

Sammanställning av långsiktiga vattenkemiska förändringar i Mälaren och övergripande analys av möjliga drivvariabler och trender

Stephan J. Köhler och Claudia von Brömssen

SLU, Vatten och miljö: Rapport 2021:5

Referera gärna till rapporten på följande sätt:

Köhler, S., Brömssen, C. (2021) Sammanställning av långsiktiga vattenkemiska förändringar i Mälaren och övergripande analys av möjliga drivvariabler och trender. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö; Rapport 2021:5

[Stephan Köhler Institutionen för vatten och miljö; Claudia V. Brömssen Institutionen för energi och teknik]

Omslagsfoto: Fördelningen av absorptions för två olika tidsperioder.

Tryck: Uppsala

Tryckår: 2021

Kontakt

Stephan.kohler@slu.se

<http://www.slu.se/vatten-miljo>

Innehåll

Förord.....	5
Parameterlista organiskt kol	6
Sammanfattning.....	7
Introduktion	12
1 Dataunderlaget	14
2 Analysmetoder	1
2.1 Automatiserad trendanalys	1
2.2 Metodens begränsningar	4
2.3 Jämförelse med andra vanliga trendmetoder	6
2.3.1 Trender i medelvärden vs trender i fördelningar	6
2.4 Linjär trendanalys av vattnets färg	7
2.5 Analys av varians av vattnets färg	8
3 Resultat och diskussion	9
3.1 Automatiserad trendanalys	9
3.1.1 Trendanalys och grafer för yt- och djupvatten (SLU data)	9
3.1.2 Trendanalys för Görväln, alla djup, (NV data)	14
3.1.3 Trendanalys för Saltviken, alla djup, (NV data)	20
3.2 Beräknade värden för Görvälnbassängen	22
3.3 Utveckling av vattnets färg framöver	26
3.4 Exempel på kemiska och fysikaliska drivfaktorer	29
3.5 Effekter av förändrade omsättningstider i Mälaren.....	30
3.6 Flöden av N och P till Görväln mellan 1980 och 2018	33
3.7 Observerade förändringar av isläggning vid Stäket.....	35
3.8 Förväntad effekt av klimatförändringar enligt RCP4.5	36
3.9 Förväntad effekt av en ökad befolkning runt Mälaren enligt RUF5 2050 ..	37
4 Syntes och förslag för uppföljning	39
5 Referenser	40
6 Appendix	1
6.1 Tidsserier av vattenprovtagningar.....	1
6.2 Tidsserier av klimatdata.....	1
6.3 Tidsserier av ämnesflöden.....	1
6.4 Tidsserier av modellerade data (SMHI)	1
6.5 Andra externa data relevant för denna studie	2
6.6 Färgdata i bassängen Görväln (Norrvatten)	4
6.6.1 Tidsserieanalys per djup	4

6.7	Grafer över rådata för TOC och absorbans i Mälaren och i delbassänger (SLU)	11
6.7.1	Tidsserieplottar för absorbans (Abs_F420) för utvalda bassänger	11
6.7.2	Totalt organiskt kol (TOC) under perioden 1995-2018	15
6.7.3	Grafer över samband mellan TOC och absF i olika bassänger	34
6.7.4	Grafer över samband mellan TOC och UV i hela Mälaren	39
6.7.5	Utvalda tidsserier SLU data för abs_F	40
6.7.6	Vattentemperaturdata i S. Björkfjärden	42
6.8	Fördelnings grafer av utvalda parametrar före och efter 1991 för SLU och Norrvatten data	45
6.8.1	Fördelningsplottar av ytvatten (-0.5m) SLU	45
6.8.2	Fördelnings grafer av djupvatten (-15m) SLU	46
6.8.3	Fördelnings grafer av ytvatten (0.5m) NV Görväln	47
6.8.4	Fördelningsgrafer av djupvatten (-25m) NV Görväln	48
6.9	Online data SCAN-sensor vid råvattenintaget (2012-2020)	49
6.10	Utvalda data av SMHI homemodellen	49
6.10.1	Bassäng Görväln Bottenvatten	50
6.10.2	Bassäng Ekoln Bottenvatten	51

Förord

Denna rapport har som syfte att sammanställa och analysera tillgängliga data för vattenkemin och klimatvariabler inom Mälarens avrinningsområde. Baserad på ett antal analyser och bedömningar ska rapporten undersöka

- observerade trender för ett antal viktiga kemiska och fysikaliska vattenparametrar,
- möjlig samvariation av vattenparametrar och klimatvariabler,
- extrema förhållanden av ovanstående parametrar,
- vilka möjliga uttalanden som kan göras om Mälarens framtida vattenkvalitet.

Parameterlista organiskt kol

Abs420_F¹ = mått på vattnets färg som bestäms via fotometer i en 5cm kyvett i ett filtrerat prov vid en våglängd av 420nm. Färgen på vattnet kan påverkas av halten organiskt kol samt löst järn. Ger bara en dålig skattning av TOC. (se även figurer i appendix).

Enhet [1/5cm]

Abs254_F = mått på vattnets färg som bestäms via fotometer i en 5cm kyvett i ett filtrerat prov vid en våglängd av 254nm. Färgen på vattnet kan påverkas av halten organiskt kol samt löst järn. Mäts bara vid ett fåtal punkter i Mälaren samt inne i verket. Ger mycket bra skattning av både DOC och TOC (se även figur i appendix).

Enhet [1/5cm]

TOC = mått på vattnets totalhalt av organiskt kol. Analysresultat bestäms i ofiltrerade prover genom oxidation vid 680°C. Till skillnad från COD är denna oxidation kvantitativ och mäter allt organiskt kol. Analysen påverkas av allt organiskt kol så som löst organiskt kol (DOC), alger, bakterier, växtrester samt antropogena föroreningar t.ex. från pappersmassaindustri.

Enhet [mg/l]

DOC = mått på vattnets halt av löst organiskt kol. Analysresultat bestäms i membranfiltrerade prover (0.45µm) genom oxidation vid 680°C. Mäts bara vid ett fåtal punkter i Mälaren.

Enhet [mg/l]

COD-Mn = mått på vattnets totalhalt av organiskt kol som kan oxideras med kaliumpermanganat. Analysen är inte kvantitativ med avseende på halten organiskt kol. Svåroxiderbara föreningar ingår inte. Analysen utförs fortfarande för att inte förlora information från långa tidsserier.

Enhet [mg/l]

Färgtal (Pt-Färg) = mått på vattnets färg som bestäms via fotometer i en 5cm kyvett i ett filtrerat prov vid en våglängd av 410nm. Enheten anges i mg/l som beskriver den teoretiska halten av en platinaklorid lösning som skulle ge samma färgintensitet. Detta värde kan räknas om till Abs420_F vid behov. Tidigare bestämdes dessa värden via en färgkomparator som bara tillåter stegvisa analysresultat.

Enhet [mg/l]

¹ <https://www.slu.se/institutioner/vatten-miljo/laboratorier/vattenkemiska-laboratoriet/detaljerade-metodbeskrivningar/absorbans/>

Sammanfattning

Mälarens vattenvårdsförbund, SMHI och Norrvatten har under mer än 50 år (1967-2019) samlat in vattenkemiska och meteorologiska data över ett antal viktiga vattenkvalitetsparametrar. Denna unika långa serie användes i denna rapport för att studera vilka signifikanta förändringar över tid som kan urskiljas, vilka som är de viktigaste drivvariablerna och om data kan användas för att dra slutsatser om Mälarens framtida vattenkvalitet i ett förändrat klimat.

- Alkalinitet och ledningsförmågan ökade med mellan 10-15% i flera delbassänger innan 2000 som ett resultat av återhämtning av försurningen. Konduktiviteten och alkaliniteten förväntas inte öka mera framöver. [Mängden doseringsmedel som krävs för att sänka pH värdet vid beredning av dricksvatten i vattenverket förväntas därmed inte heller öka framöver.](#)
→ [Figur 13](#)
- Båda dataseten (SLU och Norrvatten) antyder [att vattnets färg skulle kunna öka linjärt mellan 30-40% under de närmaste 30 åren i Mälaren](#). Det finns dock ingen vetenskaplig förklaring till varför trenden skulle vara linjär. Möjligen kan förändringar i markanvändningen inom avrinningsområdet kunna kopplas till detta i en uppföljningsstudie.
→ [Figur 11 och Figur 13 samt Tabell 5](#)
- Skulle den hittills observerade linjära trenden för vattnets färg fortsätta, kan [färgtal av upp till 50 mg/l kunna uppnås vid 2060 vid Görvälns intag](#). Detta är dock bara 25% högre än dagens hittills högsta uppmätta värde (42 mg/l).
→ [Figur 28 och Tabell 5](#)
- För beredningen av dricksvatten kommer denna ökning i vattenfärg troligen medföra [en ökad ALG dos av mellan 20-25% jämfört med dagens dos](#) (49 mg/l ALG). Detta ökade värde (60 mg/l ALG) ligger väl inom den observerade variationen under perioden 2013-2018 (35-75 mg/l ALG).
→ [Tabell 1](#)
- Vattnets färg varierar mycket både mellan och under åren. Det finns inga statistiska bevis på att variabiliteten ökar. Antal mätvärden för färgtalet, som är ett av två mått för vattnets färg, och som överstiger 35 mg/l Pt, representerar 3.3% av tillfällena under perioden 1968-1990 men 9.3% under perioden 1991-2018. [Denna ökade variabilitet skulle kunna vara kopplad till extrema flödessituationer och möjligen till återhämtningen från försurningen.](#)
→ [Appendix_figur 3](#)
- Både alkalinitet och färg påverkas starkt av flödessituationer i Mälaren. [Snabba förändringar av alkalinitet förväntas även framöver och kommer därmed ha stor inverkan på dosering av ALG i vattenverket även framöver](#). Extrema värden och snabba förändringar kan uppstå när flöden ökar kraftigt norrut från Ekoln bassängen (2013) eller samtidigt västerut från Prästfjärden och norrut från Ekoln (2000) bassängerna.
→ [Figur 23 och Figur 24](#)
- Det är känt sedan tidigare att vattnet i Görvälnbassängen är en blandning av vatten från Prästfjärden och Ekoln. I denna studie kvantifierades och bekräftades att ca 30% av vatten härrör från Ekoln i genomsnitt och resten från Prästfjärden. Den goda överensstämmelsen av beräknade blandningar och mätdata för ett antal viktiga parametrar (alkalinitet,

konduktivitet, totalhalt organiskt kol och vattnets färg) visar att variationer av mängden vatten som kommer ifrån Ekoln respektive Prästfjärden kan förklara observerade stora variationer i dessa parametrar. Man kan t.ex. se vilka bassänger som bidrar mest under olika perioder. Denna analys kan vara ett värdefullt underlag för urval av ett nytt intag.

→ Figur 24

- **Vattnets omsättningstid i Mälaren har en mycket stark koppling till variationer i absorbans i alla bassänger** och leder till ett så kallad cykliskt beteende där många av bassängerna västerut visar samstämmiga förändringar under långa (> 1 år) sammanhängande tidsperioder

→ Figur 34 och Figur 35

- Färgen i vattnet kan öka både på grund av en ökad halt organiskt kol eller pga. höga halter löst järn. Vattnets färg ökade med mer än en faktor 3 inom loppet av bara 4-6 månader (maj 1999-feb 2000) i de stora bassängerna Prästfjärden och Norra Björkfjärden. Det är oklart om det orsakades av humus och/eller järnföreningar. **Ett förslag är att undersöka om denna förändring bara orsakades av förhöjd vattenföring eller om färgen härrör från sediment som re-suspenderades från sjöns botten.**

→ Figur 24

- **Det föreslås att en systematisk analys av sannolikheten för ogynnsamma förhållanden så som en kombination av höga flöden och skiktade förhållanden eller ökad ytavrinning genomförs.** Denna analys kan möjligen komma fram till en rimlig sannolikhet att tillstånd med hög färg som förekom under perioden 1999-2000 och 2013 men även mycket stabila förhållanden under 2015 kan återvända/uppträda igen.

→ Figur 24

- **Det har inte gått att fastställa samband mellan lufttemperatur eller nederbörd** som kan användas för att skatta vattenkemiska parametrar för Görväln framöver.
- **Modeller för skattning av omsättningstider är viktiga** för att kunna skatta framtida förändringar i färg och alkalinitet (se även nedan).

→ Appendix_figur 11

- **Näringssalter kväve och fosfor sjönk kraftigt före 1990 och har sedan dess legat på en stabil nivå.**

→ Figur 14 och Figur 39

- **Ytvattentemperatur i en del bassänger och en del vattennivåer har ökat signifikant.** Inga uppenbara samband kunde hittas mellan vattenkvalitet och temperaturökningen.

→ Figur 14

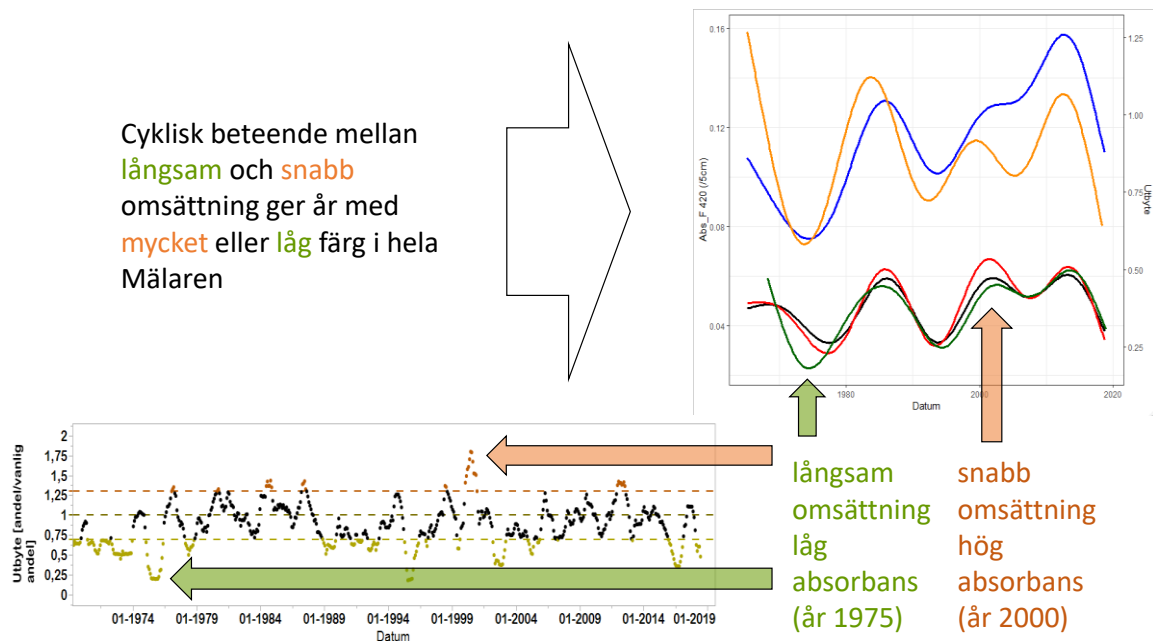
- **I samband med att färgen ökar i många bassänger så minskar siktdjupet.** Detta är ett förväntat resultat och kan möjligen påverka fördelningen av olika typer av alger.

→ Figur 10

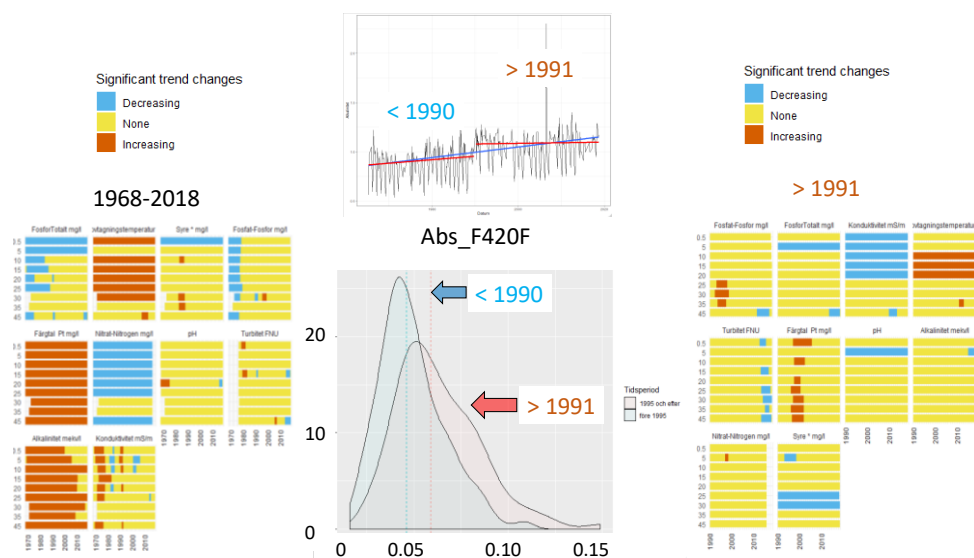
- Den kombinerade hydrauliskt-biogeokemiska modellen från SMHI (HOME modell) lyckas beskriva den cykliska årstidsvariationen av syrgas och vattentemperatur. Till en viss grad kan även den modellerade dynamiken av klorofyll ge värdefulla insikter. **Det bedöms att modellen kan testas för att återskapa extrema meteorologiska förhållanden och därmed användas för riskanalys.**

→ Appendix_figur 10

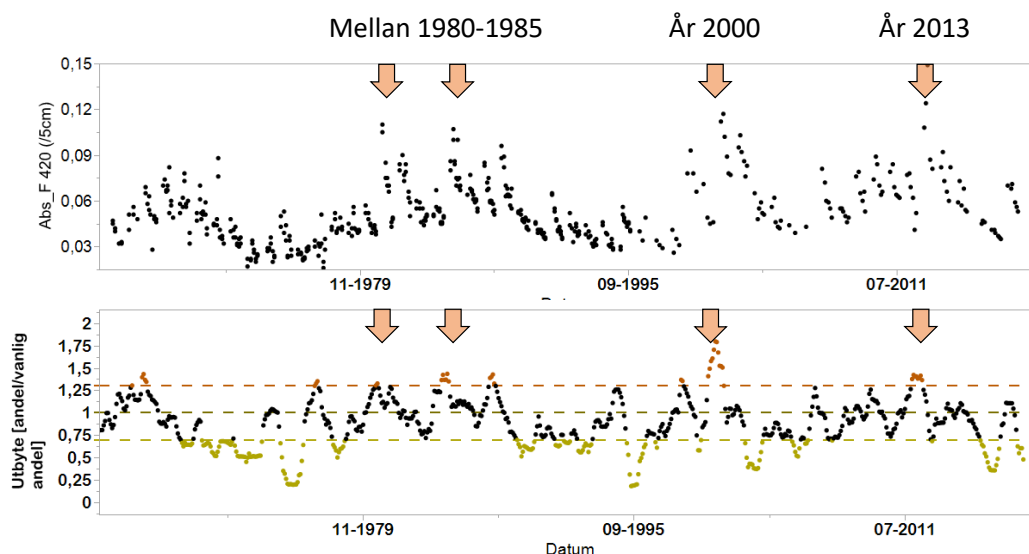
Nedan presenteras fem syntesfigurer som beskriver de viktigaste resultaten av undersökningen. Trenderna av alla parametrar kan relateras till antingen en antropogen påverkan eller till variabler såsom omsättningstiden som styrs indirekt av klimatiska variabler. Till exempel så sjönk PO₄ kraftigt efter att kraftfullare reningssteg introducerades under 70- och 90 talet. Alkalinitet ökade som ett resultat av minskad sur nederbörd främst under nittioalet. Efter år 1990 har vi inte kunnat påvisa signifikanta förändringar av dessa två parametrar. Däremot visar filtrerad absorbans (Abs_420f), som är ett annat mått på vattnets färg, både linjära trender och cykliska mönster som styrs av tillrinningen, vattnets omsättningstid och möjligen även interna processer i sjön.



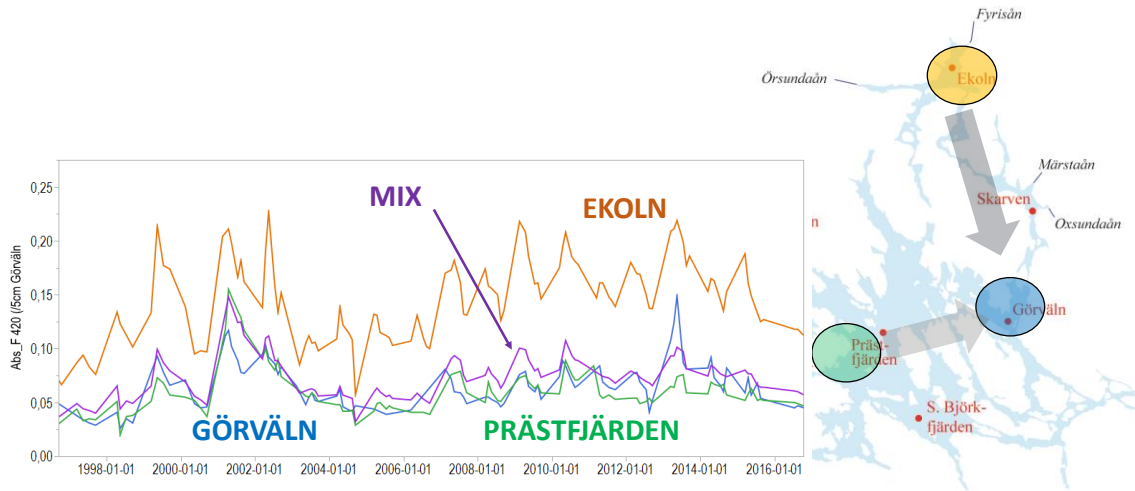
En systematisk trendanalys av långa tidsserier påverkas av längden av tidsperioden som betraktas, förekomst av cykliska förändringar i denna serie och till sist förekomst av extremvärden som orsakas av kombination av icke linjära meteorologiska händelse. Analysresultat påverkas om dataserien analyseras för hela perioden (1968-2018) (nedan till vänster) eller bara för perioden 1990-2018 (nedan till höger). Signifikanta trender (röd) i den långa serien kan bli icke signifikant (gult) i den korta serien då ett antal extrema värden utesluts (2000 och 2013). Utöver trenderna observeras en större spridning av abs_420F i ett antal områden som vi tolkar orsakas av minskningen av sur nederbörd och mera extrema klimatförhållanden.



Under den senare perioden (> 1991) kan två särskilda perioder lyftas fram som ledde till höga halter av organiskt kol i Görvåln bassängen. Den första orsakades av ökad avrinning i västra delarna av Mälaren mellan 1999-2000 i samband med skiktade förhållanden (År 2000), den andra av hög avrinning i bassängen Ekoln under 2013 (År 2013). Höga (brunt färgade) men kanske inte lika höga toppar har observerats tidigare vid ett par tillfällen (mellan 1980-1985).

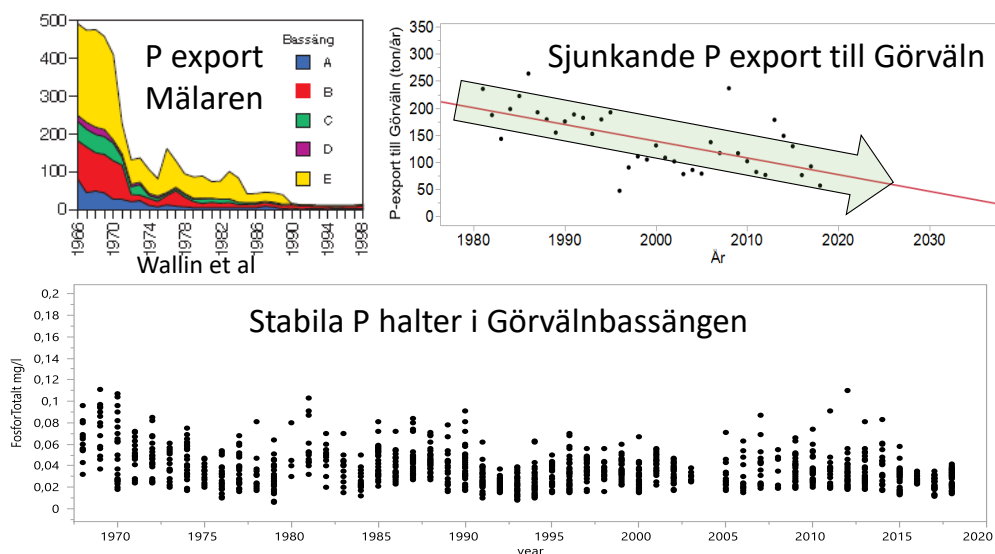


Båda tillfällena under 2000-talet är orsakad av en kombination av två meteorologiska tillstånd som uppträtt två gånger under de sista 30 åren. Det första tillståndet var en mycket stark vårflood (2000) och det andra av ett starkt höstregn (2013) och det resulterade i att Görvåln fick mycket vatten från Ekoln. Sannolikheten att dessa händelser återupprepas inom de närmaste 30 åren kan inte besvaras i denna rapport. För de andra tillfällena som markerats upp med bruna pilar i figuren ovan innan 1995 föreligger inga data för halten organiskt kol (TOC). Samband mellan flöden och vattnets färg har pekats ut tidigare (Ericsson et al 1984). De vattenkemiska data från delbassängerna tyder på att vattenkemin i Görvåln kan beräknas genom att vattenkemin från Ekoln och Prästfjärden blandas. Tidiga varningssystem i bassängerna Ekoln och Prästfjärden så som sensorer kan således användas för att skatta de förväntade förändringarna vid Görvålnverket.



Vi bedömer sannolikheten som liten att halten organiskt kol eller vattnets färg överstiger de högsta hittills uppmätta värden med mer än 20-30% inom de närmaste 30 åren. Det innebär att färgen (Pt-färg mg/L) sannolikt inte kommer att överstiga 50 mg/l innan 2050, vilket är inom ramen för de dimensionerande förutsättningar som angetts som angetts i förstudien till Norrvattens framtida vattenproduktion. Utvecklingen i färg och TOC samt effekter på hur det organiska materialet går att rena bort genom fällning går inte att med säkerhet besvara i dagsläget och behöver följas upp i framtiden. Man kan dock spekulera om att eftersom prognosen är att färgen kommer att öka mer än halten organiskt kol så kan det vara lättare att fälla framtidens vatten. Det hittills högsta uppmätta värdet i råvattnet till Görvälverket för TOC är 13 mg/l. Den stora vattenmassan i Mälaren fungerar som ett skydd för vattenverken där halter av organiskt kol från tillrinnande vattendragen späds ut och sedan bryts ner med solljus och bakterier i sjön.

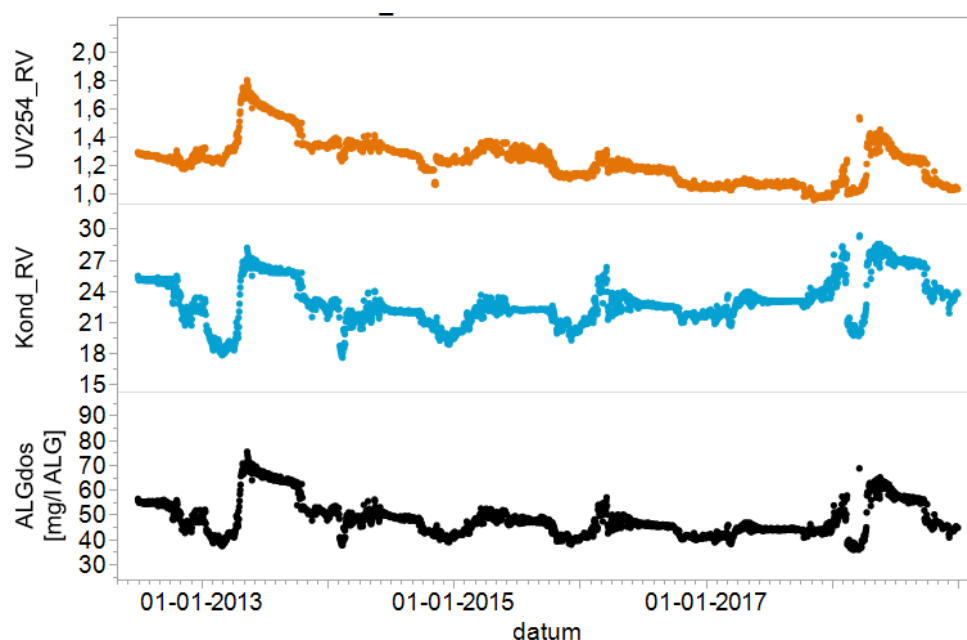
Analysen av den sammanlagda vattenkemiska datan från Mälaren under hela perioden visar att det finns tecken på små men signifikanta förändringar i parametrarna abs_420f (ett mått på vattnets färg i filtrerade vattenprover), alkalinitet (vattnets buffringskapacitet) och PO₄ (Närsaltet fosfat) i de flesta av de undersökta bassängerna under de senaste 50 åren.



Introduktion

Beredningen av dricksvatten i Görvålverket påverkas utöver de viktiga mikrobiologiska parametrarna bakterier och parasiter i råvattnet även av ett antal vattenkemiska och fysikaliska parametrar. Några av de viktigare parametrarna är partiklar i vattnet (turbiditet), vattentemperatur (temp), halten organiskt kol (UV, TOC, abs_F420, Pt-färg), alkalinitet i vatten (ALK), näringsämnen fosfor och kväve (P_{tot} , N_{tot}) samt klorofyll i råvattnet. Effekter på beredningen av förändrade halter i näringsämnen som kopplas till förekomst och tillväxt av alger, algtoxiner och lukt- och smakämnen är inte enkelt att förutsäga. Det finns bara ett fåtal modeller som kan beskriva den styrande dynamiken. Data från en av dessa modeller (SMHI) har jämförts i ett delkapitel.

Alkalinitet och halten organiskt kol kan direkt kopplas till användningen av fällningsmedel i beredningen. Dessa två valdes ut för att visa hur förändringar i råvattenkvaliteten vid Görvålverket skulle påverka den nuvarande, men förmodligen även den framtida beredningen.



Figur 1: Tidserie över UV absorbans i råvatten (UV254_RV), ledningsförmåga (Kond_RV) och aluminiumdosen (ALGdos) som funktion av tid. ALG Dosen kan beskrivas som en linjär funktion av tre drivvariabler $ALG_dos = UV254_RV * 13.1 + TOC_RV * 1.91 + Kond_RV * 2.07 - 30.3$.

Data från figuren ovan visar hur ökande halter UV, TOC och högre ledningsförmåga leder till en högre ALGdos (mg/l $Al_2(SO_4)_3$) i beredningen och därmed högre kostnader för kemikalier och slambelastning. Sambanden mellan dosen och ledningsförmågan (Kond_RV) förklaras av att ledningsförmågan är korrelerad till alkaliniteten (ALK). Högre alkalinitet ger en högre ledningsförmåga och vid Görvål föreligger det ett tydligt samband mellan dessa två parametrar. Högre alkalinitet kräver högre dos för att sänka pH värdet till optimala förhållanden. Man kan beräkna hur viktig en procentuell förändring av enstaka parameter skulle påverka den framtida dosen om karaktären av organiskt kol inte förändras. Nedan visas ett exempel för medianvärden under perioden 2012-2018 för parametrarna

UV254 [1.23 1/5cm], TOC_RV [7.8 mg/L] och Kond_RV [22.6 mS/m]. För detta används en förenklad ekvation för doseringen.²

$$\text{ALG_DOS} = \text{UV254_RV} * 13.1 + \text{TOC_RV} * 1.91 + \text{Kond_RV} * 2.07 - 30.3.$$

$$47.5 = 1.23 * 13.1 + 7.8 * 1.91 + 22.6 * 2.07 - 30.3.$$

I nedanstående tabell beräknades hur mycket ALG_DOS skulle kunna förändras om alla tre [A] eller parametrar eller bara TOC och UV [B] ökar med 10%, 20%,30%, 40% resp. 50% över tiden. Beräkningen visar att resultaten av den skattade förändringen i dosen är icke linjär. Detta är i linje med vad andra tidigare studier har visat (Eikebrokk et al 2004). Siffrorna nedan kan vara en måttstock för vilken möjlig effekt förändringar i ledningsförmåga och halten organiskt kol kan ha på den framtida beredningen. I beräkningen antas att karaktären av TOC inte förändras över tiden.³

Tabell 1: Beräknade bidrag till ALG_DOS (mg/l) från organiskt kol (UV+TOC) samt ledningsförmåga (som är ett mått på mängder salt i vatten). I Mälaren korrelera ledningsförmåga mycket bra med Alkalinitet i vattnet. Hög alkalinitet kräver höga doser ALG för att nå optimalt fällnings pH. Därför finns det samband mellan ledningsförmåga och ALG dosen i Görvälnverket). Värden i första raden (Ref) beskriver medianvärden för perioden 2012-2018 och DOS_rel den relativa ökningen av ALG_DOS mot referensscenariot.

	UV+TOC [A,B] [mg/l ALG]	Kond [A] [mg/l ALG]	Kond [B] [mg/l ALG]	Offset [A,B] [mg/l ALG]	ALG_DOS [A] [mg/l ALG]	ALG_DOS [B] [mg/l ALG]	DOS_rel [A]	DOS_rel [B]
Ref	31.0	46.8	46.8	-30.3	47.5	47.5	1.0	1.0
10%	34.1	51.5	46.8	-30.3	55.3	55.3	1.2	1.1
30%	40.3	60.8	46.8	-30.3	70.8	70.8	1.5	1.2
50%	46.5	70.2	46.8	-30.3	86.4	86.4	1.8	1.3

Eftersom ALG_DOS är additiv kan även effekterna av en av dessa två faktorer lösas ut. Längre ner kommer de observerade förändringarna i organiskt kol och ledningsförmåga dokumenteras och kan så relateras till en predikterad förändring i slammängd och kemikaliekostnad. Ökade halter organiskt kol och ledningsförmåga skulle dock förmodligen även leda till andra ökande kostnader för driften då sandfilterbelastningen ökar.

