

Författare:

Cia Hultcrantz

Uppdragsgivare:

Bohuskustens vattenvårdsförbund

Rapport nr

2013-7

Granskare:

Karin Wesslander

Granskningsdatum:

2013-01-30

Dnr:

2013/269/9.5

Version:

1.0

Lotta Fyrberg

2013-01-30

Hydrografiska mätningar längs Bohuskusten Trender 1990-2012

Cia Hultcrantz

| | |
|--|--|
| 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 Torunn Skau 0522-440863 torunn.skau@bvuf.se info@bvuf.se |
| Distribution Bohuskustens vattenvårdsförbund | |
| Klassificering (x) Allmän () Affärssekretess | |
| Nyckelord BVVF, hydrografi, trendanalys, närsalter, syre, siktdjup, klorofyll a , POC, PON | |
| Övrigt ISBN: 978-91-87107-12-2 | |

1 Sammanfattning

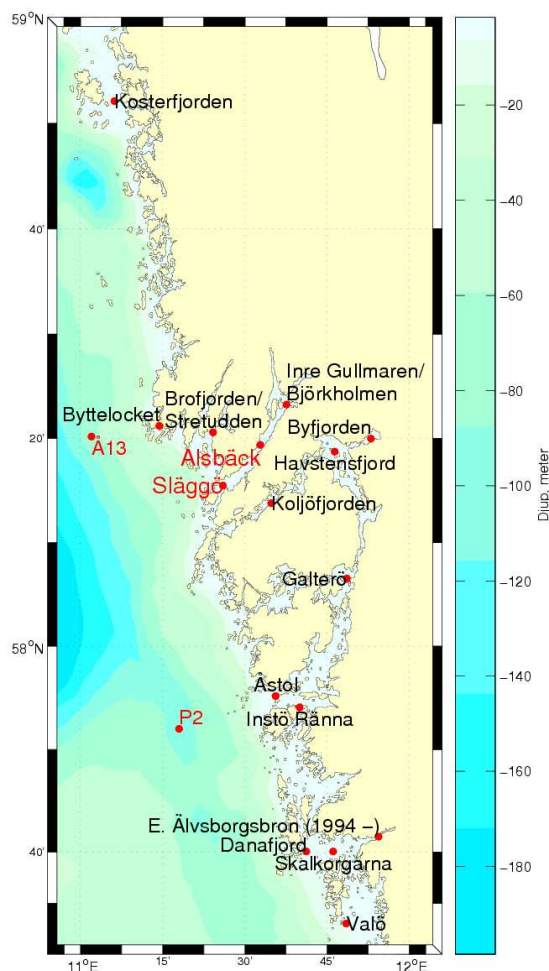
Sedan den förra trendanalysen av Bohuskustens hydrografi färdigställdes i början av 2012, har vissa trender ändrats. Resultaten kan sammanfattas i följande punkter:

- Ytvattentemperaturen visar fortfarande en signifikant ökande trend vid flertalet analyserade stationer, men har under 2012 avtagit något vid Brofjorden. Vid Skalkorgarna, Valö, Åstol samt Kosterfjorden har trenden avtagit helt
- Halterna av total-kväve och oorganiskt kväve (speciellt ammonium) fortsätter minska i de flesta av de analyserade områdena.
- Den minskande trenden för total-fosfor, som fram till 2010 hade avtagit för några stationer, har nu istället vänt till uppåtgående framförallt vid de södra stationerna.
- Silikathalten fortsätter att öka på flertalet stationer. 2012 påvisar en ökande trend på samtliga stationer utom Galterö och Släggö.
- Endast enstaka spridda trender har påträffats för övriga näringsämnen, klorofyll *a* och siktdjup.
- Syrgashalten i bottenvattnet visar en minskande trend vid Valö, Instö Ränna, Havstensfjord, Koljöfjord och Byfjorden.
- Vid Alsbäck och Kosterfjorden visar trenden en fortsatt ökning av syrgashalterna i bottenvattnet.
- Vid samtliga stationer utom Kosterfjorden har inga signifikanta nedgående trender av POC observerats.
- Nedgående trender av PON har förstärkts i och med 2012 års data förutom vid Kosterfjorden som nu uppvisar en ökande trend av PON.

