



UPPSALA
UNIVERSITET



UPTEC W 24031

Examensarbete 30 hp

Juni 2024

Hur påverkar väderförhållanden färgtalet och turbiditeten i Mälaren och hur påverkas dricksvattenproduktionen vid Görvålnverket?

Josefin Knutas



UPPSALA
UNIVERSITET



How do different weather conditions affect the water color and turbidity in Lake Mälaren and how do they affect the drinking water production at Görvålnverket?

Josefin Knutas

Abstract

Extreme weather such as heavy rain, floods, high flows or long periods of droughts affects the availability of drinking water. Lake Mälaren has the last decades become browner and more brown water affect the drinking water production by making it more expensive and more complicated to treat. Another parameter that effects the drinking water production is turbidity. Climate change and more precipitation effects the color and turbidity with higher flows from the catchment area that transport humic acids and particles to the water.

The results from this study show that land use in the catchment areas has an impact on the water color and turbidity in Mälaren, where forest land has a browning effect and agriculture contributes with a lot of particles. Prolonged precipitation periods and high flows affect color and turbidity the most. Rapid snowmelt and high spring floods have an effect also, as well as years without ice on Lake Mälaren and mild winters affect the turbidity. Color has an upward trend and a color of 50 mg Pt/l has already been exceeded for the annual maximum values. For the annual medians, 50 mg Pt/l is estimated to be reached around 2090. The turbidity has a downward trend, but the linear regression analysis in this study is not reliable as the turbidity probably does not have a linear correlation. Turbidity and total organic carbon (TOC) were not affected by extreme color and turbidity in the water, while color was affected, especially in 2023–2024, where Norrvatten's internal requirements were exceeded many times. These results are affected by changes in dosage of aluminum sulfate during 2015 and the measurements of TOC became more precise after 2012, which affected the output levels of color, turbidity and TOC from the drinking water plant.

Key words: Color, turbidity, weather, drinking water

Teknisk-naturvetenskapliga fakulteten

Uppsala universitet, Utgivningsort Uppsala

Handledare: Helene Ejhed Ämnesgranskare: Stina Drakare

Examinator: Fritjof Fagerlund

REFERAT

Hur påverkar väderförhållanden färgtalet och turbiditeten i Mälaren och hur påverkas dricksvattenproduktionen vid Görvålnverket?

Josefin Knutas

Klimatförändringar såsom kraftigare skyfall, översvämningar, höga flöden eller långvarig torka blir vanligare i framtiden, och detta påverkar tillgängligheten av dricksvatten. Mälaren har de senaste decennierna blivit brunare och ett brunare vatten påverkar dricksvattenproduktionen genom att mer fällningskemikalier krävs för att rena vattnet, vilket medför högre kostnader, ökad energiåtgång och ökad förbrukning av de naturresurser som ingår i fällningskemikalierna. Ytterligare en parameter som påverkar dricksvattenproduktionen är turbiditeten. Klimatförändringar och mycket nederbörd har en påverkan på färgen och turbiditeten i vatten med bland annat ökad transport av humusämnen och partiklar från avrinningsområdena.

Markanvändningen i avrinningsområdena har en påverkan på färgtalet och turbiditeten i Mälaren, där skogsmark har en brunifierande effekt och jordbruk bidrar med hög partikelhalt. Långvariga nederbördsperioder och höga flöden påverkar färg och turbiditet mest. Även snabb snösmältning och hög vårflood påverkar, samt milda vintrar utan is på Mälaren och milda vintrar påverkar turbiditeten. Färg har en uppåtgående trend och ett färgtal på 50 mg Pt/l har redan uppnåtts för de maximala årsvärdena. För årsmedianerna beräknades Norrvattens interna krav på 50 mg Pt/l uppnås kring 2090. Turbiditeten har en nedåtgående trend, men den analysen i denna studie är inte tillförlitlig då turbiditeten troligen inte har ett linjärt samband. Turbiditeten och halter av totalt organiskt kol (TOC) i utgående dricksvatten påverkades inte av extrema halter av färg eller turbiditet medan färg påverkades, speciellt 2023–2024, där Norrvattens interna krav överskreds många gånger. Dessa resultat påverkas dock av förändringar av dosering av aluminiumsulfat under 2015 samt att mätningarna av TOC blev mer precisa efter år 2012, vilket påverkade de utgående halterna av färg, turbiditet och TOC.

Nyckelord: Färg, turbiditet, väder, dricksvatten

*Institutionen för vatten och miljö, Sveriges Lantbruksuniversitet
Lennart Hjelmns väg 9, SE-756 51, Uppsala.*

FÖRORD

Detta examensarbete omfattar 30 hp och skrivs inom ramarna för civilingenjörsprogrammet i miljö- och vattenteknik vid Uppsala universitet och Sveriges Lantbruksuniversitet. Arbetet har utförts via Norrvatten med handledare Helene Ejhed. Ämnesgranskare för arbetet har varit Stina Drakare vid Institutionen för vatten och miljö, Sveriges Lantbruksuniversitet.

Jag vill tacka min handledare, Helene, och min ämnesgranskare, Stina, för hjälp med värdefull kunskap och stöd i processen med arbetet. Jag vill även tacka Claudia von Brömssen vid Institutionen för Energi och Teknik på Sveriges Lantbruksuniversitet för värdefull hjälp med statistikarbetet i detta arbete. I övrigt vill jag också tacka Hjalmar Laudon, Institutionen för skogens ekologi och skötsel på Sveriges Lantbruksuniversitet, Faruk Djodjic, Institutionen för vatten och miljö på Sveriges Lantbruksuniversitet och Gesa Weyhenmeyer, Institutionen för ekologi och genetik på Uppsala universitet för värdefulla svar på mina frågor.

Josefin Knutas

Uppsala 2024

POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING

Mälaren är Sveriges fjärde största sjö och två miljoner människor får dricksvatten från den. Ett dricksvattenverk vid Mälaren är Görvålverket, som drivs av Norrvatten och ligger i de östra delarna av Mälaren. Norrvatten levererar dricksvatten till 700 000 människor och är Sveriges fjärde största dricksvattenproducent.

Extremväder, som skyfall, värmeböljor eller långa perioder med torka kommer bli vanligare i framtiden och det påverkar hela processen för framtagandet av dricksvatten, från att man tar vatten från sjön till att det kommer till konsumenten. Det kan ske en ökad transport av ämnen från de omkringliggande markerna som gör vatten grumligare eller brunare. Den bruna färgen uppkommer när ämnen, järnföreningar eller så kallade humusämnen, förs från de omkringliggande markerna till sjön när det regnar. Även partiklar, till exempel lerpartiklar, kommer till sjön från de omkringliggande markerna. En mycket brun sjö (høgt färgtal) ger konsekvenser på dricksvattenproduktionen. Även hög koncentration av partiklar (høgt turbiditet) påverkar dricksvattenproduktionen.

Vid Görvålverket finns det idag en utmaning att producera dricksvatten med tillräckligt god kvalitet med avseende på vattenfärgen. Høgre färgtal och høgre turbiditet leder bland annat till høgre kostnader för dricksvattenverket eller större mängd kemikalier som krävs vid borttagandet av dessa ämnen.

I den här studien undersöktes hur väderförhållanden påverkade färgen och turbiditeten i Mälaren, specifikt vid Görvålverket. Studien undersökte också hur färgen och turbiditeten eventuellt kommer förändras i framtiden samt om dricksvattenreningen på Görvålverket påverkas av extremt høga värden av färg och turbiditet i Mälaren.

Resultatet visade att långa nederbördsperioder och høga flöden av vatten påverkar färg och turbiditet mest. Även snabb snösmältning och mycket høgt vattenflöde på våren påverkar, samt milda vintrar utan is på Mälaren påverkar turbiditeten. Färgen i Mälaren vid Görvålverket har en uppåtgående trend. I trendberäkningar med de årliga maximala värdena på färg överskreds Norrvattens interna krav för inkommande råvatten år 2010. Vid beräkningar med de årliga medianerna kommer Norrvattens interna krav för inkommande råvatten uppnås kring år 2090. Turbiditeten har däremot en nedåtgående trend, men denna analys är inte tillräcklig då turbiditeten troligen inte har en linjärt samband i tiden. Dricksvattenreningen i Görvålverket påverkas høga inkommande halter av färg. Reningen av turbiditeten påverkas inte. Norrvattens interna krav på färg för utgående dricksvatten har överskridits många gånger 1990–2024, bland annat under perioder med extrema uppmätta värden på färg vid Görvålverket.