² Nedanstående ekvation är inte den som används idag för automatisk dosering. Däremot är den enklare och beskriver den doseringen inom 15 % av den manuella fällningen och inom 5% av den bestående dosmodellen.

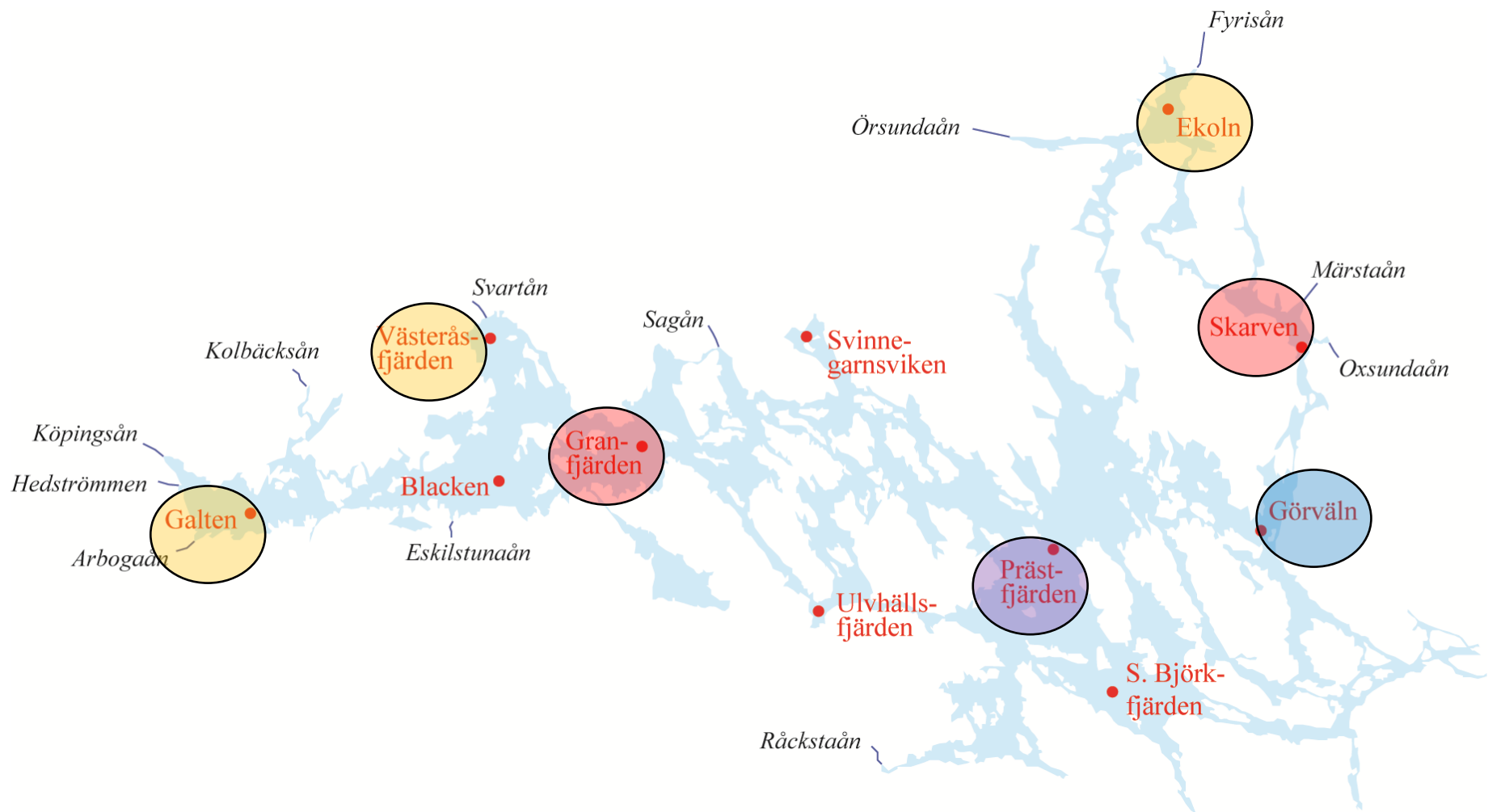
³ Skulle karaktären av humus ändras över tiden så måste en ny dosmodell tas fram. Utöver det måste parametern TOC_RV som beräknas via spectrolyser (S:can) kalibreras på nytt.

1 Dataunderlaget

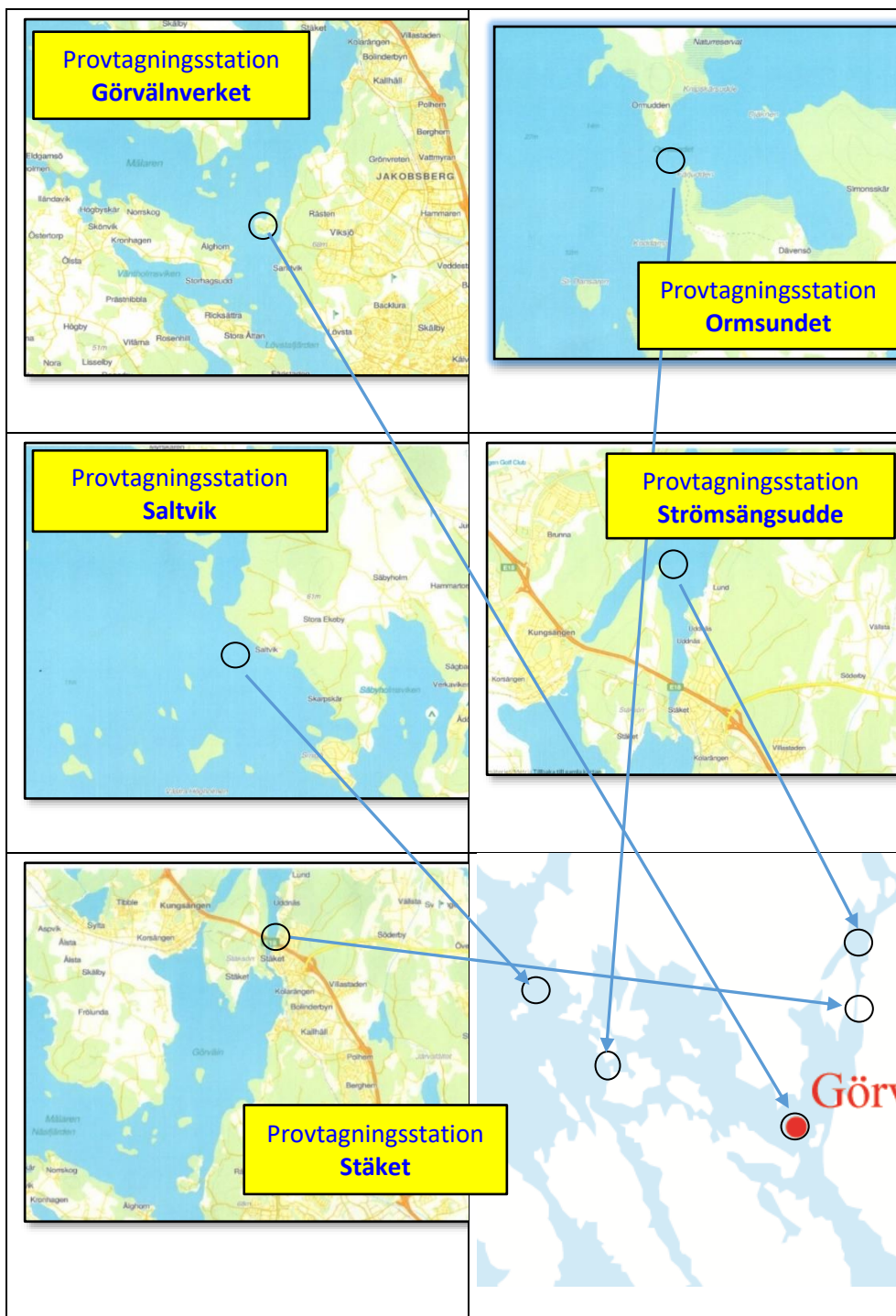
Förändringen av fysikaliska, biologiska och kemiska parametrar studerades i Mälarens avrinningsområde under perioden 1968-2018. Dataunderlaget kommer från Norrvattens egna provprogram (NV), från miljöövervakningen inom och runt Mälaren (Miljödata-MVM, SLU) och från meteorologiska mätningar och modelleringar (SMHI). De viktigaste data förklaras i Tabell 2 - Tabell 4 och provplatserna visas i Figur 2 och Figur 3. Läsaren hänvisas till appendix för en mera utförlig beskrivning.

Tabell 2: Meteorologiska data som användes i denna studie för olika parametrar (beteckning), tidsperioden, datakälla, beskrivning av provplatsen eller området, antal bassänger och filnamn.

Beteckning	tidsperiod	datakälla	beskrivning	Antal bassänger	filnamn
Nederbörd	1965-2018	SMHI PTHBV	Interpolerat värde för en punkt nära provplatsen	11 bassänger	MälARBASSÄNGER Klimatdata(PTHBV).xlsx
Evapotranspiration	1999-2017	S-Hype	Beräknad avdunstning från en vattenyta	11 bassänger	Årliga S-HYPE Evapotranspiration_11 Bassänger.xlsx
Lufttemperatur	1965-2018	SMHI	Interpolerat värde för en punkt nära provplatsen	11 bassänger	MälARBASSÄNGER Klimatdata (PTHBV).xlsx
Avrinning	1981-2018	S-Hype	Modellerad dygnsmedelavrinning från respektive avrinningsområde.	7 bassänger	S-HYPE Dyngsmedelflöde_7 Bassänger.xlsx
Isläggning/ Islossning	1870 (2012) - 2018	SMHI	Observationer av isläggning och islossning.	2 bassänger	Isläggning_Islossning_Skarven och N Björkfjärden.xls



Figur 2: Karta över Mälaren som visar läge av de 11 bassänger där det finns vattenkemiska data samt de 7 bassänger där transportberäkningar föreligger. Färgmarkeringar runt bassängerna är en kod om bassängen anses vara en bassäng av första ordning (bara tillflöden från omkringliggande åar), andra eller högre ordning (tillflöden från bassänger som ligger uppströms). 1.ordning (Galten, Västeråsfjärden och Ekoln). 2. Ordning Granfjärden (Bassängerna Galten och Västeråsfjärden + Eskilstunaån uppströms) samt Skarven (Bassäng Ekoln + Märstaån och Oxsundaån), 3. Ordning Prästfjärden (Bassäng Granfjärden + Sagån) och 4. Ordning Görväl (Skarven + andelar från Prästfjärden).



Figur 3: Översikt över Norrvattens provplatser

Tabell 3: Parameterlista med parameternamn, startår när analysen påbörjades och anmärkning över de vattenkemiska parametrarna för tidsserierna från Norrvatten (NV)

ANALYS	STARTÅR	ANMÄRKNING
Provtagningsstemperatur	1968	
Syrgas (mg/l)	1968	
Färgtal (Pt-färg, mg/l)	1968	
Konduktivitet	1968	
Turbiditet (FNU)	1976	
Lukt styrka/art 20°	1998	
Lukt styrka/art 50°	1998	
COD Mn	1968	
Alkalinitet	1968	
pH	1968	
Hårdhet	1968	
NO ₃ -N	1968->1999	
NO ₃ -N+NO ₂ -N	1999-> 2015	
Tot N	1976	
PO ₄ -P	1968	
Tot-P	1968	
Klorid	1974	

Tabell 4: Parameterlista med parameternamn, startår när analysen påbörjades och anmärkning över de vattenkemiska parametrarna för tidsserierna från miljöövervakningen av Mälaren hämtade från Miljödata-MVM (SLU).

ANALYS	STARTÅR	ANMÄRKNING
Provtagnings temperatur (°C)	1965	
[Winkler]	1964	
Syrgas (mg/l) [optiskt elektrod]	2017	
Absorbans (A420_F 1/5cm)	1965	
Konduktivitet (mS/m) 20 °C	1965->1983	
Konduktivitet (mS/m) 25 °C	1984	
Turbiditet (NTU)	2010	
COD Mn (mg/l)	Finns ej genomgående	
Alkalinitet (mekv/l)	1965	
pH	1965	
TOC (mg/l)	1995	
NO ₃ -N+NO ₂ -N (µg/l)	1965	
Tot N (µg/l)	1987	
PO ₄ -P (µg/l)	1965	
Tot-P (µg/l)	1965	
Klorid (mg/l)	Finns ej genomgående	

2 Analyismetoder

2.1 Automatiserad trendanalys

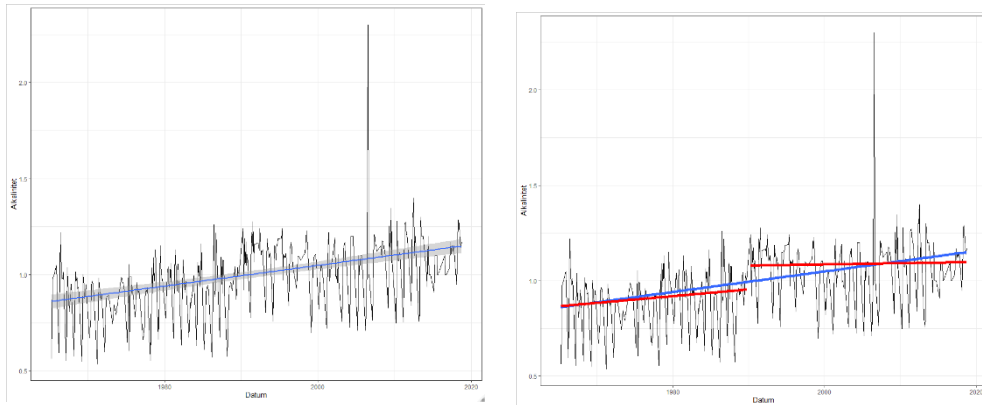
När långa tidserier ska analyseras och trender ska upptäckas är det viktigt att vara medveten om att det är många faktorer som kan påverka under en period av 30 till 40 år. Alltför ofta görs analyserna med ett antagande att den förändring som sker är linjär över hela tidsperioden. Det kan vara en rimlig förenkling av analysen när serierna är 10 år eller korta, men är sällan tillfredställande för längre tidsperspektiv.

I den här rapporten genomför vi trendanalyser med en metod som vi kallar för trendscreening. Intresset ligger i att identifiera tidsperioder där förändringar har skett för olika bassänger, variabler eller djup. Metoden baseras på modeller som är anpassade till data utan för att anta att förändringar i tiden är linjära.

Exempel av analys för Alkalinitet i Görvältn

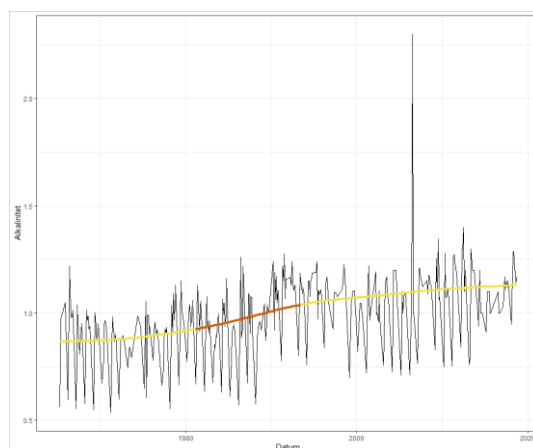
En vanlig analys med linjär trend för alkalinitet i Görvältn kan ses i Figur 4. Ökningen över tiden är signifikant (p -värde < 0.001)⁴ och det syn tydligt att halterna är högre under senare åren än under 1970-talet. När man tittar närmare på data ser man dock också att den största förändringen sker plötsligt med start ca 1990. Skulle vi ha valt att genomföra en analys med data enbart för tidsperioden 1990-2018 (Figur 4 höger) så hade slutsatsen varit att det inte finns någon trend i serien (p -värde 0.781). Resultat man kan få av linjära trendanalyser kan alltså vara mycket beroende på vilken tidsperiod man väljer för analysen.

⁴ Sannolikheten att samband uppstår av en slump är mindre än 0.1%



Figur 4: Alkalinitet i Görvåln: Vänster med en anpassad linjär trend, höger med två perioder (fram till 1990, 1990 och senare). En enskild outlier (engelsk term för avvikande värde) observerat under 2000-talet påverka analyserna bara marginellt.

När vi istället väljer att tillåta både uppgångar, nedgångar och stabila perioder under de 40 års observerade data får vi en bättre bild av vad som händer med alkalinitet över tiden. Trendscreningmetoden anpassar en sådan flexibel kurva till data (Figur 5). För dataserien bedöms sedan om den ändringen som observeras är signifikant, dvs om den är större än vad som rimligtvis kan förväntas med avseende på variationen i data. För att visualisera resultaten färgas trendkurvan i röd (signifikant uppåtgående trend), blå (signifikant nedåtgående trend) och gul (ingen förändring). Metoden identifierar samma ökning i början av 1990-talet, som vi kunde se i data tidigare. Förutom det syns också en uppgång omkring 2005. Förändringen kvarstår om det enskilda höga värdet i juli 2006 tas bort (resultat visas inte).



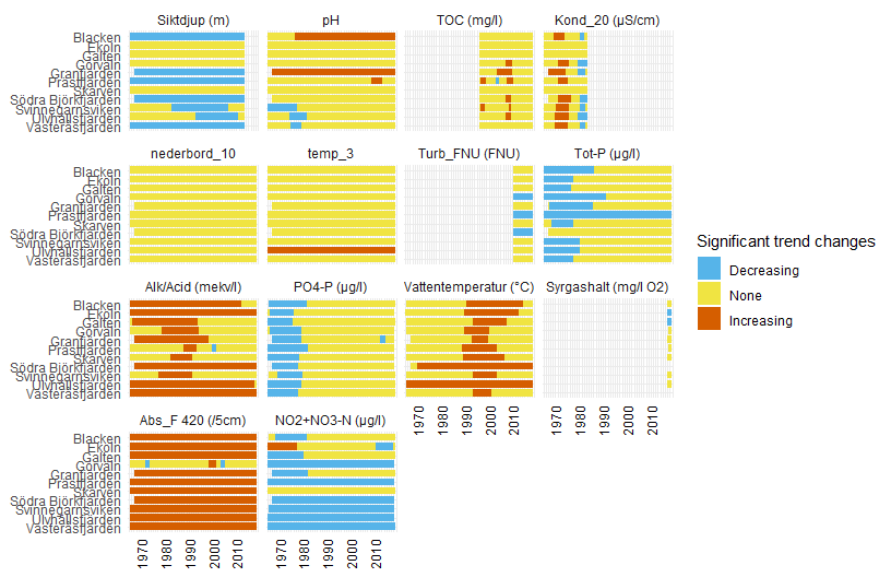
Figur 5: Alkalinitet i Görvåln: Genom trendscrening kan vi identifiera en period där alkalinitet ökar (röd). Under gula perioder ändras inte nivån av alkalinitet signifikant.

Med både linjär trendanalys och trendscreening kan vi se att alkalinitet ökar över tidperioden 1965 till 2018. Med den senare metoden kan vi dock även lokalisera när uppgångarna sker som ger oss möjlighet att undersöka vidare vad som orsakar denna förändring.

Som nästa steg är det intressant att se ett flertal variabler eller bassänger samtidigt för att undersöka om förändringarna 1990 och 2005 sker enbart i alkalinitet i Görväln eller även i andra bassänger eller andra variabler. För att göra dessa resultat överskådliga producerade vi t.ex.

Figur 6, där enbart information ges om vilka perioder som klassas som uppåtgående, nedåtgående eller stabila. Vi förlorar naturligtvis viss information som finns i Figur 5, framförallt är det inte möjligt att bedöma hur stora förändringarna⁵ är, som kunde bedömas visuellt när serien plottades. Däremot ger figuren möjlighet att få en snabb överblick. Exempelvis kan vi se att alkalinitet visar uppåtgående trender i alla bassänger, ibland fram till 1990-talet och ibland under hela tidsperioden. När trenden pågår under hela tidsperioden har modellen oftast identifierat en linjär trend som bästa beskrivning av förändring över tiden.

⁵ Utveckling av metodik för att även visa magnituden av förändringen pågår. Metodiken är tillgänglig via <https://github.com/claudiavonbromssen/Trend-screening>



Figur 6: Sammanfattning av trendscreening modeller för alla bassänger och relevanta variabler. Metoden visar vilka trender sammanfaller, samt hur långt de observerade serierna är. Fallande trend i blått ("Decreasing"), ökande trend i rött ("Increasing) och ingen observerad trend i gult ("None")

2.2 Metodens begränsningar

Trendscreening ger en snabb överblick över förändringar i serierna, men kan naturligtvis inte ersätta mer djupgående analyser. Snarare ska den ses som ett första steg i analysen och som hjälp att fokusera på de frågor som är relevanta.

Modellerna som ligger till grunden för figurerna är flexibla och ett antal val måste göras. Eftersom vi analyserar många bassänger och variabler samtidigt är dessa val naturligtvis generella och passar inte alltid bäst. Här ger vi några exempel:

Eftersom data är en tidserie så används en vanlig justering för beroende av data i tiden (en autokorrelation). När en serie uppvisar ett cykliskt beteende identifieras det som beroende i tiden (jämför de linjära trenderna för absorbans i

- Figur 6 med analysen senare, där ingen justering för beroende i tiden görs).
- När enskilda serier undersöks är det lätt att identifiera avvikande värden och validera de eller ta bort de om de är orimliga. När trendscreening används görs i dagsläget ingen automatisk granskning om alla värden ligger inom ett rimligt intervall. Metoderna som används är dock ganska robusta mot avvikande värden om de inte ligger direkt i början eller slutat av en serie.
- För serier med mycket variation, framförallt med längre avvikande perioder, kan resultaten synbart vara mycket olika även om grunddata är mycket lika. Se avsnitt om serier med mycket variation nedan.
- Plötsliga förändringar visas ofta som en förändring över flera månader. I Figur 5 ser man att förändringen i alkalinitet i Görvaln antagligen sker 1990 och ganska snabbt, medan metoden identifierar en period mellan

1982 och 1994. Om det finns misstanke om plötsliga förändringar i flera serier eller variabler kan grundmodellen anpassas för att bättre fånga upp dessa.

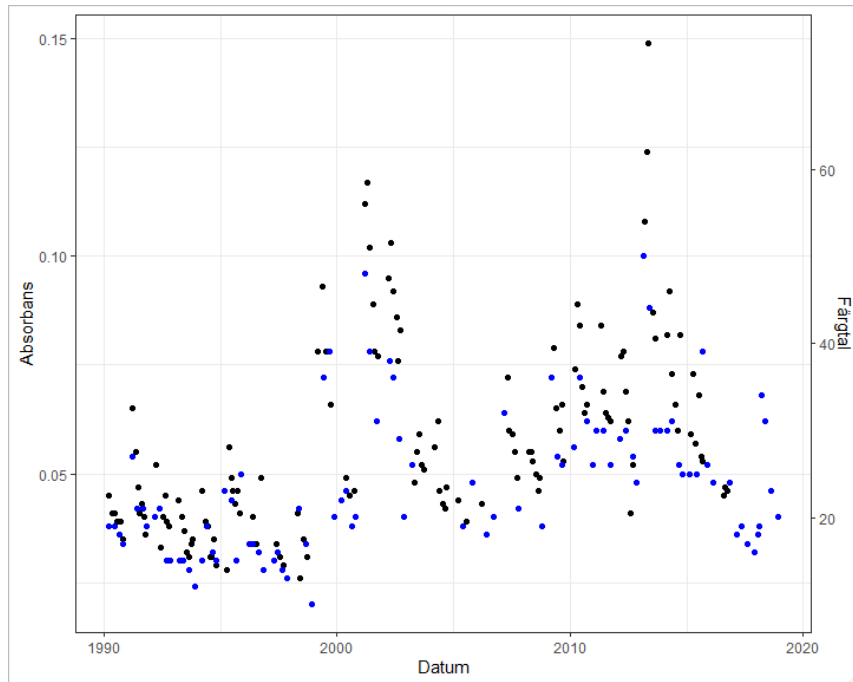
Förutom det är en begränsning, som tidigare nämnts, att magnituden av förändringarna inte kan visas med dagens metodik. Även sorteringen av t.ex. bassänger i figurerna kan inte styras. Det innebär att bassänger presenteras i bokstavsordning, även om det inte är optimalt. Metodiken är under utveckling och kan förhoppningsvis ge ännu bättre underlag i framtiden.

Säsongsvariation

Säsongsvariationen är modellerad i alla trendmodeller för att underlätta identifiering av eventuella långtidstrender.

Analys av serier med mycket variation

När en serie uppvisar mycket variation eller cykliska svängningar utöver säsongsvariation kan det vara svårt att hitta en bra trendkomponent. Det kan ses i vissa av de presenterade resultaten för absorbans. Till exempel, för data efter 1990 och serierna 'Görväln' (SLU data, djupvatten) och 'Norra Görväln' (Norrvattendata, 20 m djup) är variationen över tid mycket liknande för absorbans och färgtal (Figur 7). Båda serier uppvisar dock mycket variation med framförallt två toppar omkring 2001 och 2013. För sådana serier är trendanalys generellt svårt att genomföra. I senare analyser kommer vi att se att dessa två serier leder till olika resultat i trendanalyserna. SLU data leder till bedömningen att trenden för absorbans är linjär och uppåtgående över hela perioden, medan för Norrvatten är bedömningen att det sker en förändring under tidigt 2000-tal och ingen vidare ökning senare. Vi kan här konstatera att ingen av dessa två trendrepresentationer är optimala för data i Figur 7. Det viktigaste målet med analysen bör istället vara att identifiera orsakerna till de variationerna eller cykliska beteenden som syns.



Figur 7: Absorbans (Görväln, SLU data, svart) och Färgtal (Norra Görväln, Norrvattendata, blå).

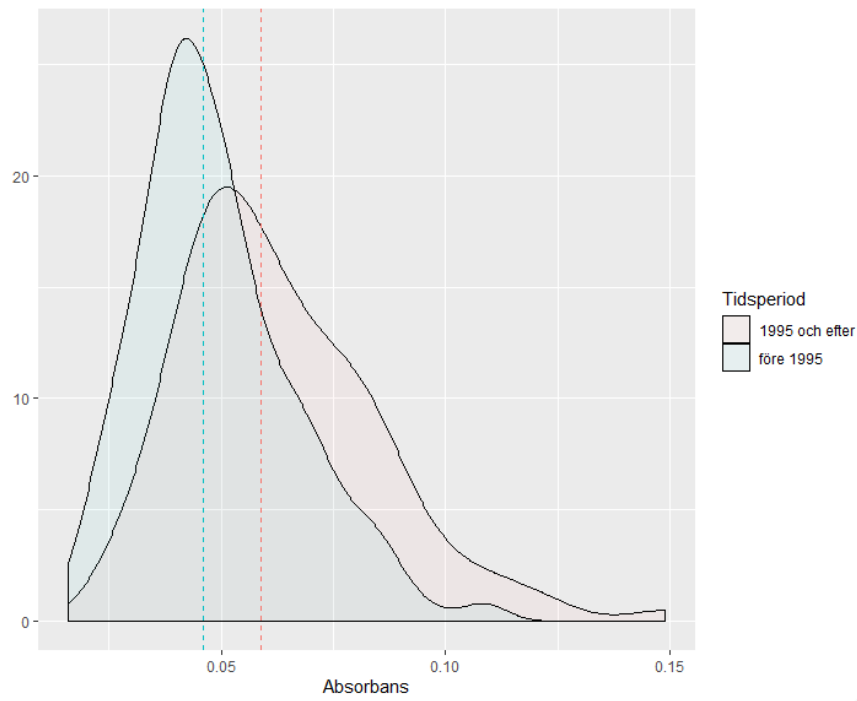
2.3 Jämförelse med andra vanliga trendmetoder

Vi har redan diskuterat varför linjära trender inte bör väljas när långa tidserier ska undersökas. En annan mycket använd metodik är att använda icke-parameteriska trendtester, oftast Mann-Kendall tester, som inte heller antar att trender är linjära. De utgår dock ifrån att förändringen är monoton, dvs enbart uppåt eller enbart nedåt, som begränsar även denna metod. Dessutom är resultaten sammanfattade i ett enskild p-värde och en magnitudskattning och ger ingen information när i serien förändringen sker.

2.3.1 Trender i medelvärden vs trender i fördelningar

De trender som presenteras i de flesta trendanalyser, så även här, avser förändringar i medelnivån av den undersökta variabeln. Det är naturligtvis ofta relevant och också enklast att analysera. Samtidigt kan i många sammanhang andra frågeställningar vara viktigare. Vi har redan nämnt att det ibland kan vara viktigare att hitta orsaker till variation än att ta fram en (mycket osäker) trendkurva. Det är också tänkbart att medelnivån i en variabel inte förändras sig eller enbart marginellt, medan höga eller låga värden i serier blir mer extrema. Att analysera trender i extremvärden är svårare än för medelvärden och det krävs också mer data eftersom extremsituationerna sällan observeras. Vi presenterar för några variabler hur fördelningen ändras sig över tiden (två tidsperioder) för att diskutera det. Figur 8 visar absorbans för två olika perioder och att förutom en ökning i medianen (vertikal streckade linjer) syns också att under senare år finns fler höga värden, dvs

de extrema värdena ökar. Denna graf är för ytvatten i Görväln (SLU data). En mer omfattande analys av extrema värden har dock inte gjorts här.



Figur 8: Fördelningen för absorbans undersöktes genom att plotta en anpassad fördelning av värden för absorbans (antal prover per klass) för två tidsperioder. Förutom en ökning i medianen (streckade linjen) syns också att under senare år finns fler höga värden, dvs de extrema värdena ökar. Denna graf är för ytvatten i Görväln (SLU data).

För parametern vattnets färg utfördes ytterligare två analyser som beskrivs nedan.

2.4 Linjär trendanalys av vattnets färg

Den stora mellanårsvariationen för vattnets färg gör det svårt att analysera trender. För att kringgå detta har årsvisa medianvärden och 90% percentilerna beräknats och sedan analyserats för linjära trender. I analysen beräknades interceptet och lutningen samt signifikans för anpassningen via ett p-värde. Analysen utfördes för hela perioden (1968-2018) och uppdelad i en tidig (1968-1990) och en sen period (1991-2018).

2.5 Analys av varians av vattnets färg

Skillnader i varians av en mätparameter kan testas via ett antal tester⁶. Eftersom alla dessa tester förutsätter att data är normalfördelad så genomfördes initialt ett test för normalitet. Visade det sig att data inte var normalfördelad transformerades data genom att logaritmera värdena innan analysen.

6

file:///C:/Program%20Files/SAS/JMP/14/Help/index.html#page/jmp%2FBA_Oneway_ANOVA_36.html%23

3 Resultat och diskussion

3.1 Automatiserad trendanalys

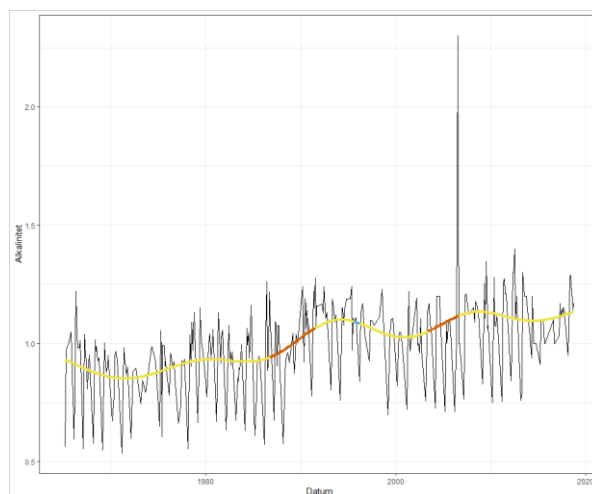
3.1.1 Trendanalys och grafer för yt- och djupvatten (SLU data)

3.1.1.1 Exempel för deskriptiva trendanalyser

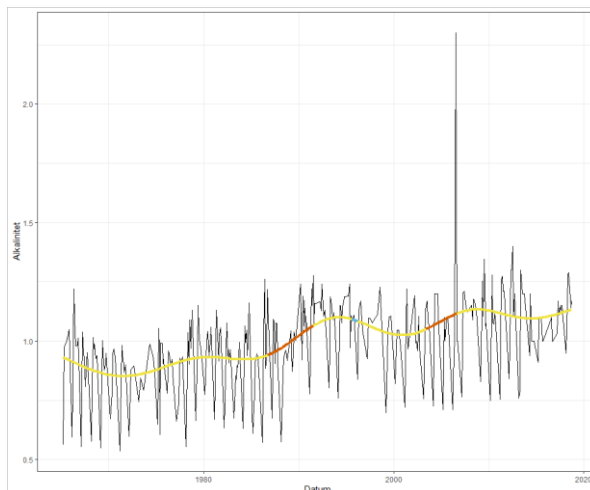
I följande avsnitt visas deskriptiva trendanalyser för ett urval av variabler och alla bassänger som är tillgängliga i SLU:s databas. Trendanalysen genomförs genom att anpassa en utjämningskurva till data (Figur 9). För denna kurva bedöms sen för olika delavsnitt om trenden är ökande (röd), minskande (blå) eller icke-signifikant (gul). Graferna bidrar till att få en bild om förändringar i nivån har skett över hela tidsperioden eller enbart under en viss period.

I de grafer som presenteras senare med överblick över ett flertal variabler eller ett flertal bassänger presenteras enbart under vilka perioder uppåtgående eller nedåtgående trender observeras, dvs färgerna från Figur 9.

