderat	God	Svært god	God	Moderat	God	Svært god	God
MEI	3	Moderat	Moderat	Svært god	Svært god	Moderat	Moderat	Moderat	Moderat
MEL	2	Moderat	Moderat	Svært god	God	Moderat	Moderat		
STE	3	God	God	Svært god	Svært god	God	God	Moderat	Moderat
SAN/SAN2	3		Moderat		God		Moderat		Svært god

Litteratur

EN, European Committee for Standardization, 2009. Water quality - Guidance standard for the surveying, sampling and laboratory analysis of phytobenthos in shallow running water. EN 15708:2009.

Direktoratsgruppa m.fl. 2014. Veileder 02:2013 Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktoratets gruppa for gjennomføring av vanndirektivet. 263 s.

Haande, S., Rohrlack, T. & Kyle, M. (2014). Utvikling av vannkvalitet i Haldenvassdraget. Sammenstilling av lange tidsserier (1968-2013). Paleolimnologiske undersøkelser i Bjørkelangen og Hemnessjøen. NIVA-rapport 6652-2014. 45 s.

Larssen, T., Lund, E. & Høgåsen, T. (2008) Overskridelser av tålegrenser for forsuring og nitrogen for Norge – oppdatering med perioden 2002–2006 NIVA-rapport. L.Nr. 5697-2008

Schneider, S. & Lindstrøm, E.-A., 2009: Bioindication in Norwegian rivers using non-diatomaceous benthic algae: The acidification index periphyton (AIP). Ecological Indicators 9: 1206-1211.

Schneider, S. & Lindstrøm, E.-A. (2011): The periphyton index of trophic status PIT: A new eutrophication metric based on non-diatomaceous benthic algae in Nordic rivers. *Hydrobiologia* 665(1): 143-155.

Appendiks 1 Liste over registrerte begroings-elementer fra 32 lokaliteter i Haldenvassdraget 2014. Hyppigheten er angitt som prosent dekning. Organismer som vokser på/blant disse er angitt ved: x=observert, xx=vanlig, xxx=hyppig.

	FIN	GOR	HAF	HØN	KOM	KRA	LIE	RISL	SVE	TOV	BRA	BØN	ENG	FAN	FOL	GJØ	GUN	GÅS	HAL	IGL	KIN	KOR	MEI	MEL	RIS	RIV	SAN2	STE	STR	TAR	ØRJ	ØST
Cyanobakterier																																
Calothrix parietina																												<1				
Chamaesiphon spp.	xxx	x					x																									
Cylindrospermum sp.												<1																				
Dichothrix orsiniana																												<1				
Geitlerinema splendidum			<1									x												xxx	<1		<1					
Heteroleibleinia spp.	xxx	xxx					xx	x	x			x	xx			x					x			x			xx	xx	5			x
Homoeothrix janthina										<1	<1								xxx													
Leptolyngbya batrachosperma																xxx									xxx		xxx					
Leptolyngbya spp.																								<1				<1				
Merismopedia spp.																x													x			
Nostoc spp.									x																							x
Oscillatoria limosa																	xx				xxx							xxx			xx	
Oscillatoria spp.								x		x									xx													
Phormidium autumnale										1						xxx																
Phormidium favosum						xxx			xx							<1													x			<1
Phormidium inundatum	xxx	<1			xx	1	<1	xx	<1	x	xx					xxx			<1		20		5			1		xxx	<1		10	xx
Phormidium retzii	1						<1	<1		5	<1		20	1							1								xxx	<1	2	20
Phormidium spp.		x		x								xx					<1	xx		xx			xxx	xx	xxx		xx	xxx				<1
Phormidium tinctorum			<1																	<1	30					5					xx	
Schizothrix spp.			xx																													
Stigonema mamillosum									x																							
Tolypothrix distorta																								<1								

	FIN	GOR	HAF	HØN	KOM	KRA	LIE	RISL	SVE	TOV	BRA	BØN	ENG	FAN	FOL	GJØ	GUN	GÅS	HAL	IGL	KIN	KOR	MEI	MEL	RIS	RIV	SAN2	STE	STR	TAR	ØRJ	ØST	
Gulgrønnalger																																	
Tribonema regulare					xx	xxx																				x	xxx						
Tribonema vulgare													xx			xx																	
Vaucheria spp.			<1	<1	<1		<1	<1				<1	x		<1		<1	<1				<1	<1	<1	<1	<1	<1			1			
Nedbrytere																																	
Sopp, hyfer uidentifiserte		xx		<1	xxx						xxx	xx		xxx		xxx		<1	<1	xxx				xxx		xxx						xxx	
Sphaerotilus natans	xx	x		x		xxx		x	x	xxx			x		xxx			xxx	xxx		xx	xx				xxx	xx						