INNEHÅLL

1	INTRODUKTION	1
1.1	SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNING	2
2	BAKGRUND	3
2.1	OMRÅDESBESKRIVNING	3
2.2	EXTREMVÄDER	4
2.3	FÄRG OCH TURBIDITET	5
2.3.1	Färg	5
2.3.2	Turbiditet	6
2.4	DRICKSVATTENRENING VID GÖRVÄLNVERKET	7
2.5	SKIKTNING	8
2.6	TRENDER I MÄLAREN I FRAMTIDEN	8
3	MATERIAL OCH METOD	10
3.1	DATA	10
3.2	NORMALÅR	11
3.3	URVAL AV EXTREMPERIODER	11
3.4	LÅNGSIKTIGA TRENDER	12
3.5	UTGÅENDE DRICKSVATTEN VID GÖRVÄLNVERKET	12
3.6	UTVÄRDERING AV MÄTNINGAR	12
4	RESULTAT	13
4.1	NORMALÅR	13
4.2	URVAL AV EXTREMPERIODER	15
4.3	SÄSONGSVISA VÄRDEN FÖR EXTREMPERIODERNA	17
4.3.1	2000–2001	17
4.3.2	2008–2010	19
4.3.3	2012–2013	21
4.3.4	2019–2020	23
4.3.5	2023–2024	26
4.4	LÅNGSIKTIGA TRENDANALYSER	28
4.5	UTGÅENDE DRICKSVATTEN VID GÖRVÄLNVERKET	32
4.6	UTVÄRDERING AV MÄTNINGAR	35
5	DISKUSSION	37
5.1	NORMALÅR	37
5.2	EXTREMPERIODER	38
5.2.1	2000–2001	39
5.2.2	2008–2010	39
5.2.3	2012–2013	39
5.2.4	2019–2020	40

5.2.5	2023–2024	41
5.2.6	Sammanfattning av extremprioderna	41
5.3	LÅNGSIKTIGA TRENDANALYSER	41
5.4	MÄLAREN I FRAMTIDEN	42
5.5	UTGÅENDE DRICKSVATTEN VID GÖRVÄLNVERKET	42
5.6	UTVÄRDERING AV MÄTNINGAR	43
5.7	FÖRSLAG FÖR YTTERLIGARE STUDIER	44
6	SLUTSATS	45
	REFERENSER	46
	BILAGOR	50
A	Data använd i studien	50
B	Antal gånger över 99:onde percentilen	52

1 INTRODUCTION

Dricksvatten är livsviktigt för alla människor och tillgängligheten av dricksvatten påverkas redan idag av klimatförändringar och det förväntas bli större konsekvenser av klimatförändringar i framtiden (SMHI 2023a). Hälften av Sveriges kommunala dricksvatten kommer från ytvatten, såsom sjöar eller vattendrag, och resten kommer från grundvatten (Nationalencyklopedin u.å.). Mälaren är den dricksvattentäkt som förser flest människor i Sverige och det är en dricksvattentäkt till mer än två miljoner människor (Mälarens Vattenvårdsförbund u.å.[b]). Av de fyra största sjöarna i Sverige bedöms Mälaren som den sjö som kommer påverkas mest av klimatförändringarna (Eklund et al. 2018). Extremväder som skyfall, värmeböljor eller långa perioder med torka kommer bli vanligare och det påverkar hela kedjan för framtagandet av dricksvatten, från ytvattnet till att det kommer till konsumenten. Det kan ske en ökad transport av ämnen från avrinningsområdena som gör vatten grumligare eller brunare, till exempel naturligt organiska material (NOM) eller lerpartiklar. Mer frekventa översvämningar på grund av skyfall kan även leda till att smittor och miljöfarliga ämnen sprids lättare (SMHI 2023a).

Det finns åtta större och ett tjugotal mindre dricksvattenverk fördelade över Mälaren (Mälarens Vattenvårdsförbund u.å.[b]) och i Stockholmsområdet är det 25 kommuner som får sitt dricksvatten från Mälaren (Mälarens Vattenvårdsförbund u.å.[a]). Ett dricksvattenverk vid Mälaren är Görvålverket, vilket Norrvatten driver, och det ligger i den östra delen av Mälaren vid punkten Görvål, se Figur 1. Norrvatten levererar dricksvatten till 700 000 människor i 14 medlemskommuner och är Sveriges fjärde största dricksvattenproducent och de producerar 1 600 liter vatten per sekund (Norrvatten u.å.(a)). Vid Görvålverket finns det idag en utmaning att säkerställa god dricksvattenkvalitet med avseende på NOM. Det kan komma att bli högre halter och större fluktuationer av NOM vilket kräver högre borttagning av NOM från dricksvattenverket (Lavonen et al. 2018), vilket leder bland annat till högre kostnader, större mängd flockningskemikalier, eller att sandfilter kräver backspolning oftare (Sillanpää 2015).

För att kunna förse befolkningen runt Mälaren med rent dricksvatten är det viktigt att förstå hur vattnet kommer förändras i framtiden och hur det påverkas av olika väderförhållanden. Det är också viktigt att förstå hur dessa förändringar kommer påverka dricksvattenreningen. Denna studie kommer fokusera på Norrvattens dricksvattenverk, Görvålverket, men även undersöka andra delar av Mälaren för att kunna se hur de relaterar till eller påverkar Görvål.

1.1 SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNING

Syftet med denna studie är att undersöka hur Mälarens vatten, med fokus på Görväln, påverkas av olika väderförhållanden samt att undersöka hur olika klimatologiska parametrar påverkar färgtal och turbiditet vid Görväln. Studien kommer även att undersöka hur årliga extremvärden och medianvärden för färg och turbiditet förväntas förändras i framtiden. Syftet är även att undersöka hur dricksvattenreningen vid Görvälnverket påverkas av extrema halter av färg och turbiditet samt att undersöka om Norrvatten behöver förändra övervakningen i Mälaren med koppling till eventuella förändringar i färg och turbiditet. Studien kommer besvara följande frågeställningar:

- Hur påverkar olika väderförhållanden färgtal och turbiditet i Mälaren vid Görväln?
- Hur kommer årliga extremvärden och medianvärden för färg och turbiditet förändras i framtiden i Mälaren vid Görväln?
- Hur påverkas dricksvattenreningen vid Görvälnverket av extrema halter av färg och turbiditet?
- Bör Norrvatten förändra sin övervakning i Mälaren i relation till extrema halter av färg och turbiditet?

torra perioder förbättras vattenkvaliteten, då förlängs uppehållstiden och vid hög vattenföring försämras vattenkvaliteten och ger kortare uppehållstid. Vid mycket nederbörd sker det mycket näringsläckage från jordbruksmark i avrinningsområdena (Bydén et al. 2003).

I Görvälnbassängen kommer cirka 70 % av vattnet från Prästfjärden och 30 % från norra Mälaren, Ekoln (Köhler & von Brömssen 2021). Generellt har Galten och Ekoln högre halter av NOM och högre turbiditet än de centrala och östra delarna. Detta är på grund av de har större avrinningsområden så mer partiklar och humusämnen kan transporteras till dessa bassänger, samt att partiklar och humusämnen hinner sedimentera i transporten innan de hinner komma till de centrala och östra delarna av Mälaren (Sonesten et al. 2013).

Hela Mälarens avrinningsområde utgör 5 % av Sveriges yta, vilket innefattas av 57 % skogsmark, 20 % jordbruksmark och 11 % sjöar. Vad avrinningsområdet består av påverkar vattenkemin i sjöns olika bassänger. Jordarterna i avrinningsområdet består bland annat av 36 % morän, 12 % tunn jord och kalt berg samt 9 % torv (Sonesten et al. 2013). Via Kolbäcksån, Köpingsån, Hedströmmen och Arbogaån sker 46 % av avrinningen till de västra delarna av Mälaren. 24 % av avrinningen sker via Eskilstunaån, Svartån och Sagån. Norrifrån sker 11 % av avrinningen via Örsundaån och Fyrisån. Resterande 19 % går via små tillflöden (Sonesten et al. 2013).

I Tabell 1 visas fördelningen av markanvändningen i de olika delavrinningsområden som visas i Figur 1. Bassängerna E och F presenteras inte i tabellen då deras avrinningsområde endast består av närområdet till Mälaren och markanvändningen i de områdena har inte beräknats. A är det största avrinningsområdet med störst andel skogsmark. B och D utmärks framförallt av den dominerande andelen av jordbruksmark. A och C domineras framförallt av skogsmark och har även störst andel våtmark.

Tabell 1: Area och markanvändningen i fyra avrinningsområden till Mälaren. Avrinningsområdena är uppdelade i våtmark, skogsmark, jordbruksmark, vatten samt övrigt. Modifierad från Wallin et al. 2000 och Jiménez Ledesmaa 2011.