Eftersom denna metod går ut på att få en snabb överblick över många serier, så är inte enskilda series granskade i förväg. En mer detaljerad analys finns i senare avsnitt för de variabler och bassänger som är mest intressanta. Observera att den senare av de signifikanta uppåtgående perioderna i Figur 9 är påverkat av ett extremt värde juli 2006.



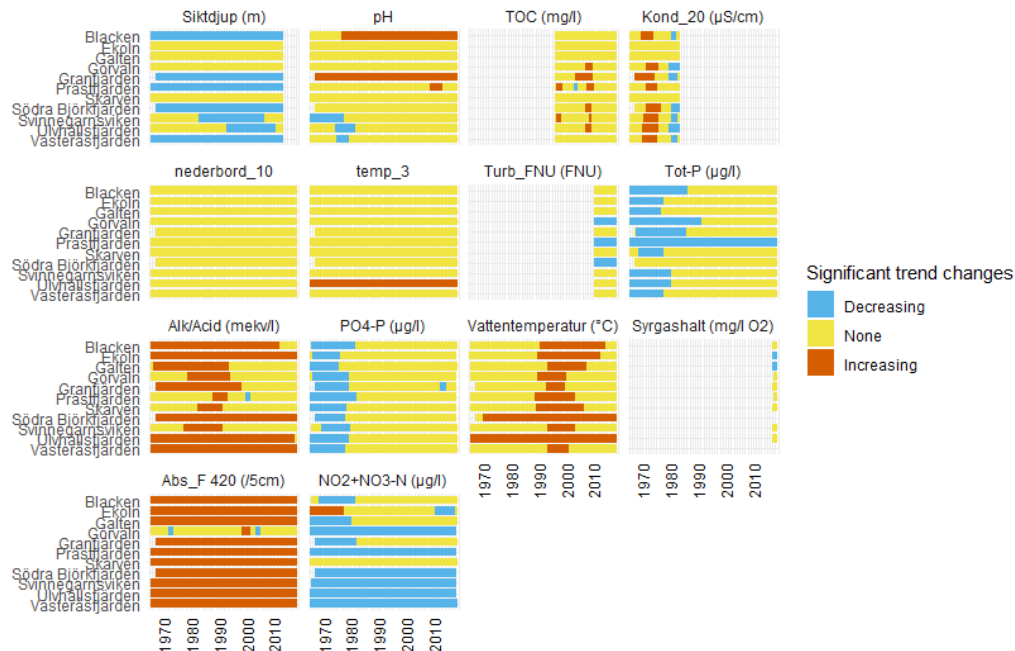
Figur 9



Figur 9: Ett exempel för en genomförd trendanalys som input för graferna. Signifikant uppåtgående trendperioder färgs röd, signifikant nedåtgående blå. Perioder utan signifikant ändring är gula.

3.1.1.2 Trendanalyser för ytvatten (0.5 m provdjup), SLU data

För analyserna av ytvatten användes de längsta tillgängliga serierna från SLU (1968-2018). Enbart representanter av klimatdata är med i analysen: temp_3 (medelvärdet över temperatur för de senaste 3 dagarna före provtagning) och nederbord_10 (summa av nederbörd under 10 dagar före provtagning).

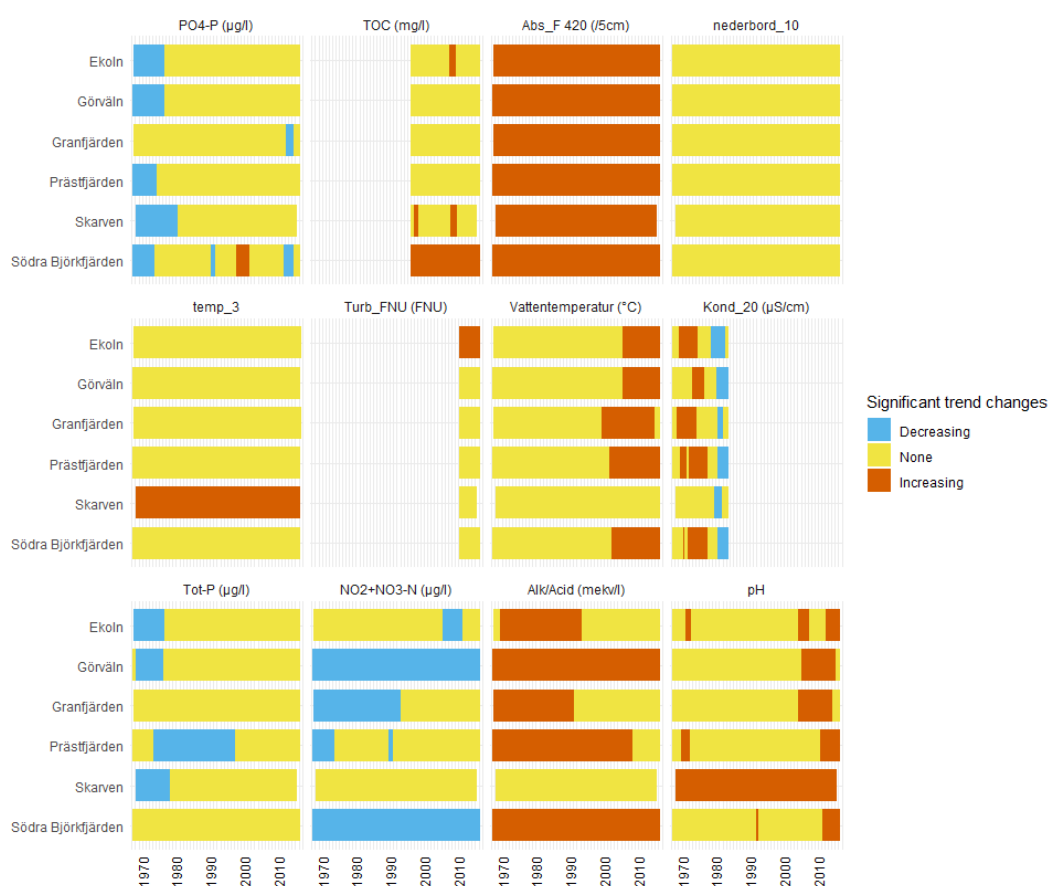


Figur 10: Signifikanta trendperioder för vattenkemiska parametrar från SLU (ytvatten, 0.5m) för alla Mälarenbassänger och olika variabler över hela perioden (1968-2018). Medeltemperatur under tre dagar före provtagning, samt totala nederbörd 10 dagar före provtagning väljs ut för att representera klimatdata.

Resultaten för ytvatten Figur 10 antyder att:

- total-fosfor och PO₄-fosfor har samstämmiga sjunkande trender.
- det finns uppåtgående trender för vattnets färg (Abs_F) och alkalinitet (Alk/Acid) i många men inte alla bassänger.
- trender för siktdjup och färg är motsatta och därför samstämmiga i många bassänger.
- för Görvåln finns ingen signifikant ökning av färg (Abs_F).
- vattentemperaturen vid provtagningen har ökat i S. Björkfjärden och Ulvhällsfjärden.
- det har varken varit varmare de sista 3 dagarna före provtagning eller regnat mer de sista 10 dagar innan provtagningen.

3.1.1.3 Trendanalys för djupvatten (>15m provdjup), SLU data



Figur 11: Signifikanta trendperioder för vattenkemiska parametrar från SLU (djupvatten, > 15m) för utvalda Mälarenbassänger och olika variabler över hela perioden (1968-2018). Medeltemperatur under tre dagar före provtagning, samt totala nederbörd 10 dagar före provtagning väljs ut för att representera klimatdata.

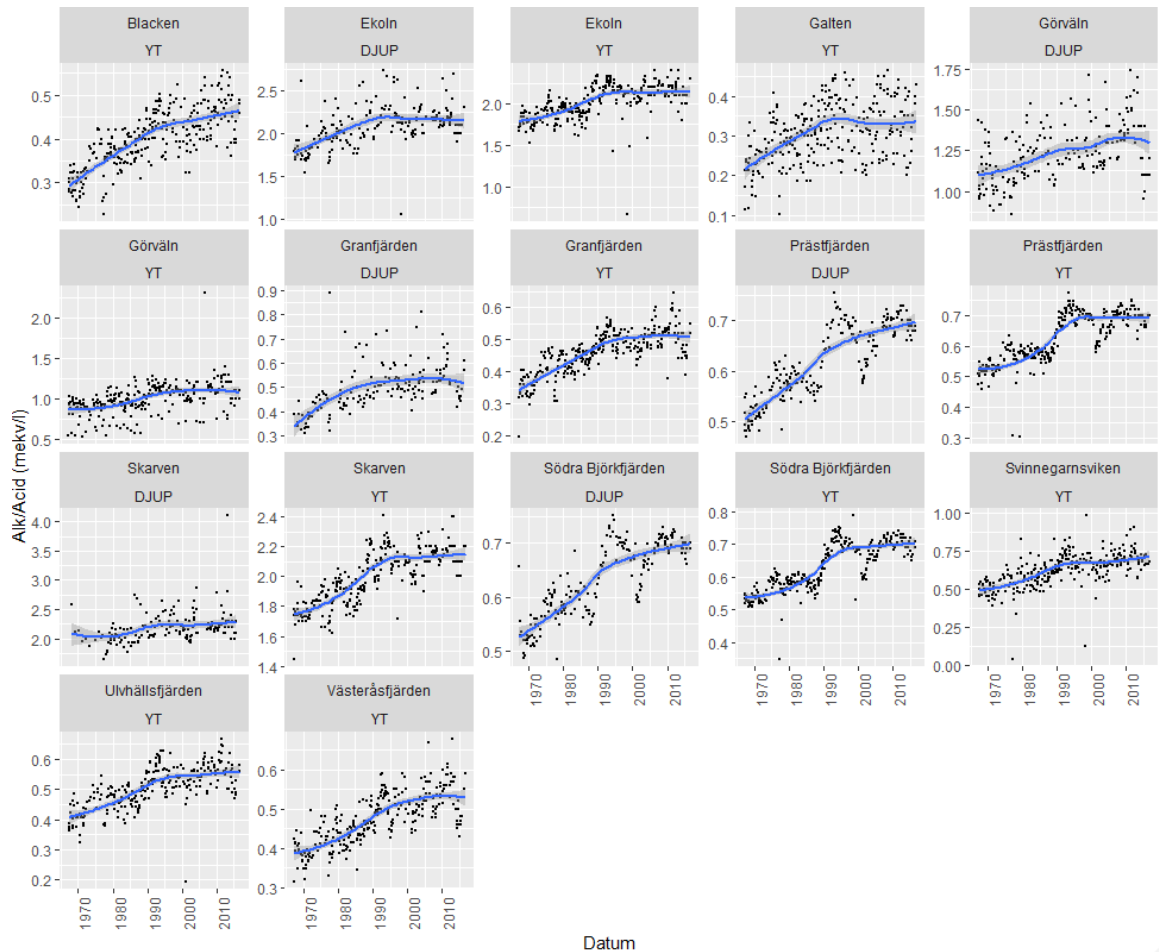
Resultaten för djupvatten antyder att:

- det finns en signifikant ökning av färg (Abs_F) i alla undersökta bassänger (se texten nedan).
- vattentemperaturen vid provtagningen har ökat i alla bassänger (Skarven betraktas inte som en bassäng) under de sista 10 åren till skillnad från lufttemperaturen för de tre sista dagar innan provtagningen. Skarven avviker från detta mönster.⁷
- fosfor data antyder en samstämmig sänkning i den tidiga perioden (< 1980).
- alkaliniteten ökar i alla bassänger (se texten nedan).
- halten total organiskt kol (TOC) har ökat i S. Björkfjärden (från 7.2 till 8.5 mg/l under perioden 1996-2018).

3.1.1.4 Tidsserieplottar för utvalda parametrar

Nedan redovisas ett antal grafer som visualiserar SLU data.

⁷ En exempelgraf för medianvärden av vattentemperatur av bottenvatten för S. Björkfjärden finns i Appendix.



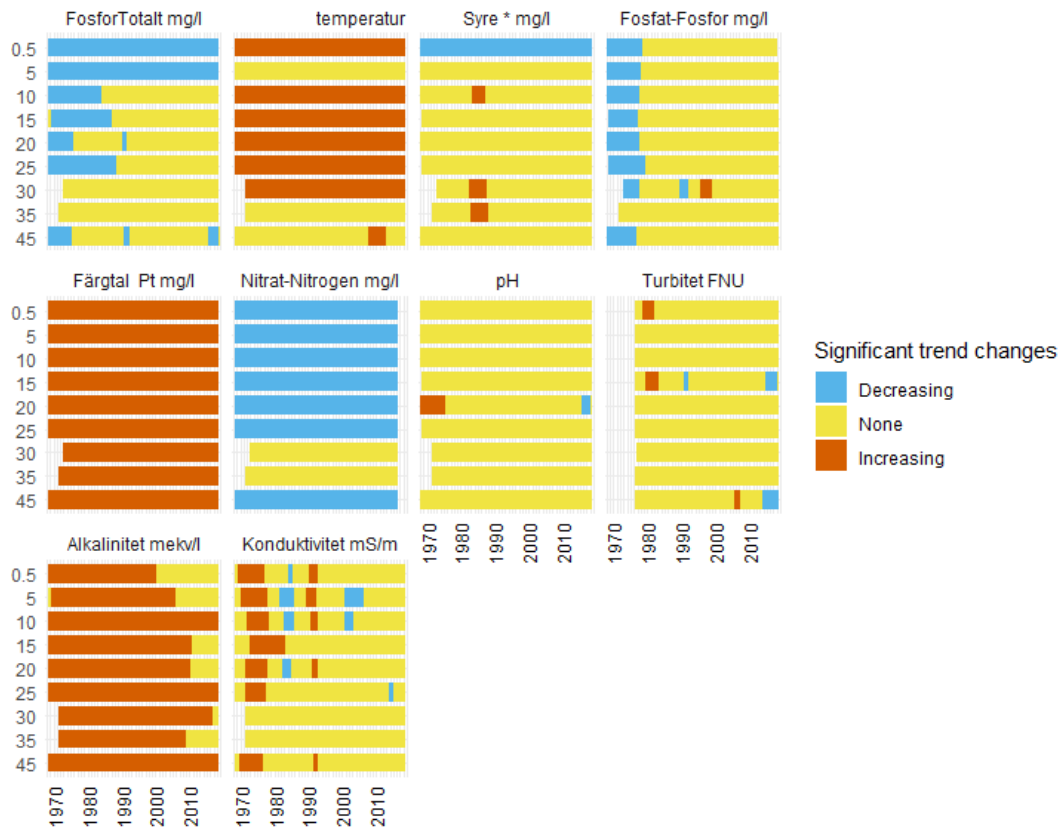
Figur 12: SLU data alla bassänger för båda, djup (YT = 0.5m, DJUP = 15m resp 30m). Färgkodningar visar exempel för hur mjukvaran har tolkat tidserierna över tiden: ingen trend (gul), ökande trend (röd) och sjunkande trend (blått). Två gula fält betyder ingen trend under hela perioden, en röd och en gul betyder en trend detekterades i början men inte i slutet etc.

Resultaten antyder att:

- alkaliniteten antingen var oförändrat eller ökade i alla bassänger och alla typer av vatten
- alkaliniteten i ytvatten i Görväln är lägre än den i djupvattnet
- de största förändringar av alkaliniteten uppträder vid Görväln där två olika typer av vatten blandas.

Samband mellan vattenkemiska parametrar och de beräknade meteorologiska medelvärden så som nederbörd 10 dagar innan provtagning eller lufttemperatur 3 dagar innan gick inte att påvisa. De tillhörande graferna finns i appendix.

3.1.2 Trendanalys för Görväln, alla djup, (NV data)

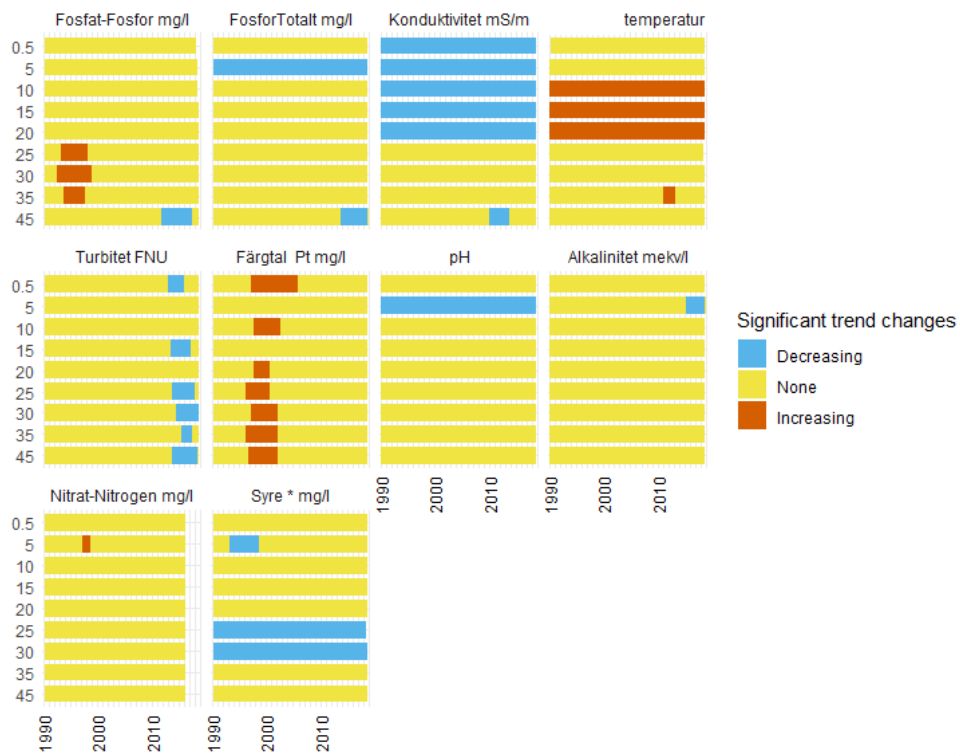


Figur 13: Norrvatten data för alla år och all djup vid provplatsen Görväln.

Resultaten antyder att:

- det finns nedåtgående trender för P i nästan alla djup
- de nedåtgående trenderna fortsätter i ytvatten längre än i djupare vatten
- färgen och alkaliniteten ökar i alla djup
- alkaliniteten inte ökar efter år 2000 i de flesta djup
- provtagningstemperaturen ökar i nästan alla djup
- syrgashalten har sjunkit i det översta skiktet

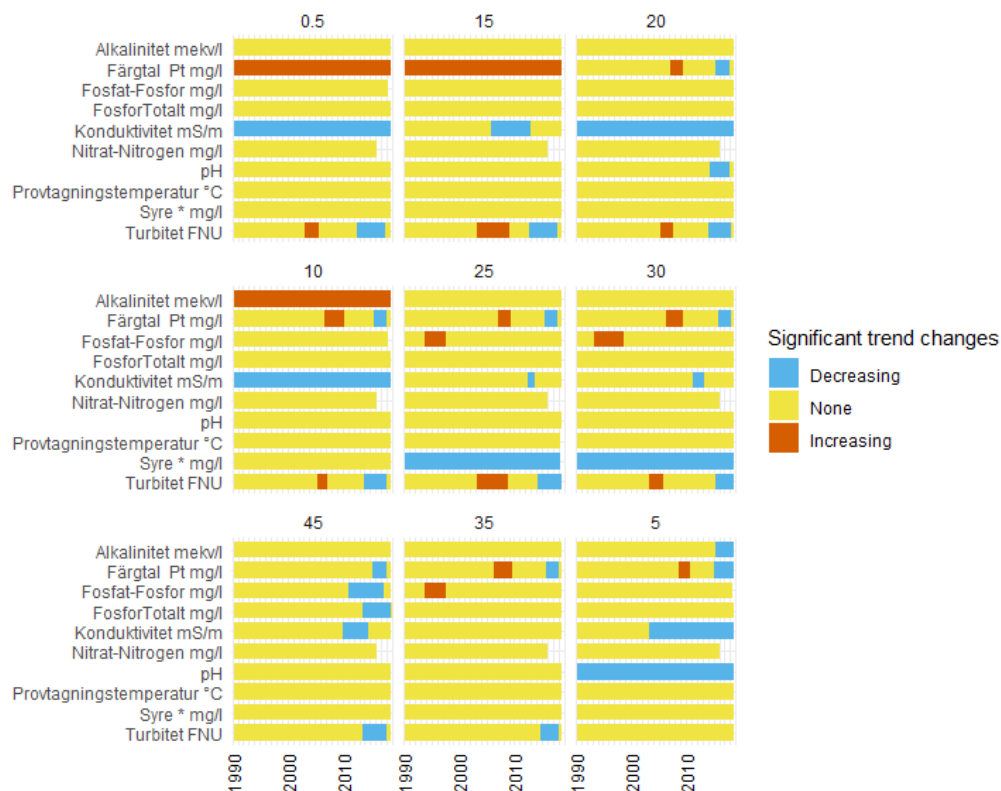
Analysresultaten skiljer sig avsevärt om bara perioden efter 1990 betraktas.



Figur 14: Norrvatten data alla djup efter 1990.

Resultaten antyder att:

- ledningsförmågan har sjunkit i de översta 20 meter
- det inte finns någon systematisk trend för färg, alkalinitet eller näringsämnen
- provtagningstemperaturen har stigit mellan 10-20 m
- syrgashalten har sjunkit mellan 25-30m



Figur 15: Norrvatten data när data 1999-2002 är borttaget.

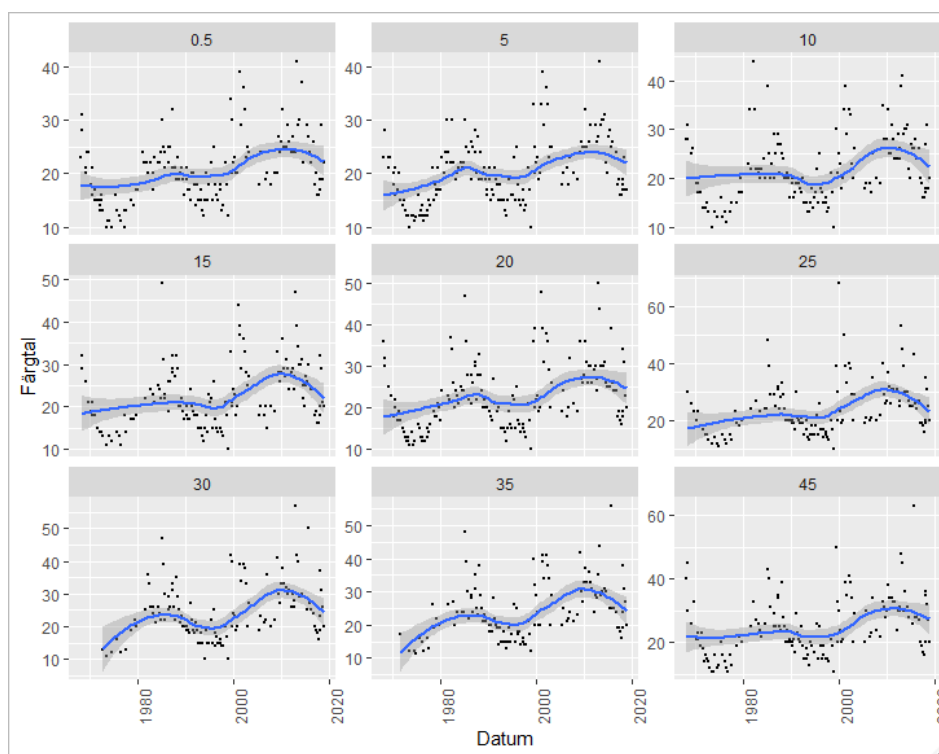
Utesluter man dessutom åren 1999-2002 där en stor förändring av vattenkemin förekom ändrar sig bilden.

Resultaten antyder att:

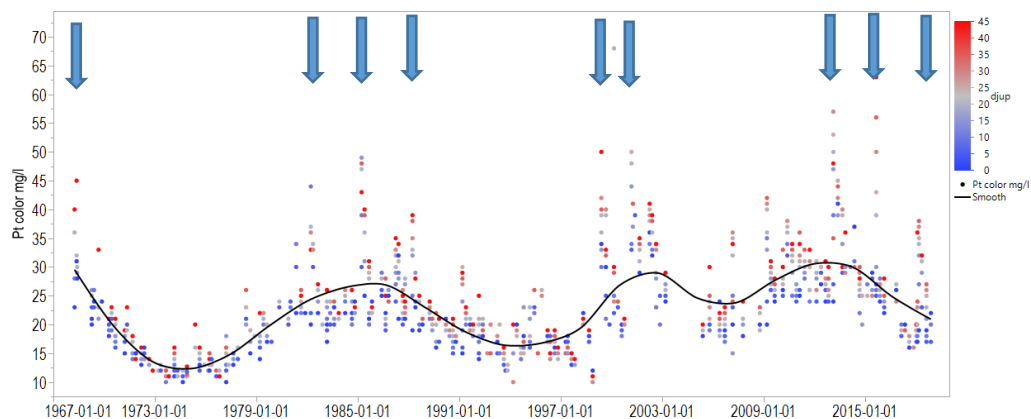
- Det finns bara ett fåtal trender kvar. Den mest rimliga förklaringen för detta är att mellanårsvariationer är större än trenderna över tid.
- Trender som observerades på vissa djup men inte på andra tyder på att förändringar är svaga och att analysen möjligen påverkas av slumpvisa avvikelser.
- Dessa trender är osystematiska över djup och verkar inte hänga ihop på ett enkelt sätt.

3.1.2.1 Tidsserieplottar för utvalda parametrar

Vattnets färg (Färgtal) har varierat över tid och djup. Över lag ser man en stigande färg i alla djup (se även appendix).



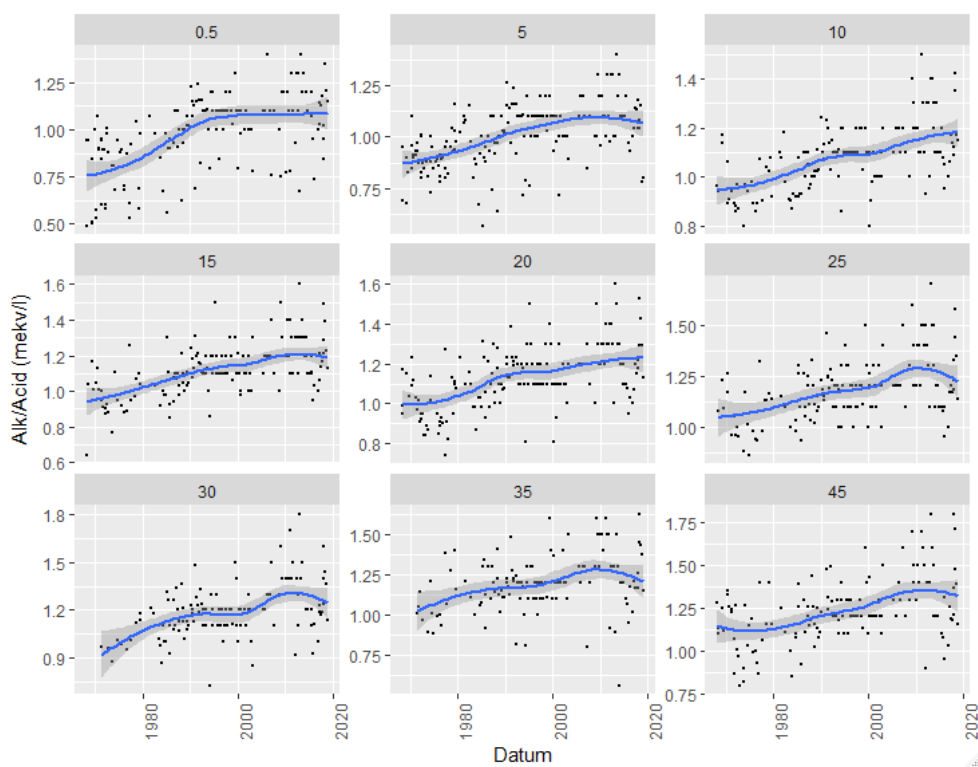
Figur 16: Norrvattensdata alla djup, Färgtal (mätt på absorbans och vattnets färg) mot datum



Figur 17: Norrvattens data. Tidsserie av vattnets färg (Pt color) för olika djup (djup vatten med röd färg, ytvatten med blå färg) över tid. Pilarna markerar perioder där det finns en stor variation av färg som funktion av djup.

Resultaten antyder att:

- högre färg uppträder i djupare vatten
- samma cykliska förändringar som i SLU data förekommer
- färgen ökar i alla djup
- att det finns samvariation för olika djup till en viss grad
- det finns perioder med stora variationer av färg över djupet. Sker ett intagsbyte under dessa situationer (pilar i ovanstående figur) så leder detta till stora, möjligen oönskade, variationer i ALG dos på kort tid.



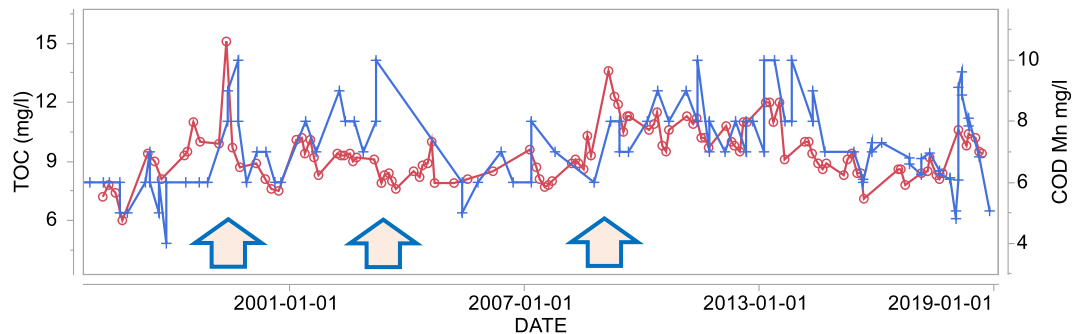
Figur 18: Norrvatten data, Alkalinitet i bassängen Görvälån, alla djup.

Resultaten antyder att:

- alkalinitet ökar i alla djup
- efter 1990 planar alkalinitet ut i alla djup

Eftersom totalhalt organiskt kol är en viktig parameter som styr fällningsdosen så jämfördes TOC (SLU data djupt vatten) och COD mätningar (Norrvatten data) under perioden 1996-2018 där det finns data. De högsta uppmätta värdena för totalt organiskt kol vid Görvälån (SLU data) uppmättes 1999/05/18 med TOC = 15.1 mg L⁻¹ och 2009/02/25 med TOC = 13.6 mg L⁻¹. COD värden från Norrvatten antyder en

likande med inte exakt sammanfallande serie. Vattnets färg (Pt-färg) uppmättes till 50 den 1999-05-31.



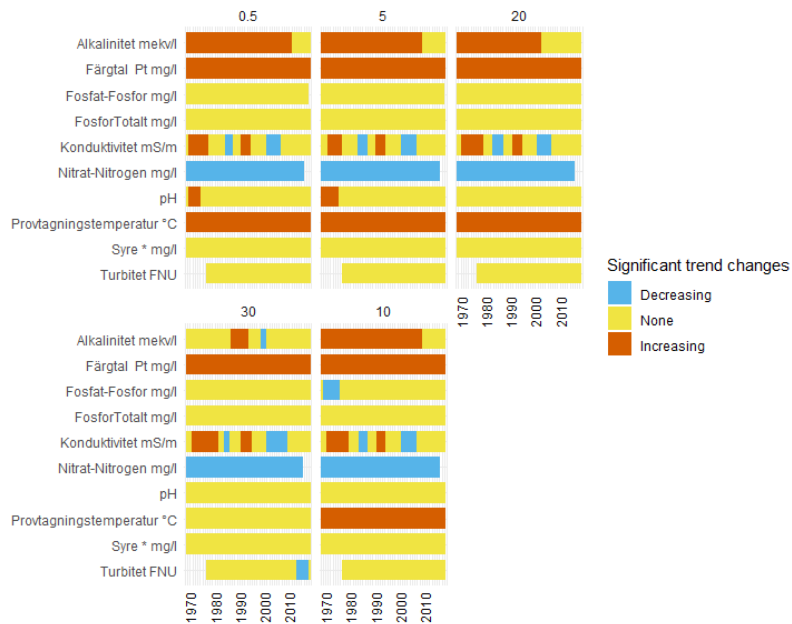
Figur 19: Jämförelse av SLU och NV data för mätparametrarna TOC (röd vänster y-axel) och COD Mn (blå, höger y-axel) som båda ger ett mått på halten organiskt kol i vatten. Två tillfällen med extra höga TOC halter (1999 och 2009) och en period med större avvikelse mellan COD och TOC (2002-2004) har markerats ut med pilar.

Resultaten antyder att:

- halten TOC och COD samvarierar under stora delar av perioden
- att både TOC och COD kan visa snabba förändringar
- precisionen för analys av COD är sämre än den som erhålls via TOC
- det kan förekomma avvikande värden (t.e.x under perioden 2002 och 2003) som kanske bör undersökas vidare.

Det fanns inga signifikanta samband mellan vattenkemiska parametrar och de beräknade meteorologiska medelvärden så som nederbörd 10 dagar innan provtagning eller lufttemperatur 3 dagar innan. De tillhörande graferna finns i appendix.

