

Författare:

Anna Edman

Granskare:

Ann-Turi Skjevik

Jörgen Öberg

Uppdragsgivare:

Bohuskustens vattenvårdsförbund

Granskningsdatum:

2017-02-02

2017-02-03

Dnr:

2017/35/9.5

Rapport nr

2017-6

Version:

1.0

Hydrografiska mätningar längs Bohuskusten Trender 1990-2016

Anna Edman

Uppdragstagare SMHI 601 76 Norrköping	Kontaktperson Anna Edman 011 – 751 8906 anna.edman@smhi.se
Uppdragsgivare Bohuskustens vattenvårdsförbund c/o Göteborgsregionens kommunalförbund Box 573 402 22 GÖTEBORG Hemsida: www.bvuf.se	Kontaktperson Monica Dahlberg 031-335 50 73 monica.dahlberg@grkom.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: 978-91-87107-29-0	

1 Sammanfattning

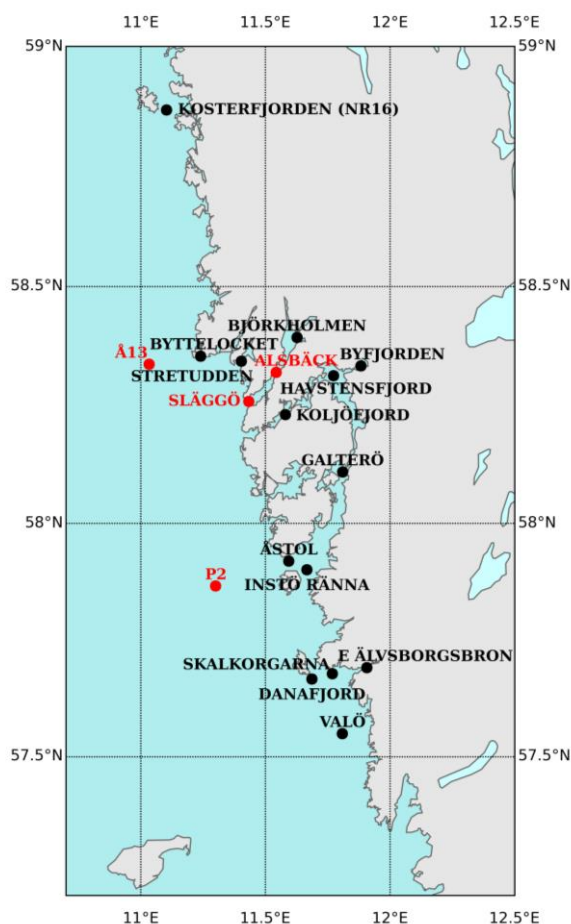
SMHI gjorde en trendanalys av hydrografiska mätningar längs Bohuskusten första gången 2004 (Ref. 1). Trendutvärderingen har därefter kompletterats och uppdaterats efterhand som mer data tillkommit (Ref 2-8). Sedan den senaste trendanalysen 2014 har vissa trender ändrats. Resultaten kan sammanfattas i följande punkter:

- Ytvattentemperaturen visar på en fortsatt trend med ökande temperatur vid alla 15 stationer.
- Halterna av total-kväve och oorganiskt kväve minskar signifikant vid i stort sett alla stationer utom Kosterfjorden.
- Trenden med ökande halt totalfosfor har blivit ännu tydligare och kan nu ses vid alla stationer utom tre (E Älvsborgsbron, Byfjorden och Kosterfjorden).
- Halten av oorganisk fosfor minskar signifikant vid nästan alla stationer.
- Silikathalten ökar signifikant på flertalet stationer, men trenden har blivit mindre signifikant i de norra delarna av Bohuskusten.
- En stor skillnad från 2014 års sammanställning av trender är att nu visar flertalet stationer längs kusten en signifikant minskande halt av klorofyll *a*.
- Syrgashalten i bottenvattnet visar en trend med minskande halter vid Skalkorgarna, Valö, Instö ränna, Havstensfjorden, Koljöfjorden och Släggö, vilket innebär en liten försämring jämfört med 2014 års sammanställning.
- Halten av partikulärt organiskt kväve minskar signifikant vid Havstensfjorden och Koljöfjorden, medan den ökar vid Kosterfjorden.
- Nedåtgående trender av partikulärt organiskt kol kvarstår vid Danafjord, Åstol, Havstensfjorden och Koljöfjorden. Kosterfjorden hade förut en ökande trend av POC, vilken inte finns kvar längre.