Avrinnings- område	Area [m²]	Våtmark	Skogsmark	Jordbruks- mark	Vatten	Övrigt
A	8240	7,7 %	63,1 %	10,7 %	7,9 %	10,7 %
B	5810	4,9 %	45,8 %	30,2 %	11,2 %	7,9 %
C	239	5,5 %	60,7 %	19,7 %	5,3 %	8,8 %
D	3050	3,5 %	48,1 %	33,5 %	1,9 %	12,9 %

2.2 EXTREMVÄDER

Det finns ingen exakt definition på extremväder, men det är klimathändelser som förekommer sällan eller att de påverkar ett samhälle mycket. De kan vara lokala eller sträcka sig över en stor yta, och kan vara kortvariga eller långvariga. Extremväder kan se väldigt olika ut, till exempel långvarig torka, kallt väder, ihållande regnväder eller skyfall (SMHI 2023c). Det finns ingen specifik metod för att identifiera extremväder eller extrema händelser. En metod som kan

användas för att hitta extrema händelser är att analysera hur sällan något händer, om det är mer ovanligt att hända än en utvald percentil, till exempel 90:onde, 95:e eller 99:onde percentilen (de Wit et al. 2016).

SMHI bedömer att extrem nederbörd som: ”extrem nederbörd avses mängder som väsentligt överstiger de normala, till exempel under en månad eller på en dag eller en timme” (SMHI 2023b). De bedömer att nederbörd på 40 mm per dygn är skyfall (SMHI 2023b).

2.3 FÄRG OCH TURBIDITET

2.3.1 Färg

Sjöar kan ha en brun färg, vilket de får från bland annat humusämnen och mangan- och järnföreningar och en ökande färg på en sjö kallas brunifiering. Färgen på vattnet, eller färgtalet kan uttryckas i milligram platina liter, mg Pt/l, eller som absorbans (ABS). ABS mäts generellt vid 420 nm i en 5 cm lång kyvett, men 254 nm används också. För att konvertera absorbansvärdet från absorbans vid 420 nm till mg Pt/l multipliceras absorbansvärdet med 500 (Bydén et al. 2003).

En grupp material som bidrar till brunt vatten är NOM, som består i huvudsakligen av humusämnen. NOM är en viktig komponent i vattenmiljöer samt viktig att övervaka i samband med dricksvattenrening. NOM finns i alla ytvatten, men det är inte en generisk grupp av ämnen. De organiska ämnena som räknas in i NOM skiljer sig mycket i kemiska laddningar, storlek, massa, funktionella grupper och de kan innehålla både hydrofoba och hydrofila komponenter (Sillanpää 2015). I sjöar påverkas NOM av olika naturliga processer, såsom mikrobiell nedbrytning, sedimentation eller fotooxidation (Lavonen et al. 2018). De delarna av NOM som är lösliga i vatten kallas löst organiskt material (DOM). NOM består till stora delar av kol, och den totala delen av organiskt kol (TOC) kan delas upp i partikulärt (POC) samt löst organiskt kol (DOC). I sjöar består NOM till stora delar av DOC (Health Canada 2019).

Humusämnen kommer från marken i avrinningsområdet, och de härstammar från nedbrytna djur och växtdelar. Humushalterna är generellt högre längre uppströms än vatten mer nedströms och mer än 70 % av det organiska materialet i marken är ansamlat i den översta delen av jorden i avrinningsområdet (SLU 2003). Vad som växer runt sjön har påverkan på färgen där skog har en mer brunifierande effekt än om markerna används för jordbruk, och barrskog har en mer brunifierande effekt än lövskog (Kritzberg et al. 2019). Uttag av biomassa från skogen kan också bidra till ökad brunifiering (WSP 2021). Vad som kan minska färgen i vatten är exponering av solljus då UV bryter ned humusämnen (Bertilsson & Tranvik 2000).

Generellt är det två huvudprocesser som krävs för höga DOC koncentrationer i sjöar; produktion av DOC i marken samt transportmekanismer till recipienten. Om någon av dessa processer inte är på plats påverkas inte DOC koncentrationerna i sjön ¹. Enligt Kritzberg m fl. (2019) är lufttemperatur och nederbörd de meteorologiska parametrar som påverkar brunifieringen mest. Ett år med mycket nederbörd ger högre färg än ett väldigt torrt år (Wallin & Weyhenmeyer

¹Hjalmar Laudon, professor, personlig kommunikation, 2024-05-10

2001). Lufttemperatur och nederbörd har stor påverkan på vattenkvaliteten och om den årliga nederbörden samt medeltemperaturen ökar kommer brunifieringen öka (de Wit et al. 2016).

Höga nederbördsmängder under flera år kan höja grundvattennivån, vilket gör att mer vatten kommer i kontakt med humusämnen över ett stort område. Under sommaren och vintern när grundvattennivåer minskar, då tillförs vatten från ytor rika på organiskt material istället för från grundvattnet (SLU 2003).

En långvarig regnperiod, särskilt under vintern, ger de största bidragen organiskt material till Mälaren, jämfört om det skulle vara en kortare period med intensiv nederbörd. Under vintern innehåller flödena de största mängderna organiskt material på året. Även vädret och nederbörden på sommaren har stor inverkan på halterna av organiskt material. Även där är det långvariga blöta perioder som påverkar mest. När det blir höga halter av organiskt material i vinter- och vårflöden håller de höga koncentrationerna i sjön i sig under en längre period på upp till ett år (Weyhenmeyer 2005).

En ökad färg i nordliga sjöar, däribland Mälaren, har påvisats de senaste årtiondena (Kritzberg et al. 2019). Brunifiering är en naturlig process, men den kan påverkas av mänsklig aktivitet. Det kan även ge ökade kostnader för dricksvattenverk då det krävs mer rening av brunare vatten (Kritzberg 2017). De senaste decennierna har svaveldepositionen minskat, vilket har höjt pH-värdet i markerna. Det har lett till att DOC lösts upp i en högre grad och ytvattnet har fått högre koncentrationer av DOC och vattnen har blivit brunare (WSP 2021).

Enligt Lindqvist (2020) har det sedan 1965 skett en signifikant ökning av vattenfärgen i samtliga delar av Mälaren. Den ökade färgen beror på ett ökat antal växtdagar och en större barrskogs-volym i avrinningsområdet. Vattenflödet påverkar också, men på en kortare tidsskala när det är perioder med låga eller höga flöden (Lindqvist 2020). Enligt Köhler och Brömssen (2021) kommer absorbansen öka till år 2050 jämfört med 2018; i Görväln 11–65 %, i Ekoln 35–47 % och i Prästfjärden 20–34 %. Årsmedianen på färgtalet förväntas öka fram till 2050 med 30–40 % i Görväln jämfört med 2018. I samma rapport beräknades att om årsmedianen på färgtalet skulle öka linjärt uppnås ett färgtal på 50 mg Pt/l till år 2060, men att färgtalet inte överstiger 50 mg Pt/l innan år 2050 (Köhler & von Brömssen 2021). 50 mg Pt/l är det färgtal som Norrvatten använder idag som internt krav för ingående råvatten till dricksvattenverket (Heldt 2021).

2.3.2 Turbiditet

Turbiditet är ett mått på vattnets grumlighet (SLU 2023). Exempel på typer av partiklar är lerpartiklar, växt- och djurplankton, slam, mikrober samt små olösliga partiklar (Bydén et al. 2003). Högt turbiditet hämmar ljusets penetration i vattnet och påverkar ekologin och det kan även ge hälsorisker för människan, då partiklarna är föda och skydd för patogener. Ökad turbiditet ger i likhet med ökad färg behov av ökad rening i dricksvattenverken (USGS 2018). I sjöar dominerar organiska partiklar medan i rinnande vatten dominerar oorganiska partiklar (Bydén et al. 2003) och generellt har grundvatten lägre turbiditet än ytvatten (SLU 2023). Ytterligare faktorer som påverkar turbiditeten i vattnet är bland annat avrinning som en orsak av mycket nederbörd eller vårflod, resuspension från botten påverkat av turbulens i vattnet eller bottenlevande fiskar som rör

upp bottenmaterial i jakt på bottenlevande föda. Även mänskliga faktorer kan påverka turbiditeten, till exempel ändring i markanvändning i avrinningsområdet, såsom ändring i jordbruksmark, skogsmark eller konstruktion i urbana miljöer. Detta kan leda till att partiklar transporteras till vattnet i stället för att stanna i jorden (EPA 2021). Enheten för turbiditet är vanligtvis FNU (formazine nephelometric unit) (SLU 2023).