3.1.3 Trendanalys för Saltviken, alla djup, (NV data)



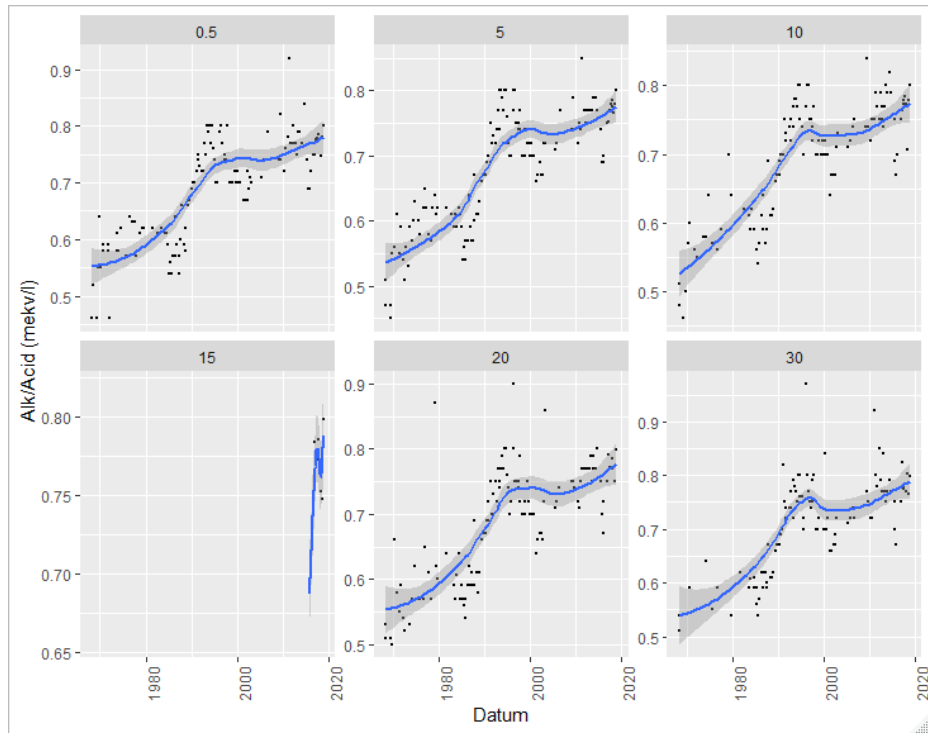
Figur 20: Norrvatten data vid Saltviken, alla djup, alla år

Resultaten antyder att:

- färg och alkalinitet har ökat som i de andra bassängerna
- kvävehalten har sjunkit
- ledningsförmågan har svängt vilket antyder olika vattenrörelse i denna bassäng över tid

3.1.3.1 Tidsserieplottar för utvalda parametrar

Även i Saltviken har alkaliniteten ökat under första delen av mätperioden.



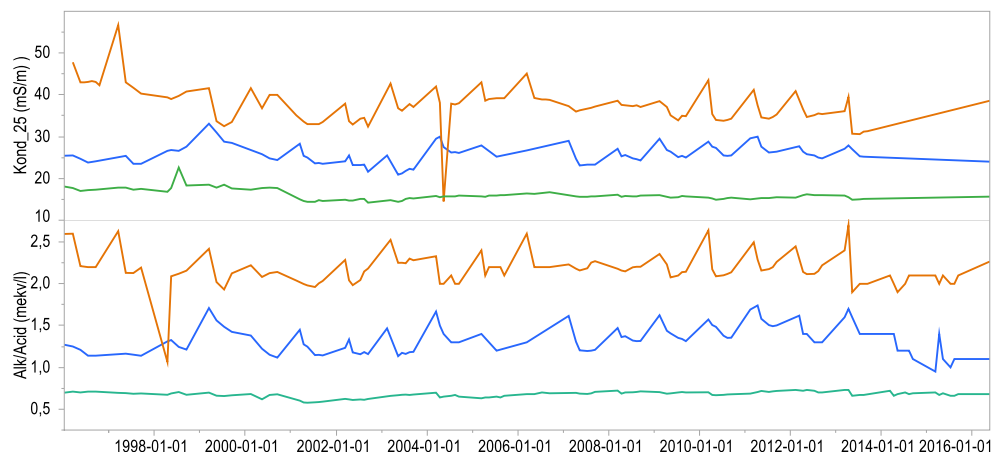
Figur 21: Norrvatten data för Saltviken, Alkalinitet mot datum för alla djup.

Resultaten antyder att:

- alkaliniteten har ökat som mest mellan 1980-1990
- alkaliniteten sedan samvarierar på olika djup
- alkaliniteten inte stiger efter år 1995

3.2 Beräknade värden för Görvälnbassängen

Vattnet vid Görväln är en blandning av vatten från två olika bassänger. Detta redovisas nedan för parametrarna ledningsförmåga (Kond_25 mS/m) och alkalinitet (Alk/Acid mekv/l). Värdena för Görväln ligger mellan de två extrema värdena av Prästfjärden (mjukt vatten med lägre salthalt) och Ekoln (hårt vatten med högre salthalt).



Figur 22: Tidsserier av ledningsförmåga (ovan) och alkalinitet (nedan) av bassängerna Ekoln (brun), Görväln (blå) och Prästfjärden (grön).

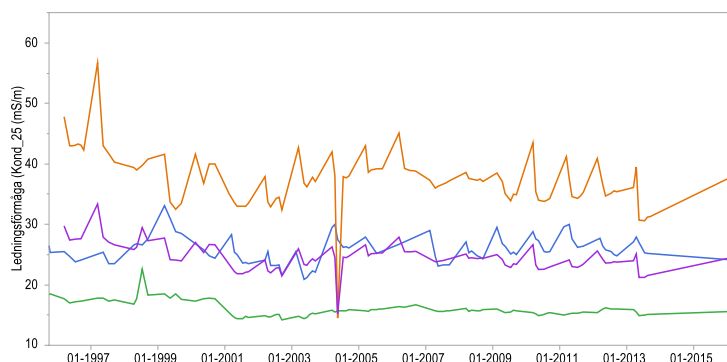
Från tidigare studier är det känt att ca 30% av vatten kommer från Ekoln och resterande vatten från Prästfjärden. Värden för parameter X som funktion av tid (t) kan således beräkna enligt:

$$X_{(t, \text{Görväln_MOD})} = 0.7 * X_{(t, \text{Prästfjärden})} + 0.3 * X_{(t, \text{Ekoln})}$$

Dessa blandningsförhållanden testas nedan. För ett antal viktiga faktorer togs det fram resultat för statistiska beräkningar, dvs fasta förhållanden över tid oberoende av de faktiska flödesförhållandena, av blandning av vatten. I dessa beräkningar antas att vatten från Ekoln och Prästfjärden blandas under ett fast förhållande där 30% av vattnet alltid antas härstamma från Ekoln bassängen och resterande 70% från Prästfjärden. Dessa beräkningar möjliggör att

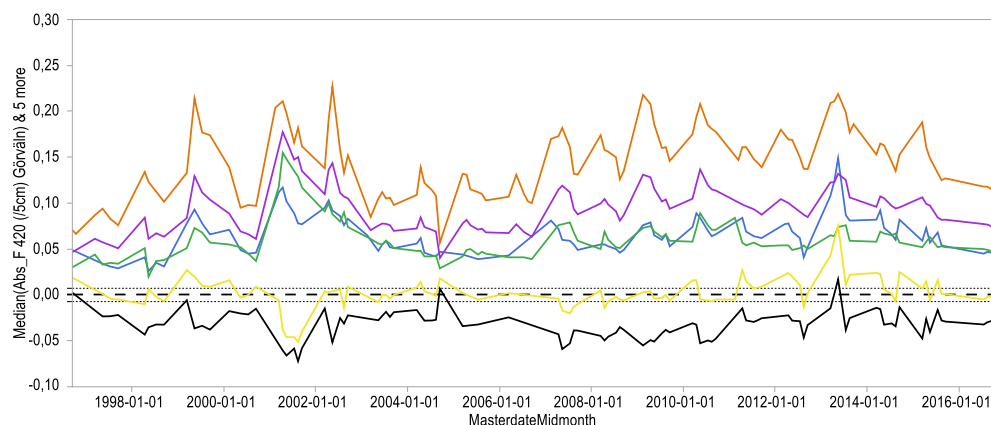
- a) testa när i tiden dessa beräkningar kan reproducera vattenkemi i Görväln
- b) i efterhand kunna besvara frågan vilket vatten som styrde vattenkemin mest
- c) att identifiera situationer där det uppstår avvikelser som kan undersökas vidare
- d) beräkna framtida vattenkvalitet baserad på antaganden i delbassängerna

Den första parametern som testas är konduktivitet (kond_25 ms/m) som är ett analytiskt mått på totalhalt salter i vatten. Denna parameter är stabil vid blandning om det inte sker en utfällning pga av blandningen. I följande delen av texten så använda vi uttrycket "stabil blandning" för att beskriver en blandning där vattenpaket blandas utan det sker kemiska reaktioner som skulle förändra halterna utöver det som sker genom blandning. De vattenkemiska förhållandena i båda bassängerna är sådan att utfällning inte kan ske i dessa vatten.



Figur 23: Tidsserier av ledningsförmåga (ovan) av bassängerna Ekoln (brun), Görväln (blå) och Prästfjärden (grå) samt den teoretiska blandningen av Görväln (violett).

Från grafen framgår tydligt att vatten i Görvälnbassängen (blå markering) är en blandning av två olika vatten, ett med hög ledningsförmåga från Ekolnbassängen och ett annat mera utspätt vatten med en mycket jämnare kvalitet från Prästfjärden. Resultat från blandningsberäkningarna (Violett markering) ligger i medel nära till de uppmätta värdena (blå markering). Vid ett antal tillfällen avviker värdena.

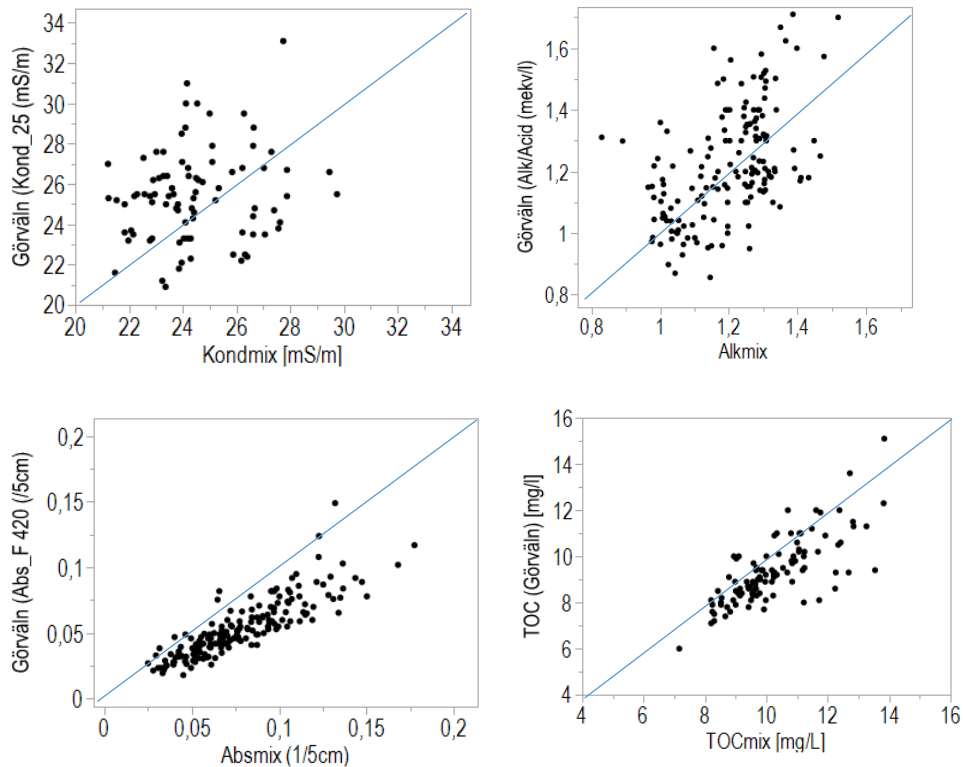


Figur 24: Tidsserier av vattnets färg (AbsF_420 /5cm) av bassängerna Ekoln (brun), Görväln (blå) och Prästfjärden (grå) samt den teoretiska blandningen av Görväln (violett). Den svarta streckade linjen representerar 0 linjen och en skattad avvikelse som orsakas av analysfel (± 0.0075 Abs420F_5cm). Den gula linjen visar skillnader mellan Görväln och Prästfjärden. Den svarta linjen visar skillnader mellan Görväln och blandade vatten av bassängerna Prästfjärden och Ekoln.

Den svarta linjen avviker systematiskt från de uppmätta värdena med ca. 0.030 Abs420F_5cm. Detta tolkas som att den vattenfärg som blandas överskattar de

verkliga värdena. Detta skulle kunna orsakas av att färgen INTE är stabil. Detta diskuteras senare.

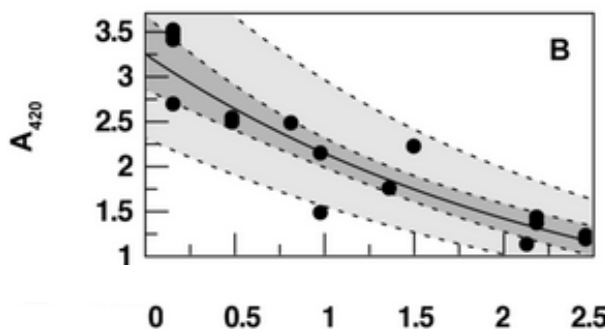
En direkt jämförelse av de beräknade värdena för ledningsförmåga, alkalinitet, färg och TOC visas nedan.



Figur 25: Jämförelse mellan de faktiska (y-axel) och de beräknade värdena för blandningen för parametrarna ledningsförmåga, alkalinitet, vattenfärg och TOC. De blå inritade linjerna beskriver de förväntade 1.1 linjen.

Antagandena att vatten i Görväln är en stabil blandning av två vattenkällor kan inte förkastas. Variationen av de beräknade värdena för blandningen av alkalinitet och ledningsförmåga är större (>15%) än vad som förväntas av den analytiska noggrannheten (< 5%) med vilken man kan bestämma dessa två parametrar. Beräkningar för TOC överensstämmer mycket bättre. Vattnets färg underskattas för de höga värdena.

Antagandet att vattnets färg är stabil är dock felaktigt och färgen i vatten ändras sig över tiden.



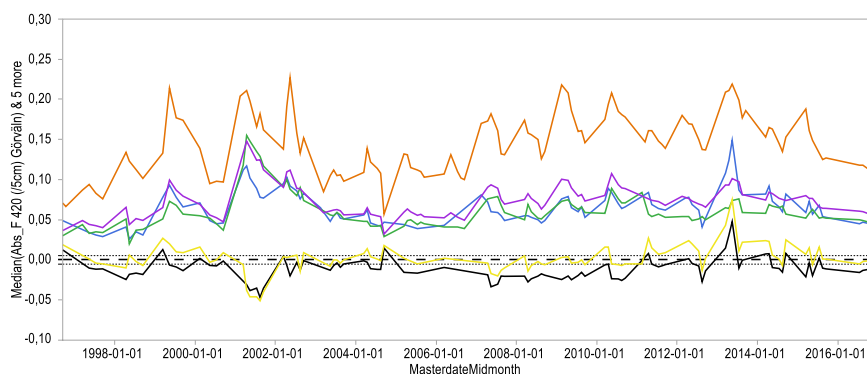
Figur 26: Förändring av vattnets färg (AbsF_420 (1/m) som funktion av tid (ålder [år] i Mälaren från väster till öster. Bilden är tagen från Köhler et al 2013.

I Köhler et al (2013) visas att färgen i Mälaren styrs av tre faktorer: Halten löst kol (DOC), halten kolloidalt järn (Fe_{coll}) samt vattenåldern (WRT)

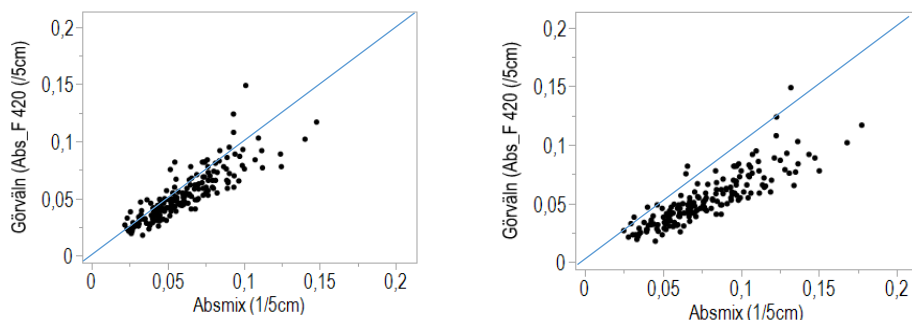
$$A_{420} [1/m] = -0.049 + 0.222 \cdot DOC + 3.29 \cdot Fe_{coll} - 3.39 \cdot WRT$$

Ju högre halt DOC och högre halt kolloidalt järn och ju yngre vattnet desto högre färg har vattnet. Data från Mälaren indikerar att vattnets färg i sjön sjunker från 3.2 [1/m] till 2.1 [1/m], dvs en minskning av 30%-40%, under ett år.

Ekolns genomsnittliga omsättningstid är 1.2 år. Tar man hänsyn till att vattnet är runt 1 år gammalt innan det når Görväln (dvs 35% bryts ner) så kan en ny beräkning utföras. I denna beräkning har vattenfärgen från Ekoln reducerats innan blandningsberäkningar utfördes. Den nya tidsserien visas nedan tillsammans med resultat från en icke stabil och en stabil blandning.



Figur 27: Tidsserier av vattnets färg (AbsF_420/5cm) av bassängerna Ekoln (brun), Görväln (blå) och Prästfjärden (grön) samt den teoretiska blandningen av Görväln (violett). Den svarta streckade linjen representera 0 linjen och en skattad avvikelse som orsakas av analysfel (± 0.0075 Abs420F_5cm). Den gula linjen visar skillnader mellan Görväln och Prästfjärden. Den svarta linjen visar skillnader mellan Görväln och blandade vatten av bassängerna Prästfjärden och Ekoln. I denna beräkning antas att 35% av färgen bryts ner innan den kommer till Görvälnbassängen.



Figur 28: Jämförelse av uppmätt och beräknad värde för vattnets färg med antagandet att färgen bryts ner (till vänster) och antagandet att färgen är stabil (till höger).

Under antagandet att ca. 35% av vattnets färg bryts ner i Ekoln under vattnets väg till Görväln blir den systematiska avvikelsen mellan blandningen och de uppmätta värden mycket mindre (den svarta linjen som anger skillnaden mellan beräknad och uppmätt värde ligger närmare noll) och flertal av de beräknade värdena ligger inom osäkerhetsmarginalen (**Fel! Hittar inte referenskälla.**). En jämförelse mellan uppmätta och modellerade värden i en x-y plot ligger mycket närmare den förväntade 1:1 linjen (blå linje ovan).

Analysen ovan visar att det går att räkna fram rimliga värden för parametrarna alkalinitet, TOC, ledningsförmåga och färg i Görvälnbassängen genom att blanda djupvatten från Prästfjärden och Ekoln. Detta öppnar upp för ett varningssystem där man mäter ovanstående parametrar för att sedan prediktera den förväntade blandningen vid vattenverket.

3.3 Utveckling av vattnets färg framöver

Tidsserier för filtrerad absorbans vid 420 nm (Abs420_F) analyserades med hjälp av linjär regression av årsmedianvärden som funktion av år. I enlighet med de automatiserade dataanalyserna finns det signifikanta trender för absorbans mellan 1968 och 2018. De testades även hur trenderna påverkades om bara data efter 1990 användes. För bassängerna Ekoln och Prästfjärden var skillnaderna små medan skillnaden var stor för Görväln (Tabell 5). För att ge en ungefärlig spann på framtida värden för absorbans jämfördes de två predikterade värdena för 2050 för Görväln med ett värde predikterat för 2050 som erhålls när man blandar vatten av Ekoln med Prästfjärden.

Analysen visar att absorbans kommer att öka mellan 35-47% i Ekoln, mellan 20%-34% i Prästfjärden och mellan 11%-65% i Görväln bassängen (Tabell 5). Blandningsberäkningar för absorbans för 2050 gav ungefär samma värde (0.105) som det som erhålls av extrapoleringen av båda den korta (0.106) tidserien.

Skillnader för extrapolering (0.0704) och skattad blandningen (0.095) är större. Vi anser därför att den predikterade ökningen av färg vara orimligt högt.

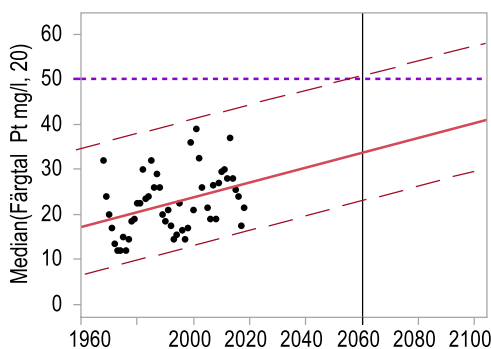
Tabell 5: Beräknad Abs_420f [1/5cm] för djupvatten på stationen Görväln (SLU) vid 30-40m djup från linjär regression av årsmedianvärden för perioden 1968-2018 för tidpunkt 1968, 2018 och predikterad för 2050 (% ökning jämfört med 2018) samt prediktion för 2050 (% ökning jämfört med 2018) om data innan 1990 utesluts i sista raden. Görväln (Mix) är beräknad via en vattenmix som består av 30% Ekoln vatten och 70% Prästfjärden vatten samt antagandet att 35% av vattnets färg bryts ner innan Ekolns vatten når Görväln.

	Ekoln	Prästfjärden	Görväln	Görväln (mix)
1968	0,085	0,0315	0,0416	0,039
2018	0,156	0,0648	0,0634	0,076
2050	0,210 (35%)	0,0776 (20%)	0,0704 (11%)	0,095
2050	0,230 (47%)	0,0870 # (34%)	0,105 (65%)	0,106

korrelationen är inte signifikant när data innan 1991 utesluts.

Tabell 6: Utvärdering av linjär regression av medianvärden per år och djup baserad på Norrvattendata (Görväln) för Pt-färg för 1968, 2018 och 2050. Raden REF beskriver den förväntade förändringen (%) i färg från 2018 till 2050 som funktion av djup. De nedersta tre kolonnerna är beräknade Abs_420f värden (Pt-färg /500). Alla regressioner är dokumenterade i appendix (p-värde samt lutning).

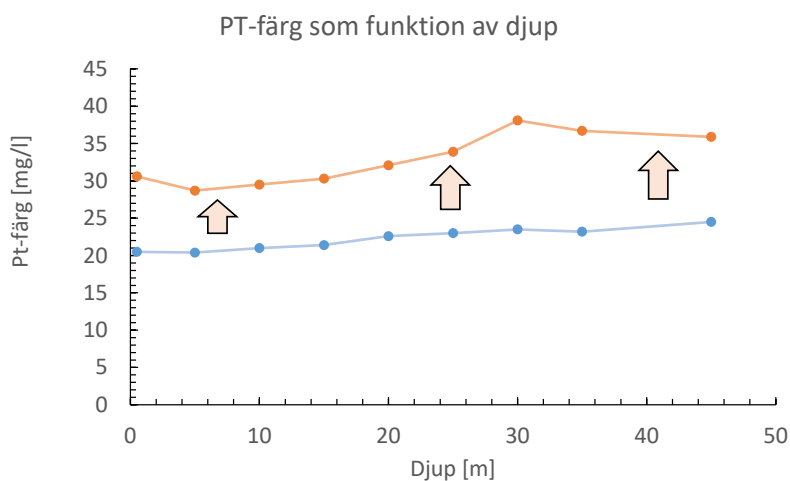
	År	5m	10m	15m	20m	25m	30m	35m	45m
Pt-färg	1968	16.7	17.3	17.5	18.5	18.2	16.3	16.7	19.5
Pt-färg	2018	24.1	24.7	25.3	26.8	27.7	29.5	28.9	29.5
Pt-färg	2050	28.7	29.5	30.3	32.1	33.9	38.0	36.7	35.8
Pt-färg	REF	20%	19%	20%	20%	22%	29%	27%	22%
Abs_420f	1968	0.033	0.035	0.035	0.037	0.036	0.033	0.033	0.039
Abs_420f	2018	0.048	0.049	0.051	0.054	0.055	0.059	0.058	0.059
Abs_420f	2050	0.057	0.059	0.061	0.064	0.068	0.076	0.073	0.072



Figur 29: Tidsserie och linjär anpassning av förändring i vattenfärg (Färgtal Pt mg/l) över tid vid 20m djup baserad på Norrvatten data. Färgtal Pt mg/l = -306 (±121) + 0,165 (±0,06)*år, R2 = 0.13 (p < 0,0093). De streckade röda linjerna antyder variabiliteten runt det linjär extrapolerade medianvärdet (röd linje).

Extrapoleringen visar att en vattenfärg i råvatten vid -20m djup av 50 mg/l skulle kunna nås vid 2060 om den linjära trenden fortsätter (Figur 29). Detta är lika högt som det hittills högsta uppmätta indirekt beräknade färgtalet via SCAN sensor har varit (strax under 49 mg/l efter en stor vårflood i maj 2013).

De förväntade relativa förändringarna i Pt-färg mellan 2018 till 2050 ligger mellan 19-29% vilket är ungefär i samma storleksordning som det som predikterades för bassängerna Ekoln och Prästfjärden (jämför Tabell 5 och Tabell 6). De beräknade Abs_420f ligger mycket nära de som man erhåller från utvärderingen av SLU dataserien. T.ex. så ligger de förväntade värden för Görväln (SLU djupvatten 30-40m) år 2050 vid 0.0704 [1/5cm] och de från Norrvatten mellan 0.072-0.076 [1/5cm] för samma djupintervall (jämför Tabell 5 och Tabell 6).



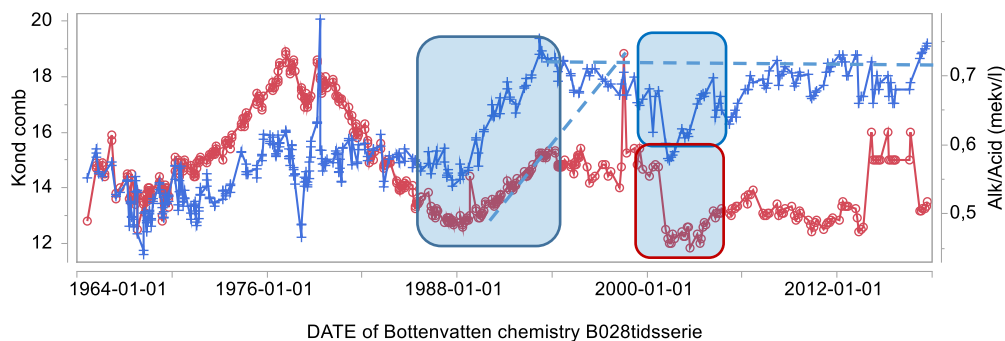
Figur 30: Resultat av analys av prover för vattnets färg (mg/l) från Norrvatten vid provplatsen Görväln. Medelvärde för perioden 1968-2019 som funktion av djup (blå linje) samt predikerad framtida medelvärden för 2050 (orange linje). Tillhörande analys finns i appendix.

Vi konstaterar att en ökning av färg mellan 30-40% över de närmaste 30 åren är det mest rimliga antagandet för bassängen Görväln (Figur 30). Enligt beräkningarna i början av texten så skulle detta medföra en ökad dos av fällningsmedel till ca 60 mg/l vilket är en ökning av 20-25% jämfört med dagens mediansdos av runt 48 mg/l.

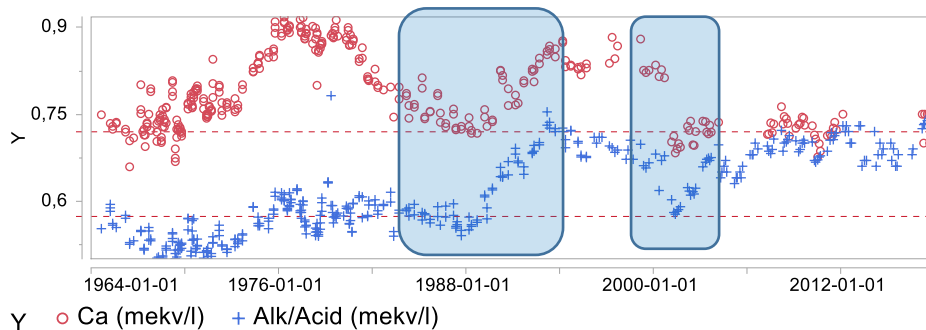
Det är viktigt att följa upp den faktiska förändringen i Ekoln då denna bassäng kan leda till en ökad tillförsel av färg. Det finns bara svaga vetenskapliga bevis att färgökningen som har pågått de sista 50 åren skulle fortsätta med samma takt även framöver.

3.4 Exempel på kemiska och fysikaliska drivfaktorer

Förändringar av alkalinitet och ledningsförmåga i Prästfjärden undersöktes mera noggrann.



Figur 31: Tidsserie av ledningsförmåga (Kond, rött) och alkalinitet (ALK/Acid, blå) av djupvatten i bassäng Prästfjärden. Två perioder är markerade med svarta ramar. En linjär uppåtgående trend observeras mellan 1988-1993 där både ALK och KOND stiger och en annan under 2000-talet där både ALK och KOND späds ut under högfloödesperioden.



Figur 32: Förändringar av kalcium (Ca mekv/, rött) och Alkalinitet (Alk/Acid mekv/l, blå) över tid i djupvatten i bassängen Prästfjärden. Samma perioder som ovan är markerade.

Den ökande halten Ca under perioden 1964-1976 återspeglar förmodligen en ursköljning av Ca från marken. Under tidigt 1990-tal återhämtar sig marken samt att kalkningen har kommit igång i en del områden. Efter 1995 kan man inte urskilja en fortsatt ökning av alkaliniteten förutom under episoden av mycket högt flöde år 1999-2000 då alkalinitet späds ut för att sedan återhämta sig.

Resultaten antyder att:

- alkaliniteten har ökat som mest mellan 1985-1990
- alkaliniteten sedan samvarierar med ledningsförmåga
- alkaliniteten och konduktivitet har spätts ut under högflödesperioden.

3.5 Effekter av förändrade omsättningstider i Mälaren

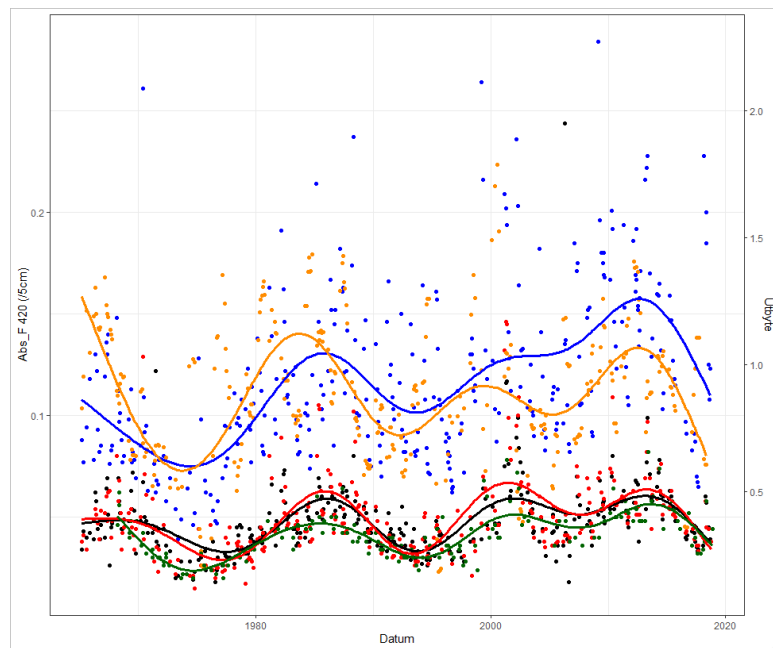
I de sammanfattande figurerna som gjordes för absorbans verkade det finnas en uppåtgående trend över hela tidsperioden för de allra flesta bassängerna. I graferna för de enskilda serierna syntes dock tydligt att det inte var en jämn förändring utan att vissa perioder hade högre respektive lägre värden, som återkom i en längre cykel. Sådana cykliska förändringar kan observeras för variabler som har ett 'långt minne'. Det är t.ex. tänkbart att höga värden för absorbans är kvar länge tills vattnet är tillräckligt utspädd, dvs vattnet i bassängen har blivit utbytt. För tidigare modellberäkningar har vi modellerat detta långa minne med en struktur på feltermen (en autokorrelation). En annan möjlighet – om man vill fördjupa sig i orsakerna eller drivkrafterna av detta långa minne - är att ta bort autokorrelationen från modellen och anpassa trendkurvan till det cykliska beteendet. Detta angreppssätt tillåter att man kan jämföra hur de cykliska beteendet överensstämmer mellan bassängerna.

Resultaten från dessa modeller för Görvältn, Prästfjärden, Ekoln (alla SLU data) och Norra Görvältn (Norrsvatten data) finns i Figur 33 . De cykliska förändringarna stämmer ganska väl överens. Serien över vattenutbyte i Mälaren har sin topp ofta tidigare än serierna av absorbans. Ungefär samma cykliska beteende syns i djupvattnet.

