

Författare:  
Walter Gyllenram  
Granskare:  
Anna Edman

Uppdragsgivare:  
Bohuskustens vattenvårdsförbund  
Granskningsdatum:  
2008-01-23  
Dnr:  
2002/1445/204

Rapport nr  
2008-6  
Version:  
1.0

# Hydrografiska mätningar längs Bohuskusten Trender 1990-2007

Walter Gyllenram

Uppdragstagare SMHI 601 76 Norrköping	Kontaktperson Kjell Wickström 011 – 495 8311 <a href="mailto:kjell.wickstrom@smhi.se">kjell.wickstrom@smhi.se</a>
Uppdragsgivare Bohuskustens vattenvårdsförbund Box 305 451 18 Uddevalla Hemsida: <a href="http://www.bvuf.se">www.bvuf.se</a>	Kontaktperson Pege Schelander 0522-159 80 <a href="mailto:pege.schelander@bvuf.se">pege.schelander@bvuf.se</a> <a href="mailto:info@bvuf.se">info@bvuf.se</a>
Distribution Bohuskustens vattenvårdsförbund	
Klassificering (x) Allmän ( ) Affärssekretess	
Nyckelord BVVF, hydrografi, trendanalys, närsalter, syre, siktdjup, klorofyll <i>a</i> , POC, PON	
Övrigt ISBN: 91-85293-35-0	

## 1 Sammanfattning

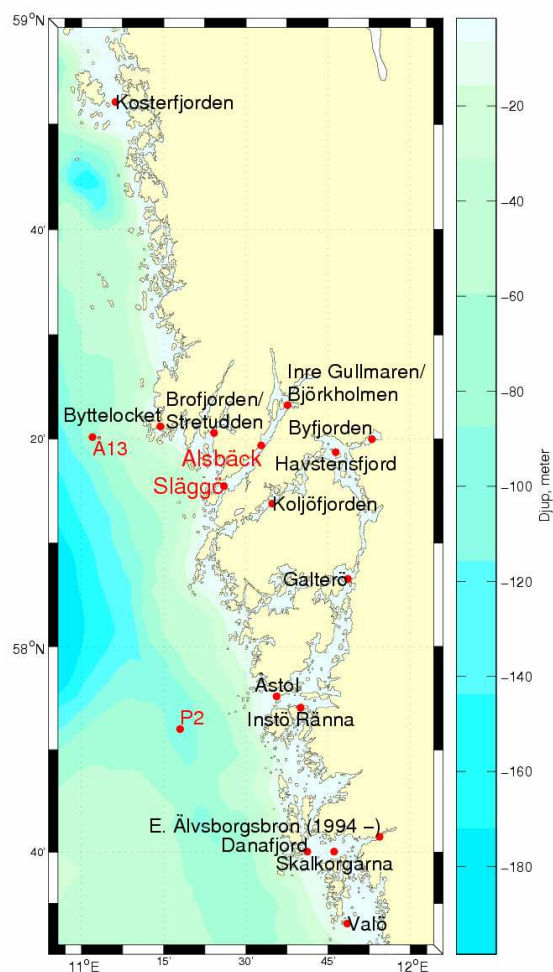
År 2004 gjorde SMHI en trendutvärdering av hydrografiska parametrar längs Bohuskusten, baserat på data från 1990-2004 (Ref. 1). Trendutvärderingen kompletterades och uppdaterades i januari 2007 (Ref. 2). I denna rapport uppdateras trendutvärderingen med data från de senaste mätningarna. Resultaten kan sammanfattas i följande punkter:

- Ytvattentemperaturen visar nu en ökande trend även vid Valö, Danafjord, Instö Ränna och Åstol. Kosterfjorden och Skalkorgarna är därmed de enda mätstationerna där ytvattentemperaturen inte visar en ökande trend.
- Halterna av total-kväve, oorganiskt kväve (speciellt ammonium), total-fosfor och oorganisk fosfor ser fortfarande ut att minska i de flesta områden.
- Endast enstaka spridda trender har påträffats för övriga näringsämnen, klorofyll *a* och siktdjup.
- Syrehalten i bottenvattnet visar en minskande trend vid Skalkorgarna, Valö, Danafjord, Åstol, Byfjorden, Havstensfjord och Koljöfjorden.
- Syrehalten i bottenvattnet visar en ökande trend vid Alsbäck och E Älvsborgsbron.
- Både partikulärt organiskt kol och partikulärt organiskt kväve visar fortfarande signifikant minskande trender längs hela Bohuskusten, undantaget Kosterfjorden.