2.4 DRICKSVATTENRENING VID GÖRVÄLNVERKET

Processen från råvatten till rent dricksvatten i Görvålverket sker i flera olika steg. Från Mälaren tas råvatten från två olika intagsdjup beroende på om det är is samt beroende på vattnets kvalitet (Norrvatten u.å.[b]). Först silas vattnet i en korgbandsil för att efter det ledas vidare till en blandningsränna där aluminiumsulfat (ALG) tillsätts. I en flockningskammare bildas sedan flockar, och flockarna binder till bland annat lerpartiklar, humusämnen och mikroorganismer. I sedimenteringsbassänger sedimenterar flockarna och förs bort. Sedan förs vattnet till sandfilter för att få bort resten av flockarna och humusämnena. Efter sandfiltret förs vattnet till ett kolfilter för att få bort kvarvarande lukt och smak. Sista stegen i processen är desinficering med UV-reaktorer samt justering av pH (Norrvatten u.å.[b]).

Ju högre koncentrationer av lerpartiklar och humusämnen desto mer ALG krävs det, vilket blir en högre kostnad för dricksvattenverket. Humus konsumeras av bakterier och svampar, vilket kan leda till tillväxt av mikroorganismer i ledningsnätet (SLU 2003). I Sverige förväntas flockningskemikalierna öka med 5 % i och med högre färg i råvattnet. Det kan också leda till att det krävs fler reningssteg, vilket även det ger högre kostnader för dricksvattenverken (Kritzberg et al. 2019).

Absorbansen vid 254 nm, dividerad med koncentrationen av DOC, kallas SUVA. Det finns ett förhållande mellan SUVA och borttagandet av NOM i reningsverket. Om SUVA är >4 är borttagandet av DOC eller TOC >50 %. För att reningen ska vara effektiv ska SUVA vara högt. Görvålverket uppmäter generellt ett SUVA-värde på 2,8, vilket gör att reningen av NOM är relativt låg (Lavonen et al. 2018).

Norrvatten har interna krav att råvattnet måste ha ett färgtal under 50 mg Pt/l för att kunna hanteras i vattenverket (Heldt 2021). Gränsvärdet för det utgående dricksvattnet från Livsmedelsverket är 15 mg Pt/l (SLVFS 2001:30.), men Norrvatten har ett striktare internt krav för färgtalet för det utgående vattnet, på 6 mg Pt/l. Anledningen till ett striktare krav är att UV-desinfektionen försämras om vattnet har för högt färgtal (Heldt 2021).

Norrvattens krav för ingående vatten med avseende på turbiditet är 20 FNU (Heldt 2021). Livsmedelsverkets gränsvärde för utgående vatten från vattenverket är 0,5 FNU (SLVFS 2001:30.). Norrvattens interna krav för utgående vatten med avseende på turbiditet är 0,1 FNU. Även för turbiditet är Norrvattens interna krav för utgående vatten striktare än Livsmedelsverkets. Anledningen till detta är UV-desinficeringen och kloreringen kan försämras av för mycket partiklar i vattnet (Heldt 2021).

2.5 SKIKTNING

Kallt vatten har högre densitet än varmt vatten och högst densitet har vatten som är fyra grader. Temperaturen i sjöar är generellt inte den samma i hela djupet, utan det blir lätt temperaturskiktat, och är skiktat olika vid olika tider på året (SMHI 2023e). Det är främst vinden som påverkar omblandningen av vattnet (Bydén et al. 2003). Vinden och omblandningen kan även påverka sediment resuspention vilket ökar partikelhalten i vattnet (Almroth Rosell 2011).

På vintern är det varmare vid botten än vid ytan, då ytvattnet kyls ned av den kalla luften medan bottenvattnet värms upp av värmens som har lagrats av bottensedimentet (SMHI 2023e). När isen lägger sig på sjön påverkas vattentemperaturen inte mycket, och vattnet har samma temperatur hela perioden med is och vattnet har en temperatur nära noll grader precis närmast under isen och vattnet är fyra grader vid botten (Bydén et al. 2003). På våren sker en cirkulation, och det är en jämn temperatur i hela vattnet, det kallas vårcirkulation. På sommaren är det en tydlig temperaturskiktning då ytvattnet värms upp. Det ger varmare vatten på ytan och kallare vatten i botten. Gränsen mellan det varmare och det kallare skiktet kallas språngskiktet. Generellt ligger språngskiktet mellan 5 och 20 meters djup. Språngskiktet kan påverkas av vind och mycket genomströmning i sjön. På hösten sker ytterligare en cirkulation då ytvattnet kyls ned och sjunker. Vinden påverkar också och det blir en homogen temperatur genom hela vattenmassan (SMHI 2023e).

I och med klimatförändringar i framtiden och ett varmare klimat påverkas skiktningen i sjöar. Vattentemperaturen i hela sjön kan öka, sommarskiktningen kan bli starkare och sker under en längre period. Språngskiktet kan flyttas djupare och isläggningen kan försvinna, vilket kan göra att det inte blir någon skiktning under vintern (SMHI 2023e).

SMHI gjorde år 2017 beräkningar på hur Mälaren förändras fram till år 2100 utifrån klimatscenarioerna RCP4,5 och RCP8,5. Generellt kommer det bli högre vattentemperaturer både i ytvattnet och i bottenvattnet samt att antal dagar då det är is kommer att minska. Perioden för skiktningen av sjön sommartid kommer öka samt att skiktningen kommer djupare och att det översta skiktet kommer vara varmare (Stensen et al. 2017).

2.6 TRENDER I MÄLAREN I FRAMTIDEN

Flöden i vattendrag varierar mycket under året. Snösmältning och tjälavgång bidrar till en vårflood, generellt från början av mars i de södra delarna av Sverige. Om det är en torr vinter kan vårflooden utebli. Efter perioder med stor mängd nederbörd under höst och vinter kan det bli höga flöden. Under sensommaren är det lågt flöde, men flödet kan även vara lågt på vintern om det är ihållande kyla (Bydén et al. 2003). Även nederbördsmängden varierar över året. Generellt är det mest nederbörd på sommaren och hösten och minst på vintern. På vintern kan nederbörden komma som snö (SMHI 2024). Dessa årsvariationerna kan förändras i och det finns olika studier på hur Mälaren kommer förändras i framtiden.

Tillrinningen till Mälaren beräknas öka på vintern och minska på sommaren. Vattentemperaturen beräknas öka i Mälaren och perioden för isläggning kommer att minska i framtiden då

lufttemperaturen beräknas öka (Eklund et al. 2018). Mälaren kommer bli mer skiktad, perioden då sjön är skiktad kommer att öka och det övre varmaste skiktet kommer bli allt djupare. En ökad vattentemperatur ökar även risken för att olika arter får längre tillväxtperiod och förökar sig snabbt (WSP 2021).

Nederbörds mängden förväntas öka med 10–40 % och det förväntas bli högre intensitet på skyfall (Olsson et al. 2017). Detta kan leda till att mer näringsämnen och föroreningar når Mälaren. Förändringarna i bland annat vattentemperatur och tillrinning ger konsekvenser på dricksvattenreningen. Varmare vatten gynnar alger och bakteriers tillväxt, vilket skapar problem i produktionen av dricksvatten. Varmare vatten ger större biologisk aktivitet i ledningsnätet, vilket också påverkar dricksvattenproduktionen (Eklund et al. 2018).

Det finns även beräkningar på Mälaren från olika län. I Stockholms län kan tillrinningen till Mälaren öka med 75 % till år 2100 samtidigt som att det blir minskad tillrinning under vår och sommar. Flödet kan fortfarande ha tydliga årstidsskillnader men vårfloden kommer minska. Enligt RCP8,5 kan det bli högre vinterflöden och lägre sommartillrinning än för scenariot RCP4,5 (Asp et al. 2015). För Uppsala län kan vårtoppen försvinna och att vinterflödena förväntas vara höga. Den totala årsavrinningen kan komma att öka med cirka 10 % och höstavrinningen kan öka med cirka 20 %. Vid år 2100 kan vårtillrinningen minska med cirka 20–25 % och sommartillrinningen kan minska med samma magnitud (Sjökvist et al. 2015). I Västmanlands län beräknas ökningen i vintertillrinningen för RCP4,5 vara 20–50 % och för scenariot RCP8,5 beräknas ökningen vara 35–75 %. Årstillrinningen beräknas öka med cirka 10 % (Ohlsson et al. 2015).

3 MATERIAL OCH METOD

3.1 DATA

I denna studie användes data från olika aktörer; Norrvatten, SMHI samt SLU. I Tabell A1 i Bilaga A beskrivs viken data som används, hur långa tidsserierna är, vilken datakälla de har, vilken datafrekvens de har, vilket mätdjup som användes i denna studie samt enhet på datan.

