

Författare:

Amund E. B. Lindberg

Uppdragsgivare:

Bohuskustens vattenvårdsförbund

Rapport nr

2009-7

Granskare:

Pia Andersson

Granskningsdatum:

2009-02-12

Dnr:

2002/1445/204

Version:

1.0

Hydrografiska mätningar längs Bohuskusten Trender 1990-2008

Amund E. B. Lindberg

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	

1 Sammanfattning

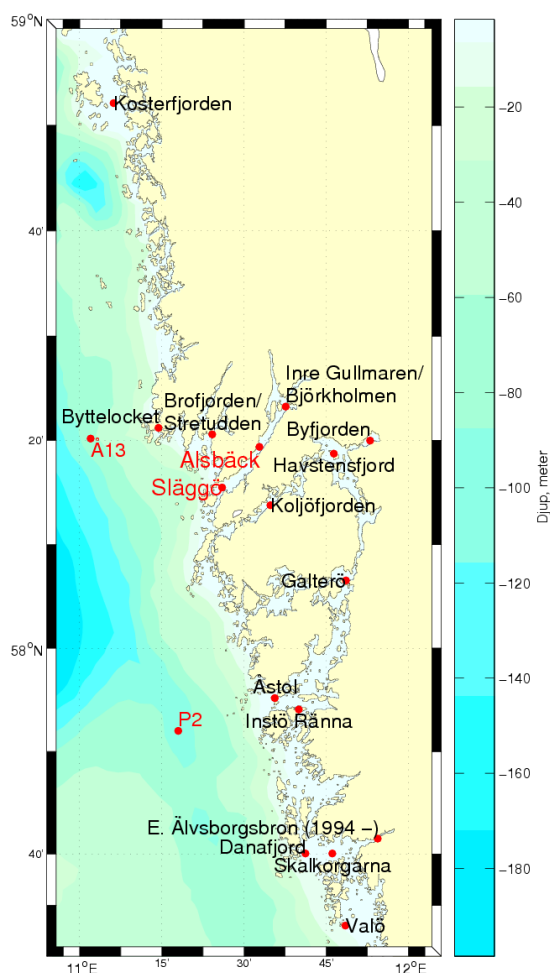
Sedan den förra trendanalysen färdigställdes i början av 2008, har vissa trender ändrats. Resultaten kan sammanfattas i följande punkter:

- Ytvattentemperaturen visar nu en ökande trend även vid Kosterfjorden och Skalkorgarna. Således finns en signifikant trend av ökande temperatur vid samtliga analyserade stationer.
- Halterna av total-kväve och oorganiskt kväve (speciellt ammonium), minskar i de flesta av de analyserade områdena.
- Nitrit och fosfat fortsätter att minska vid många stationer.
- Endast enstaka spridda trender har påträffats för övriga näringsämnen, klorofyll *a* och siktdjup.
- Syrgashalten i bottenvattnet visar en minskande trend vid Instö Ränna, Byfjorden och Koljöfjorden. De två sistnämnda områdenas bottenvatten har varit helt syrgasfria sedan sommaren 2006.
- Vid Alsbäck och Kosterfjorden visar trenden en höjning av syrgashalterna i bottenvattnet.
- Partikulärt organiskt kol visar fortfarande signifikant minskande halter längs hela Bohuskusten, undantaget Kosterfjorden. Trenden för minskning av halten partikulärt organiskt kväve är något svagare än tidigare analys för Danafjord, 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 kompletterades och uppdaterades i januari 2007 (Ref. 2) och sedan i januari 2008 (Ref. 3). SMHI har fått i uppdrag att uppdatera trendanalysen med data från 2008.

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



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>	Sikt-djup	Temp
E Älvsborgsbron	1994-2008	↓	↓	↓	↓	↓	-	-	↓*	↑*	-	↑
Skalkorgarna	1990-2008	↓*	-	-	↓	↓*	-	-	-	-	-	↑*
Valö	1990-2008	↓*	-	-	↓	↓	-	-	-	-	-	↑
Danafjord	1990-2008	-	-	-	↓	-	↓	↓	-	-	-	↑
Instö Ränna	1990-2008	↓	-	-	↓	-			-	-	-	↑
Åstol	1990-2008	-	-	-	↓	-	↓*	↓	-	-	-	↑
Galterö	1990-2008	↓	-	-	↓	↓		↓	-	-		↑
Byfjorden	1990-2008	↓	↓	-	↓	↓	↓	↓	↑*	↓	↑*	↑
Havstensfjord	1990-2008	↓	↓	-	↓	-	-	↓*	↑*	-	-	↑
Koljöfjord	1990-2008	↓	↓	↓*	↓	↓	-	-	-	↓	↑*	↑
Släggö	1990-2008	↓	↓	-	↓	↓	↑	-	-	↑*	-	↑
Inre Gullmarn	1990-2008	-	-	-	↓	↓*		↓	-	-	-	↑
Brofjorden	1990-2008	↓*	-	-	↓	↓		↓*	-	-	↑*	↑
Byttelocket	1990-2008	↓	-	-	↓	↓	↑*	-	-	-	↑	↑
Kosterfjorden	1990-2008	-	↑	-	-	↑*	↓	↓*	-	-	-	↑