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 efterhand sedan 2007 (Ref. 2 – Ref.8). SMHI har fått i uppdrag att uppdatera trendanalysen med data till och med 2016.

Figur 1 visar en karta över Bohuskusten och positionen för de mätstationer som använts i trendutvärderingen. De rödmarkerade stationerna ingår inte i kontrollprogrammet men har använts som jämförelse och komplement där det varit relevant. De metoder som använts redovisas 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. Nedåtgående trender markeras med gröna nedåtriktade pilar medan uppåtgående trender markeras med röda uppåtriktade pilar, förutom för syrgas och siktdjup. Nedåtgående trender är önskvärda för alla parametrar utom syrgas och siktdjup, eftersom ökat siktdjup och ökad syrgashalt innebär bättre miljöstatus. Ett ökat siktdjup eller syrehalt har därför en grönfärgad uppåtgående pil och rödfärgad nedåtgående för avtagande värden. De näringsämnen som ingår i rapporten är oorganiskt kväve: nitrit (NO₂), nitrat (NO₃) och ammonium (NH₄) samt summan NO₂+NO₃+ NH₄ (DIN), total-kväve (Tot-N), oorganiskt fosfat (PO₄), total-fosfor (Tot-P) och silikat(SiO₃).

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 säsongsmässigt 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 säsongsvariationer exkluderats.

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

Station	Mätperiod	Tot-N	NO ₂	NO ₃	NH ₄	DIN	Tot-P	PO ₄	SiO ₃	Kloro-fyll <i>a</i>	Sikt-djup	Temp
E Älvsborgsbron	1994-2016	↓	↓	↓	↓	↓		↓	↑			↑
Skalkorgarna	1990-2016	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↑	↓		↑
Valö	1990-2016	↓	↓		↓	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↑
Danafjord	1990-2016	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↑
Instö ränna	1990-2016	↓	↓		↓	↓	↑		↑	↓		↑
Åstol	1990-2016	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↑			↑
Galterö	1990-2016	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↑
Byfjorden	1990-2016	↓	↓	↓	↓	↓		↓	↑	↓	↑	↑
Havstensfjord	1990-2016	↓	↓	↓*	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↑
Koljöfjord	1990-2016	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↑
Släggö	1990-2016	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓				↑
Björkholmen	1990-2016	↓		↓*	↓	↓	↑	↓		↓*		↑
Stretudden	1990-2016	↓	↓		↓	↓	↑	↓	↑*		↑	↑
Byttelocket	1990-2016	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↑*	↓*	↑	↑
Kosterfjorden	1990-2016							↓	↑*			↑

Tabell 2. Signifikanta trender i ytvattnet, 0-10 m, beräknade med Mann-Kendall-test utifrån tidsserier för vilka säsongsvariationer exkluderats. Pilar markerade med * anger att trenden var signifikant på 10 % nivå, men inte på 5 % signifikansnivå. Då ingen signifikant trend kan påvisas 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	1994-2016	↓	↓	↓	↓	↓		↓	↑			↑
Skalkorgarna	1990-2016	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↑	↓		↑
Valö	1990-2016	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓				↑
Danafjord	1990-2016	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↑	↓		↑
Instö ränna	1990-2016	↓	↓	↓	↓	↓	↑		↑	↓*		↑
Åstol	1990-2016	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↑			↑
Galterö	1990-2016	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↑	↓		↑
Byfjorden	1990-2016	↓	↓	↓	↓	↓		↓	↑	↓		↑
Havstensfjord	1990-2016	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓*	↑	↓		↑
Koljöfjord	1990-2016	↓	↓	↓	↓	↓	↑		↑	↓		↑
Släggö	1990-2016	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓				↑
Björkholmen	1990-2016	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓				↑
Stretudden	1990-2016	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓				↑
Byttelocket	1990-2016	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓			↑*	↑
Kosterfjorden	1990-2016							↓	↑			↑

3.2 Syrgastrender i bottenvattnet

Primärproduktionen är som störst under våren och sommaren och nedbrytningen av det biologiska materialet är som störst under sensommaren och hösten. Vid nedbrytning förbrukas syrgas och därför är syrehalten oftast lägst under höstmånaderna. 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 förändringen i syrgashalt, enligt säsongsmässigt Kendall-test.