Data från SLU hämtades 5 maj 2024 (SLU u.å.). Data från SLU benämns som SLU data följt av vilken bassäng som datan kommer ifrån. Absorbansvärdet från SLU data beräknades om till mg Pt/l genom att multipliceras med 500 (SLU 2003). Från Norrvatten erhöles två olika dataset från mätningar av Mälarens vatten vid Görväln. Ett kommer benämnas som Norrvattens mätdata vid Görväln S eller NV Görväln S. Detta är data från Norrvatten i deras övervakning av Mälaren där mätningar tas fyra gånger per år. Den andra typen av data är mätningar från råvattnet som Norrvattnet använder i dricksvattenproduktionen, och benämns Norrvattens råvattendata eller endast råvattendata. Norrvattens mätdata vid Görväln S erhöles 6 februari 2024 (Norrvatten 2024b) och Norrvattens råvattendata erhöles 22 april 2024 (Norrvatten 2024c). Även data från utgående dricksvatten från Görvälnverket erhöles från Norrvatten 22 april 2024 (Norrvatten 2024a). NV är en förkortning på Norrvatten.

Modellerade dygnsvärden för total stationskorrigerad vattenföring (S-HYPE), flödesdata, laddades ned från SMHI (hämtad 24-03-12) (SMHI u.å.[d]). Flödesdatan är vattenföring i utloppet till bassängen där det ingår eventuellt bidrag från bassänger uppströms. Den modellerade datan har korrigerats med mätdata från SMHI:s mätstationer. De delavrinningsområden som användes var Galten, Prästfjärden, Ekoln och Görväln. Nederbördsdata laddades ned från SMHI (hämtad 24-03-11) (SMHI u.å.[b]). De stationer som användes var Uppsala, Adelsö, som ligger i de centrala delarna av Mälaren, och Kolsva D, som ligger lite norr om Köping. Även lufttemperaturdata laddades ned från SMHI (hämtad 24-04-22) (SMHI u.å.(c)). De stationer som användes var Uppsala, Adelsö, och Eskilstuna. Varför Eskilstuna användes var att det var den närmast aktiva mätstationen till Galten. Data för isläggning och islossning laddades ned från SMHI (hämtad 24-04-11) (SMHI u.å.[a]). Station för data för isläggning och islossning som användes var Skarven, lokaliserad lite norr om Görväln.

Råvattendata från Norrvatten var provtagningar på 22 meters djup för isfria mätningar och 4 meter när det var is. Råvattnet är filtrerat med mikrosil innan mätningar, och kan därför skilja sig från Norrvattens mätdata vid Görväln S som inte är filtrerade innan mätning. Från Norrvattens mätdata från Görväln S användes provtagningar på 20 meters djup. Från SLU data användes provtagningar på 15 meters djup för Görväln, Ekoln och Prästfjärden. För Galten, Granfjärden, Blacken, Arnö samt Skarven finns inte mätvärden på 15 meter, därför användes mätvärden på 0,5 meter för de bassängerna. Varför djupen för SLU och Norrvattens data valdes var att de är lika intagsdjupet på Görvälnverket.

3.2 NORMALÅR

För att förstå hur en extrempperiod kan se ut behövs en förståelse för färg och turbiditet har varierat över tiden. Först undersöktes hela tidsserier för att få en överblick på dataseten där både säsonger och långsiktiga trender studerades. Vad som också analyserades var om man kunde se om höga värden i parametrarna i bassänger uppströms Görväln eventuellt påverkat Görväln, och det beräknades även treårs rullande medelvärden för färg och turbiditet i respektive bassäng.

Ett medelvärde för en referensperiod beräknades säsongsvis för olika parametrar; färg, turbiditet, flöde, nederbörd och lufttemperatur. Referensvärden beräknades för Görväln för flöde, färg och turbiditet och mätstationen som användes för lufttemperatur och nederbörd var Adelsö. Referensperioden var generellt 1991–2020, men var kortare för vissa parametrar på grund av att mätningar av dessa startade efter 1991. Varför 1991–2020 valdes till normalperiod var på grund av att SMHI använder den perioden som normalperiod (SMHI 2023d). De parametrar som använde referensperioden 1991–2020 var flöde, färg för alla dataset samt turbiditet för båda Norrvattens dataset. Lufttemperatur och nederbörd hade referensperioden 1995–2020 och turbiditet från SLU data hade referensperioden 2010–2020. Månaderna i säsongerna var: vår; mars-maj, sommar; juni-augusti, höst; september-november och vinterperioden omfattas av december samt januari och februari för kommande år. Till exempel omfattar vinter 2000, benämnd vinter 2000, december år 1999 samt januari och februari för år 2000.

3.3 URVAL AV EXTREMPERIODER

För att svara på den första frågeställningen undersöktes först vilka år som ansågs som extrempperioder för hela Mälaren. Därefter gjordes ett antal analyser för de utvalda perioder och säsongerna för åren analyserades endast för Görväln, då den bassängen är relevant för Görvälnverkets verksamhet. Som nämnts innan, benämns färg i SLU data i ABS_{420} . För att få Norrvattens och SLU data i samma enhet, Pt/l, multiplicerades alla absoptionsvärden i SLU data med 500.

För att hitta vilka år eller perioder som är extrema beräknades den 99:onde percentilen för parametrarna flöde, nederbörd, färg och turbiditet. Percetiler används ofta för att hitta extrema händelser (Miljöstatistik u.å.). Värden över den 99:onde percentilen är de värden som är de högsta 1 % och beskriver i den här studien extrema värden. För flöde användes Görväln, Ekoln, Galten och Prästfjärden. För nederbörd användes tre stationer; Adelsö, Uppsala samt Kolsva D, och först beräknades den månatliga nederbörden före den 99:onde percentilen. För färg och turbiditet användes data från SLU, Norrvatten mätdata vid Görväln S samt Norrvatten råvattendata. Från SLU användes mätstationerna Görväln, Ekoln, Prästfjärden, Galten, Blacken, Granfjärden, Arnö och Skarven. De år eller perioder som valdes som extrema var de perioder där minst två av parametrarna överskred den 99:onde percentilen minst två gånger under perioden.

De utvalda extrempperioderna för Görväln analyserades säsongsvis. Det beräknades säsongsvisa medelvärden för parametrarna samt hur mycket dessa skiljer sig från de säsongsvisa referensvärdena. De parametrar som användes var lufttemperatur vid Adelsö, flöde i Görväln, nederbörd vid Adelsö, färg och turbiditet; både för Norrvattens råvattendata samt Norrvattens mätdata vid Görväln S. Anledningen till att två dataset användes för färg och turbiditet är att råvattendatan

har fler mätpunkter och det är möjligt att göra analyser för alla säsonger för alla år. De två mätningarna från Norrvatten kan dock ha olika mätdjup beroende på is samt att råvattnet silas i korgbandsil innan mätning. För Norrvattens mätdata vid Görväln S fanns det inte alltid data för att göra analyser för alla säsonger vid alla år, men mätningarna har konsekvent mätdjup och är inte silade innan mätning.

För varje av de utvalda perioderna gjordes grafer på flöde från Görväln tillsammans med färg respektive turbiditet vid Görväln. För färg och flöde användes både Norrvattens mätdata vid Görväln S samt råvattendata. Om det fanns ett molnfritt satellitfoto över Mälaren för de analyserade perioderna presenterades det också, för att få en bild på hur Mälaren såg ut vid dessa perioder.

3.4 LÅNGSIKTIGA TRENDER

För serier med observationer över tid är det intressant att göra trendanalyser. Det är intressant att undersöka om trenden är uppåtgående, nedåtgående eller om det inte är någon trend alls. Om det är en uppåtgående eller nedåtgående trend är det även viktigt att veta hur stark trenden är. Denna studie undersökte om det finns ett samband mellan färg eller turbiditet i Görväln och tid, för att sedan predicera hur parametern ändras i framtiden eller om det inte sker någon förändring alls.

För att analysera om ett samband finns användes ett Mann-Kendall test med en signifikansivå på 0,05. Om det fanns ett samband gjordes sedan en linjär regression. Linjära regressionerna gjordes på de årliga maximala värdena för respektive parameter för tre olika dataset från Görväln; SLU data från Görväln, Norrvattens råvattendata samt Norrvattens mätdata från Görväln S. Datan som användes var till och med år 2023. Utifrån de linjära regressionerna beräknades variabiliteten för färg och den relaterades till Norrvattens krav för råvatten; 50 mg Pt/l för färgtal (Heldt 2021).

