

Författare:

Sofia Åström

Uppdragsgivare:

Bohuskustens vattenvårdsförbund

Rapport nr

2010-5

Granskare:

Anna Edman

Granskningsdatum:

2010-01-20

Dnr:

2010/151/204

Version:

1.0

Kjell Wickström

2010-01-29

Hydrografiska mätningar längs Bohuskusten Trender 1990-2009

Sofia Åström

Uppdragstagare SMHI 601 76 Norrköping	Kontaktperson Kjell Wickström 011 – 495 8311 kjell.wickstrom@smhi.se
Uppdragsgivare Bohuskustens vattenvårdsförbund Box 305 451 18 Uddevalla Hemsida: www.bvuf.se	Kontaktperson Pege Schelander 0522-159 80 pege.schelander@bvuf.se info@bvuf.se
Distribution Bohuskustens vattenvårdsförbund	
Klassificering (x) Allmän () Affärssekretess	
Nyckelord BVVF, hydrografi, trendanalys, närsalter, syre, siktdjup, klorofyll <i>a</i> , POC, PON	
Övrigt ISBN: 91-85293-54-7	

1 Sammanfattning

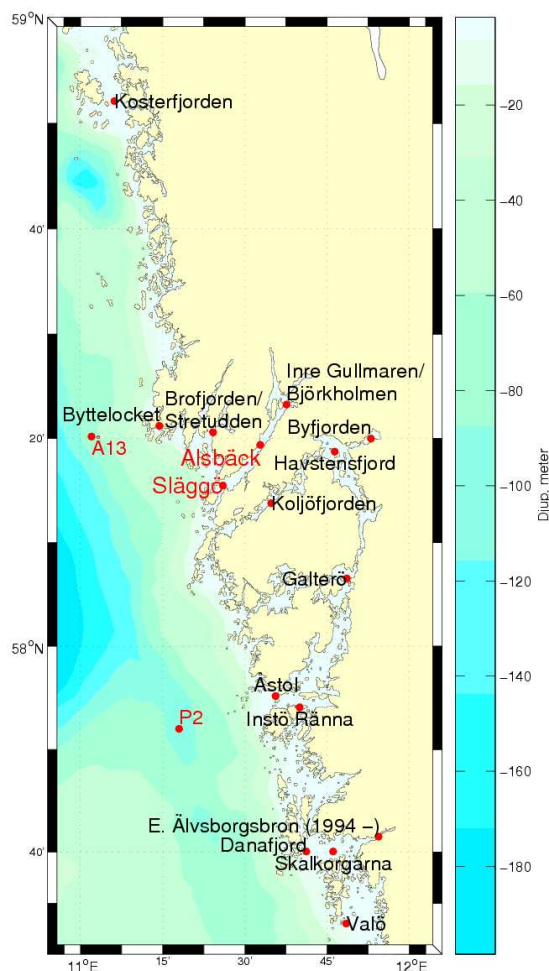
Sedan den förra trendanalysen färdigställdes i början av 2009, har vissa trender ändrats. Resultaten kan sammanfattas i följande punkter:

- Ytvattentemperaturen visar fortfarande en signifikant ökande trend vid samtliga analyserade stationer.
- Halterna av total-kväve och oorganiskt kväve (speciellt ammonium) fortsätter minska i de flesta av de analyserade områdena.
- Den minskande trenden för total-fosfor har avtagit för några stationer, vid Släggö och Byttelocket ökar halterna.
- Endast enstaka spridda trender har påträffats för övriga näringsämnen, klorofyll *a* och siktdjup.
- Syrgashalten i bottenvattnet visar en minskande trend vid P2, Instö Ränna, Havstensfjord, Koljöfjord och Byfjorden. I Byfjorden har bottenvattnet varit helt syrefritt sedan sommaren 2006.
- Vid Alsbäck och Kosterfjorden visar trenden en fortsatt ökning av syrgashalterna i bottenvattnet.
- Partikulärt organiskt kol visar fortfarande signifikant minskande halter längs hela Bohuskusten, undantaget Kosterfjorden. Föregående års svaga trend för minskning av halten partikulärt organiskt kväve finns kvar i Danafjord, men går inte längre att påvisa i Koljöfjord och Brofjorden.