## 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*, 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) med resterande data från 2004, samt med data från 2005-2006. Eftersom mätningarna fortgått har SMHI fått i uppdrag att uppdatera trendanalysen med data från 2007.

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 – Tabell 4 visar resultaten av trendanalyserna. Minskande trender markeras med gröna nedåtriktade pilar medan ökande trender markeras med röda uppåtriktade pilar. Observera att minskande trender är önskvärda för alla parametrar utom syre och siktdjup. Ökat siktdjup eller ökad syrehalt innebär bättre miljöstatus.

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

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

Tabell 2 visar 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 <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	DIN	Tot-P	PO <sub>4</sub>	SiO <sub>3</sub>	Klorofyll <i>a</i>	Sikt-djup	Temp
E Älvsborgsbron	1994-2007	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓*		↑*		↑
Skalkorgarna	1990-2007	↓*			↓		↓	↓*				
Valö	1990-2007	↓*			↓	↓	↓	↓				↑*
Danafjord	1990-2007				↓	↓*	↓	↓				↑*
Instö Ränna	1990-2007	↓			↓		↓	↓				↑
Åstol	1990-2007	↓*			↓		↓	↓				↑
Galterö	1990-2007	↓	↓*		↓	↓	↓	↓				↑
Byfjorden	1990-2007	↓	↓		↓	↓	↓	↓	↑*	↓		↑
Havstensfjord	1990-2007	↓	↓		↓							↑
Koljöfjord	1990-2007	↓	↓		↓	↓*				↓		↑
Släggö	1990-2007	↓	↓	↓*	↓	↓	↑*					↑
Inre Gullmarn	1990-2007				↓			↓				↑
Brofjorden	1990-2007	↓			↓	↓		↓*				↑
Byttelocket	1990-2007	↓	↓*		↓	↓		↓				↑
Kosterfjorden	1990-2007					↑*	↓	↓				

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 <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	DIN	Tot-P	PO <sub>4</sub>	SiO <sub>3</sub>	Kloro- fyll a	Sikt- djup	Temp
E Älvsborgsbron	1994-2007	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓*		↑		↑
Skalkorgarna	1990-2007	↓*	↓*		↓		↓				↓	
Valö	1990-2007	↓			↓	↓	↓	↓*				↑*
Danafjord	1990-2007	↓			↓	↓*	↓	↓				↑*
Instö Ränna	1990-2007	↓			↓		↓	↓				↑
Åstol	1990-2007	↓*	↓*		↓		↓	↓				↑
Galterö	1990-2007	↓	↓		↓	↓*	↓	↓				↑
Byfjorden	1990-2007	↓	↓		↓	↓	↓			↓*		↑
Havstensfjord	1990-2007	↓	↓		↓*							↑
Koljöfjord	1990-2007	↓	↓							↓		↑
Släggö	1990-2007	↓	↓		↓	↓	↑*					↑
Inre Gullmarn	1990-2007				↓			↓				↑
Brofjorden	1990-2007	↓*	↓		↓	↓						↑
Byttelocket	1990-2007	↓	↓		↓	↓		↓			↑	↑
Kosterfjorden	1990-2007						↓	↓				

### 3.2 Syretrender i bottenvattnet

Syrehalten är oftast lägst under höstmånaderna. Uppskattningarna av förändringen av syre i bottenvattnet baseras därför på två olika datamängder, dels data från enbart höstmånaderna (augusti-oktober), dels hela årens data. Tabell 3 sammanfattar trendresultaten för båda perioderna tillsammans med den beräknade medelförändringen i syrehalt, enligt säsongsmässigt Kendall-test.