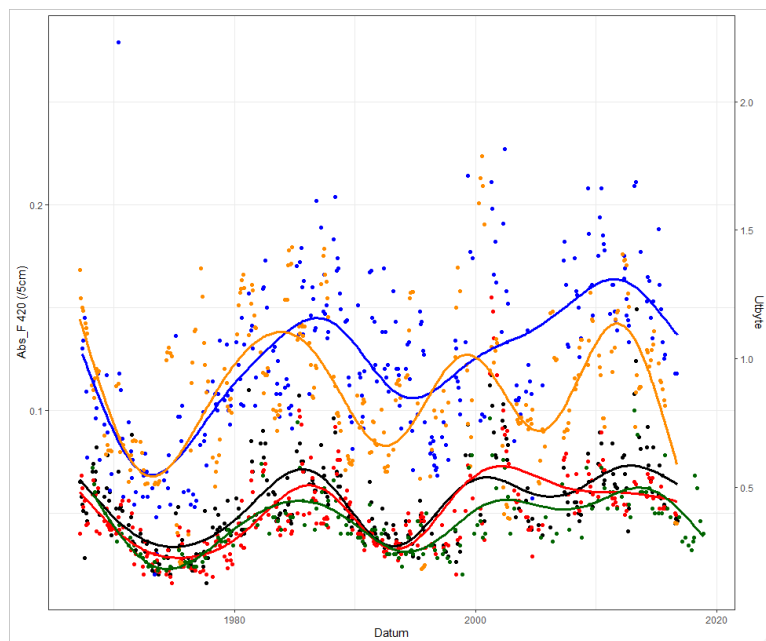
Om utbyte av vatten kan identifieras som drivande kraft för absorbans skulle en bättre trendanalys kunna göras om absorbans-data först kan normaliseras med avseende på utbyte av vatten. Med det menas att man hittar en modell som förklarar svängningarna i absorbans i Görvältn genom utbyte av vatten. Efter en normalisering kan man se om det finns en trend som inte styrs av utbyte av vatten och hur stark den i så fall är. Man kan också gå vidare och undersöka vad som påverkar utbytet av vatten och utifrån dessa resultat dra slutsatser om hur absorbans påverkas i framtiden.

Oftast är normaliseringsmodeller baserade på linjär regression, dvs ett linjärt samband mellan den förklarande variabeln (utbyte) och responsen (absorbans eller färgtal). Eftersom den förklarande variabeln i det här fallet avser ett större område (hela Mälaren) och det verkar finnas en tidsförskjutning av sambandet under tidiga år, är det direkta sambandet mellan variabler inte speciellt starkt. En normalisering

har därför inte gjorts, men kan vara relevant att göra om t.ex. skattningar av utbyte av vatten i Görvälän finns tillgängligt.



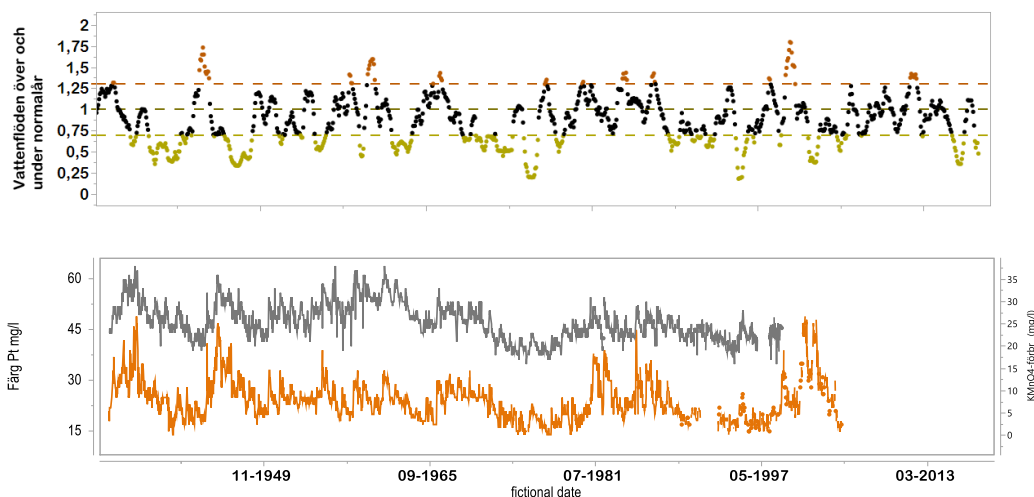
Figur 33: Absorbans över tiden i Görvälän (svart), Prästfjärden (röd), Ekoln (blå) och Norra Görvälän (grön, Norrvattendata). Ytvatten SLU. Utbyte av vatten i Mälaren (orange) på den sekundära y-axeln.



Figur 34: Samma figur som ovan, men för djupklassificeringen 'DJUP' för SLU data och 20 m djup för Norra Görvälän (Norrvattendata). Samma data som ovan för utbyte av vatten. Absorbans över tiden i Görvälän (svart), Prästfjärden (röd), Ekoln (blå) och Norra Görvälän (grön, Norrvattendata). Ytvatten. Utbyte av vatten i Mälaren (orange) på den sekundära y-axeln.

Resultaten antyder att:

- Det finns ett cykliskt beteende med upp- och nedgående vattenfärg i både yt- och djupvatten
- det finns en tydlig samvariation av vattnets färg i de olika bassängerna Prästfjärden och Görvälån
- det finns en tidsförskjutning av signalen i Ekoln
- detta cykliska beteende samvarierar med vattnets uppehållstid i Mälaren.



Figur 35: Tidsserie av beräknad avvikelse mellan den genomsnittliga och det faktiska vattenutbytet i Mälaren under perioden där det föreligger vattenkemiskt data. Figuren därunder ger data för COD (grå högerskala, ett mått på halten organiskt kol) och färg (brun vänsterskala) uppmätt i veckovisa prover vid Görvålverket för perioden 1935-2010 (data Norrvatten pers kom Ericsson).

Resultaten antyder att:

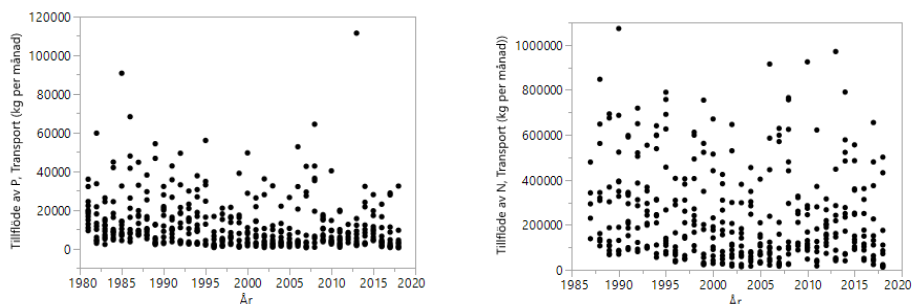
- det finns en tydlig samvariation mellan vattenfärg (Pt mg/l) resp COD (KMnO₄ förbrukning mg/l) bestämmingar,
- variationen är cyklisk och sammanfaller med signalen för vattenutbyte i Mälaren,
- det har funnits perioder innan år 2000 med lika höga värden (nära 45 mg/l) för vattenfärg,
- variationen i vattenfärg ligger mellan 15-45 mg/l färg i råvatten under hela perioden 1935-2010,
- det är svårt att se en tydlig trend för vattenfärgen under dessa 75 år.

Mälaren regleras sedan 1940 enligt dåvarande vattendom. Sedan 1970 har regleringen av vattennivån ökat vilket har lett till en lägre mellanårsvariation av medianvattenstånd. Eftersom vattenflöden inom olika år varierar har detta tydligen inte haft en större effekt på variansen av vattnets färg. Det vore intressant att

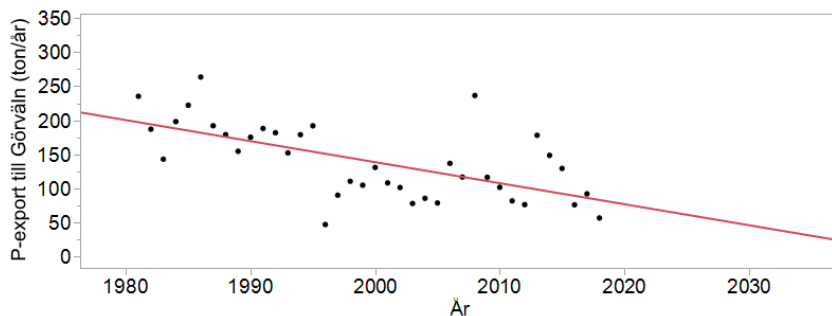
studera när vattenverket har börjat anpassa beredningen under perioder med hög färg.

3.6 Flöden av N och P till Görväln mellan 1980 och 2018

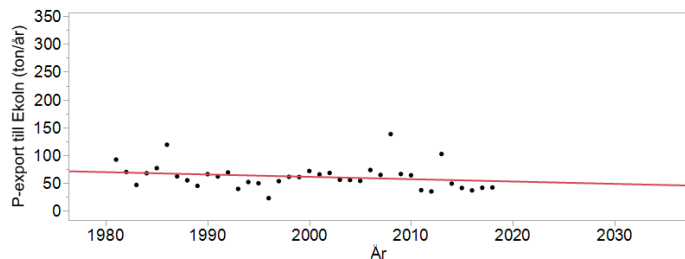
Baserad på SLU data av beräknade flöden av näringsämnen undersöktes variation av transport och koncentrationer av näringsämnena kväve (N) och fosfor (P) till Ekoln- Prästfjärden- och Görvälnbassängen.



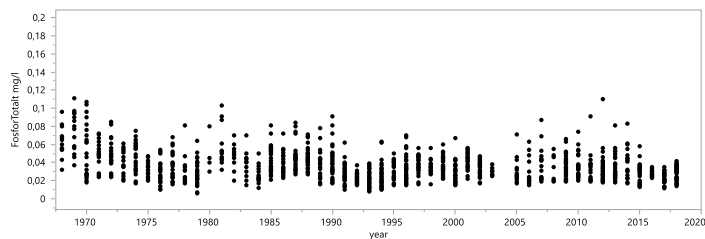
Figur 36: Beräknade N- och P-Flöden (kg per månad) till Görväln bassängen.



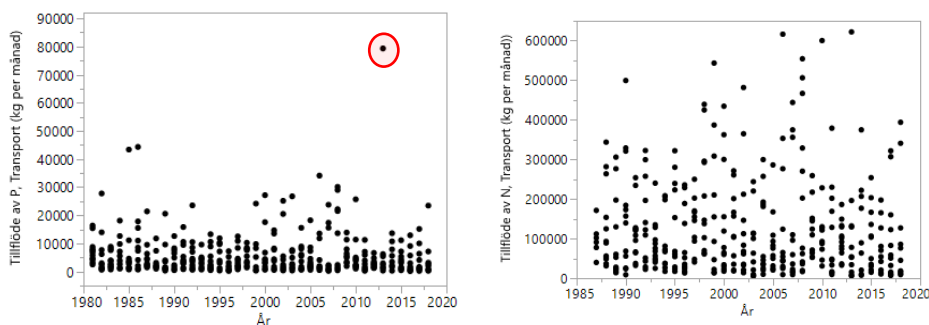
Figur 37: Tidsserie av årlig P export till Görväln med en signifikant nedåtgående trend över tid.



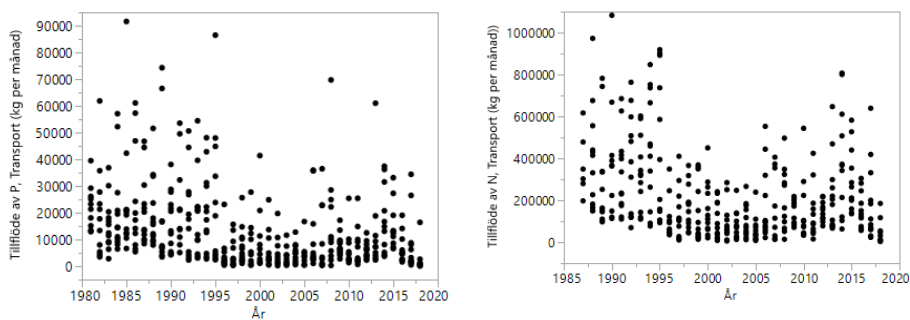
Figur 38: Tidsserie av årlig P export till Ekoln med en icke signifikant nedåtgående trend över tid.



Figur 39: Uppmätt halt totalfosfor vid Görvålverket (Norrvatten data) som funktion av tid i alla djup.



Figur 40: Beräknade N- och P-Flöden (kg per månad) till Ekoln bassängen (april 2013)

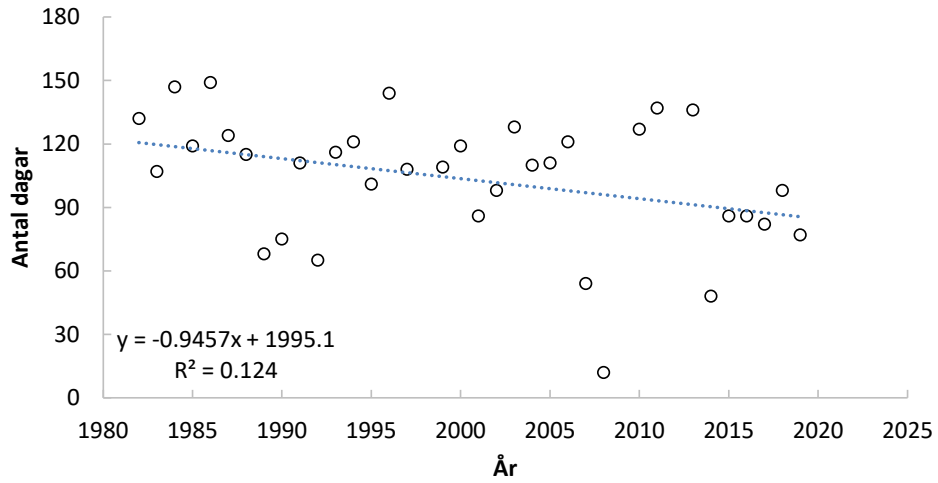


Figur 41: Beräknade N- och P-Flöden (kg per månad) till Prästfjärden bassängen

Resultaten antyder att:

- det finns en tydlig trend av sjunkande fosfor (P) halter och fosfortransporter både till Görvål- och Ekolnbassängen.
- det däremot inte finns tydliga trender för en reducerad kväveexport.
- det förekommer stora variationer av både N och P export över tid i alla bassänger.
- det förkom en mycket förhöjd P export från Ekoln under 2013 som dock inte ledde till mätbart förhöjda P halter i Görvålbasängen.
- totalhalter i Görvål bassängen är i stort sett oförändrade över tid.
- det därför är av intresse att bestämma om P fortfarande fastläggs i sediment över tid som det konstaterades under 1990-talet.

3.7 Observerade förändringar av isläggning vid Stäket

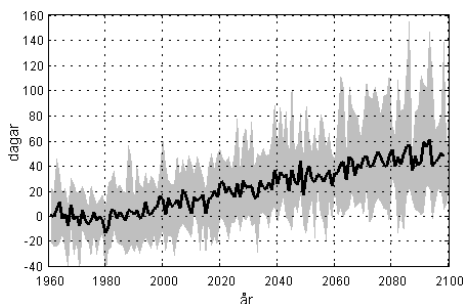


Figur 42: Antal dagar med isläggning i Stäket.

SMHI data för isläggning fanns tillgängligt för Stäket. Sammanhängande data från 1982 och därefter kan användas för en analys av möjliga effekter över tid. Analysen antyder att tiden med isläggningen har sjunkit från ca. 120 dagar under 1980-talet till ca. 90 dagar under 2020 (Figur 42).

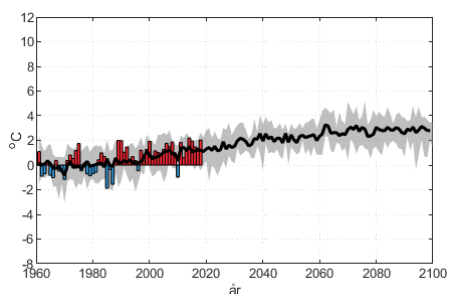
3.8 Förväntad effekt av klimatförändringar enligt RCP4.5

SMHI har tagit fram ett antal tidsserier för modellerade förändringar av klimatvariabler över hela Sverige. Nedan redovisas ett urval av relevanta variabler för bassängen Norrström där Görvälverket ligger.



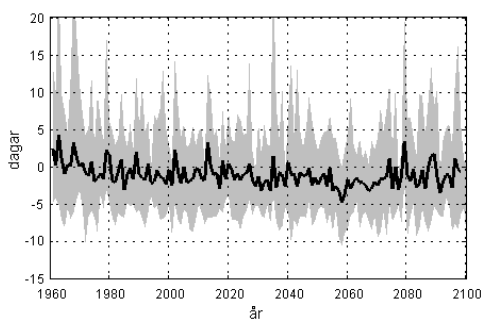
Prediktion av vegetationsperioden i antal dagar per år som funktion av tid.

<https://www.smhi.se/en/climate/climate-scenarios/sweden/basin/norrstrom/rcp45/year/length-of-vegetation-period>



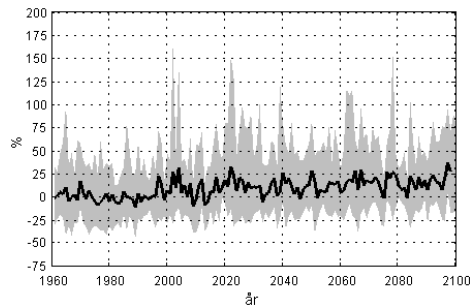
Prediktion av ändring i lufttemperatur

<https://www.smhi.se/en/climate/climate-scenarios/sweden/basin/norrstrom/rcp45/year/temperature>



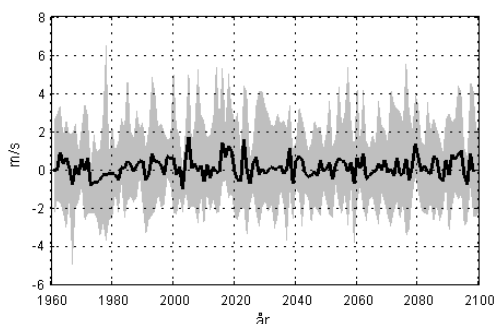
Prediktion av antal dagar i följd med torka

<https://www.smhi.se/en/climate/climate-scenarios/sweden/basin/norrstrom/rcp45/year/longest-dry-period>



Prediktion av procentuell förändring av maximal dygnsnederbörd

<https://www.smhi.se/en/climate/climate-scenarios/sweden/basin/norrstrom/rcp45/year/max-daily-precipitation>



Prediktion av ändring i maximal vindhastighet

<https://www.smhi.se/en/climate/climate-scenarios/sweden/basin/norrstrom/rcp45/year/max-wind-gust>

Figur 43: Tidsserier från SMHI för prediktion av vegetationsperioden i antal dagar per år som funktion av tid, Prediktion av ändring i lufttemperatur, Prediktion av antal dagar i följd med torka, Prediktion av procentuell förändring av maximal dygnsnederbörd samt prediktion av ändring av maximal vindhastighet.

Modellresultat från SMHI skattningar antyder att:

- vegetationsperioden kommer bli längre vilket förmodligen kan komma att påverka vattnets färg i Mälaren.
- variabiliteten i ett antal viktiga parametrar inte ökar över tid vilket är mot förväntan.
- isläggningen kommer att förändras i och med ökande lufttemperatur. Detta leder till kortare perioder där vatten från -4m kan tas in och därmed högre ALG doser framöver.

3.9 Förväntad effekt av en ökad befolkning runt Mälaren enligt RUFSS 2050

Stockholm stad har tagit fram en rapport om stadsutveckling av Stockholmsområdet till 2050. Rapporten studerades med avseendet på relevanta frågeställningar som kan beröra Mälarens framtida vattenkvalitet. De viktigaste noteringarna sammanställs i en tabell nedan:

Tabell 7: Översikt av relevanta ställen i RUFSS rapporten med beskrivning, kommentar och sidhänvisning.

Beskrivning	Kommentar	Sida
Ökat båttrafik.	Ökad båttrafik kommer att utgöra en större risk för olyckor och utsläpp.	s.104
Jordbruksmark ska bevaras. Ökad betydelse av grön näring och bevarande av jordbruksmark.	Ökad avrinning kan ge ökad risk av export av oönskade ämnen, partiklar och parasiter. Möjligen kan dessa risker studeras via Erosionskarta	s. 109 s. 195
Ökad halt av humusämnen efter regn.	Ökad nederbörd kan orsaka förhöjda halter av humusämnen som lakas ur marken	s. 199
Tillskottsvatten kommer att öka genom högre nederbörd.	Den ökade risken för högre mängd tillskottsvatten sammanfaller förmodligen även med en ökad högre risk för bräddning och därav försämrade tidvis vattenkvalitet.	s. 120
Saltvattenintrång i Mälaren förväntas	Beräkningar har angett att det finns risk för saltvattenintrång i Mälaren från ca år 2100.	s.124

som resultat av havsnivåhöjningen.	Den senaste klimatrapporten från IPCC-panelen (2019) visar dock att havsisarna smälter snabbare och temperatur i haven samt havsnivån ökar snabbare än tidigare prognoser har angett.	
Ökad flygtrafik.	Ökad flygtrafik kommer att utgöra en större risk för olyckor och utsläpp.	S, 139
Ökad transport och risk för utsläpp av kemikalier.	Ökad biltrafik kommer att utgöra en större risk för olyckor och utsläpp på vägar och broar, t.e på E18 över Stäket bron.	s. 151
Ökad tillrinning riskerar att försämra råvattenkvalitén.	Det nämns dessutom möjliga negativa effekter utsläpp från jordbruk, hästnäring, dagvatten och kommunala reningsverk som alla kan leda till en tidvis försämrad vattenkvalitet.	s.152

Norrvatten bör engagera sig i att områden med otillfredsställande status som ligger i tillrinningen åtgärdas. Detta berör främst områden runt Sigtuna (Mälaren Gransviken; VISS <https://viss.lansstyrelsen.se/Maps.aspx> vattenkartan <https://ext-geoportal.lansstyrelsen.se/standard/?appid=1589fd5a099a4e309035beb900d12399>)

Läsningen av rapporten antyder att

- det är av stort intresse att bevaka specifika områden så som strandnära bebyggelse och markanvändning
- det är av intresse att studera den tillgängliga digitala erosionskartan för att kunna kartlägga möjliga punktkällor för läckage av näringsämnen och partiklar till Mälaren.

4 Syntes och förslag för uppföljning

Utöver de redan i sammanfattningen anförda resultaten föreslås följande analyser och aktiviteter:

- det finns ett större behov av att förstå klimatdrivna effekter (hydrologiska tillfälligheter med snedfördelning av nederbörd mellan bassängerna, ökad nederbörd i delbassänger och ändringar i isläggningen) som leder till situationer där extrema förhållanden (t.ex. 2000, 2013) kan leda till snabba förändringar av vattenkvalitén.
- det finns möjligheter att sammanföra existerande tidsmässigt högupplösta data från sensorer från både Fyrisån, Västerås vattenverk och data från Stockholm vatten för att öka förståelsen av vattenflöden i Mälaren och mellan bassängerna.
- det kan vara av intresse att studera möjligheterna att ta fram högupplösta data i både Prästfjärden och Stäket. Dessa data skulle kunna användas för att bättre kunna prediktera snabba förändringar av vattenkvalitén i Görväln.
- det kan vara av intresse att undersöka hur stora osäkerheter det finns i nuvarande Mälarmodeller, speciellt sådana som rör flöden mellan bassängerna och tidpunkt av förändrad skiktning i de tre bassängerna Prästfjärden, Ekoln och Görväln.
- det bör möjligen undersökas hur en förändrad vattennivå och en förlängd vegetationsperiod kan komma att påverka Mälarens vattenkvalitet.
- det kan vara av intresse att mäta förändringar av vattenkvalitén som funktion av djup mera högupplöst än vad det görs idag, möjligen i de redan bestående intagsledningarna.
- dessa data kan möjligen användas för att prioritera mellan olika faktorer och risker som styr urval av olika intagsdjup.
- det bedöms att den existerande HOME modellen (appendix) bör kunna användas som ett övergripande verktyg för att prediktera vattentemperatur och syrgashalt samt trender för P från sedimenten.

5 Referenser

Eikebrokk, B.; Vogt, R.; Liltved, H. NOM increase in Northern European source waters: Discussion of possible causes and impacts on coagulation/contact filtration processes. *Water Sci. Technol. Water Supply* **2004**, *4*, 47–54.

P. Ericsson, S. Hajdu och E. Willen (1984) Vattenkvalitet i Görvåln en dynamisk Mälarfjärd. *Vatten* 40:193-211.

Jörgen Sahlberg och Hanna Gustavsson (2010) Home Vatten i Mälaren Oceanografi 103/2010. SMHI.

<http://smhi.diva-portal.org/smash/rcord.jsf?pid=diva2%3A947516&dswid=-7634>

IPPC report (2019) The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate

<https://www.ipcc.ch/srocc/>

Home Vatten. Presentation av delmodeller <https://slideplayer.se/slide/2831790/> (beskrivning av HOME)

M. Wallin, B. Andersson, R. Johnson, H. Kvarnäs, G. Persson, G. Weyhenmeyer och E Willen. (2000) Mälaren miljö tillstånd och utveckling 1965-98. Rapport till Mälarens vattenvårdsförbund. Institutionen för vatten och miljö Uppsala.

Mälaren rapporter SLU 2013

Köhler ,SJ; Kothawala,D; Futter,MN; Ljungman,O and Tranvik, L. (2013) In-Lake Processes Offset Increased Terrestrial Inputs of Dissolved Organic Carbon and Color to Lakes. PLOS Published: August 15, 2013.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.007059>

Regional utvecklingsplan för Stockholmsregionen (RUF5- 2050)

<http://www.rufs.se/publikationer/2018/rufs-2050/> Tillväxt- och regionplaneförvaltningen. Rapport 2018:10

<http://miljobarometern.stockholm.se/klimat/klimat-och-vaderstatistik/nivaskillnad-malaren-och-saltsjo>

6 Appendix

6.1 Tidsserier av vattenprovtagningar

Tabell 8: Serier över transportberäkningar från Mälarens tillflöden

Beteckning	tidsperiod	Datakälla	Beskrivning	bassänger	filnamn
P Transport Tillflöden	1981 - 2018	SLU, SMHI	Månadsvisa värden för samtliga större vattendrag till Mälaren	(13 Vattendrag)	Månadstransport P Mälarens Tillflöden.jpg
N Transport Tillflöden	1987-2018	SLU, SMHI	Månadsvisa värden för samtliga större vattendrag till Mälaren	(13 Vattendrag)	Månadstransport N Mälarens Tillflöden.jpg
N Transport	1987-2018	SLU, SMHI	Månadsvisa värden för delbassänger enligt färgkodning nedan	7 bassänger	Månadstransport N_7 Bassänger.jpg
P Transport	1982-2018	SLU, SMHI	Månadsvisa värden för delbassänger enligt färgkodning nedan	7 bassänger	Månadstransport P_7 Bassänger.jpg

Tabell 9: Vattenkemiska data från SLU och Norrvatten

Beteckning	tidsperiod	Datakälla	beskrivning	parametrar	kommentar
Period I.txt	1965-2018	SLU+SMHI	Data från 11 bassänger av vattenkemiska data i ytvatten (0.5m)	Vattenkemi_1, klimatdata	Utvärderades inte i denna rapport
Period II.txt	1967-2016	SLU+SMHI	Data från 7 bassänger av vattenkemiska data på tre olika höjder	Vattenkemi_1, klimatdata	SLU data
Period III.txt	1967-1995	SLU+SMHI	Data från 7 bassänger av vattenkemiska data på fem olika nivåer	Vattenkemi_1, klimatdata	Utvärderades inte i denna rapport
Period IV.txt	1996-2008	SLU+SMHI	Data från 11 bassänger av vattenkemiska data i ytvatten	Vattenkemi_1 (bland annat TOC), klimatdata + Mälarmodelldata	Utvärderades inte i denna rapport
Period V.txt	1968-2018	NORRVATTEN+SMHI	Data från fem bassänger på olika djup	Vattenkemi_2, klimatdata	Norrvatten data

6.2 Tidsserier av klimatdata

Flödesdata av Mälarens tillflöden

Utflöde Mälaren (uppmätt flöde)

6.3 Tidsserier av ämnesflöden

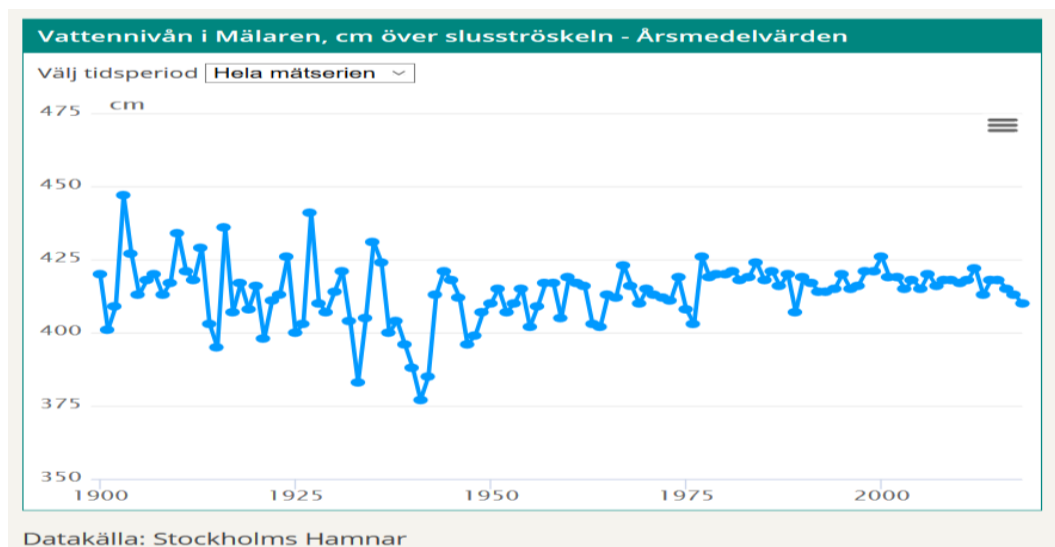
Ämnesflöden in till och genom Mälaren

6.4 Tidsserier av modellerade data (SMHI)

S-Hype Flöden

SMHI Modell: flöden, vattnets ålder, temperatur, syrgas och klorofyll

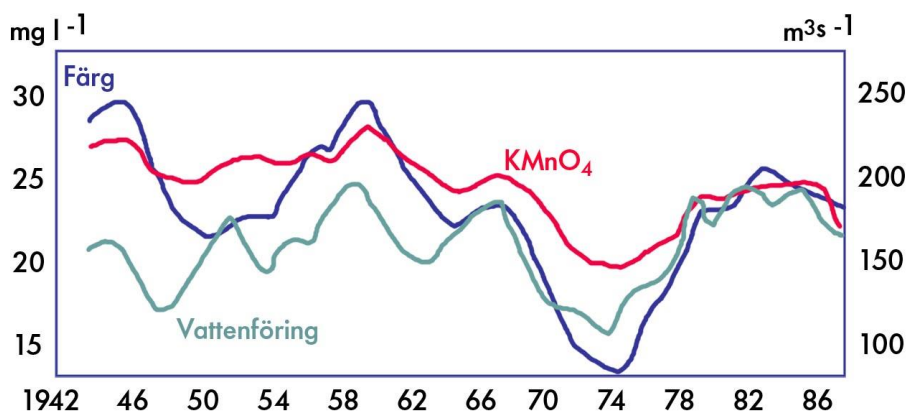
6.5 Andra externa data relevant för denna studie



Appendix_figur 1: Vattennivån i Mälaren över tid.

”I december 2000 uppmättes den högsta vattennivå som varit i Mälaren under reglerad tid, 473 cm. Detta var på grund av den mycket höga tillrinningen under hösten det året. Händelsen uppmärksammade behovet av att öka tappningskapaciteten från Mälaren, vilket är ett av syftena med ombyggnaden av Slussen i Stockholm. Se länk "Mer information" till höger för att läsa mer om projektet Nya Slussen.”

<http://miljobarometern.stockholm.se/klimat/klimat-och-vaderstatistik/vattennivan-i-malaren/>

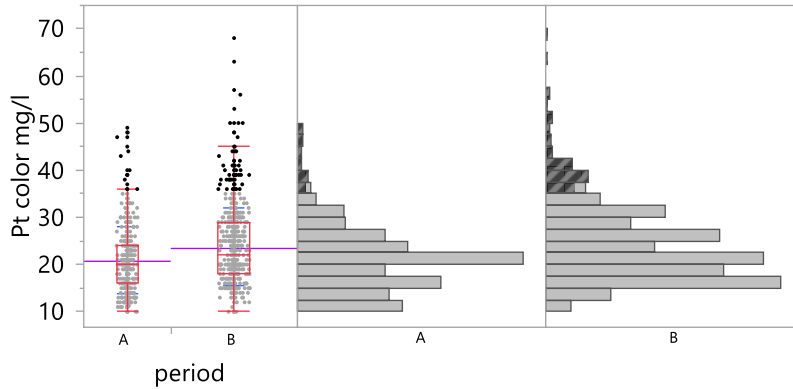


Appendix_figur 2: Running 5 year average for flow (m³s⁻¹), KMnO₄ and color (mg l⁻¹) at Görväln 1943–1988. (P. Ericsson, Norrvatten).

Appendix_tabell 1: Urval av relevanta vattenkvalitetsparametrar för råvatten från Dimensioneringsunderlaget för en eventuell ny beredning.