2 Bakgrund

På uppdrag av Bohuskustens vattenvårdsförbund (BVVF) gjorde SMHI år 2004 en sammanställning och utvärdering av de hydrografiska mätningarna längs Bohuskusten, (Ref. 1). Bland annat gjordes analys av trender av näringsämnen, siktdjup, syre, klorofyll *a*, partikulärt organiskt kol och kväve (POC och PON). Dataserierna som då låg till grund för trendutvärderingen sträckte sig från 1990 till en bit in på 2004. Trendutvärderingen har kompletterats och uppdaterats årsvis sedan 2007 (Ref. 2 – Ref. 4). SMHI har fått i uppdrag att uppdatera trendanalysen med data från 2009.

Figur 1 visar en karta över Bohuskusten och positionen av de mätstationer som använts i trendutvärderingen. De metoder som använts visas i Appendix.



Figur 1. Karta över Bohuskusten med mätstationernas läge. Kartan inkluderar även Släggö, Alsbäck, Å13 och P2 som inte ingår i BVVF:s kontrollprogram.

3 Resultat

Tabell 1 till Tabell 4 visar resultaten av trendanalyserna. Nedgående trender markeras med gröna nedåtriktade pilar medan uppgående trender markeras med röda uppåtriktade pilar, förutom för syrgas och siktdjup. Nedgående trender är önskvärda för alla parametrar utom syrgas och siktdjup, eftersom ökat siktdjup eller syrgashalt generellt innebär bättre miljöstatus.

3.1 Trender i temperatur, näringsämnen, klorofyll *a* och siktdjup

Tabell 1 visar en översikt av trender i ytvattnet (0-10 m) av temperatur, kväve, fosfor, silikat, klorofyll *a* och siktdjup beräknade med säsongsmässig Kendall-test.

Tabell 2 visar en översikt av trender i ytvattnet (0-10 m) av temperatur, kväve, fosfor, silikat, klorofyll *a* och siktdjup beräknade med Mann-Kendall-test på dataserier där säsongsmässiga variationer exkluderats.

*Tabell 1. Signifikanta trender i ytvattnet, 0-10 m, beräknade med säsongsmässigt Kendall-test på 10 % signifikansnivå. Pilar markerade med * anger att trenden var signifikant på 10 % nivå, men inte på 5 % nivå. Då ingen signifikant trend har påträffats har rutorna lämnats tomma.*

Station	Mätperiod	Tot-N	NO ₂	NO ₃	NH ₄	DIN	Tot-P	PO ₄	SiO ₃	Klorofyll <i>a</i>	Siktdjup	Temp
E Älvsborgsbron	1994-2009	↓	↓	↓	↓	↓		↓		↑		↑
Skalkorgarna	1990-2009	↓	↓*		↓	↓			↑*			↑
Valö	1990-2009	↓			↓	↓						↑
Danafjord	1990-2009	↓*			↓	↓		↓				↑
Instö Ränna	1990-2009	↓			↓							↑
Åstol	1990-2009	↓*			↓			↓	↑*			↑
Galterö	1990-2009	↓	↓		↓	↓		↓				↑
Byfjorden	1990-2009	↓	↓		↓	↓	↓	↓		↓		↑
Havstensfjord	1990-2009	↓	↓		↓	↓		↓				↑
Koljöfjord	1990-2009	↓	↓	↓	↓	↓				↓*		↑
Släggö	1990-2009	↓	↓		↓	↓	↑			↑*		↑
Inre Gullmarn	1990-2009				↓	↓		↓				↑
Brofjorden	1990-2009	↓	↓*		↓	↓						↑
Byttelocket	1990-2009	↓	↓		↓	↓	↑	↓*				↑
Kosterfjorden	1990-2009						↓	↓				↑

Tabell 2. Signifikanta trender i ytvattnet, 0-10 m, beräknade med Mann-Kendall-test utifrån tidsserier utan säsongsvariation. Pilar markerade med * anger att trenden var signifikant på 10 % nivå, men inte på 5 % signifikansnivå. Då ingen signifikant trend har påträffats har rutorna lämnats tomma.