3.5 UTGÅENDE DRICKSVATTEN VID GÖRVÄLNVERKET

Två olika metoder användes för att undersöka om dricksvattenreningen påverkas av extrema halter av färg och turbiditet. Värden för färg, turbiditet samt TOC för det utgående dricksvattnet från Görvälnverket relaterades till Norrvattens interna krav för utgående dricksvatten. Norrvattens interna krav är 6 mg Pt/l, 0,1 FNU samt 6 mg TOC/l (Heldt 2021). Det beräknades även hur många gånger per år som dessa gränsvärden överskreds. Även den procentuella reningsgraden mellan råvatten och det utgående dricksvattnet beräknades för varje mättillfälle.

3.6 UTVÄRDERING AV MÄTNINGAR

För att undersöka den fjärde frågeställningen kring Norrvattens övervakning av Mälaren, om den behöver uppdateras eller inte, undersöktes provtagningstidpunkterna för Norrvatten respektive SLU. Tidpunkterna jämfördes med varandra samt relaterades till resultaten kring hur Mälaren påverkas av extrema halter av färg och turbiditet för att granska om Norrvatten behöver förändra provtagningstidpunkterna.

4 RESULTAT

I följande avsnitt presenteras resultatet från studien. Flöde har enheten m^3/s och är modellerad dygnsvis från SMHI och nederbörd från SMHI är beräknas till kumulativ månatlig nederbörd. Graferna har olika starttid beroende på längd av dataset.

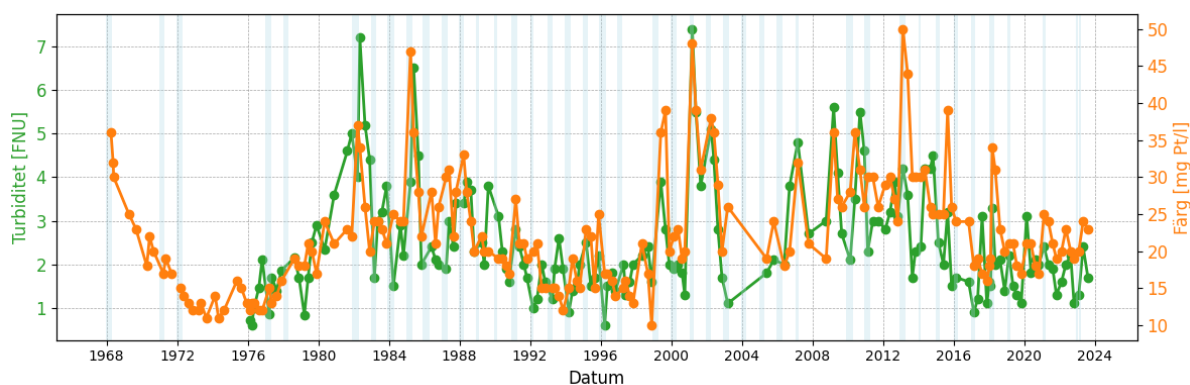
4.1 NORMALÅR

I Tabell 2 visas säsongsvisa referensvärden för dessa parametrar. Ett normalår har Görvälns närmaste väderstation, Adelsö, mellan 82,7 och 175 mm nederbörd per säsong och nederbörden är högre på sommaren och hösten. Temperaturen varierar över året och är högst på sommaren och lägst på vintern. Flödet i Görvälnbassängen är högst på vintern och våren och är ett normalår mellan 29,2 och 142 m^3/s . Färgen i Görväln är relativt jämn över året och varierar mellan 21,1 och 25,8 mg Pt/l. Turbiditeten i Görväln är även den relativt jämn över året, och varierar mellan 2,07 och 2,85 FNU.

Tabell 2: Värden för säsongsvisa referensvärden för Görväln. Medelvärden för referensperioden är generellt 1991–2020. Modellerad flödesdata för Görväln SMHI användes för flöde, data från SMHI från Adelsö användes för lufttemperatur och nederbörd. Referensvärden för färg och turbiditet från både Norrvattens råvattendata samt mätdata vid Görväln S

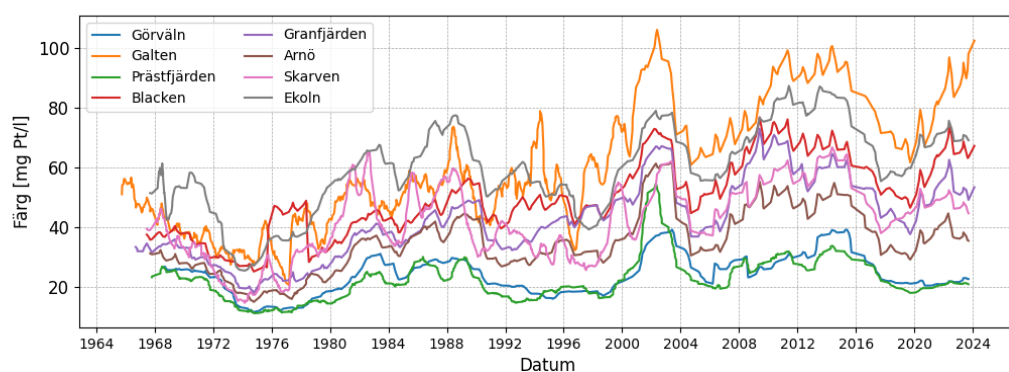
	Vinter	Vår	Sommar	Höst
Luft-temperatur [$^{\circ}\text{C}$]	-1,35	2,62	13,0	6,85
Flöde [m^3/s]	142	127	29,2	55,9
Nederbörd [mm]	82,7	79,4	175	128
Färg [mg Pt/l] NV Görväln S	25,8	25,8	20,9	22,2
Färg [mg Pt/l] NV råvatten	21,1	24,4	24,4	21,3
Turbiditet [FNU] NV Görväln S	2,41	2,66	2,27	2,43
Turbiditet [FNU] NV råvatten	2,07	2,53	2,85	2,62

I Figur 2 visas färg och turbiditet för Görväln med mätdata vid Görväln S för åren 1968–2024 för färg och 1976–2024 för turbiditeten. Färgtal visas i orange och turbiditeten i grön. De ljusblåa perioderna visar när det är isläggning på Mälaren. Både färg och turbiditet varierar över året, men de har även långa perioder med högre eller lägre värden där de har perioder på ungefär 15 år med högre eller lägre värden. I den längre tidsskalan samvarierar färg och turbiditet. Generellt är det is varje vinter på Mälaren. På 70 och 80-talet är det många vintrar utan is. Andra år utan is var 1998, 2007–2010, där 2008 hade en mycket kort isperiod, 2012 samt 2020

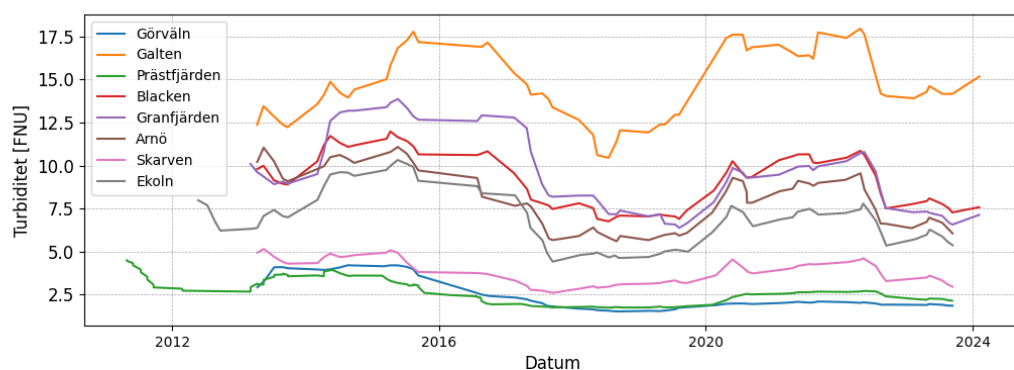


Figur 2: Färg och turbiditet från Norrvattens mätdata vid Görväln S vid 20 meter. Färg är orange och har y-axel på höger sida och turbiditet är grön och har y-axel på vänster sida. Ljusblå perioder visar isläggningen på Mälaren.

Figur 3 och 4 visar treårs rullande medelvärde för färg och turbiditet för åtta mälarbassänger från SLU data; Görväln, Galten, Prästfjärden, Blacken, Granfjärden, Arnö, Skarven och Ekoln. Färgtalet och turbiditeten varierar över tidsperioderna. Galten har de högsta halterna och Prästfjärden och Görväln har generellt de lägsta halterna för både färg och turbiditet.