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.7). SMHI har fått i uppdrag att uppdatera trendanalysen med data till och med 2012.

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. Ett ökat siktdjup eller syrehalt har därför en grönfärgad uppåtgående pil, resp. rödfärgad för avtagande siktdjup resp. syrehalt. De näringsämnen som behandlas i rapporten är oorganiskt kväve: nitrit (NO₂), nitrat (NO₃) och ammonium (NH₄) samt NO₂+NO₃ (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 säsong 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 | Kloro-fyll <i>a</i> | Sikt-djup | Temp |
|-----------------|-----------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|-------|-----------------|------------------|---------------------|-----------|------|
| E Älvsborgsbron | 1994-2012 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | ↓ | ↑ | | | ↑* |
| Skalkorgarna | 1990-2012 | ↓ | ↓ | ↓* | ↓ | ↓ | ↑* | ↓ | ↑ | | | |
| Valö | 1990-2012 | ↓ | ↓ | | ↓ | ↓ | ↑ | ↓ | ↑* | | ↑ | |
| Danafjord | 1990-2012 | ↓ | ↓ | | ↓ | ↓ | | ↓ | ↑ | | ↑ | ↑* |
| Instö Ränna | 1990-2012 | ↓ | ↓ | | ↓ | | ↑* | | ↑ | | | ↑ |
| Åstol | 1990-2012 | ↓ | ↓ | | ↓ | | ↑* | ↓ | ↑ | | | |
| Galterö | 1990-2012 | ↓ | ↓ | | ↓ | ↓ | | ↓ | | | ↑ | ↑ |
| Byfjorden | 1990-2012 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | ↓ | ↑ | ↓ | ↑ | ↑ |
| Havstensfjord | 1990-2012 | ↓ | ↓ | | ↓* | ↓ | ↑ | | ↑ | ↓ | | ↑ |
| Koljöfjord | 1990-2012 | ↓ | ↓ | ↓* | ↓ | ↓ | ↑ | | ↑ | ↓ | ↑ | ↑ |
| Släggö | 1990-2012 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↓ | | | | ↑ |
| Inre Gullmarn | 1990-2012 | ↓* | | | ↓ | ↓ | ↑ | ↓ | ↑* | | | ↑ |
| Brofjorden | 1990-2012 | ↓ | ↓ | | ↓ | ↓ | ↑ | ↓* | ↑ | | ↑ | ↑* |
| Byttelocket | 1990-2012 | ↓ | ↓ | | ↓ | ↓ | ↑ | ↓ | ↑ | | ↑ | ↑ |
| Kosterfjorden | 1990-2012 | | | | | | | ↓ | ↑* | | | |

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 | 1994-2012 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | ↓ | ↑ | | | ↑ |
| Skalkorgarna | 1990-2012 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | ↓ | ↑ | | | |
| Valö | 1990-2012 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↓ | | | | ↑* |
| Danafjord | 1990-2012 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑* | ↓ | ↑ | | | ↑* |
| Instö Ränna | 1990-2012 | ↓ | | | ↓ | | | | ↑ | | | ↑ |
| Åstol | 1990-2012 | ↓ | ↓ | | ↓ | | ↑* | ↓ | ↑ | | | |
| Galterö | 1990-2012 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | ↓ | | | | ↑ |
| Byfjorden | 1990-2012 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | | ↓* | ↑ | ↓ | | ↑ |
| Havstensfjord | 1990-2012 | ↓ | ↓ | | ↓* | ↓ | ↑* | | ↑ | ↓ | | ↑ |
| Koljöfjord | 1990-2012 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓* | ↓ | ↑ | | ↑ | ↓ | | ↑ |
| Släggö | 1990-2012 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↓ | | | | ↑ |
| Inre Gullmarn | 1990-2012 | ↓ | | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↓ | | | | ↑ |
| Brofjorden | 1990-2012 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↓ | | | | ↑ |
| Byttelocket | 1990-2012 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↑ | ↓ | | | ↑ | ↑ |
| Kosterfjorden | 1990-2012 | | | | | | | ↓ | ↑ | ↑* | | |