Station	Mätperiod	Tot-N	NO ₂	NO ₃	NH ₄	DIN	Tot-P	PO ₄	SiO ₃	Kloro- fyll a	Sikt- djup	Temp
E Älvsborgsbron	1994-2009	↓	↓	↓	↓	↓		↓		↑		↑
Skalkorgarna	1990-2009	↓	↓*		↓	↓			↑*			↑
Valö	1990-2009	↓			↓	↓						↑
Danafjord	1990-2009	↓			↓	↓	↓	↓*				↑
Instö Ränna	1990-2009	↓			↓							↑
Åstol	1990-2009	↓*			↓			↓	↑*			↑
Galterö	1990-2009	↓	↓	↓	↓	↓		↓				↑
Byfjorden	1990-2009	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		↓*		↑
Havstensfjord	1990-2009	↓	↓		↓	↓*	↓*	↓*				↑
Koljöfjord	1990-2009	↓	↓	↓	↓	↓						↑
Släggö	1990-2009	↓	↓	↓*	↓	↓	↑					↑
Inre Gullmarn	1990-2009	↓*		↓*	↓	↓		↓				↑
Brofjorden	1990-2009	↓	↓	↓*	↓	↓	↑					↑
Byttelocket	1990-2009	↓	↓	↓*	↓	↓	↑	↓*			↑*	↑
Kosterfjorden	1990-2009							↓*	↑*			↑

3.2 Syrgastrender i bottenvattnet

Syrehalten är oftast lägst under höstmånaderna, eftersom nedbrytningen av biologiskt material förbrukar syrgas. Analys av förändringen av syrgas i bottenvattnet baseras därför på två olika datamängder, dels data från enbart höstmånaderna (augusti-oktober), dels hela årets data. Tabell 3 sammanfattar trendresultaten för båda perioderna tillsammans med den beräknade ändringen i syrgashalt, enligt säsongsmässigt Kendall-test.

Tabell 3. Signifikanta syrgastrender i bottenvattnet, beräknade med säsongsmässigt Kendall-test på 10 % signifikansnivå. Pilar markerade med * anger att trenden var signifikant på 10 % nivå, men inte på 5 % signifikansnivå. Då ingen signifikant trend har påträffats har rutorna lämnats tomma.

Station	Tidsintervall	Trend (helår) syrgas	Höstitrend (aug-okt) syrgas	Förändring per år (ml/l)	
				Helår	Höst
E. Älvsborgsbron	1994-2009				
Skalkorgarna	1990-2009				
Valö	1990-2009				
Danafjord	1990-2009				
Instö Ränna	1990-2009	↓		-0,02	
Åstol	1990-2009				
Galterö	1990-2009				
Byfjorden	1990-2009	↓	↓	-0,17	-0,19
Havstensfjord	1990-2009	↓	↓	-0,008	-0,007
Koljöfjord	1990-2009	↓	↓	-0,10	-0,07
Släggö	1990-2009	↑*		0,02	
Alsbäck	1990-2009	↑	↑	0,03	0,05
Inre Gullmarn	1990-2009				
Brofjorden	1990-2009		↑*		0,03
Byttelocket	1990-2009				
Kosterfjorden	1994-2009	↑	↑*	0,02	0,03
Utsjöstationer:					
Å13	1990-2009				
P2	1990-2009	↓		-0,01	

3.3 POC- och PON-trender

Trender i POC och PON har beräknats med säsongsmässigt Kendall-test och redovisas i Tabell 4.

För de sex stationer inom det aktuella området, där mätningar av POC och PON har skett under en längre period, visas trender beräknade med säsongsmässigt Kendall-test.

Tabell 4. Signifikanta trender i ytvattnet, värden från 0 och 5 m djup, beräknade med säsongsmässigt Kendall-test på 10 % signifikansnivå. Pilar markerade med * anger att trenden var signifikant på 10 % nivå, men inte på 5 % nivå. Tomma rutor anger att trenden var icke-signifikant.