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

Station	Tidsintervall	Trend (helår) syrgas	Höstitrend (aug-okt) syrgas	Förändring per år (ml/l)	
				Helår	Höst
E. Älvsborgsbron	1994-2016		↑		0,02
Skalkorgarna	1990-2016	↓		-0,02	
Valö	1990-2016	↓*		-0,01	
Danafjord	1990-2016				
Instö ränna	1990-2016	↓	↓*	-0,03	-0,03
Åstol	1990-2016				
Galterö	1990-2016				
Byfjorden	1990-2016				
Havstensfjord	1990-2016	↓	↓	-0,01	-0,01
Koljöfjord	1990-2016	↓	↓	-0,11	-0,07
Släggö	1990-2016	↓		-0,01	
Alsbäck	1990-2015				
Björkholmen	1990-2016				
Stretudden	1990-2016		↑*		0,02
Byttelocket	1990-2016				
Kosterfjorden	1994-2016	↑	↑*	0,01	0,02
Utsjöstationer:					
Å13	1990-2016	↓		-0,01	
P2	1990-2016	↓		-0,01	

3.3 POC- och PON-trender

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

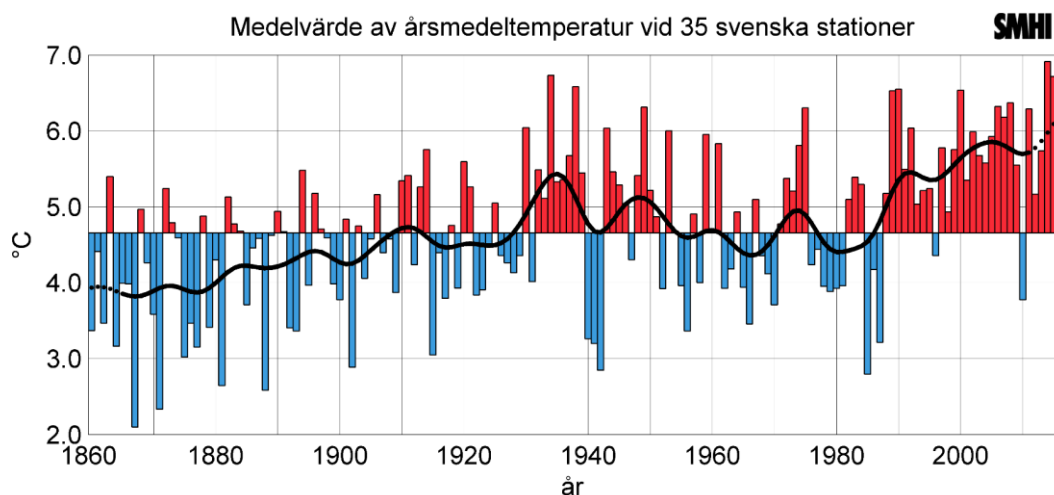
Tabell 4. Signifikanta trender i ytvattnet, värden från 0 och 5 m djup, beräknade med säsongsmässigt Kendall-test på 5 % signifikansnivå. Pilar markerade med * anger att trenden var signifikant på 10 % nivå, men inte på 5 % nivå. Tomma rutor anger att ingen signifikant trend kunde påvisas.

Station	Tidsintervall	POC	PON
Danafjord	1990-2016	↓	
Åstol	1990-2016	↓	
Havstensfjord	1990-2016	↓	↓
Koljöfjord	1990-2016	↓	↓
Stretudden	1990-2016		
Kosterfjorden	1990-2016		↑*

4 Diskussion

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

Temperaturen i ytvattnet har under mätperioden ökat signifikant vid alla stationer. Det rör sig om ökningarna i storleksordningen 0.03 – 0.06 grader per år. Trenden mot ökad ytvattentemperatur är tydlig och inte oväntad med tanke på att lufttemperaturen varit högre än normalt under stora delar av 90-talet och 2000-talet (Figur 2 och Ref. 9).