Tabell 3. Signifikanta syretrender 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)	Höstitrend (aug-okt)	Medeländring (ml/l per år)	
				Helår	Höst
E. Ävsborgsbron	1994-2007	▲*	▲*	0.02	0.03
Skalkorgarna	1990-2007		▼*		-0.05
Valö	1990-2007	▼*		-0.02	
Danafjord	1990-2007	▼		-0.01	
Instö Ränna	1990-2007				
Åstol	1990-2007	▼*		-0.01	
Galterö	1990-2007				
Byfjorden	1990-2007	▼	▼	-0.23	-0.29
Havstensfjord	1990-2007	▼		-0.01	
Koljöfjord	1990-2007	▼	▼	-0.09	-0.07
Släggö	1990-2007				
Alsbäck	1990-2007	▲*		0.02	
Inre Gullmarn	1990-2007				
Brofjorden	1990-2007				
Byttelocket	1990-2007				
Kosterfjorden	1994-2007				
<b>Utsjöstationer:</b>					
Å13	1990-2007				
P2	1990-2007		▼		-0.04

### 3.3 POC- och PON-trender

Trender i POC och PON har beräknats med säsongsmässigt Kendall-test och redovisas i Tabell 4, för de 6 stationer där mätningar skett under en längre period.

Tabell 4. Signifikanta trender i ytvattnet, värden från 0 m 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. I befintligt kontrollprogram mäts POC och PON endast vid stationerna i tabellen.

Station	Tidsintervall	POC	PON
Danafjord	1990-2007	↓*	↓*
Åstol	1990-2007	↓*	↓*
Havstensfjord	1990-2007	↓*	↓*
Koljöfjord	1990-2007	↓*	↓*
Brofjorden	1990-2007	↓*	
Kosterfjorden	1990-2007		

## 4 Vad har hänt? – Kommentarer till tabellerna

### 4.1 Trender i temperatur, näringsämnen, klorofyll a och siktdjup

Temperaturen i ytvattnet har under mätperioden ökat signifikant vid samtliga stationer förutom Skalkorgarna och Kosterfjorden. Det rör sig om ökning i storleksordningen 0.05 – 0.07 grader per år. I Ref. 2 gjorde SMHI en jämförelse med uppmätt lufttemperatur mellan perioderna 1991-2005 och 1961-1990 (Ref. 3), vilken visade att det för Bohuskustens del blivit 0.8 – 0.9 grader varmare sett över hela året. Åren 2006-2007 var det 1.5 – 2.0 grader varmare än medeltemperaturen under 1961-1990. Denna uppvärmning kan alltså till viss del även ses i kustvattnet.

Halterna av Tot-N har minskat signifikant under perioden 1990-2007, i så gott som hela kustbandet. Endast i inre Gullmarn och i Kosterfjorden ser man ingen tydligt minskande trend.

En tydlig minskning av NH<sub>4</sub> observeras längs hela Bohuskusten, undantaget Koljöfjord och Kosterfjorden.

Halterna av Tot-P har minskat framförallt i de södra delarna, samt i Kosterfjorden. Släggö visar däremot en signifikant ökning av Tot-P.

I Kosterfjorden observeras en ökande trend vad gäller DIN och i Byfjorden finns en trend av ökande SiO<sub>3</sub>, se Tabell 1. Ingen av dessa trender är dock signifikanta ifall säsongsvariationen exkluderas (Tabell 2).

Halten klorofyll *a* har minskat i Byfjorden och Koljöfjorden medan den ökat vid Älvsborgsbron.

Siktdjupet har blivit bättre (ökande trend) vid Byttelocket. En försämring/minskning i siktdjup observeras vid Skalkorgarna, då man bortser från säsongvariationen i data.

I övrigt ser man att halterna av NO<sub>2</sub> och PO<sub>4</sub> minskar vid många stationer.

#### **4.1.1 Jämförelse mot föregående trendutvärdering**

De trender som tagits fram här med data t.o.m. 2007 skiljer sig på några punkter från de trender som beräknades på data t.o.m. 2006. Vissa trender har försvagats något (t. ex. DIN och PO<sub>4</sub>) medan andra har förstärkts.

Vattentemperaturen har ökat signifikant vid Instö Ränna och Åstol. På 10 % signifikansnivå kan en ökande trend även observeras vid Valö och Danafjord. Temperaturen visar därmed en ökande trend vid alla stationer förutom Skalkorgarna och Kosterfjorden.