Figur 3: Treårs rullande medelvärde för färgtal i flera mälarbassänger från SLU data. Görväln och Ekoln är mätvärden vid 15 meter, resten är mätvärden vid 0,5 meter.

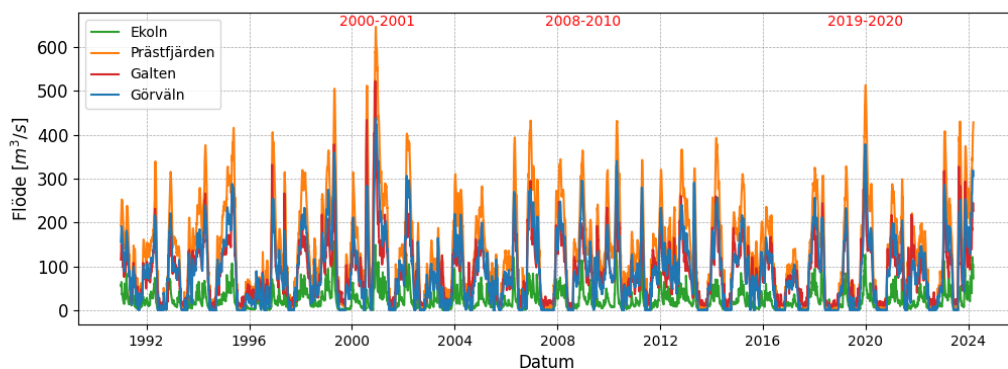


Figur 4: Treårs rullande medelvärde för turbiditet i flera mälarbassänger från SLU data.

4.2 URVAL AV EXTREMPERIODER

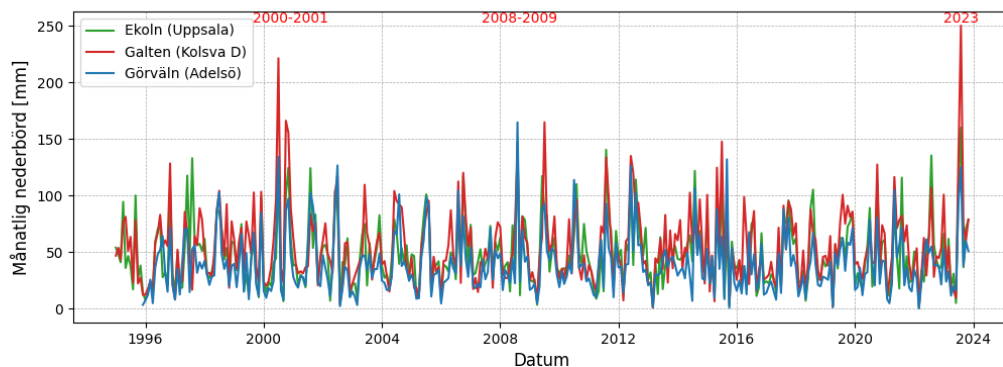
Nedan presenteras resultatet kring urvalet över extremp perioder samt grafer av olika parametrar, flöde, nederbörd, färg och turbiditet. De perioder där minst två parametrar överskrider 99:onde percentilen är 2000–2001, 2008–2010, 2013, 2019–2020 samt 2023–2024, se Tabell B1 i Bilaga B. Under 2000–2001 hade flöde, färg och nederbörd extrema värden. 2008–2010 var det extrema värden för samtliga analyserade parametrar, 2013 var det extrema värden för färg och turbiditet, 2019–2020 var det extrema värden för flöde och turbiditet och 2023–2024 var det extrema värden för nederbörd, färg och turbiditet.

I Figur 5 visas den dagliga vattenföringen för olika mälarbassänger; Görväln, Ekoln, Prästfjärden och Galten från modellerade värden från SMHI. De år eller perioder som identifieras som extremp perioder för flöde är 2000–2001, 2008–2010 samt 2019.



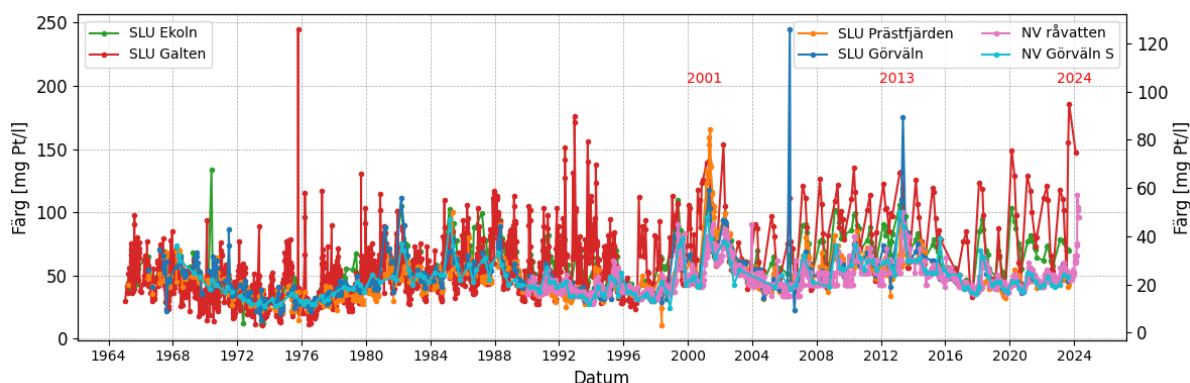
Figur 5: Totala vattenföringen över tid i olika mälarbassänger från modellerade data från SMHI; Ekoln, Prästfjärden, Galten samt Görväln. De åren med mycket höga värden i rött; 2000–2001, 2008–2010 samt 2019.

Figur 6 visar den månatliga kumulativa nederbörden vid tre mätstationer från SMHI; Adelsö, Uppsala samt Kolsva D. Stationerna ligger i närheten av Görväln och Prästfjärden, Ekoln respektive Galten. De år som pekades ut som extremp perioder för nederbörd är 2000–2001, 2008–2009 samt 2023. År 2000 hade Adelsö och Kolsva D värden över den 99:onde percentilen, 2008 hade Adelsö och Uppsala värden över den 99:onde percentilen och 2023 hade Uppsala och Kolsva D värden över den 99:onde percentilen, se Tabell B1 i bilaga B.



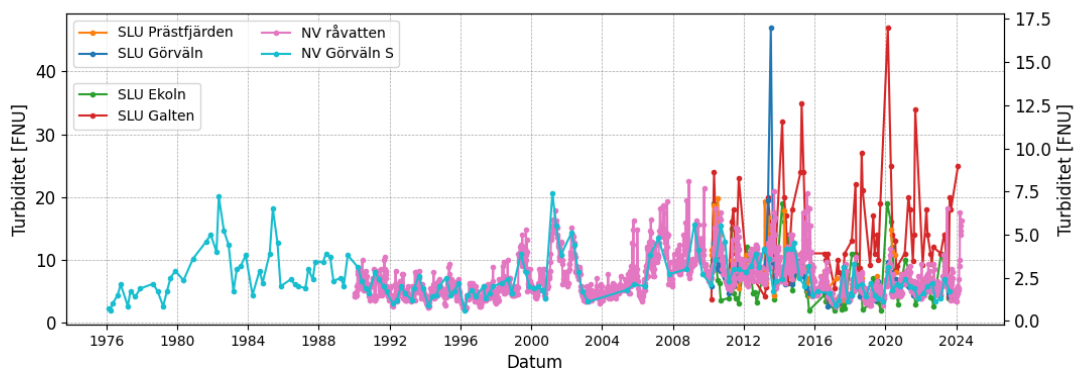
Figur 6: Månatlig nederbörd vid olika mätstationer kring Mälaren; Adelsö i blått, Uppsala i grönt och Kolsva D i rött. De åren eller perioderna med extrema värden i rött; 2000–2001, 2008–2009 samt 2023.

I Figur 7 visas färg i fyra olika mälarbassänger; Görväln, Ekoln, Galten samt Prästfjärden. Data från SLU används för SLU Görväln, SLU Prästfjärden samt SLU Galten. Två andra dataset från Norrvatten i Görväln användes också; råvattendata samt mätdata vid Görväln S vid 20 meter. De åren som anses vara extremår med avseende på färg är 2001, 2013 samt 2024. Det är intressant att alla extremår är på 2000-talet.



Figur 7: Färgen över tid i olika mälarbassänger, SLU data samt Norrvatten råvattendata och mätdata vid Görväln S vid 20 meter. SLU Görväln och SLU Ekoln är mätvärden vid 15 meter, resten av SLU data är mätvärden vid 0,5 meter. SLU Ekoln och SLU Galten har y-axel på vänster sida och SLU Prästfjärden, SLU Görväln, NV råvatten och NV Görväln S har y-axel på höger sida. De åren med mycket höga värden i rött; 2001, 2013 samt 2024.