Station	Tidsintervall	POC	PON
Danafjord	1990-2009	↓	↓*
Åstol	1990-2009	↓	↓
Havstensfjord	1990-2009	↓	↓
Koljöfjord	1990-2009	↓	
Brofjorden	1990-2009	↓	
Kosterfjorden	1990-2009		

4 Diskussion

4.1 Trender i temperatur, näringsämnen, klorofyll a och siktdjup

Temperaturen i ytvattnet har under mätperioden ökat signifikant vid samtliga stationer. Det rör sig om ökningarna i storleksordningen 0.03 – 0.09 grader per år. 1991-2009 har varit en period med ökande lufttemperatur (Ref. 5) och åren 2008-2009 var det 1.0 – 2.0 grader varmare än medeltemperaturen under 1961-1990. Denna uppvärmning kan alltså fortsättningsvis även ses i kustvattnet.

Halterna av Tot-N har minskat signifikant under perioden 1990-2009, i så gott som hela kustbandet. Endast i Inre Gullmarn och Kosterfjorden ser man ingen tydligt minskande trend. Föregående års trend har således förstärks. Positivt är att halterna av NO₃ visar på en svagt minskande trend (10 % signifikansnivå) för stationerna Släggö, Inre Gullmarn, Brofjorden och Byttelocket, bortsett från säsongsvariation i data. Antalet stationer med minskande NO₂ halter har blivit fler jämfört med förra årets trendanalys. En tydlig minskning av NH₄ observeras längs hela kustbandet, undantaget Kosterfjorden. Löst DIN minskar vid flertalet av stationerna. Sammanfattningsvis minskar kvävehalterna längs Bohuskusten.

Den minskande trenden för Tot-P som uppvisats i föregående trendanalys har avtagit för Danafjord, Åstol och Kosterfjorden. Vid Släggö och Byttelocket ökar halterna av Tot-P.

Vid Åstol och Skalkorgarna finns en trend av ökande SiO_3 , ingen signifikans på 5 % nivån utan endast på 10 % nivån (Tabell 1 och 2).

Halten klorofyll *a* minskar i Byfjorden medan den ökar vid Älvsborgsbron.

Siktdjupet har ökande trend (större siktdjup) vid Byttelocket för 10 % signifikansnivå men inte på 5 % signifikansnivå, då man bortser från säsongsvariationen i data. Detta är en försvagning av trenden från föregående år, trendanalysen då visade ökande trend vid 5 % signifikansnivå, med och utan säsongsvariation. Siktdjupstrenden som påvisades i Byfjorden, Koljöfjord och Brofjorden år 2008 finns inte kvar i årets analys.

4.2 Syretrender

Syrgashalten i bottenvattnet uppvisar både positiva och negativa trender. Stationerna Alsbäck och Kosterfjorden uppvisar en ökande syrgashalt. Vid mätstationerna Instö Ränna, Byfjorden, Havstensfjord och Koljöfjord, samt utsjöstationen P2 visar trenden att syrgashalten minskar.

Av de stationer som uppvisat minskande syrehalter har Byfjorden sedan våren/sommaren 2006 varit helt syrgasfri och svavelväte har uppmätts. I Havstensfjord och Koljöfjord har låga syrgaskoncentrationer mellan 0 och 2 ml/l förekommit under perioder.

Vid Släggö och i Brofjorden finns en positiv trend för syrgashalten vid 10 % signifikansnivå.

De stora skillnaderna från trendanalysen 2008 är den negativa trenden för syrgashalterna i Havstensfjord samt minskande syrgashalter vid P2, sett på data från hela året.

4.3 POC och PON

Vid samtliga stationer utom Kosterfjorden har signifikanta nedgående trender av POC observerats.

Nedgående trender av PON har observerats vid Åstol och Havstensfjord. I Danafjord, finns en nedgående trend inom 10 % signifikansnivå. I Koljöfjord och Brofjorden finns ingen tydlig trend. Skillnaden jämfört med förra årets trendutvärdering är att den svagt neråtgående trenden av PON i Koljöfjord och Brofjorden inte kan påvisas i denna analys.