2000-2017		Enhet	Råvatten			
			min	median	medel	max
Temperatur		°C	0,5	7,0	6,3	15,7
Färg	Pt	mg/l	14	25	25	50
Turbiditet		FNU	0,85	2,9	3,0	8,1
TOC	TOC	mg/l	5,9	7,6	7,9	15,0
pH		pH-enhet	7,2	7,8	7,8	8,7
Alkalinitet	HCO ₃	mg/l	45	70	70	106
Sulfat	SO ₄	mg/l	17	23	23	34
Klorid	Cl	mg/l	12	15	15	20
Nitrat	NO ₃	mg/l	0,290	0,995	1,072	2,200

6.6 Färgdata i bassängen Görvåln (Norrvatten)

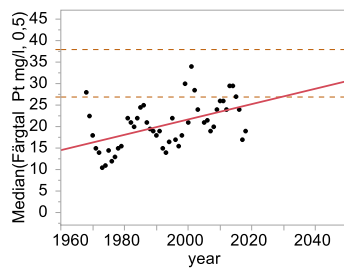


Appendix_figur 3: Fördelning av observerade vattenfärg vid Görvålnverket (Norrvatten data alla djup) för period A (< 1991) och B (>1991)

Level	Robust Mean	Std Error
A	20,7	0,284
B	23,4	0,291

Antal värden större än 35 mg/l		
	Antal värden (n)	%
period A (< 1991)	20 (548)	3.6%
period B (> 1991)	74 (798)	9.3%

6.6.1 Tidsserieanalys per djup



Linear Fit

$$\text{Median(Färgtal Pt mg/l, 0,5)} = -335,458 + 0,1785851 \cdot \text{year}$$

Summary of Fit

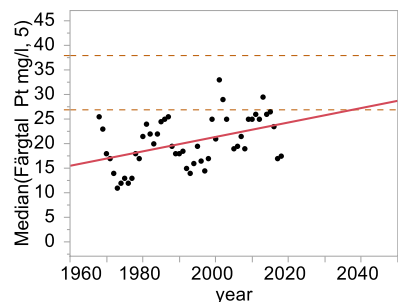
RSquare	0,244208
RSquare Adj	0,228127
Root Mean Square Error	4,753592
Mean of Response	20,46939
Observations (or Sum Wgts)	49

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	343,1622	343,162	15,1864
Error	47	1062,0419	22,597	Prob > F
C. Total	48	1405,2041		0,0003*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-335,458	91,33676	-3,67	0,0006*
year	0,1785851	0,045827	3,90	0,0003*



Linear Fit

$$\text{Median(Färgtal Pt mg/l, 5)} = -272,0676 + 0,1467385 \cdot \text{year}$$

Summary of Fit

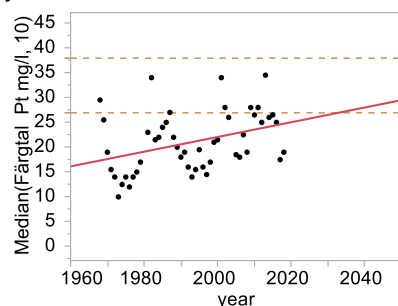
RSquare	0,187375
RSquare Adj	0,170446
Root Mean Square Error	4,610567
Mean of Response	20,35
Observations (or Sum Wgts)	50

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	235,2732	235,273	11,0679
Error	48	1020,3518	21,257	Prob > F
C. Total	49	1255,6250		0,0017*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-272,0676	87,89892	-3,10	0,0033*
year	0,1467385	0,044107	3,33	0,0017*



Linear Fit

$$\text{Median(Färgtal Pt mg/l, 10)} = -274,3045 + 0,1481832 \cdot \text{year}$$

Summary of Fit

RSquare	0,137469
RSquare Adj	0,119118
Root Mean Square Error	5,616153
Mean of Response	21,03061
Observations (or Sum Wgts)	49

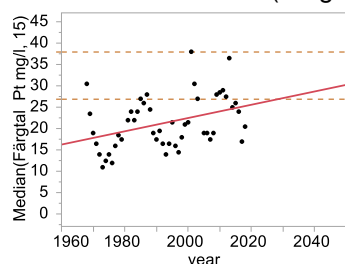
Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	236,2690	236,269	7,4908
Error	47	1482,4351	31,541	Prob > F
C. Total	48	1718,7041		0,0087*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-274,3045	107,9102	-2,54	0,0144*
year	0,1481832	0,054142	2,74	0,0087*

Bivariate Fit of Median(Färgtal Pt mg/l, 15) By year



Linear Fit

$$\text{Median(Färgtal Pt mg/l, 15)} = -287,9291 + 0,1552189 \cdot \text{year}$$

Summary of Fit

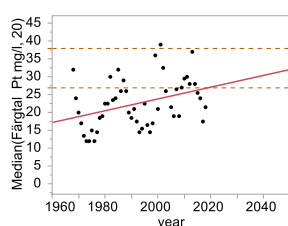
RSquare	0,144745
RSquare Adj	0,126548
Root Mean Square Error	5,708825
Mean of Response	21,42857
Observations (or Sum Wgts)	49

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	259,2378	259,238	7,9544
Error	47	1531,7622	32,591	Prob > F
C. Total	48	1791,0000		0,0070*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-287,9291	109,6909	-2,62	0,0117*
year	0,1552189	0,055035	2,82	0,0070*



Linear Fit

$$\text{Median(Färgtal Pt mg/l, 20)} = -306,1767 + 0,164994 \cdot \text{year}$$

Summary of Fit

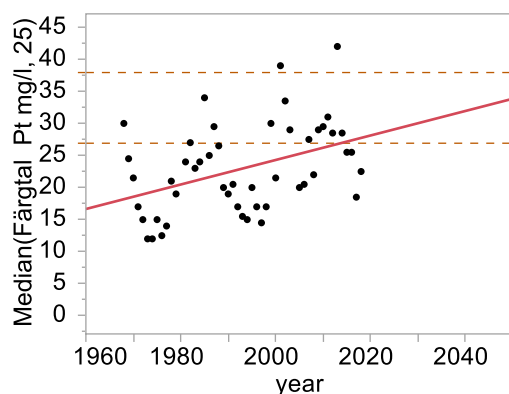
RSquare	0,132687
RSquare Adj	0,114618
Root Mean Square Error	6,364494
Mean of Response	22,62
Observations (or Sum Wgts)	50

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	297,4545	297,454	7,3433
Error	48	1944,3255	40,507	Prob > F
C. Total	49	2241,7800		0,0093*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-306,1767	121,3369	-2,52	0,0150*
year	0,164994	0,060887	2,71	0,0093*



Linear Fit

$$\text{Median(Färgtal Pt mg/l, 25)} = -357,9638 + 0,1911317 \cdot \text{year}$$

Summary of Fit

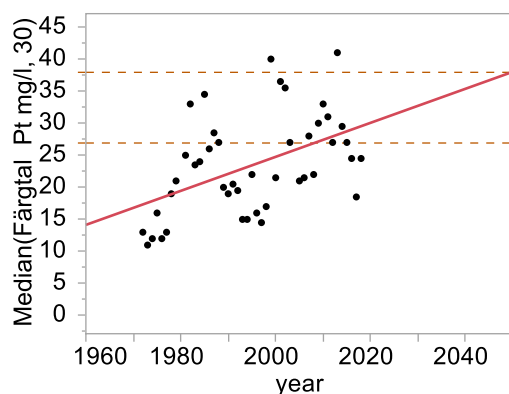
RSquare	0,171222
RSquare Adj	0,153588
Root Mean Square Error	6,362507
Mean of Response	22,96939
Observations (or Sum Wgts)	49

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	393,0740	393,074	9,7100
Error	47	1902,6301	40,481	Prob > F
C. Total	48	2295,7041		0,0031*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-357,9638	122,2509	-2,93	0,0052*
year	0,1911317	0,061337	3,12	0,0031*



Linear Fit

$$\text{Median(Färgtal Pt mg/l, 30)} = -505,7895 + 0,2652736 \cdot \text{year}$$

Summary of Fit

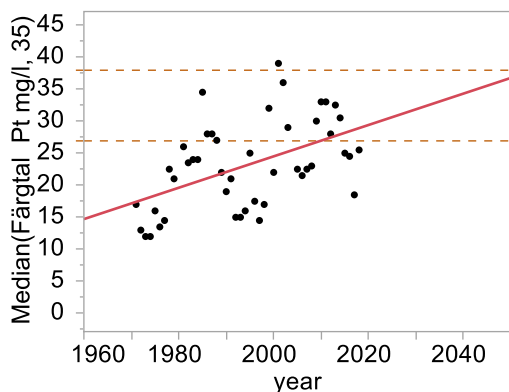
RSquare	0,227358
RSquare Adj	0,20939
Root Mean Square Error	6,810951
Mean of Response	23,46667
Observations (or Sum Wgts)	45

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	586,9709	586,971	12,6532
Error	43	1994,7291	46,389	Prob > F
C. Total	44	2581,7000		0,0009*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-505,7895	148,7906	-3,40	0,0015*
year	0,2652736	0,074575	3,56	0,0009*



Linear Fit

$$\text{Median(Färgtal Pt mg/l, 35)} = -464,8546 + 0,2446792 \cdot \text{year}$$

Summary of Fit

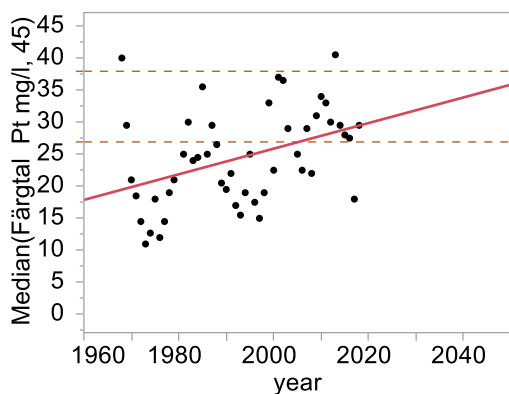
RSquare	0,249153
RSquare Adj	0,232088
Root Mean Square Error	6,044717
Mean of Response	23,18478
Observations (or Sum Wgts)	46

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	533,4805	533,481	14,6005
Error	44	1607,6988	36,539	Prob > F
C. Total	45	2141,1793		0,0004*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-464,8546	127,7268	-3,64	0,0007*
year	0,2446792	0,064034	3,82	0,0004*



Linear Fit

$$\text{Median(Färgtal Pt mg/l, 45)} = -373,4437 + 0,1996533 \cdot \text{year}$$

Summary of Fit

RSquare	0,160431
RSquare Adj	0,142568
Root Mean Square Error	6,910599

Mean of Response 24,47347
 Observations (or Sum Wgts) 49

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	428,9058	428,906	8,9811
Error	47	2244,5497	47,756	Prob > F
C. Total	48	2673,4555		0,0043*

Parameter Estimates

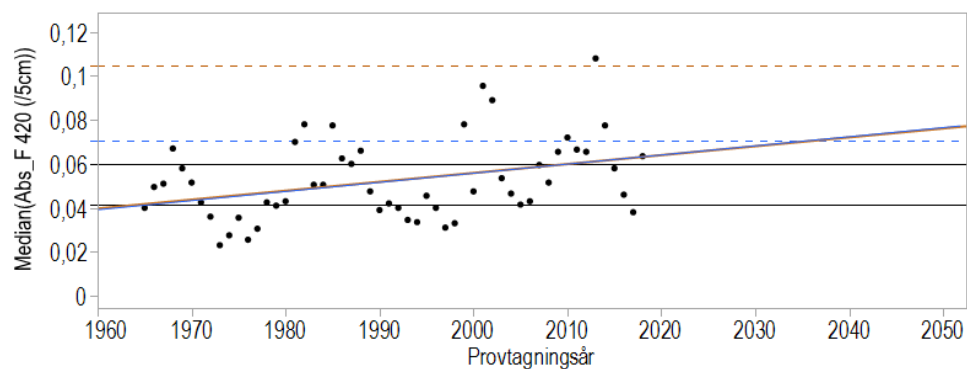
Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-373,4437	132,7821	-2,81	0,0072*
year	0,1996533	0,066621	3,00	0,0043*

6.7 Grafer över rådata för TOC och absorbans i Mälaren och i delbassänger (SLU)

6.7.1 Tidsserieplottar för absorbans (Abs_F420) för utvalda bassänger

6.7.1.1 Görväln

Linjär trend Abs_F 420 (/5cm) (hela perioden)



Linear Fit

$$\text{Median}(\text{Abs_F 420 (/5cm)}) = -0,754422 + 0,0004051 * \text{Provtagningsår}$$

RSquare 0,12365

RSquare Adj 0,106797

Root Mean Square Error 0,017131

Mean of Response 0,052426

Observations (or Sum Wgts) 54

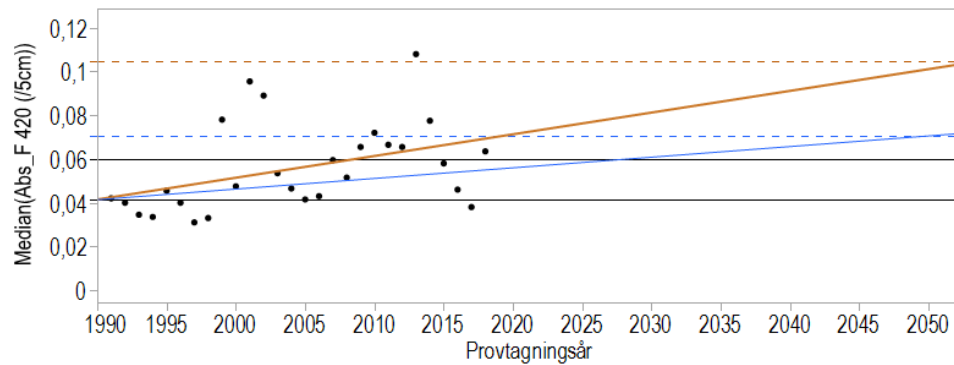
Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	0,00215315	0,002153	7,3370
Error	52	0,01526006	0,000293	Prob > F
C. Total	53	0,01741320		0,0091*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-0,754422	0,297882	-2,53	0,0144*
Provtagningsår	0,0004051	0,00015	2,71	0,0091*

Linjär trend Abs_F 420 (/5cm) (1991 och framåt)



Linear Fit

$$\text{Median(Abs_F 420 (/5cm))} = -1,935698 + 0,0009936 \cdot \text{Provtagningsår}$$

RSquare 0,166205
 RSquare Adj 0,134136
 Root Mean Square Error 0,018655
 Mean of Response 0,055911
 Observations (or Sum Wgts) 28

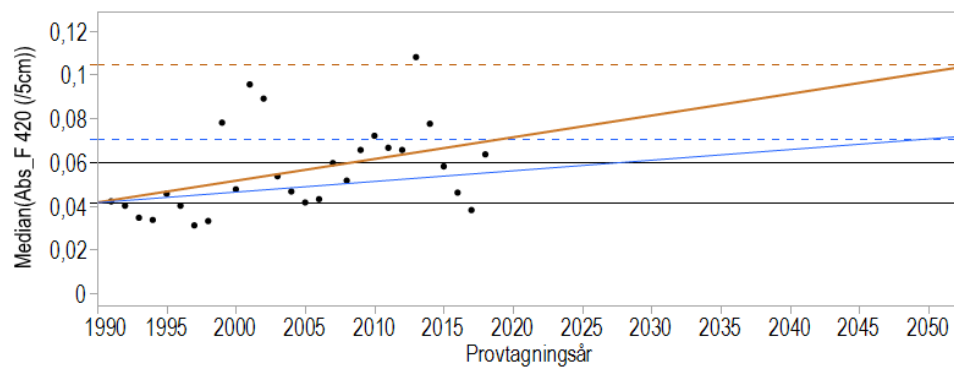
Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	0,00180358	0,001804	5,1827
Error	26	0,00904795	0,000348	Prob > F
C. Total	27	0,01085153		0,0313*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-1,935698	0,87484	-2,21	0,0359*
Provtagningsår	0,0009936	0,000436	2,28	0,0313*

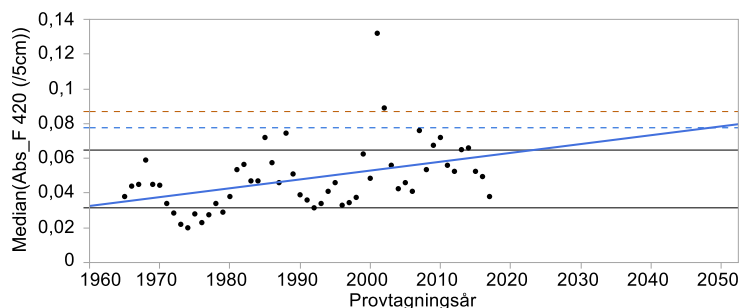
Samma analys som ovan men 90% högsta värden



Analysen är inte signifikant.

6.7.1.2 Prästfjärden

Linjär trend Abs_F 420 (/5cm) (hela perioden)



Linear Fit

$$\text{Median(Abs_F 420 (/5cm))} = -0,965443 + 0,0005092 * \text{Provtagningsår}$$

RSquare	0,170734
RSquare Adj	0,154474
Root Mean Square Error	0,0175
Mean of Response	0,048358
Observations (or Sum Wgts)	53

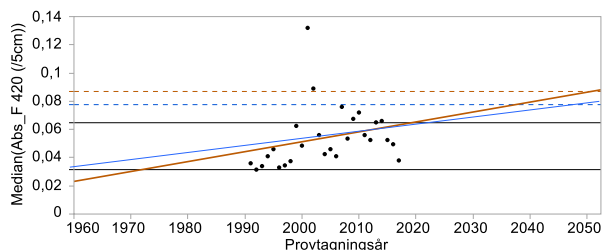
Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	0,00321555	0,003216	10,5002
Error	51	0,01561814	0,000306	Prob > F
C. Total	52	0,01883369		0,0021*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-0,965443	0,312873	-3,09	0,0033*
Provtagningsår	0,0005092	0,000157	3,24	0,0021*

Linjär trend Abs_F 420 (/5cm) (1991 och framåt)



Linear Fit

$$\text{Median(Abs_F 420 (/5cm))} = -1,354128 + 0,0007027 * \text{Provtagningsår}$$

RSquare	0,068093
RSquare Adj	0,030817
Root Mean Square Error	0,021042
Mean of Response	0,054056
Observations (or Sum Wgts)	27

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	0,00080879	0,000809	1,8267
Error	25	0,01106887	0,000443	Prob > F
C. Total	26	0,01187767		0,1886

Parameter Estimates

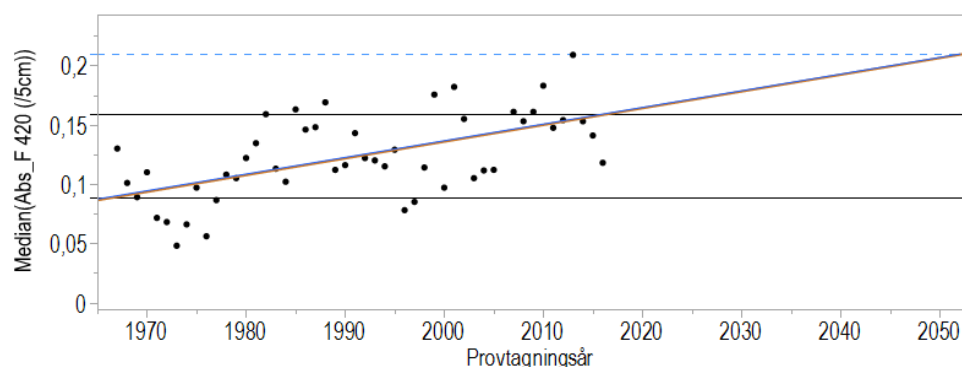
Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-1,354128	1,041899	-1,30	0,2056#

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Provtagningsår	0,0007027	0,00052	1,35	0,1886#

icke signifikant

6.7.1.3 Ekoln

Linjär trend Abs_F 420 (/5cm) (hela perioden)



Linear Fit

$$\text{Median}(\text{Abs_F } 420 \text{ (/5cm)}) = -2,685344 + 0,0014106 * \text{Provtagningsår}$$

RSquare 0,334675

RSquare Adj 0,320519

Root Mean Square Error 0,029296

Mean of Response 0,123367

Observations (or Sum Wgts) 49

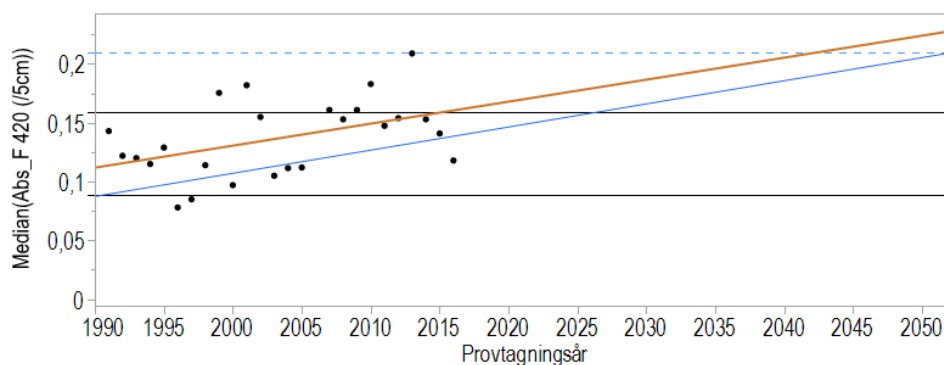
Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	0,02029065	0,020291	23,6422
Error	47	0,04033724	0,000858	Prob > F
C. Total	48	0,06062789		<,0001*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-2,685344	0,577663	-4,65	<,0001*
Provtagningsår	0,0014106	0,00029	4,86	<,0001*

Linjär trend Abs_F 420 (/5cm) (1991 och framåt)



Linear Fit

$$\text{Median}(\text{Abs_F } 420 \text{ (/5cm)}) = -3,610726 + 0,0018707 \cdot \text{Provtagningsår}$$

RSquare 0,201527
 RSquare Adj 0,166811
 Root Mean Square Error 0,029626
 Mean of Response 0,13698
 Observations (or Sum Wgts) 25

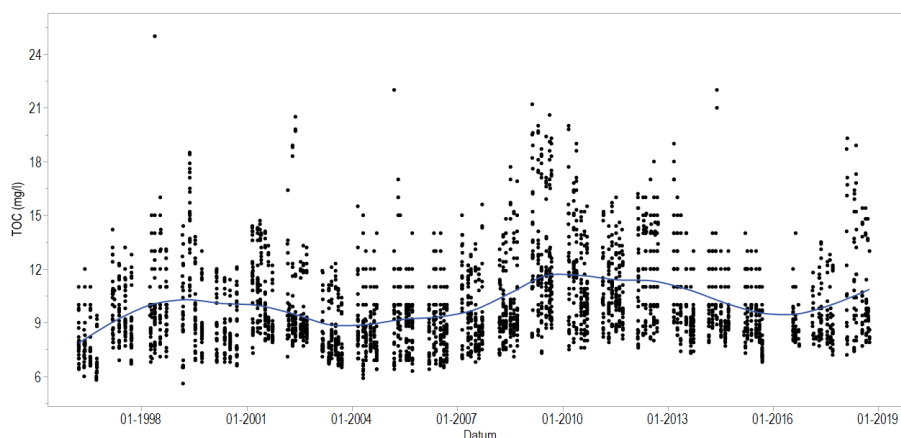
Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	0,00509515	0,005095	5,8050
Error	23	0,02018759	0,000878	Prob > F
C. Total	24	0,02528274		0,0244*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-3,610726	1,555494	-2,32	0,0295*
Provtagningsår	0,0018707	0,000776	2,41	0,0244*

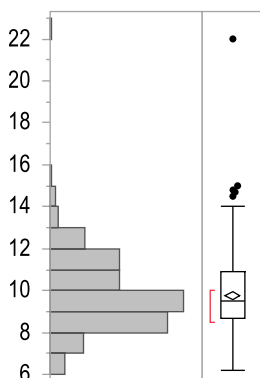
6.7.2 Totalt organiskt kol (TOC) under perioden 1995-2018



Appendix_figur 4: Graf över all tillgänglig data för TOC i Mälaren under perioden 1995-2018 för alla bassänger.

Distributions Stationsnamn=Blacken

TOC (mg/l)



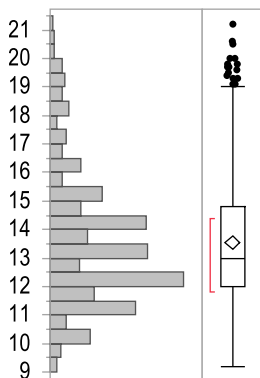
Quantiles

100.0%	maximum	22
99.5%		16,785
97.5%		13,2
90.0%		12
75.0%	quartile	10,9
50.0%	median	9,5
25.0%	quartile	8,7
10.0%		7,99
2.5%		6,9
0.5%		6,2745
0.0%	minimum	6,2

Summary Statistics

Mean	9,7681034
Std Dev	1,681203
Std Err Mean	0,0901219
Upper 95% Mean	9,9453574
Lower 95% Mean	9,5908494
N	348

Distributions Stationsnamn=Ekoln Vreta Udd TOC (mg/l)



Quantiles

100.0%	maximum	21,2
99.5%		20,606
97.5%		19,605
90.0%		17,1
75.0%	quartile	14,8
50.0%	median	13
25.0%	quartile	12
10.0%		11
2.5%		10
0.5%		9,398

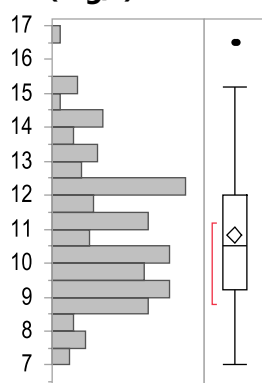
0.0% minimum 9,2

Summary Statistics

Mean	13,53728
Std Dev	2,4521524
Std Err Mean	0,12307
Upper 95% Mean	13,779232
Lower 95% Mean	13,295327
N	397

Distributions Stationsnamn=Galten

TOC (mg/l)



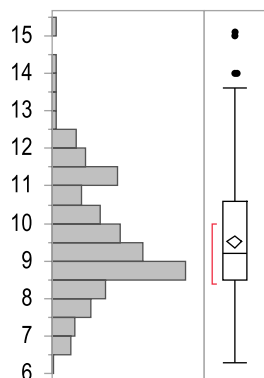
Quantiles

100.0%	maximum	16,5
99.5%		16,5
97.5%		15,005
90.0%		13,9
75.0%	quartile	12
50.0%	median	10,5
25.0%	quartile	9,2
10.0%		8,7
2.5%		7,595
0.5%		7
0.0%	minimum	7

Summary Statistics

Mean	10,821941
Std Dev	1,9450784
Std Err Mean	0,1263464
Upper 95% Mean	11,070852
Lower 95% Mean	10,57303
N	237

**Distributions Stationsnamn=Granfj. Djurgårds Udde
TOC (mg/l)**



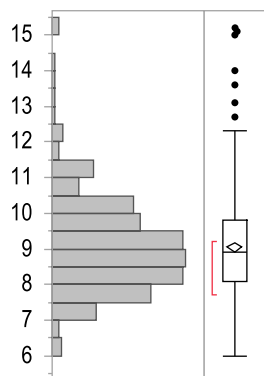
Quantiles

100.0%	maximum	15,1
99.5%		15,025
97.5%		12,925
90.0%		11,6
75.0%	quartile	10,6
50.0%	median	9,2
25.0%	quartile	8,5
10.0%		7,8
2.5%		6,775
0.5%		6,45
0.0%	minimum	6,3

Summary Statistics

Mean	9,5108883
Std Dev	1,5141845
Std Err Mean	0,0810524
Upper 95% Mean	9,6703025
Lower 95% Mean	9,351474
N	349

**Distributions Stationsnamn=Görväln S
TOC (mg/l)**



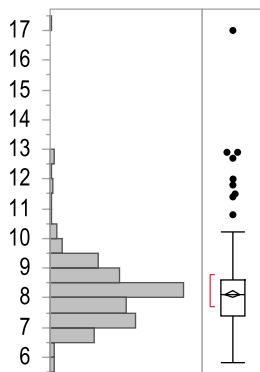
Quantiles

100.0%	maximum	15,2
99.5%		15,1115
97.5%		12
90.0%		10,83
75.0%	quartile	9,8
50.0%	median	8,9
25.0%	quartile	8,1
10.0%		7,6
2.5%		7
0.5%		6,177
0.0%	minimum	6

Summary Statistics

Mean	9,0526596
Std Dev	1,3441997
Std Err Mean	0,0693218
Upper 95% Mean	9,1889677
Lower 95% Mean	8,9163514
N	376

Distributions Stationsnamn=Prästfjärden TOC (mg/l)



Quantiles

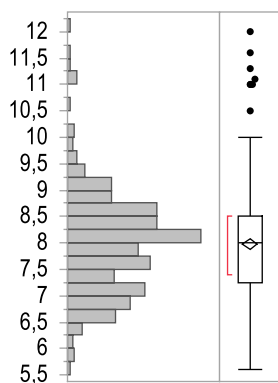
100.0%	maximum	17
99.5%		13,7405
97.5%		10,815
90.0%		9,2
75.0%	quartile	8,6
50.0%	median	8,1
25.0%	quartile	7,4
10.0%		6,9
2.5%		6,6
0.5%		5,8

0.0% minimum 5,8

Summary Statistics

Mean	8,1251397
Std Dev	1,1192406
Std Err Mean	0,0591537
Upper 95% Mean	8,2414732
Lower 95% Mean	8,0088061
N	358

Distributions Stationsnamn=S. Björkfjärden SO TOC (mg/l)



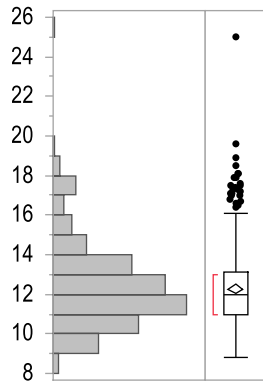
Quantiles

100.0%	maximum	12
99.5%		11,676
97.5%		10
90.0%		9,1
75.0%	quartile	8,5
50.0%	median	8
25.0%	quartile	7,25
10.0%		6,8
2.5%		6,4
0.5%		5,762
0.0%	minimum	5,6

Summary Statistics

Mean	7,967867
Std Dev	0,9633092
Std Err Mean	0,0507005
Upper 95% Mean	8,0675734
Lower 95% Mean	7,8681607
N	361

**Distributions Stationsnamn=Skarven
TOC (mg/l)**



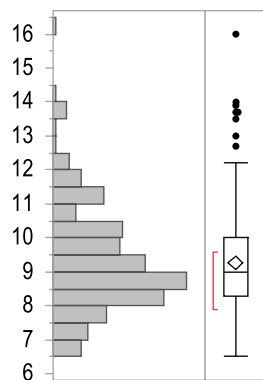
Quantiles

100.0%	maximum	25
99.5%		21,031
97.5%		17,6975
90.0%		15
75.0%	quartile	13,125
50.0%	median	12
25.0%	quartile	11
10.0%		10
2.5%		9,4675
0.5%		8,8
0.0%	minimum	8,8

Summary Statistics

Mean	12,267052
Std Dev	2,1679112
Std Err Mean	0,1165476
Upper 95% Mean	12,496285
Lower 95% Mean	12,037819
N	346

**Distributions Stationsnamn=Svinnegarnsviken
TOC (mg/l)**



Quantiles

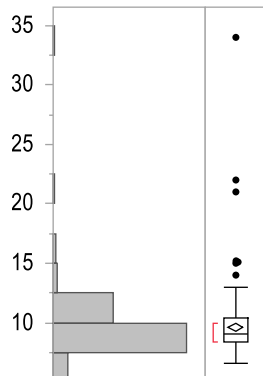
100.0%	maximum	16
99.5%		15,68
97.5%		13,54
90.0%		11,38
75.0%	quartile	10
50.0%	median	9
25.0%	quartile	8,3
10.0%		7,62
2.5%		6,7
0.5%		6,5
0.0%	minimum	6,5

Summary Statistics

Mean	9,2787879
Std Dev	1,5483035
Std Err Mean	0,1018709
Upper 95% Mean	9,4795073
Lower 95% Mean	9,0780684
N	231

Distributions Stationsnamn=Ulvhällsfjärden

TOC (mg/l)



Quantiles

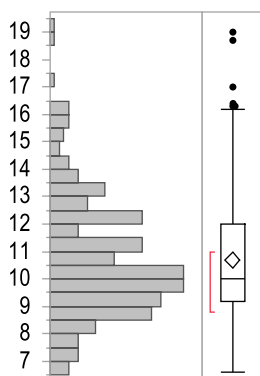
100.0%	maximum	34
99.5%		31,9
97.5%		15,0125
90.0%		11,35
75.0%	quartile	10,35
50.0%	median	9,1
25.0%	quartile	8,4
10.0%		7,85
2.5%		6,8875
0.5%		6,6

0.0% minimum 6,6

Summary Statistics

Mean	9,6290598
Std Dev	2,4555642
Std Err Mean	0,1605253
Upper 95% Mean	9,9453263
Lower 95% Mean	9,3127934
N	234

Distributions Stationsnamn=Västeråsfjärden N TOC (mg/l)



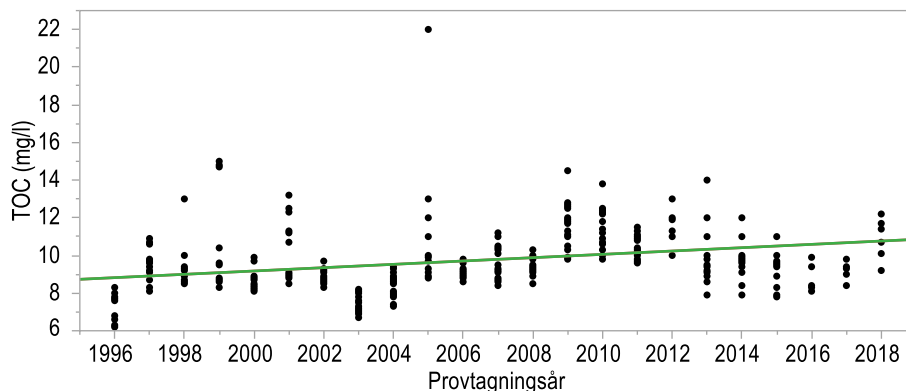
Quantiles

100.0%	maximum	19
99.5%		18,9445
97.5%		16,3
90.0%		13,63
75.0%	quartile	12
50.0%	median	10
25.0%	quartile	9,2
10.0%		8,4
2.5%		7,1
0.5%		6,6185
0.0%	minimum	6,6