Figur 2. Årsmedeltemperatur (°C) baserat på 35 stationer i Sverige. Röda staplar visar högre och blå visar lägre temperaturer än medelvärdet för perioden 1961-1990. Den svarta kurvan visar ett utjämnat förlopp ungefär motsvarande tio-åriga medelvärden.
(<http://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatindikator-temperatur-1.2430>)

I stort sett hela kustbandet uppvisar en fortsatt tydlig trend av minskade halter totalkväve. Alla stationer utom Kosterfjorden uppvisade en trend på femprocentig signifikansnivå.

De oorganiska kvävefraktionerna visar också en positiv utveckling med åren. Allt fler stationer uppvisar signifikant minskande halter av nitrit, nitrat och ammonium. Undantaget är Kosterfjorden där inga signifikanta trender kan påvisas för oorganiskt kväve.

Sammanfattningsvis fortsätter kvävehalterna att minska längs Bohuskusten.

Tidigare års trendanalyser, fram till och med 2009, har visat att de södra delarna av Bohuslänns kustvatten har haft signifikant minskande halt av totalfosfor. Trenden har dock vänt under åren 2009-2011 och resultaten av trendanalysen pekar idag i helt motsatt riktning. Signifikant ökande halter kan idag påvisas längs nästan hela kuststräckan, se Tabell 5.

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

Station	Startår	Tot-P -2006	Tot-P -2007	Tot-P -2008	Tot-P -2009	Tot-P -2010	Tot-P -2011	Tot-P -2012	Tot-P -2014	Tot-P -2016
E Älvsborgsbron	1994-	↓	↓							
Skalkorgarna	1990-	↓*	↓						↑*	↑
Valö	1990-	↓	↓				↑	↑	↑	↑
Danafjord	1990-	↓	↓	↓	↓			↑*	↑*	↑
Instö ränna	1990-	↓	↓							↑
Åstol	1990-	↓	↓	↓				↑	↑*	↑
Galterö	1990-	↓*	↓							↑
Byfjorden	1990-	↓*	↓	↓	↓					
Havstensfjord	1990-				↓*			↑*		↑
Koljöfjord	1990-					↑	↑	↑	↑	↑
Släggö	1990-		↑*	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Björkholmen	1990-						↑	↑	↑	↑
Stretudden	1990-				↑	↑	↑	↑	↑	↑
Byttelocket	1990-				↑	↑	↑	↑	↑	↑
Kosterfjorden	1990-	↓	↓	↓		↓	↓*		↓*	

När det gäller oorganiskt fosfor visar så gott som alla stationer, precis som vid 2014 års trendanalys, en signifikant trend mot minskande fosfathalt.

Trenden med ökande silikathalter består fortfarande. Signifikant ökande silikathalt har kunnat påvisas för stora delar av Bohuskusten från 2011 och framåt. Trenden har dock blivit mindre signifikant (från 5 % till 10 % signifikansnivå) i de norra delarna av Bohuskusten.

En stor skillnad från 2014 års sammanställning av trender är att flertalet stationer längs kusten nu visar en signifikant minskande halt av klorofyll *a*, se Tabell 6.

Siktdjupet ökar fortfarande signifikant i fjordsystemet kring Orust och Tjörn. Även Valö, Danafjord, Stretudden och Byttelocket uppvisar fortsatt signifikant ökande siktdjup.

Tabell 6. Signifikanta trender av klorofyll a i ytvattnet, 0-10 m, beräknade med säsongsmässigt Kendall-test på 5 % signifikansnivå. Pilar markerade med * anger att trenden var signifikant på 10 % nivå, men inte på 5 % nivå. Då ingen signifikant trend kan påvisas har rutorna lämnats tomma.