Minskningen av NO<sub>2</sub> är mer påtaglig än tidigare. Halten av NO<sub>2</sub> visar nu en tydlig minskning även i Koljöfjord, samt i Brofjorden och vid Byttelocket. Den minskande trenden av NO<sub>3</sub> vid Släggö är däremot inte längre lika tydlig som förra året. Trenderna av minskande PO<sub>4</sub> vid Skalkorgarna, Byfjorden och Släggö är inte heller längre signifikanta, då säsongvariationen exkluderats (se Tabell 2).

## **4.2 Syretrender**

Syrehalten i bottenvattnet visar både positiva och negativa trender. Stationerna Alsbäck och Älvsborgsbron uppvisar en ökad syrehalt. Vid mätstationerna Skalkorgarna, Valö, Danafjord, Åstol, Byfjorden, Havstensfjord samt Koljöfjorden visar trenden att syrehalten minskar.

Av de stationer som uppvisat minskande syrehalter är Byfjorden, Havstensfjord och Koljöfjord emellanåt helt syrefria. På dessa platser har svavelväte observerats. Vid Valö har syrehalter under 2 ml/l uppmätts som lägst. Vid Åstol och Danafjord har de lägsta uppmätta syrehalter varit omkring 2.5-3.0 ml/l.

#### **4.2.1 Jämförelse mot föregående trendutvärdering**

Vid jämförelse med den utvärdering som gjordes i början av 2007 observeras nu att syrehalten i bottenvattnet inte längre ökar signifikant i Kosterfjorden och vid Släggö. Den positiva trenden vid Alsbäck är inte heller lika tydlig som tidigare. Dessutom visar syrehalten i bottenvattnen vid Havstensfjord och Åstol minskande trender, vilket de inte gjorde vid förra årets utvärdering. Det är dock positivt att syrehalten vid Älvsborgsbron ökar, samt att den inte längre minskar vid Galterö. I övrigt är trenderna i stort sett desamma som 2007.



### **4.3 POC- och PON**

Vid samtliga stationer utom Kosterfjorden observeras signifikanta nedgående trender av POC. Minskande trender av PON observeras vid alla stationer förutom Kosterfjorden och Brofjorden. Den enda skillnaden jämfört med förra årets trendutvärdering är att den nedgående trenden av PON i Brofjorden inte längre är signifikant.

## 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.* ”Klimat i förändring. En jämförelse av temperatur och nederbörd 1991-2005  
med 1961-1990” Faktablad nr 29. SMHI. Oktober 2006.
- Referens 4.* 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 Alsäck där mätningar endast utförs i bottenvattnet.

I trendanalysen har huvudsakligen data från 1990-2007 använts, men med ett par undantag. Station Älvsborgsbron lades ner 1994 och ersattes med E Älvsborgsbron längre österut, vilket gör att trendanalyserna på denna station grundar sig på dataserier från 1994-2007. Dessutom saknas mätningar från bottenvattnet i Kosterfjorden före 1994, vilket gör att syreutvärderingen bygger på data från 1994-2007 på denna station.

De parametrar som utvärderats är:

- Temperatur
- Näringsämnen kväve, fosfor och kisel i form av:
  - Oorganiskt kväve (DIN), bestående av summan av fraktionerna nitrit ( $\text{NO}_2$ ), nitrat ( $\text{NO}_3$ ) och ammonium ( $\text{NH}_4$ )
  - Oorganiskt fosfor (Fosfat,  $\text{PO}_4$ )
  - Oorganiskt kisel (Silikat,  $\text{SiO}_3$ )
  - Oorganiskt + organiskt kväve (Tot-N)
  - Oorganisk + organisk fosfor (Tot-P)
- Siktdjup
- Klorofyll *a*
- Partikulärt organiskt kol och kväve (POC och PON)
- Syre ( $\text{O}_2$ )

### 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 inom miljöområdet för att undersöka trender hos t.ex. månadsvisa vattenkvalitetsdata. Detta beror på att testet är 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. Från varje serie har då årsmedelcykeln subtraherats, d.v.s. från alla januaridata subtraherades januari-medelvärdet osv.

I trendanalys med säsongsmässigt Kendall-test räknas signifikans av trenderna fram, 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.