3.2 Syrgastrender i bottenvattnet

Primärproduktionen är som störst under vår/sommar och nedbrytningen av det biologiska materialet är som störst under 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 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 | 1994-2012 | | | | |
| Skalkorgarna | 1990-2012 | | | | |
| Valö | 1990-2012 | ↓* | | -0,01 | |
| Danafjord | 1990-2012 | | | | |
| Instö Ränna | 1990-2012 | ↓ | | -0,03 | |
| Åstol | 1990-2012 | | | | |
| Galterö | 1990-2012 | | | | |
| Byfjorden | 1990-2012 | ↓ | ↓ | -0,1 | -0,16 |
| Havstensfjord | 1990-2012 | ↓ | ↓ | -0,01 | -0,01 |
| Koljöfjord | 1990-2012 | ↓ | ↓ | -0,07 | -0,01 |
| Släggö | 1990-2012 | | | | |
| Alsbäck | 1990-2012 | ↑ | ↑ | 0,02 | 0,03 |
| Inre Gullmarn | 1990-2012 | | | | |
| Brofjorden | 1990-2012 | ↑* | | 0,01 | |
| Byttelocket | 1990-2012 | | | | |
| Kosterfjorden | 1994-2012 | ↑ | ↑ | 0,02 | 0,03 |
| Utsjöstationer: | | | | | |
| Å13 | 1990-2012 | | | | |
| P2 | 1990-2012 | ↓ | | -0,01 | |

3.3 POC- och PON-trender

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

*Tabell 4. Signifikanta trender i ytvattnet, värden från 0 och 5 m djup, beräknade med säsongmässigt 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 | 1990-2012 | | ↓* |
| Åstol | 1990-2012 | | ↓ |
| Havstensfjord | 1990-2012 | | ↓ |
| Koljöfjord | 1990-2012 | | ↓ |
| Brofjorden | 1990-2012 | | |
| Kosterfjorden | 1990-2012 | ↑ | ↑ |

4 Diskussion

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

Temperaturen i ytvattnet har under mätperioden ökat signifikant vid de flesta stationer, undantagsvis Skalkorgarna, Valö, Åstol och Kosterfjorden. Det rör sig om ökning i storleksordningen 0.03 – 0.09 grader per år. 1991-2005 var en period med ökande lufttemperatur (Ref. 8) och även de följande åren har varit varma, enligt 2009 års trendrapport (Ref. 5). Den något avtagande trenden i uppvärmning som kunde ses i kustvattnet 2011, särskilt vid E. Älvsborgsbron, Valö, Danafjord och Åstol där signifikansnivån för 2011 var 10% mot tidigare 5 %, består under 2012 vid Valö och Danafjord. Vid E Älvsborgsbron, har trenden återigen förstärkts till 5%-ig signifikansnivå och vid Åstol finns det inte längre någon trend för ökad ytvattentemperatur t.o.m. 2012 års data. Det kan ha en koppling till de tre senaste årens mycket kalla vintrar.