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	Klorofyll <i>a</i>	Sikt-djup	Temp
E Älvsborgsbron	1994-2008	↓	↓	↓	↓	↓	-	-	-	↑*	-	↑
Skalkorgarna	1990-2008	↓	↓*	-	↓	-	-	-	↑*	-	↓*	↑
Valö	1990-2008	↓	-	-	↓	↓	-	-	-	-	-	↑
Danafjord	1990-2008	↓	-	-	↓	-	↓	↓	-	-	-	↑
Instö Ränna	1990-2008	↓	-	-	↓	-	-	-	-	-	-	↑
Åstol	1990-2008	-	-	-	↓	-	↓	↓	-	-	-	↑
Galterö	1990-2008	↓	↓*	-	↓	↓	-	↓	-	-	-	↑
Byfjorden	1990-2008	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	-	↓*	-	↑
Havstensfjord	1990-2008	↓	↓	-	↓*	-	-	-	↑	-	-	↑
Koljöfjord	1990-2008	↓	↓	↓	-	↓	-	-	-	↓*	-	↑
Släggö	1990-2008	↓	↓	-	↓	↓	↑	-	-	-	-	↑
Inre Gullmarn	1990-2008	-	-	-	↓	↓	-	↓	-	-	-	↑
Brofjorden	1990-2008	↓	-	-	↓	↓	-	-	-	-	-	↑
Byttelocket	1990-2008	↓	↓*	-	↓	↓	-	↓*	-	-	↑	↑
Kosterfjorden	1990-2008	-	-	-	-	-	↓	-	-	-	-	↑

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. Ävsborgsbron	1994-2008	-	-	-	-
Skalkorgarna	1990-2008	-	↓*	-	-0.05
Valö	1990-2008	-	-	-	-
Danafjord	1990-2008	-	-	-	-
Instö Ränna	1990-2008	↓	-	-0.02	-
Åstol	1990-2008	-	-		-
Galterö	1990-2008	-	-		-
Byfjorden	1990-2008	↓	↓	-0.20	-0.23
Havstensfjord	1990-2008	-	-		-
Koljöfjord	1990-2008	↓	↓	-0.11	-0.10
Släggö	1990-2008	↑	-	0.02	-
Alsbäck	1990-2008	↑	↑	0.02	0.04
Inre Gullmarn	1990-2008	-	-	-	-
Brofjorden	1990-2008	-	-	-	-
Byttelocket	1990-2008	-	-	-	-
Kosterfjorden	1994-2008	↑	↑*	0,01	0.01
Utsjöstationer:					
Å13	1990-2008	-	-	-	-
P2	1990-2008	-	-	-	-

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	1990-2008	↓	↓*
Åstol	1990-2008	↓	↓
Havstensfjord	1990-2008	↓	↓
Koljöfjord	1990-2008	↓	↓*
Brofjorden	1990-2008	↓	↓*
Kosterfjorden	1990-2008	-	-

4 Diskussion

4.1 Trender i temperatur, näringsämnen, klorofyll a och siktdjup

De trender som tagits fram i denna utredning skiljer sig på några punkter från de trender som beräknades på data t.o.m. 2007. Vissa positiva trender från 2007 har försvagats och några trender har till och med blivit nedåtgående.

Temperaturen i ytvattnet har under mätperioden ökat signifikant vid samtliga stationer förutom Skalkorgarna. Föregående års trend har således förstärkts samt även Kosterfjorden uppvisade en signifikant högre temperatur under 2008. Vid mätstationen i Skalkorgarna är temperaturen signifikant högre i Mann-Kendall-test utan säsongsvariation. I Kendall-testet med säsongsvariation är ökningen endast signifikant inom 90 % konfidensintervallet. För samtliga stationer rör det sig om öknings i storleksordningen 0.04 – 0.08 °C per år. 2006 gjorde SMHI en jämförelse med uppmätt lufttemperatur mellan perioderna 1991-2005 och 1961-1990 (Ref. 4) vilken visade att det i medel hade blivit 0.8 – 0.9 °C varmare vid Bohuskusten över hela året. Under 2007 och 2008 var lufttemperaturen 1.8 respektive 2.0 °C varmare än medeltemperaturen under 1961-1990. Denna uppvärmning kan alltså till viss del även ses i kustvattnet.