Station	Startår	Kloro- fyll a -2006	Kloro- fyll a -2007	Kloro- fyll a -2008	Kloro- fyll a -2009	Kloro- fyll a -2010	Kloro- fyll a -2011	Kloro- fyll a -2012	Kloro- fyll a -2014	Kloro- fyll a -2016
E Älvsborgsbron	1994-	↑*	↑*	↑*	↑	↑				
Skalkorgarna	1990-									↓
Valö	1990-									↓
Danafjord	1990-									↓
Instö ränna	1990-									↓
Åstol	1990-									
Galterö	1990-									↓
Byfjorden	1990-	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Havstensfjord	1990-					↓*	↓	↓	↓	↓
Koljöfjord	1990-	↓	↓	↓	↓*	↓*	↓	↓	↓	↓
Släggö	1990-			↑*	↑*	↑*	↑*			
Björkholmen	1990-									↓*
Stretudden	1990-									
Byttelocket	1990-									↓*
Kosterfjorden	1990-						↑			

4.2 Syretrender

Syrgashalten i bottenvattnet uppvisar någon enstaka positiv men övervägande negativa trender. De negativa trenderna visar sig främst i form av minskande syrgashalter i fjordsystemet vid Orust och en del av de södra stationerna.

Jämfört med den senaste trendutvärderingen 2014, innebär 2016 års sammanställning en liten försämring, med fler stationer med signifikant minskande syrgashalt och färre stationer med ökande syrgashalt i bottenvattnet.

4.3 POC och PON

Signifikanta minskningar av PON påvisas vid Havstensfjorden och Koljöfjorden. Vid Kosterfjorden däremot, är halten av partikulärt organiskt kväve ökande.

Nedåtgående trender av POC kvarstår vid Danafjord, Åstol, Havstensfjord och Koljöfjord. Kosterfjorden hade förut en ökande trend av POC vilken inte längre finns kvar vid 2016 års trendanalys. I Stretudden fanns ingen signifikant trend för vare sig POC eller 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.* Lindberg A., "Hydrografiska mätningar längs Bohuskusten. Trender 1990-2008." SMHI Rapport 2009-7
- Referens 5.* Åström S., "Hydrografiska mätningar längs Bohuskusten. Trender 1990-2009." SMHI Rapport 2010-5
- Referens 6.* Hultcrantz C., "Hydrografiska mätningar längs Bohuskusten. Trender 1990-2010." SMHI Rapport 2011-8
- Referens 7.* Hultcrantz C., "Hydrografiska mätningar längs Bohuskusten. Trender 1990-2011." SMHI Rapport 2012-1
- Referens 8.* Hultcrantz C., "Hydrografiska mätningar längs Bohuskusten. Trender 1990-2014." SMHI Rapport 2016-13.
- Referens 9.* "Klimat i förändring. En jämförelse av temperatur och nederbörd 1991-2005 med 1961-1990" Faktablad nr 29. SMHI. Oktober 2006.
- Referens 10.* 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.

I trendanalysen har huvudsakligen data från 1990-2016 använts, men med ett par undantag. Stationen Älvsborgsbron lades ner 1994 och ersattes samma år med E Älvsborgsbron längre österut, vilket gör att trendanalyserna på denna station grundar sig på dataserier från 1994-2016. Dessutom saknas mätningar från bottenvattnet i Kosterfjorden före 1994, vilket gör att syreutvärderingen för denna station bygger på data från 1994-2016. Mätstationen Alsbäck har endast provtagits vid ett tillfälle sommaren 2015 och inte alls under 2016, vilket gör att syreutvärderingen på denna station bygger på data från 1990-2015.

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 dataserierna har två olika typer av trendanalyser gjorts på materialet, Mann-Kendall-test samt säsongsmässigt Kendall-test.

Ett Mann-Kendall-test är ett icke-parametriskt trendtest som bygger på rangordning av observationer. Mann-Kendall-test kan beräknas för olika säsonger (och kallas då seasonal Mann-Kendall-test eller Hirsch-Slack-test) och platser som sedan sammanfattas till ett enskilt test. Säsongsmässigt Kendall-test, som är en modifierad form av Mann-Kendall-test, används ofta för att undersöka trender hos t.ex.

månadsvisa vattenkvalitetsdata. Det säsongsmässiga testet fungerar bra på att hantera data som varierar under året, olika typer av datafördelningar, luckor i dataserier och avvikande datapunkter.

I trendanalyserna beräknas signifikansen 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. 10.