Summary Statistics

Mean	10,690254
Std Dev	2,2251059
Std Err Mean	0,1448421
Upper 95% Mean	10,975609
Lower 95% Mean	10,404899
N	236

Bivariate Fit of TOC (mg/l) By Provtagningsår Stationsnamn=Blacken



Linear Fit

$$\text{TOC (mg/l)} = -167,5736 + 0,0883738 * \text{Provtagningsår}$$

Summary of Fit

RSquare	0,09554
RSquare Adj	0,092926
Root Mean Square Error	1,601185
Mean of Response	9,768103
Observations (or Sum Wgts)	348

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	93,70332	93,7033	36,5487
Error	346	887,07263	2,5638	Prob > F
C. Total	347	980,77595		<,0001*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-167,5736	29,33437	-5,71	<,0001*
Provtagningsår	0,0883738	0,014618	6,05	<,0001*

Linear Fit

$$\text{TOC (mg/l)} = -167,5736 + 0,0883738 * \text{Provtagningsår}$$

Summary of Fit

RSquare	0,09554
RSquare Adj	0,092926
Root Mean Square Error	1,601185
Mean of Response	9,768103
Observations (or Sum Wgts)	348

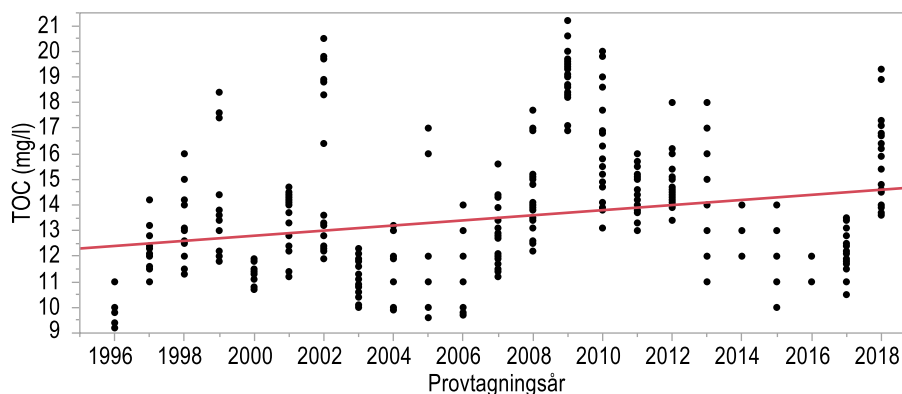
Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	93,70332	93,7033	36,5487
Error	346	887,07263	2,5638	Prob > F
C. Total	347	980,77595		<,0001*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-167,5736	29,33437	-5,71	<,0001*
Provtagningsår	0,0883738	0,014618	6,05	<,0001*

Bivariate Fit of TOC (mg/l) By Provtagningsår Stationsnamn=Ekoln Vreta Udd



Linear Fit

$$\text{TOC (mg/l)} = -186,7703 + 0,0997847 \cdot \text{Provtagningsår}$$

Summary of Fit

RSquare	0,066065
RSquare Adj	0,0637
Root Mean Square Error	2,372766
Mean of Response	13,53728
Observations (or Sum Wgts)	397

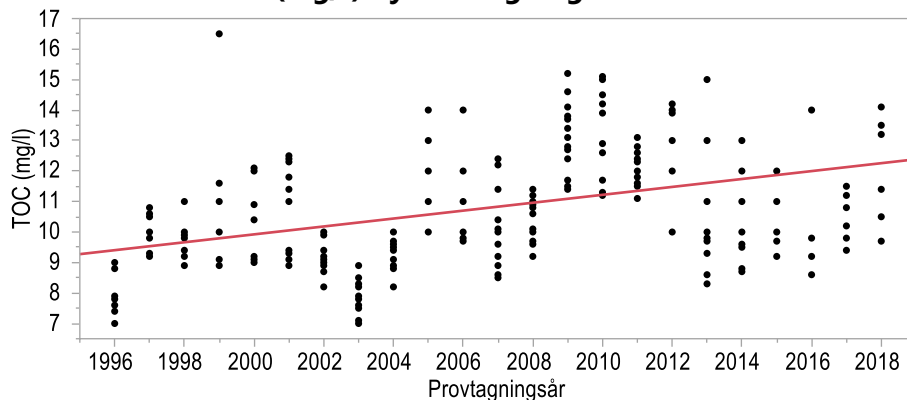
Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	157,3115	157,312	27,9416
Error	395	2223,8567	5,630	Prob > F
C. Total	396	2381,1683		<,0001*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-186,7703	37,89431	-4,93	<,0001*
Provtagningsår	0,0997847	0,018877	5,29	<,0001*

Bivariate Fit of TOC (mg/l) By Provtagningsår Stationsnamn=Galten



Linear Fit

$$\text{TOC (mg/l)} = -249,4596 + 0,1296912 * \text{Provtagningsår}$$

Summary of Fit

RSquare	0,160366
RSquare Adj	0,156794
Root Mean Square Error	1,786093
Mean of Response	10,82194
Observations (or Sum Wgts)	237

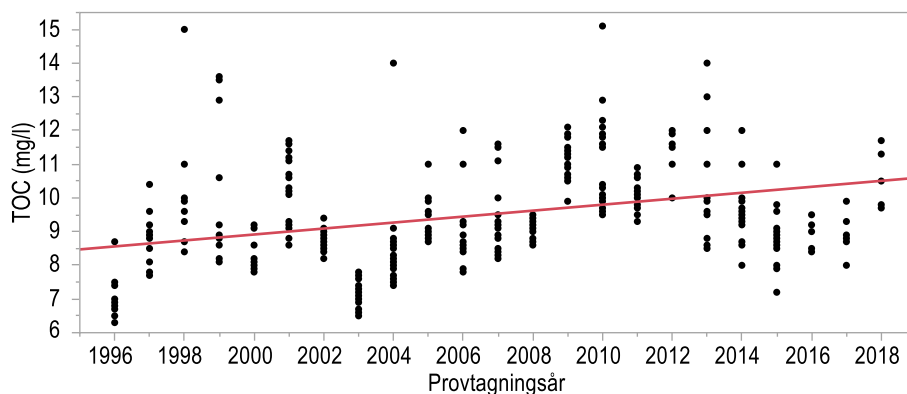
Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	143,18574	143,186	44,8840
Error	235	749,68017	3,190	Prob > F
C. Total	236	892,86591		<,0001*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-249,4596	38,85076	-6,42	<,0001*
Provtagningsår	0,1296912	0,019358	6,70	<,0001*

Bivariate Fit of TOC (mg/l) By Provtagningsår Stationsnamn=Granfj. Djurgårds Udde



Linear Fit

$$\text{TOC (mg/l)} = -168,0101 + 0,088462 \cdot \text{Provtagningår}$$

Summary of Fit

RSquare	0,118517
RSquare Adj	0,115977
Root Mean Square Error	1,423674
Mean of Response	9,510888
Observations (or Sum Wgts)	349

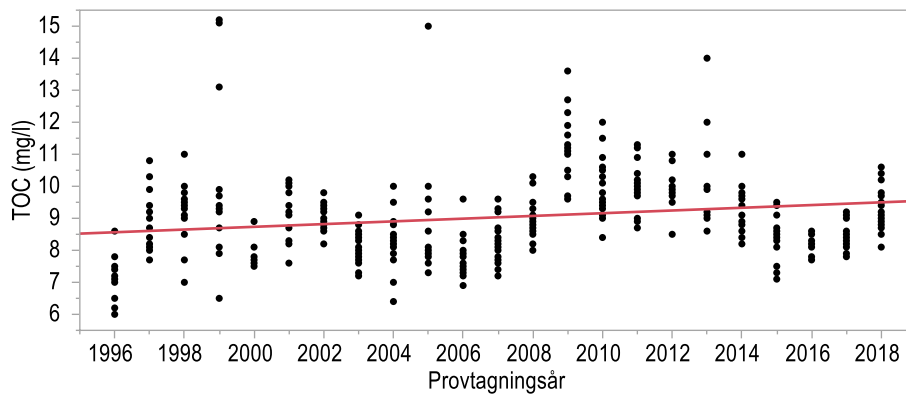
Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	94,56219	94,5622	46,6548
Error	347	703,31644	2,0268	Prob > F
C. Total	348	797,87862		<,0001*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-168,0101	25,98983	-6,46	<,0001*
Provtagningår	0,088462	0,012951	6,83	<,0001*

Bivariate Fit of TOC (mg/l) By Provtagningår Stationsnamn=Görvåln S



Linear Fit

$$\text{TOC (mg/l)} = -76,25606 + 0,0424948 \cdot \text{Provtagningår}$$

Summary of Fit

RSquare	0,039721
RSquare Adj	0,037153
Root Mean Square Error	1,318993
Mean of Response	9,05266
Observations (or Sum Wgts)	376

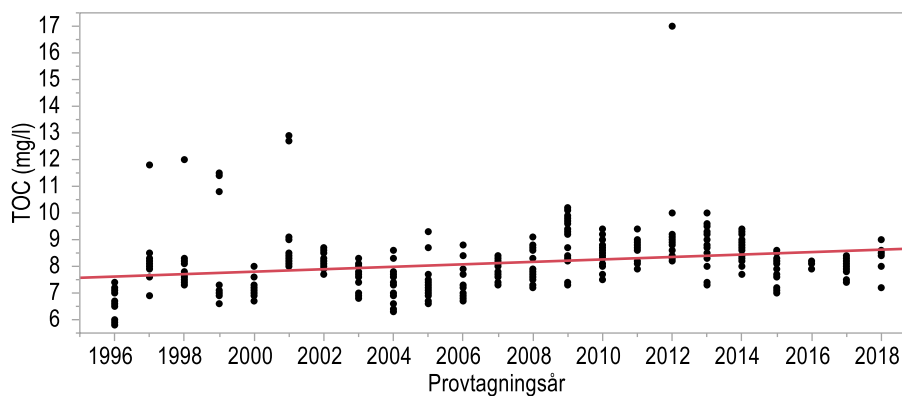
Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	26,91377	26,9138	15,4700
Error	374	650,66357	1,7397	Prob > F
C. Total	375	677,57734		<,0001*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-76,25606	21,68956	-3,52	0,0005*
Provtagningsår	0,0424948	0,010804	3,93	<,0001*

Bivariate Fit of TOC (mg/l) By Provtagningsår Stationsnamn=Prästfjärden



Linear Fit

$$\text{TOC (mg/l)} = -83,90694 + 0,0458535 * \text{Provtagningsår}$$

Summary of Fit

RSquare	0,062544
RSquare Adj	0,05991
Root Mean Square Error	1,085196
Mean of Response	8,12514
Observations (or Sum Wgts)	358

Analysis of Variance

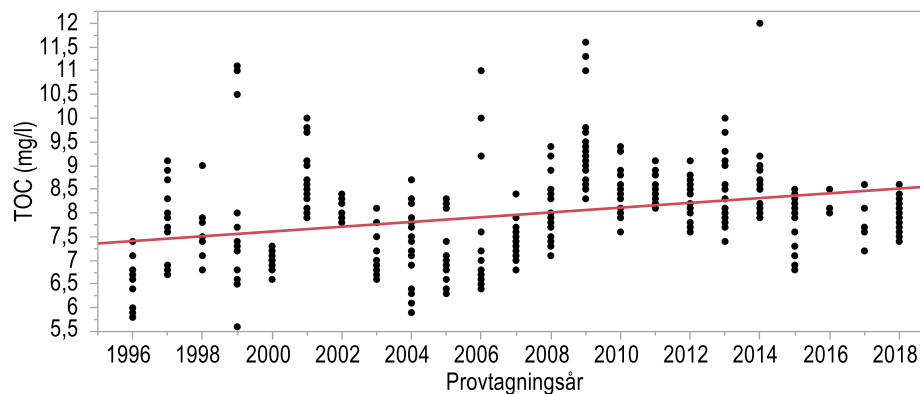
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	27,97043	27,9704	23,7511
Error	356	419,24331	1,1776	Prob > F
C. Total	357	447,21374		<,0001*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-83,90694	18,88425	-4,44	<,0001*

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Provtagningsår	0,0458535	0,009409	4,87	<,0001*

Bivariate Fit of TOC (mg/l) By Provtagningsår Stationsnamn=S. Björkfjärden SO



Linear Fit

$$\text{TOC (mg/l)} = -93,052 + 0,0503307 * \text{Provtagningsår}$$

Summary of Fit

RSquare	0,102768
RSquare Adj	0,100268
Root Mean Square Error	0,913739
Mean of Response	7,967867
Observations (or Sum Wgts)	361

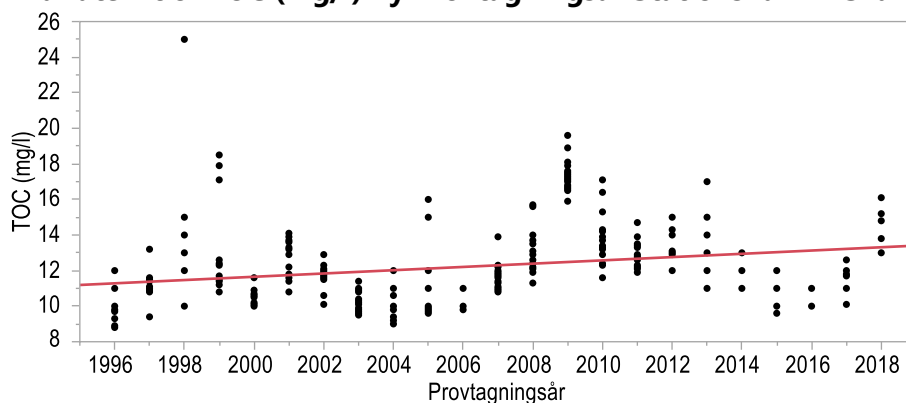
Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	34,33127	34,3313	41,1193
Error	359	299,73598	0,8349	Prob > F
C. Total	360	334,06726		<,0001*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-93,052	15,75383	-5,91	<,0001*
Provtagningsår	0,0503307	0,007849	6,41	<,0001*

Bivariate Fit of TOC (mg/l) By Provtagningsår Stationsnamn=Skarven



Linear Fit

$$\text{TOC (mg/l)} = -172,7081 + 0,0921803 * \text{Provtagningsår}$$

Summary of Fit

RSquare	0,061968
RSquare Adj	0,059241
Root Mean Square Error	2,102716
Mean of Response	12,26705
Observations (or Sum Wgts)	346

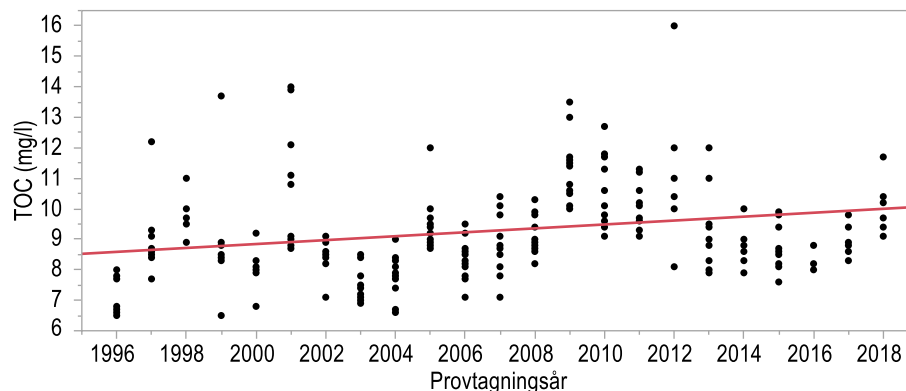
Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	100,4775	100,477	22,7252
Error	344	1520,9669	4,421	Prob > F
C. Total	345	1621,4444		<,0001*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-172,7081	38,80266	-4,45	<,0001*
Provtagningsår	0,0921803	0,019337	4,77	<,0001*

Bivariate Fit of TOC (mg/l) By Provtagningsår Stationsnamn=Svinnegarnsviken



Linear Fit

$$\text{TOC (mg/l)} = -119,4882 + 0,0641663 * \text{Provtagningsår}$$

Summary of Fit

RSquare	0,061165
RSquare Adj	0,057065
Root Mean Square Error	1,503478
Mean of Response	9,278788
Observations (or Sum Wgts)	231

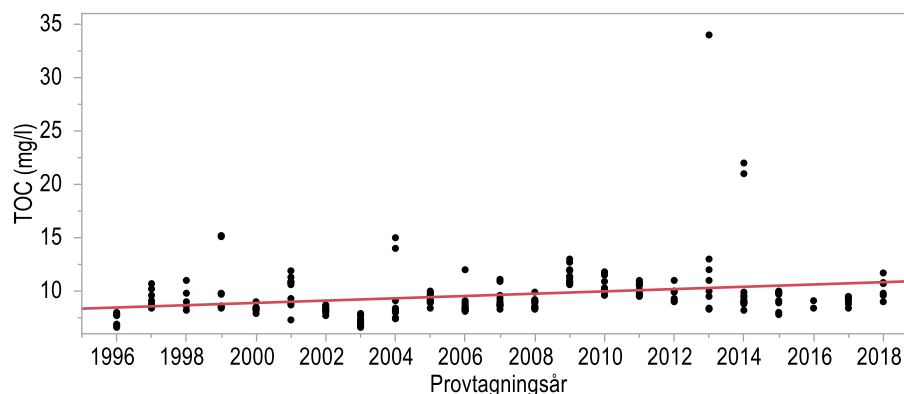
Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	33,72424	33,7242	14,9193
Error	229	517,64182	2,2604	Prob > F
C. Total	230	551,36606		0,0001*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-119,4882	33,33745	-3,58	0,0004*
Provtagningsår	0,0641663	0,016612	3,86	0,0001*

Bivariate Fit of TOC (mg/l) By Provtagningsår Stationsnamn=Ulvhällsfjärden



Linear Fit

$$\text{TOC (mg/l)} = -206,9453 + 0,1079189 \cdot \text{Provtagningsår}$$

Summary of Fit

RSquare	0,068786
RSquare Adj	0,064772
Root Mean Square Error	2,374707
Mean of Response	9,62906
Observations (or Sum Wgts)	234

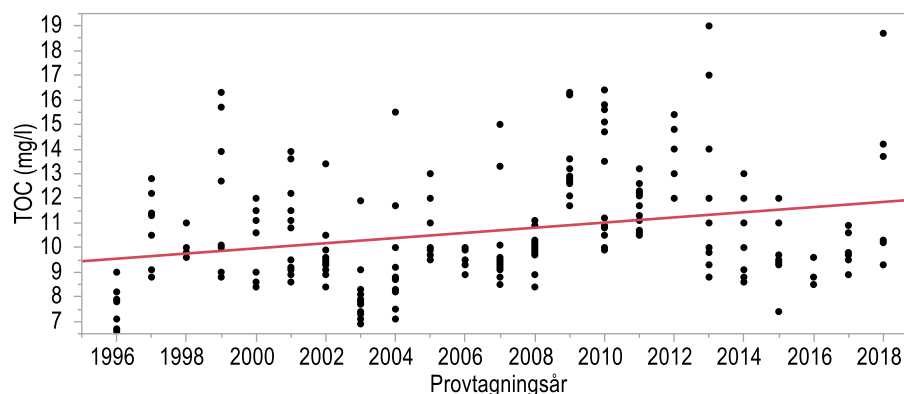
Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	96,6405	96,6405	17,1372
Error	232	1308,3019	5,6392	Prob > F
C. Total	233	1404,9424		<,0001*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-206,9453	52,31659	-3,96	0,0001*
Provtagningsår	0,1079189	0,026069	4,14	<,0001*

Bivariate Fit of TOC (mg/l) By Provtagningsår Stationsnamn=Västeråsfjärden N



Linear Fit

$$\text{TOC (mg/l)} = -199,5761 + 0,1047718 \cdot \text{Provtagningsår}$$

Summary of Fit

RSquare	0,079699
RSquare Adj	0,075766
Root Mean Square Error	2,139152
Mean of Response	10,69025
Observations (or Sum Wgts)	236

Analysis of Variance

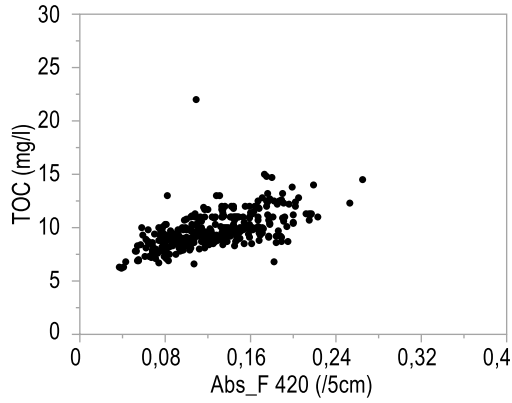
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	92,7300	92,7300	20,2645
Error	234	1070,7776	4,5760	Prob > F
C. Total	235	1163,5076		<,0001*

Parameter Estimates

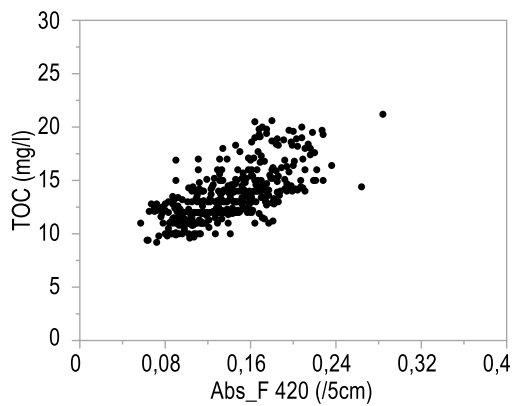
Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-199,5761	46,7093	-4,27	<,0001*
Provtagningsår	0,1047718	0,023274	4,50	<,0001*

6.7.3 Grafer över samband mellan TOC och absF i olika bassänger

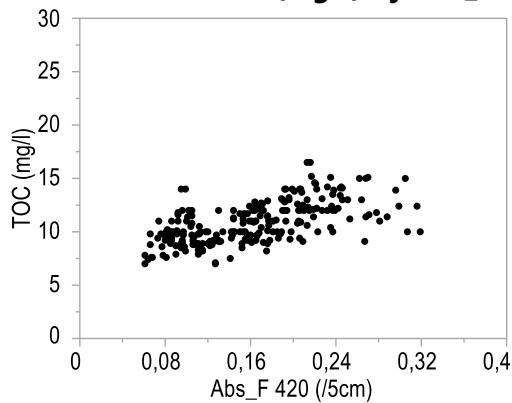
Bivariate Fit of TOC (mg/l) By Abs_F 420 (/5cm) Stationsnamn=Blacken



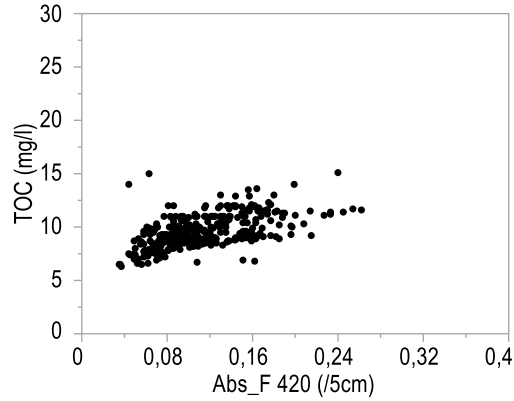
Bivariate Fit of TOC (mg/l) By Abs_F 420 (/5cm) Stationsnamn=Ekoln Vreta Udd



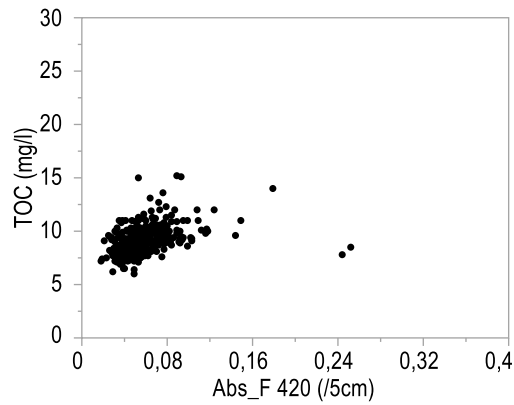
Bivariate Fit of TOC (mg/l) By Abs_F 420 (/5cm) Stationsnamn=Galten



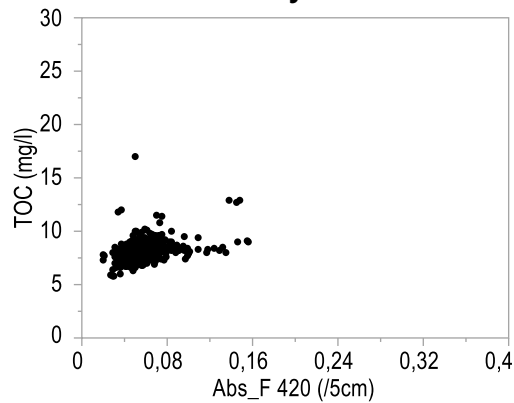
Bivariate Fit of TOC (mg/l) By Abs_F 420 (/5cm) Stationsnamn=Granfj. Djurgårds Udde



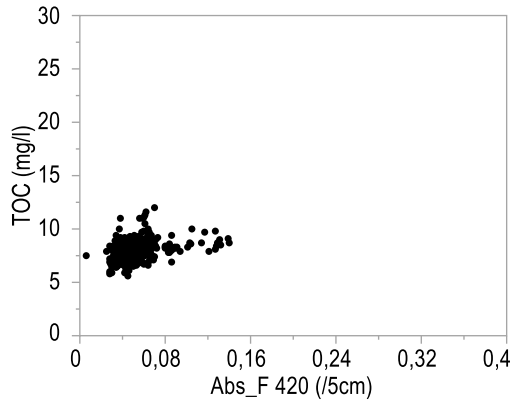
Bivariate Fit of TOC (mg/l) By Abs_F 420 (/5cm) Stationsnamn=Görväln S



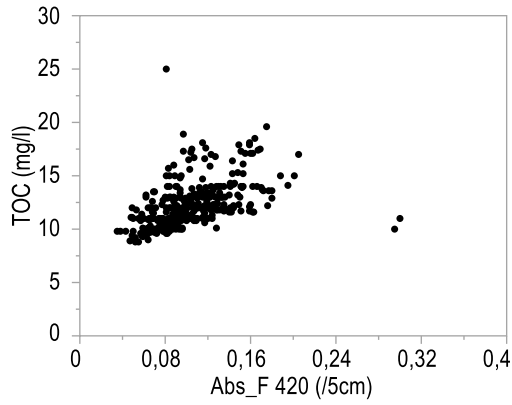
Bivariate Fit of TOC (mg/l) By Abs_F 420 (/5cm) Stationsnamn=Prästfjärden



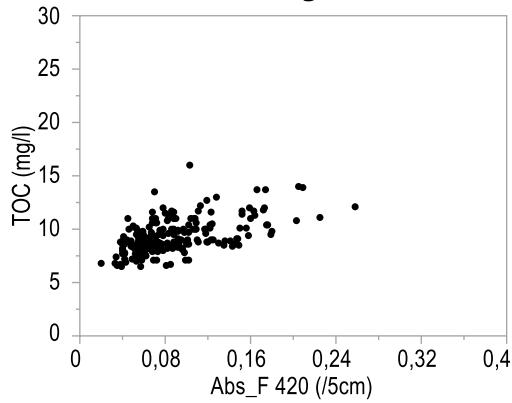
Bivariate Fit of TOC (mg/l) By Abs_F 420 (/5cm) Stationsnamn=S. Björkfjärden SO



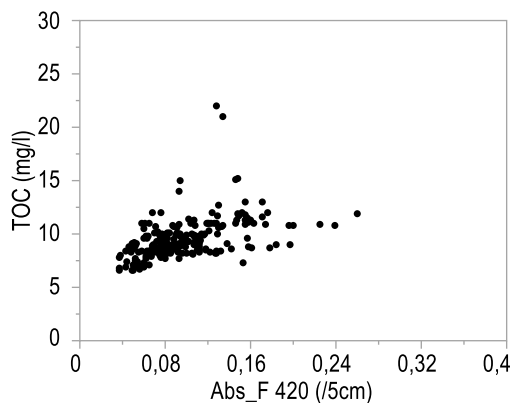
Bivariate Fit of TOC (mg/l) By Abs_F 420 (/5cm)
Stationsnamn=Skarven



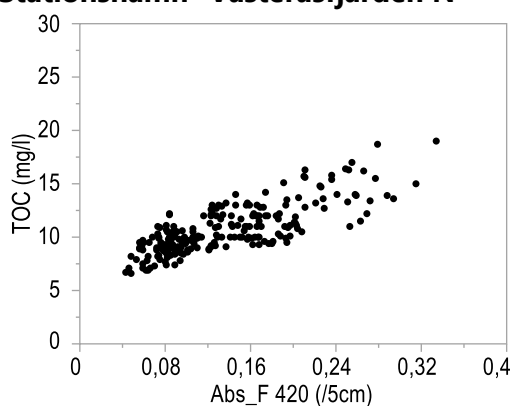
Bivariate Fit of TOC (mg/l) By Abs_F 420 (/5cm)
Stationsnamn=Svinnegarnsviken



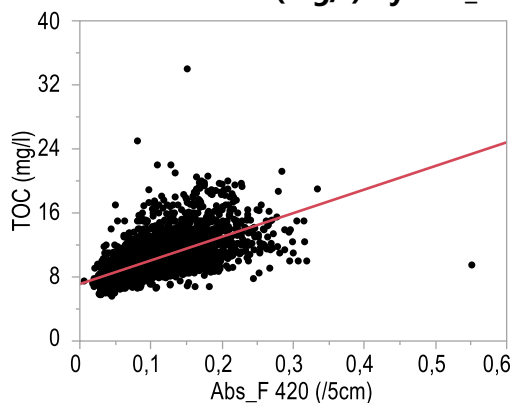
Bivariate Fit of TOC (mg/l) By Abs_F 420 (/5cm)
Stationsnamn=Ulvhällsfjärden



Bivariate Fit of TOC (mg/l) By Abs_F 420 (/5cm)
Stationsnamn=Västeråsfjärden N



Bivariate Fit of TOC (mg/l) By Abs_F 420 (/5cm) Mälaren



Linear Fit

$$\text{TOC (mg/l)} = 7,1238109 + 29,499933 \cdot \text{Abs_F 420 (/5cm)}$$

Summary of Fit

RSquare	0,392126
RSquare Adj	0,39195
Root Mean Square Error	1,942641
Mean of Response	10,08926

Observations (or Sum Wgts) 3464

Analysis of Variance

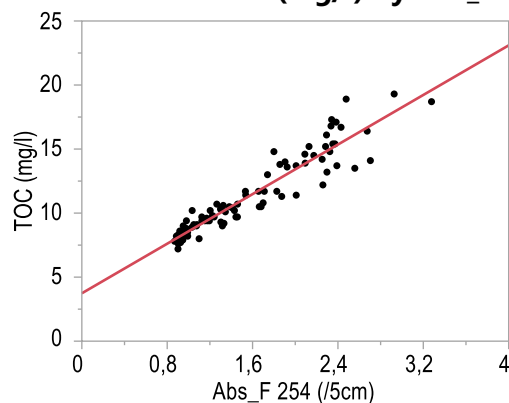
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	8427,983	8427,98	2233,257
Error	3462	13065,077	3,77	Prob > F
C. Total	3463	21493,061		<,0001*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	7,1238109	0,070902	100,47	<,0001*
Abs_F 420 (/5cm)	29,499933	0,62424	47,26	<,0001*

6.7.4 Grafer över samband mellan TOC och UV i hela Mälaren

Bivariate Fit of TOC (mg/l) By Abs_F 254 (/5cm)



Linear Fit

$$\text{TOC (mg/l)} = 3,7381637 + 4,8396176 \cdot \text{Abs_F 254 (/5cm)}$$

Summary of Fit

RSquare	0,894745
RSquare Adj	0,893626
Root Mean Square Error	0,985672
Mean of Response	11,12604
Observations (or Sum Wgts)	96

Analysis of Variance

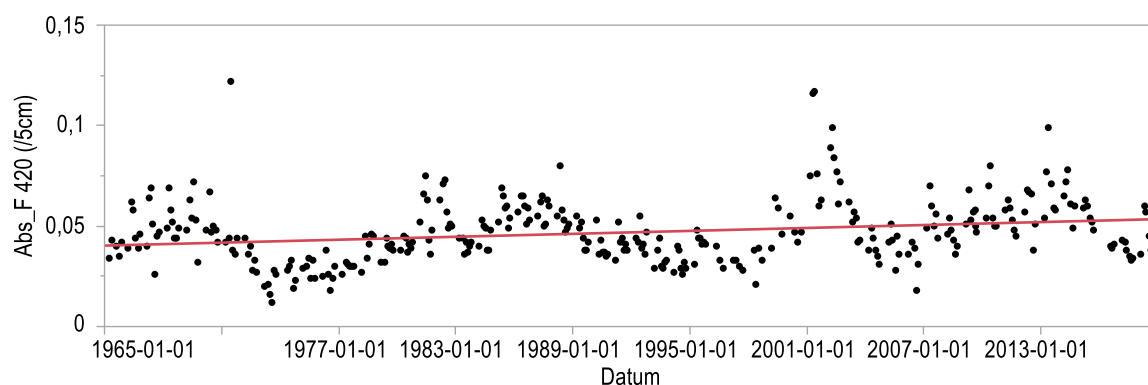
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	776,33926	776,339	799,0734
Error	94	91,32564	0,972	Prob > F
C. Total	95	867,66490		<,0001*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	3,7381637	0,280045	13,35	<,0001*
Abs_F 254 (/5cm)	4,8396176	0,171205	28,27	<,0001*