Halterna av totalkväve, har minskat signifikant under perioden 1990-2012, i så gott som hela kustbandet. Byfjorden som tidigare har haft en nedåtgående trend uppvisade under 2010 stora svängningar, men sedan 2011 är det åter tillbaka på nedåtgående 5% signifikansnivå. Vid alla stationer utom Kosterfjorden ser man en tydligt minskande trend. Positivt är att nitralthalterna visar en fortsatt minskning (5 % signifikansnivå) för stationerna Släggö, Brofjorden och Byttelocket, bortsett från säsongsvariation i data. Även Skalkorgarna och Valö uppvisar nu en förstärkt trend på 5 % signifikansnivå med lägre nitrithalter mot tidigare år. Nytt för 2012 är att även Danafjord, som tidigare inte visat någon nedåtgående trend alls, och Inre Gullmarn, som 2009 och 2010 uppvisade en trend på 10% signifikansnivå, nu båda visar en nedåtgående trend på 5% nivå. Antalet stationer med minskande nitrithalter har blivit fler jämfört med förra årets trendanalys i och med trenderna vid Instö Ränna och Åstol. En tydlig minskning av ammonium, har observerats längs hela kustbandet, med undantag av Kosterfjorden. Löst oorganiskt kväve har minskat vid flertalet av stationerna. Sammanfattningsvis fortsätter kvävehalterna att minska längs Bohuskusten.

Tidigare års trendanalyser har visat att några stationer har signifikant minskande halt av totalfosfor. Det har framförallt gällt stationerna i den södra delen av Bohusläns kustvatten. Detta tycks nu vara på väg åt motsatt håll med signifikant ökande halter av total-fosfor på flera håll. 2012 inkluderar även stationerna Skalkorgarna, Instö Ränna och Åstol som sedan 2008 inte uppvisat någon trend alls. Trenden är dock fortfarande tydligast för stationerna i den norra delen av Bohuslän från Havstensfjorden och norrut. Kosterfjorden som tidigare var den enda station som uppvisat signifikant minskning av totalfosfor visar för 2012 ingen trend alls.

För 2011 jämfört med de tidigare åren fanns nu också en trend av ökande silikathalt, vid mer än hälften av provtagningsstationerna. Denna består fortfarande för 2012 och påvisas nu även för stationerna från Koljöfjorden och norrut.

Halten av klorofyll *a* minskar i Byfjorden och de minskande trenderna från 2011 för Havstensfjorden och Koljöfjorden består. Den uppåtgående trend som uppkom vid Släggö 2008 kan från och med 2012 inte längre påvisas. År 2011 kunde en ökande trend på 5% signifikansnivå för första gången även påvisas i Kosterfjorden, men denna syns inte längre i år.

Den ökande siktdjupstrenden som påvisades i Byttelocket 2009 och hade förstärkts till 2010 kvarstod i år på en signifikansnivå på 5 %. I övrigt har siktdjupet ökat signifikant på flera håll längs kusten.

4.2 Syretrender

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

Av de stationer som uppvisat minskande syrehalter har Byfjorden sedan våren/sommaren 2006 varit helt syrefri och svavelväte har uppmätts. Under 2012 har syrehalten vid botten förbättrats, men detta enstaka år är inget som syns ännu i de långsiktiga trenderna. I Havstensfjord och Koljöfjord har låga syrgaskoncentrationer mellan 0 och 2 ml/l förekommit under perioder.

Den enda skillnaden från trendanalysen 2011 är att Brofjorden t.o.m. 2012 års data inte längre uppvisar signifikant ökande syrgashalt.

4.3 POC och PON

Signifikant trend av POC observerades enbart vid Kosterfjorden där trenden är ökande.

Nedgående trender av PON har förstärkts i och med 2012 års data förutom vid Kosterfjorden som nu uppvisar en ökande trend av PON. I Brofjorden observerades ingen signifikant trend 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.* 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.* "Klimat i förändring. En jämförelse av temperatur och nederbörd 1991-2005 med 1961-1990" Faktablad nr 29. SMHI. Oktober 2006.
- Referens 9.* 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 1990-2012 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 1994-2012. Dessutom saknas mätningar från bottenvattnet i Kosterfjorden före 1994, vilket gör att syreutvärderingen för denna station bygger på data från 1994-2012.

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. 9.