Därmed har vattentemperaturen ökat signifikant vid samtliga stationer, vilket är en mer tydlig signal mellan lufttemperaturen och vattentemperaturen jämfört med föregående trendanalys.

Halterna av totalkväve, Tot-N, har minskat signifikant under perioden 1990-2008, i så gott som hela kustbandet. I Danafjorden, Åstol, Inre Gullmaren och Kosterfjord finns det dock ingen tydlig minskande trend. Positivt är att en tydlig minskning av ammonium, NH_4 , har observerats längs hela Bohuskusten, med undantag från Koljöfjord och Kosterfjord. Minskningen av nitrit, NO_2 , fortsätter i samma områden som under 2007. Endast vid E. Älvsborgsbron fortsätter det att vara en nedgående trend av nitrat, NO_3 .

Föregående trendanalys visade signifikant minskade halter av totalfosfor, Tot-P, för ett flertal av stationerna i de södra delarna och trendanalysen visar en fortsatt av minskning av Tot-P halter Danafjord, Åstol, Byfjorden och Kosterfjorden. Antalet stationer med minskande Tot-P är några färre än i den förra trendanalysen. Flera av de nedgående trender av Tot-P och fosfat, PO_4 , halter som syntes i föregående analys, har således minskat i styrka. Vid Släggö är trenden oförändrad och visar på en fortsatt förhöjning av Tot-P.

Löst organiskt kväve¹, DIN är minskande vid ett flertal av stationerna. I Havstensfjorden finns en trend av ökande silikat, SiO_3 , i övrigt är SiO_3 mycket varierande och inga trender finns, se Tabell 1.

Halten klorofyll *a* fortsätter att minska i Byfjorden och Koljöfjorden. Vid E. Älvsborgsbron finns en uppgående trend, signifikant på 10 % nivå, men inte på 5 % signifikansnivå, detta både i i Mann-Kendall-test utan säsongsvariation och i säsongsmässigt Kendall-test.

Siktdjupet fortsätter att bli bättre (uppgående trend) vid Byttelocket. Vid Skalkorgarna finns det försämring/minskning i siktdjup vid 10% signifikantsnivå men inte på 5 % signifikansnivå, då man bortser från säsongsvariationen i data.

4.2 Syretrender

Syrgashalten i bottenvattnet visar både positiva och negativa trender. Stationerna Alsbäck och Kosterfjorden uppvisar en ökande syrgashalt. Vid mätstationerna Instö Ränna, Byfjorden och Koljöfjorden visar trenden att syrgashalten minskar. Av de stationer som uppvisat minskande syrehalter har Byfjorden och Koljöfjorden sedan våren/sommaren 2006 varit helt syrgasfria och svavelväte har uppmätts. I Havstensfjorden har låga syrgaskoncentrationer mellan 2 och 0 ml/l förekommit under perioder.

Jämfört med trendanalysen för 2007, finns det återigen en trend som visar på en förbättring av syrgassituationen vid Alsbäck. Vid analysen för helår visar även Släggö och Kosterfjorden uppgående trender, dock är dessa trender inte signifikanta under hösten.

¹ DIN, dissolved inorganic nitrogen, summan av nitrit, nitrat och ammonium.

Den positiva trend som syntes i syrgashalterna vid E. Älvsborgsbron i den förra analysen, finns ej längre.

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, Koljöfjord och Brofjorden finns en nedgående trend inom 10 % signifikansnivå. Skillnaden jämfört med förra årets trendutvärdering är den något svagare nedgående trenden av PON i Danafjord och Koljöfjorden. I Brofjorden fanns i analysen 2007 ingen nedgående trend, vilket kan påvisas i denna analys. I Kosterfjorden finns fortfarande inga signifikanta trender för PON.

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.* ”Klimat i förändring. En jämförelse av temperatur och nederbörd 1991-2005
med 1961-1990” Faktblad nr 29. SMHI. Oktober 2006.
- Referens 5.* 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 1990-2008 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 1994-2008. Dessutom saknas mätningar från bottenvattnet i Kosterfjorden före 1994, vilket gör att syreutvärderingen för denna station bygger på data från 1994-2008.

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 studerats, vilket betyder att det är mindre än 10 % sannolikhet att identifierade trender är ett resultat av slumpen.

Ytterligare information om Mann-Kendall-test och säsongsmässigt Kendall-test ges i Ref. 4.