5 Referenser

- Referens 1.* Axe P, Andersson L., Håkansson B., Sahlsten E. & Ingemansson A., "Sammanställning och utvärdering av de hydrografiska mätningarna längs Bohuskusten." SMHI Rapport 2004-57
- Referens 2.* Edman A., "Hydrografiska mätningar längs Bohuskusten. Trender 1990-2006." SMHI Rapport 2007-6
- Referens 3.* Gyllenram, W., "Hydrografiska mätningar längs Bohuskusten. Trender 1990-2007." SMHI Rapport 2008-6
- Referens 4.* Lindberg A., "Hydrografiska mätningar längs Bohuskusten. Trender 1990-2008." SMHI Rapport 2009-7
- Referens 5.* "Klimat i förändring. En jämförelse av temperatur och nederbörd 1991-2005 med 1961-1990" Faktablad nr 29. SMHI. Oktober 2006.
- Referens 6.* Hirsch R.M., Slack J. & Smith R., "Techniques of trend analysis for monthly water quality data", Water Resources Research, Vol 18, nr 1, pp 107-121, February 1982

6 Appendix

6.1 Dataunderlag för trendutvärdering

Provtagning längs Bohuskusten utförs regelbundet enligt ett fastställt kontrollprogram. Kartan i Figur 1 visar vilka mätstationer som ingår i kontrollprogrammet. Vid alla stationer sker provtagning på standarddjup från ytan till botten, utom vid Alsbäck där mätningar endast utförs från 50 meter ned till botten.

I trendanalysen har huvudsakligen data från 1990-2009 använts, men med ett par undantag. Stationen Älvsborgsbron lades ner 1994 och ersattes med E Älvsborgsbron längre österut, vilket gör att trendanalyserna på denna station grundar sig på dataserier från 1994-2009. Dessutom saknas mätningar från bottenvattnet i Kosterfjorden före 1994, vilket gör att syreutvärderingen för denna station bygger på data från 1994-2009.

De parametrar som utvärderats är:

- Temperatur
- Näringsämnen kväve, fosfor och kisel i form av:
 - Oorganiskt kväve (DIN), bestående av summan av fraktionerna nitrit (NO_2), nitrat (NO_3) och ammonium (NH_4)
 - Oorganiskt fosfor (Fosfat, PO_4)
 - Oorganiskt kisel (Silikat, SiO_3)
 - Oorganiskt + organiskt kväve (Tot-N)
 - Oorganiskt + organiskt fosfor (Tot-P)
- Siktdjup
- Klorofyll *a*
- Partikulärt organiskt kol och kväve (POC och PON)
- Syre (O_2)

6.2 Metoder för trendutvärdering

För att undersöka om det finns en trend i en dataserie har två olika typer av trendanalyser gjorts på materialet, linjär regression och en icke-parametrisk metod (säsongsmässigt Kendall-test).

Säsongsmässigt Kendall-test, som är en modifierad form av Mann-Kendall-test, används ofta för att undersöka trender hos t.ex. månadsvisa vattenkvalitetsdata. Detta eftersom testet fungerar bra på att hantera data som varierar under året, olika typer av datafördelningar, luckor i dataserien och avvikande datapunkter.

Linjär regression är mer känslig för t.ex. avvikande värden. Som jämförelse till säsongsmässigt Kendall-test har linjär regression genomförts på dataserier där den säsongsmässiga variationen först tagits bort, s.k. normalisering. Från varje serie har

årsmedelcykeln subtraherats, d.v.s. från alla januaridata subtraherades januari-medelvärdet osv.

I trendanalys med säsongsmässigt Kendall-test beräknas signifikans av trenderna, d.v.s. hur säker en trend är. I denna utredning har trender på 10 % signifikansnivå och 5 % signifikansnivå studerats, vilket betyder att det är mindre än 10 % respektive 5 % sannolikhet att identifierade trender är ett resultat av slumpen. Trender med 5 % signifikansnivå är alltså en ”säkrare” trend.

Ytterligare information om Mann-Kendall-test och säsongsmässigt Kendall-test ges i Ref. 6.