6.7.5 Utvalda tidsserier SLU data för abs_F

6.7.5.1 Görväln ytvatten ("none")



Linear Fit

$$\text{Abs_F 420 (5cm)} = 0,0254105 + 7,727\text{e-}12 \cdot \text{DATE}$$

Summary of Fit

RSquare	0,056955
RSquare Adj	0,054173
Root Mean Square Error	0,014962
Mean of Response	0,046692
Observations (or Sum Wgts)	341

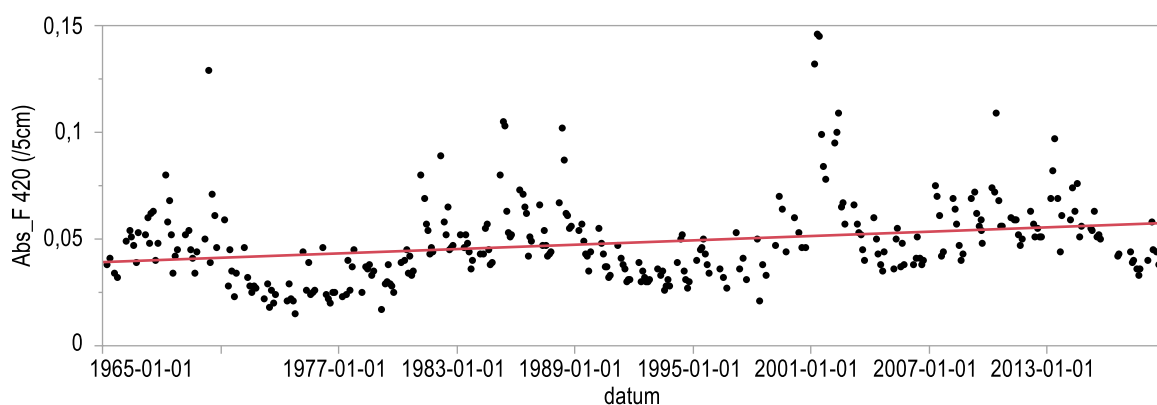
Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	0,00458342	0,004583	20,4737
Error	339	0,07589125	0,000224	Prob > F
C. Total	340	0,08047467		<,0001*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	0,0254105	0,004773	5,32	<,0001*
DATE of Ytvatten chemistry B014profiles	7,727e-12	1,71e-12	4,52	<,0001*

6.7.5.2 Prästfjärden ytvatten (ökande trend)



Linear Fit

$$\text{Abs_F 420 (/5cm)} = 0,0184698 + 1,076e-11 \cdot \text{DATE}$$

Summary of Fit

RSquare	0,069475
RSquare Adj	0,066714
Root Mean Square Error	0,018637
Mean of Response	0,048109
Observations (or Sum Wgts)	339

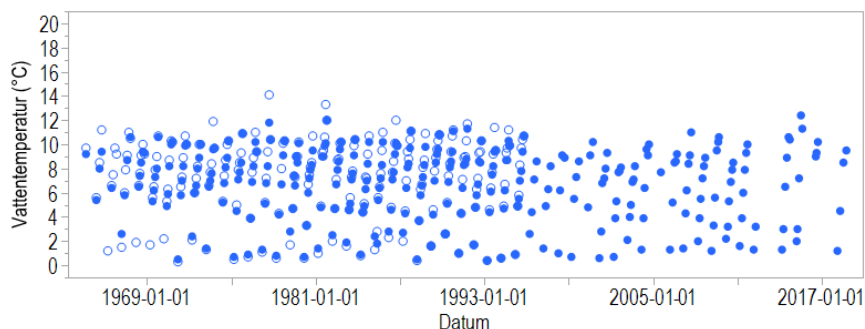
Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	1	0,00873952	0,008740	25,1613
Error	337	0,11705344	0,000347	Prob > F
C. Total	338	0,12579296		<,0001*

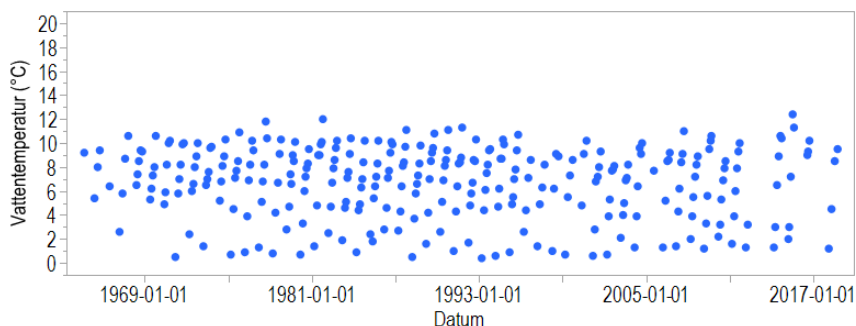
Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	0,0184698	0,005995	3,08	0,0022*
DATE of Ytvatten chemistry B28tidserie	1,076e-11	2,15e-12	5,02	<,0001*

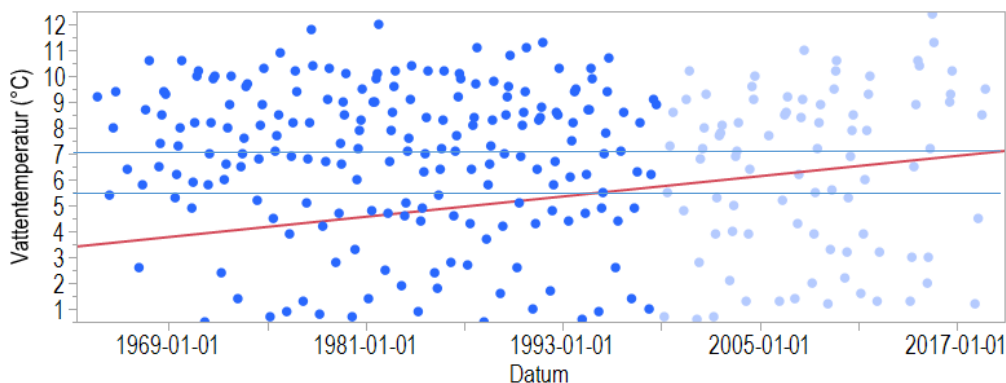
6.7.6 Vattentemperaturdata i S. Björkfjärden



Provtagningsstemperatur i S. Björkfjärden. Cirklar anger mätplatser vid -30m medan blå punkter anger mätpunkter vid -40m. Båda mätplatserna klassades som "djup" vatten i denna studie, efter 1995 togs bara prover vid -40m. Detta kan ha lett till en artefakt i analysen av temperaturändringar i denna djupa bassäng.



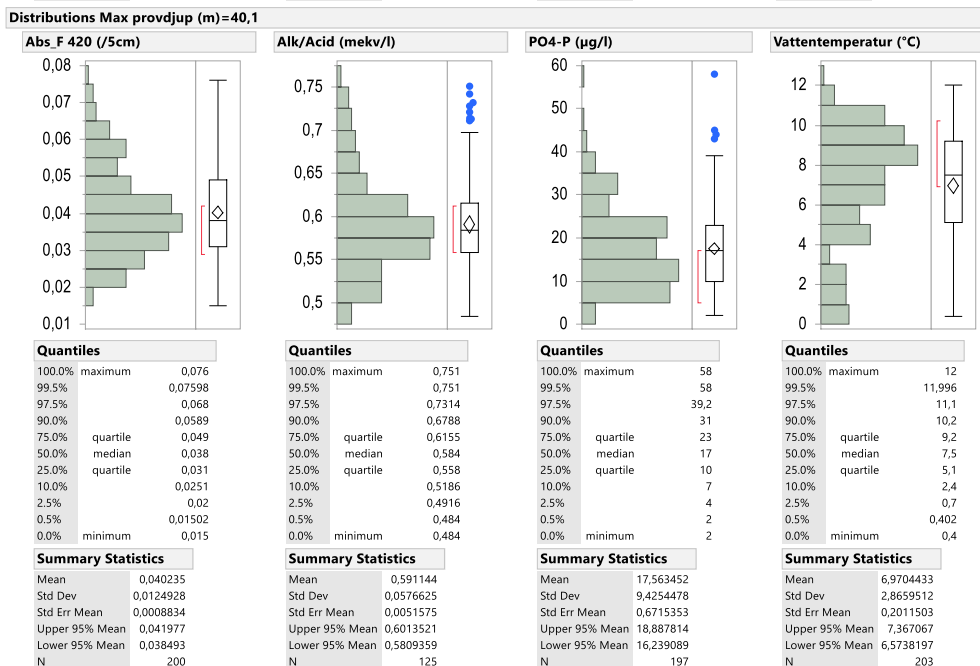
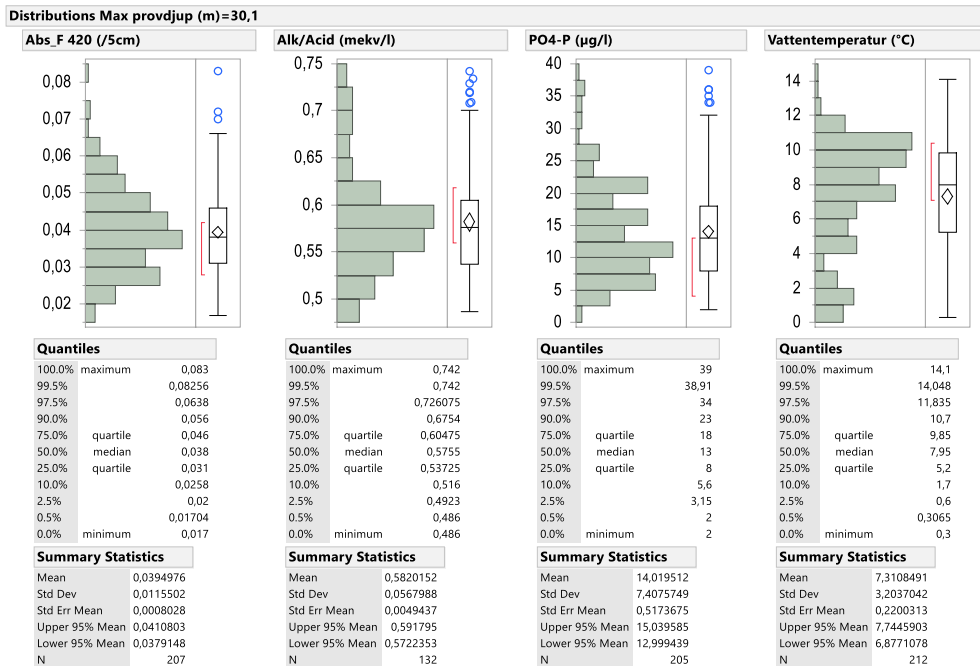
Provtagningsstemperatur i S. Björkfjärden för mätplatser vid -40m (blå punkter). Med blotta ögat kan ingen trend för vattentemperaturen urskiljas. En statistik anpassning av en linjär regression ger inget signifikant samband.



Provtagningsstemperatur i S. Björkfjärden för mätplatser vid -40m (blå punkter). Anpassning av en linjär regression för perioden 1995 och framåt antyder en svag

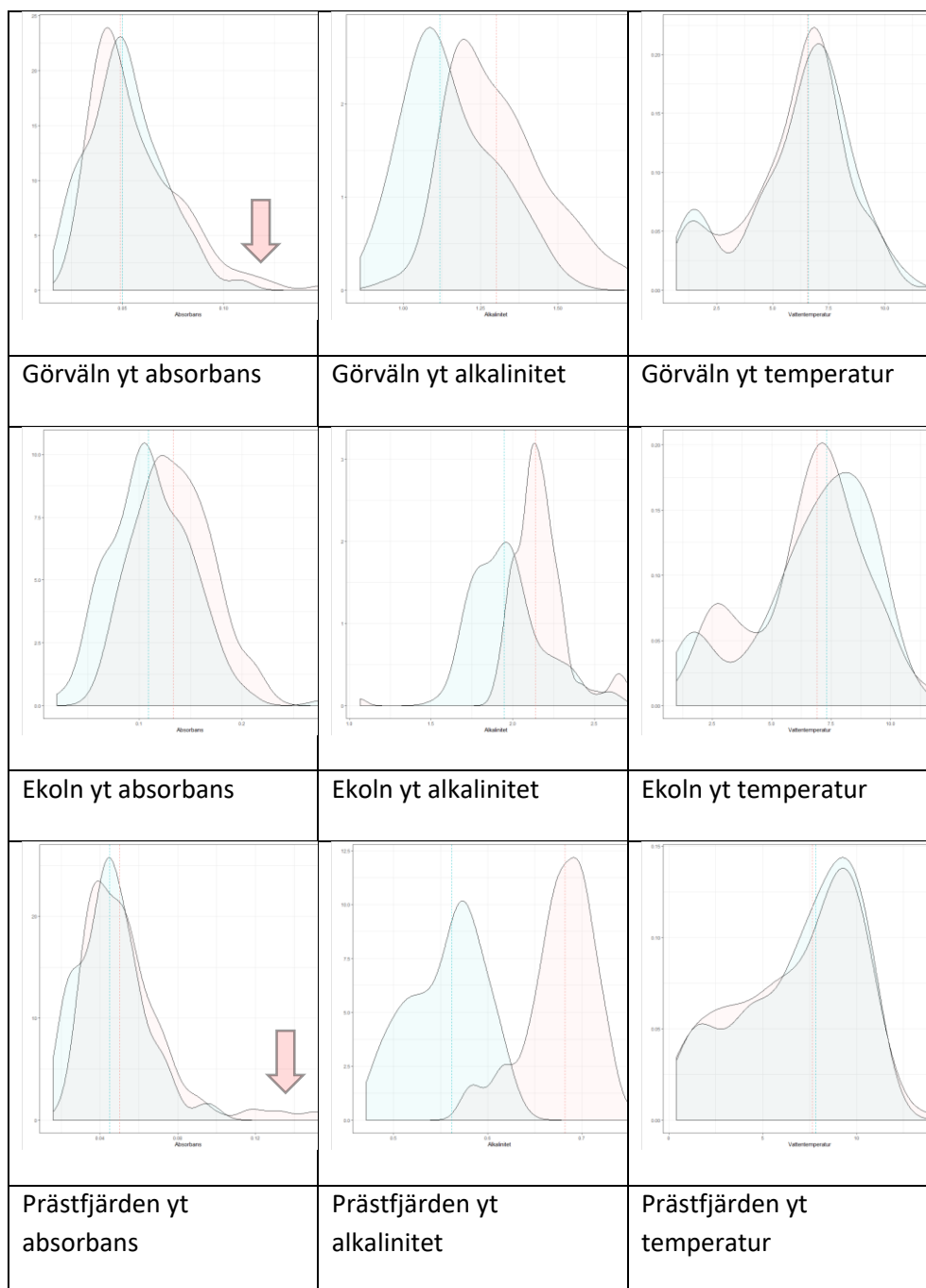
ökning av vattentemperatur av ca 1 grad mellan 1995 och 2018. Det ska anmärkas att regression har en väldigt låg signifikans.

Resultat av analys av förekomst av fyra parametrar (abs_F, ALK, PO4_P och vattentemperatur) från Stationen S. Björkfjärden för djup -30m (ovan) och -40m (nedan) för perioden där båda mätplatserna ingick i programmet (< 1996). De observerade skillnaderna i medel och medianvärden är minimala. Därför drar vi slutsatsen att andra faktorer än vattentemperatur inte har påverkats i våran tidsserieanalys.



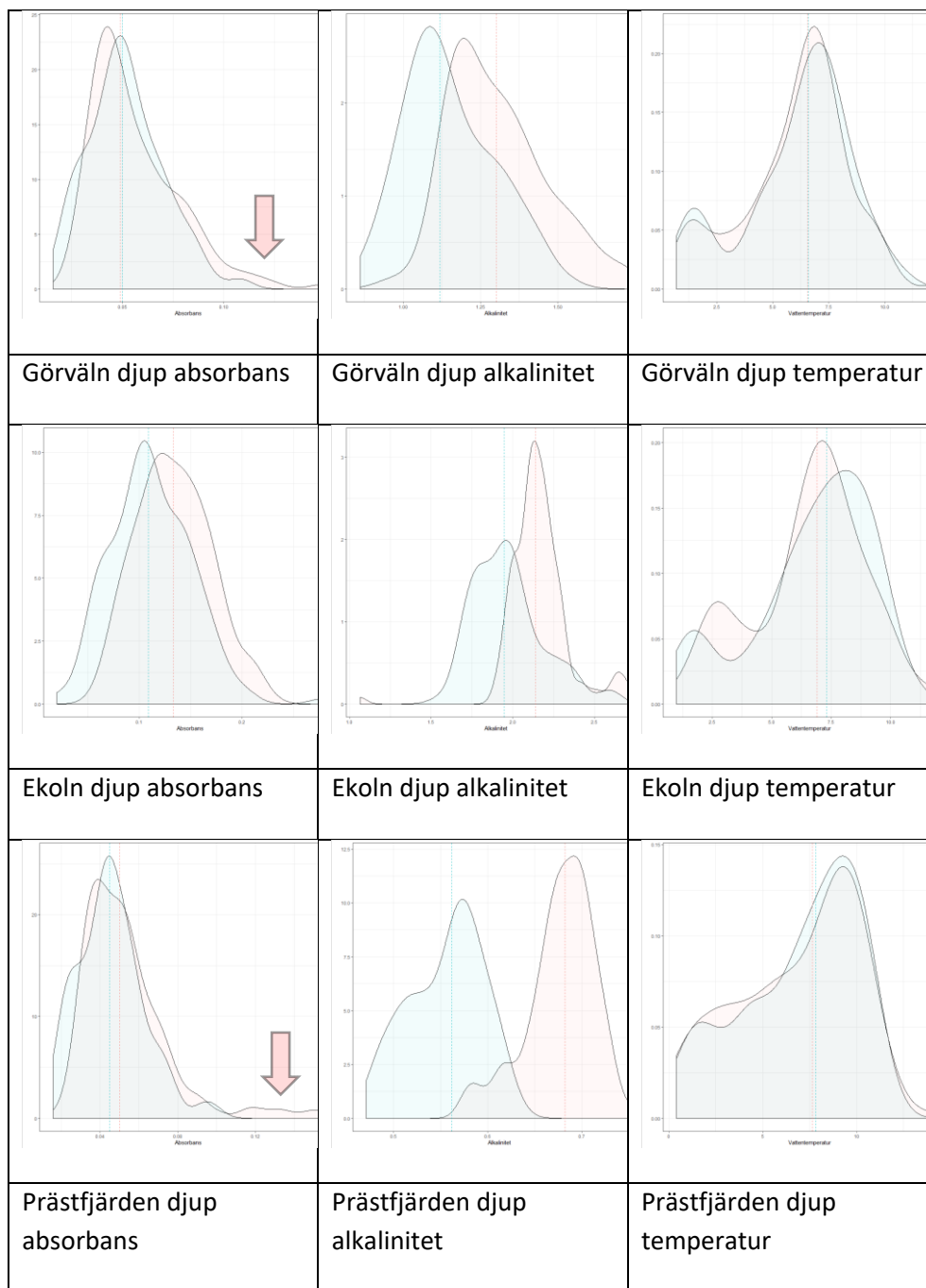
6.8 Fördelnings grafer av utvalda parametrar före och efter 1991 för SLU och Norrvatten data

6.8.1 Fördelningsplottar av ytvatten (-0.5m) SLU



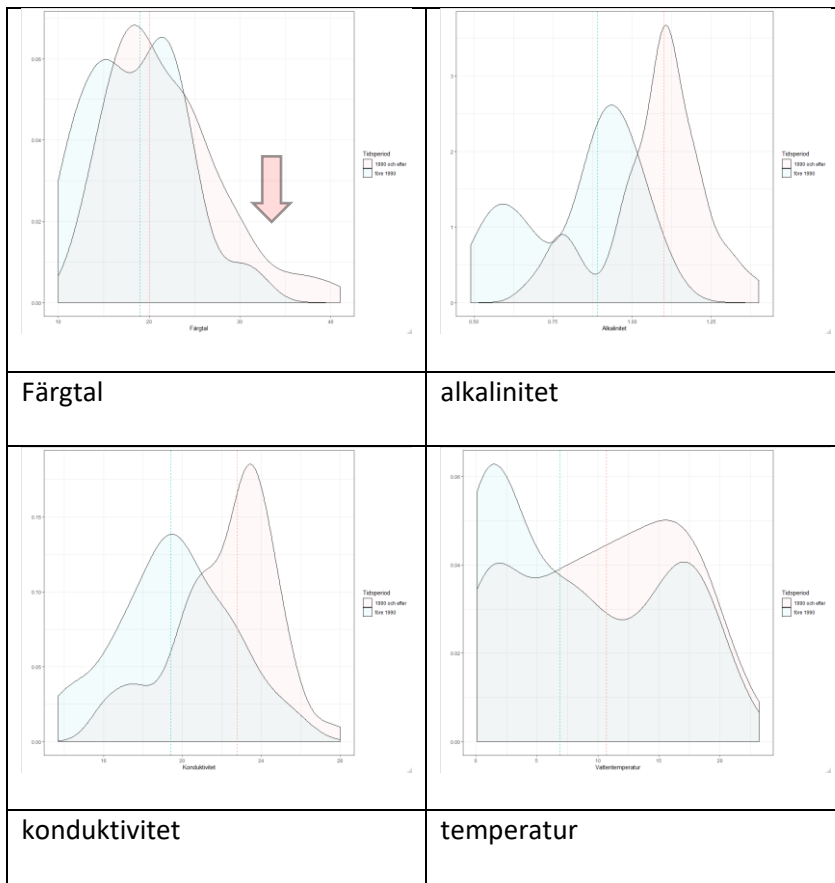
Appendix_figur 5: Fördelningar av parametrarna absorbans, alkalinitet och vattentemperatur för två perioder (innan 1991 blå och efter 1991 röd) för ytvatten för bassängerna Ekoln, Görvälén och Prästfjärden (SLU data).

6.8.2 Fördelnings grafer av djupvatten (-15m) SLU



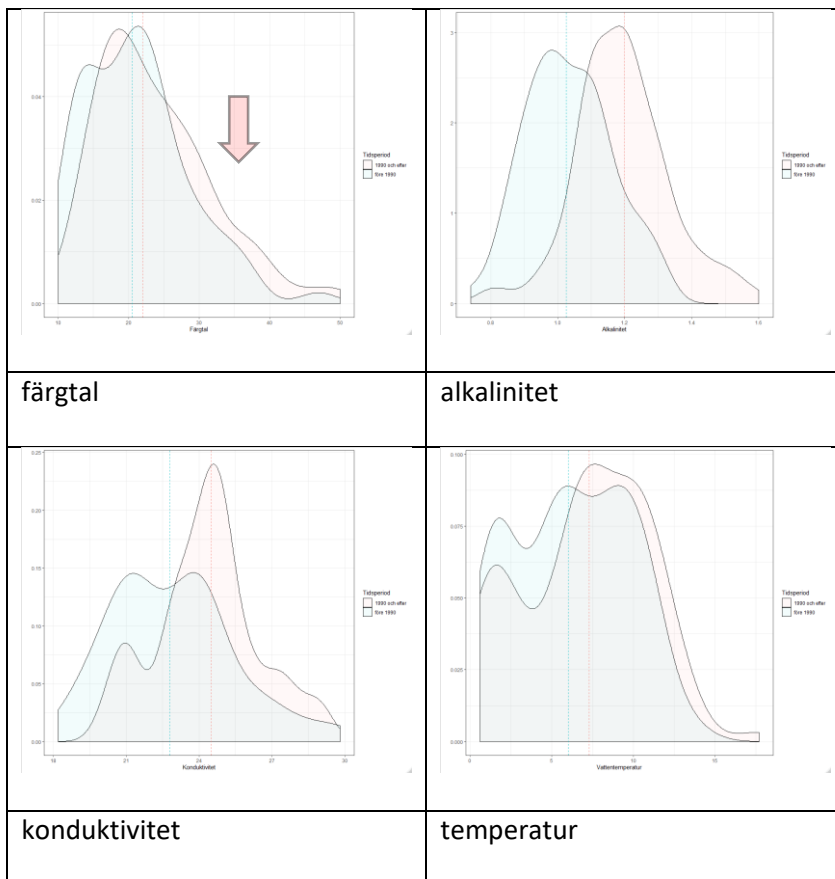
Appendix figur 6: Fördelningar av parametrarna absorbans, alkalinitet och vattentemperatur för två perioder (innan 1991 blå och efter 1991 röd) för djupvatten för bassängerna Ekoln, Görväln och Prästfjärden (SLU data).

6.8.3 Fördelnings grafer av ytvatten (0.5m) NV Görväln



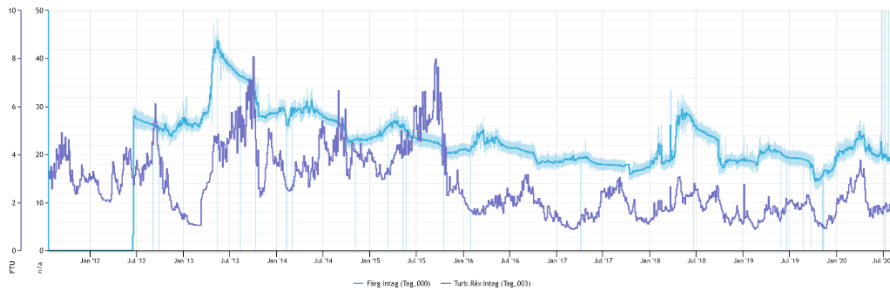
Appendix_figur 7: Fördelningar av parametrarna färgtal, , alkalinitet, konduktivitet och vattentemperatur för två perioder (innan 1991 blå och efter 1991 röd) för ytvatten för Görväln vid 0.5 m djup (Norrwater data).

6.8.4 Fördelningsgrafer av djupvatten (-25m) NV Görväln



Appendix_figur 8: Fördelningar av parametrarna färgtal, , alkalinitet, konduktivitet och vattentemperatur för två perioder (innan 1991 blå och efter 1991 röd) för ytvatten för Görväln vid 25 m djup (Norrvatten data).

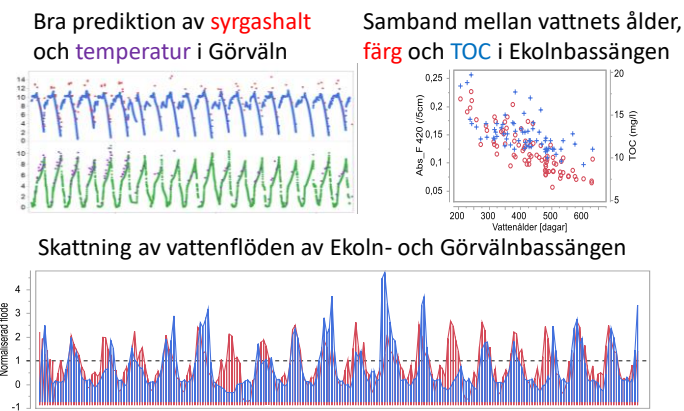
6.9 Online data SCAN-sensor vid råvattenintaget (2012-2020)



Appendix_figur 9: Tidsserie av scan online data för beräknade värden för vattenets färg (Färg Intag) och uppmätt trubiditet ([FTU]) vid intaget. De högsta registrerade dygnsvärden ligger strax under 45 mg/l.

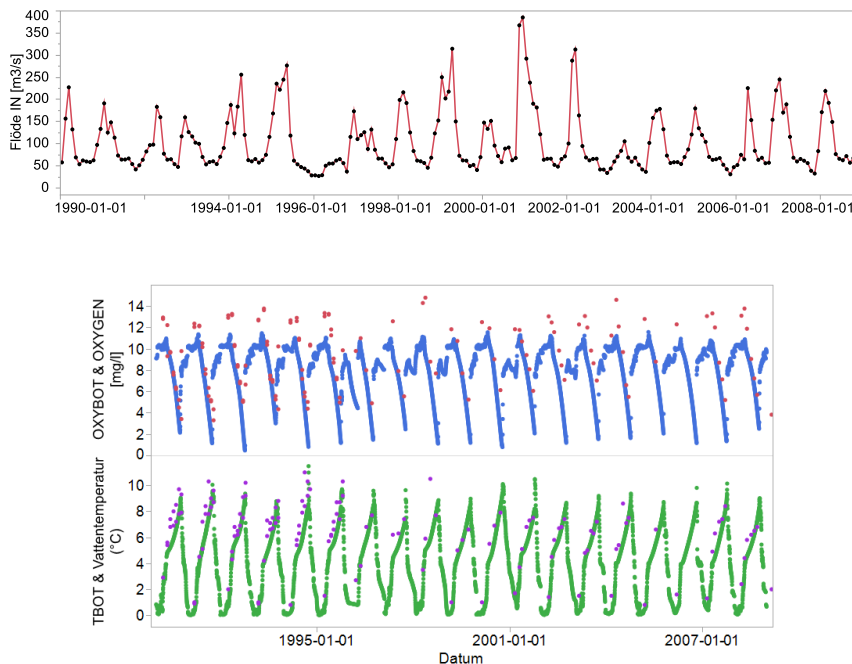
6.10 Utvalda data av SMHI homemodellen

En grafisk sammanfattning av tre huvudresultat från utvärderingen av home modellen presenteras nedan:



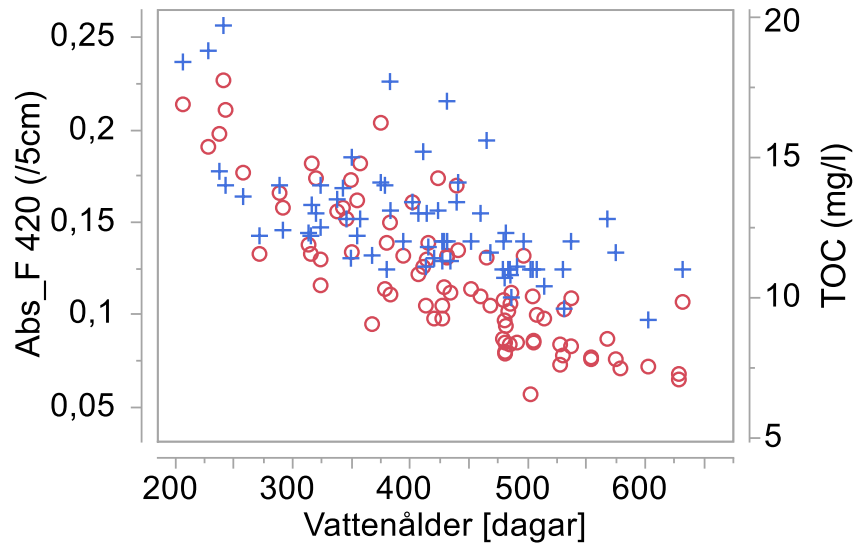
6.10.1 Bassäng Görvåln Bottenvatten

Nedan redovisas utvalda data från SMHI HOME modellen. Här rapporteras modellerade värden för flöden (Flöde_IN [m³/s]), syrgas och temperatur.



Appendix_figur 10: beräknade flöden till Görvålnbassängen (ovan) och beräknade värden för syrgas och temperatur samt korresponderande mätvärden (Norrvatten data).

6.10.2 Bassäng Ekoln Bottenvatten



Appendix_figur 11: Samband mellan beräknad ålder i Mälaren via HOME modellen och uppmät färg i Ekoln.

Vattenåldern i Mälaren är tydligt kopplad till färg och TOC i Ekoln. Däremot finns ingen koppling till ålder av vattnet i Ekolnbassängen. Detta beror möjligen på effekter av skiktningen och omblandningen. Mätvärden där vattnet är skiktad kan inte betraktas på samma sätt.

Mälarmodellen från SMHI har kunnat bidra med viktig kunskap under denna studie. Både skattningar av syrgashalt och temperatur ligga nära de uppmätta värdena. Även den beräknade uppehållstiden i Mälaren kan kopplas till vattenfärg i enlighet med texten ovan. Det bedöms att det är av intresse att ta fram tidsserier efter 2010 samt att göra skattningar av framtida scenarion.

Appendix_tabell 2: Översikt över all data som togs fram av SLU under denna studie. Inte all data kom till användning men finns elektroniskt tillgänglig.

	Beskrivning
Provplatser	
11 bassänger närmaste PTHBV	Modellerad temperatur och nederbördsdata för de "modellpunkter" (se PTHBV-modellen) som ligger närmast vattenkemiprovplatserna i respektive av de 11 fjärdarna
Multipla Klimatpunkter	Uppslag till att ta medelvärde för temperatur och nederbördsdata från ett flerta "modellpunkter" ur PTHBV-modellen kring respektive av de 11 bassängerna. Användes inte i projektet(?)
Mälaren Utlopp Vattenkemi	Vattenkemidata från vattenkemi provplatsen Stockholm Centralbron (MDMVM-SiteID 48) där data som är relevant för projektet har samlats i nya kolumner.
bassänger S_HYPE årliga	Årliga klimat (temp, nederbörd, evapotranspiration) och N och P transporter från S-HYPE. Ämnade för som jämförelse för andra data (?)
11 Mälarbassänger Vattenkemi	Vattenkemidata från vattenkemi provplatser i de 11 Mälarbassängerna där data som är relevant för projektet har samlats i nya kolumner.
Mälaren Tillflöden Vattenkemi	Vattenkemidata från vattenkemiprovplatser i vattendrag nära deras utlopp i en av Mälarens bassänger där data som är relevant för projektet har samlats i nya kolumner.
S-HYPE dyngsmedel Q	Modellerade flöden från de delavrinningsområden som mynnar i Mälarens bassänger. Lokalt (cloc) är bara från det aktuella delavrinningsområdet och Total (cout) flöde är ackumulerat flöde från uppströms delavrinningsområden (inklusive det aktuella).
N och P Flöden	Beräknade N och P transporter
Sheet 1 Dataserier	Arbetstabell: Fliken har använts för att hantera tillägg till tidigare nedladdade data för att kunna matcha in den i de existerande tabellerna. Data ska finnas tillagd i relevant tabell.