I Figur 8 visas turbiditeten i fyra mälarbassänger; Görväln, Ekoln, Prästfjärden samt Galten från SLU data. Två andra dataset från Norrvatten i Görväln användes också; råvattendata samt mätdata vid Görväln S vid 20 meter. SLU Görväln och SLU Ekoln är mätvärden vid 15 meter, resten av SLU data är mätvärden vid 0,5 meter. De extremåren som pekades ut är 2008, 2013, 2020 samt 2024. Även här är alla extremår på 2000-talet. Men om endast de längre tidsserierna skulle användas för analysen ser det ut som att det finns extremår även på 1980-talet.



Figur 8: Turbiditeten över tid i olika mälarbassänger, SLU data samt Norrvatten råvattendata och mätdata vid Görväln S vid 20 meter. SLU Ekoln och SLU Galten har y-axel på vänster sida och SLU Prästfjärden, SLU Görväln, NV råvatten och NV Görväln S har y-axel på höger sida. De åren med mycket höga värden; 2008, 2013, 2020 samt 2024.

4.3 SÄSONGSVISA VÄRDEN FÖR EXTREMPERIODERNA

Utifrån analyserna ovan valdes vissa perioder ut för att göra ytterligare analyser. De perioder som bedömdes vara extrempperioder är 2000–2001, 2008–2010, 2012–2013, 2019–2020 samt 2023–2024. De parametrar som analyserades för dessa perioder i Görväln är nederbörd, lufttemperatur, flöde, färg samt turbiditet. Nedan presenteras säsongsvisa medelvärden för parametrarna i Görväln samt hur de skiljer sig från medelvärdet från referensperioden, där referensvärdena visas i Tabell 2.

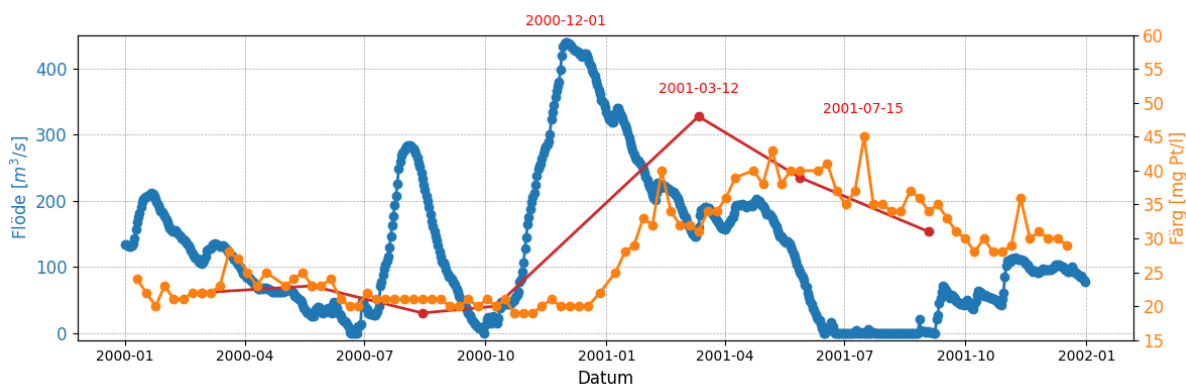
4.3.1 2000–2001

I Tabell 3 visas säsongsvisa medelvärden för åren 2000–2001 i Görväln. Värdena inom parentes är den procentuella skillnaden från referensvärdet. Procentuella skillnader över 10 % har markerats med rött. Sommaren och hösten 2000 var ovanligt blöta och flödet var ovanligt högt alla säsonger i perioden förutom vintern och våren 2000 samt sommar 2001. Färg och turbiditet hade höga värden för hela 2001. Flödet var mycket högt sommaren och hösten 2000 samt högt under nästan hela 2001.

Tabell 3: Säsongsvisa medelvärden för åren 2000 och 2001 i Görväln samt procentuella skillnader jämfört med beräknade medelvärden för normalperiod för respektive dataset som visas inom parentes. Skillnader över 10 % har markerats med rött. Nederbörd är medelvärde på månatligt nederbörd från mätvärden från SMHI vid Adelsö. Lufttemperatur är mätvärden från SMHI vid Adelsö. Flöde är modellerat flöde från SMHI i Görvälnbassängen. Färg och turbiditet kommer både från Norrvattens mätdata vid Görväln vid 20 meter samt från Norrvattens råvattendata.

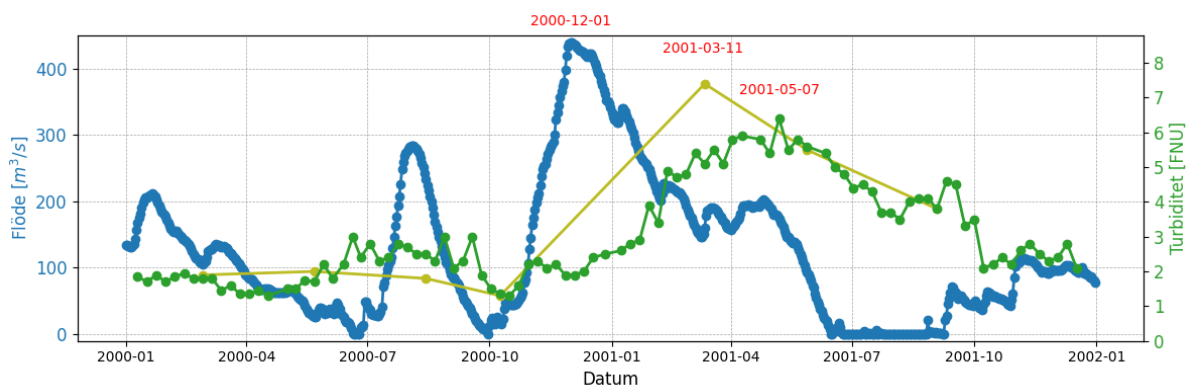
Säsong	Vinter 2000	Vår 2000	Sommar 2000	Höst 2000
Nederbörd [mm]	54,7 (-33,9)	57,5 (-27,6)	216 (+23,2)	192 (+49,1)
Lufttemperatur	-1,14 (-15,2)	3,50 (+33,4)	12,2 (-6,2)	7,72 (+12,7)
Flöde [m ³ /s]	131 (-7,5)	78,8 (-37,9)	117 (+302)	125 (+123)
Färg [mg Pt/l]				
NV Görväln S	22 (-14,7)	23 (-11,1)	19 (-8,9)	20 (-9,8)
Färg [mg Pt/l]				
NV råvatten	22 (+4,3)	24,25 (-0,7)	21,2 (-13,2)	20,1 (-5,7)
Turbiditet [FNU]				
NV Görväln S	1,9 (-21,3)	2 (-24,8)	1,8 (-20,7)	1,3 (-46,4)
Turbiditet [FNU]				
NV råvatten	1,98 (-4,0)	1,58 (-37,6)	2,52 (-11,7)	1,98 (-24,3)
Säsong	Vinter 2001	Vår 2001	Sommar 2001	Höst 2001
Nederbörd [mm]	48,1 (-41,7)	74,8 (+79,4)	177 (+0,63)	183 (+42,5)
Lufttemperatur	-0,475 (-64,8)	2,15(-17,9)	13,0 (+0,1)	7,60 (+10)
Flöde [m ³ /s]	308 (+117)	165 (+30,8)	7,24 (-75,2)	64,5 (+15,4)
Färg [mg Pt/l]				
NV Görväln S	-	43,5 (+68,1)	-	31 (+55,9)
Färg [mg Pt/l]				
NV råvatten	27,9 (+32,4)	37,1 (+51,8)	37,7 (+52,5)	31 (+46,6)
Turbiditet [FNU]				
NV Görväln S	-	6,45 (+143)	-	3,8 (+58,6)
Turbiditet [FNU]				
NV råvatten	3,23 (+56,5)	5,61 (+122)	4,29 (+50,7)	2,98 (+14,1)

I Figur 9 och 10 visas flöde i Görvälnbassängen tillsammans med färg respektive turbiditet för åren 2000–2001 i Görväln med data från Norrvattens råvatten samt Norrvattens mätdata vid Görväln S vid 20 meter. De datum för de maximala värdena för respektive dataset är markerade. 2000-12-01 var det maximalt flöde, 2001-03-12 uppmättes det maximal färg i Norrvattens mätdata vid Görväln S och 2001-07-15 uppmättes maximal färg i Norrvattens råvattendata.



Figur 9: Färg och flöde för Görväln åren 2000–2001. Flöde visas i blått med värden på vänstra axeln och färg visas i orange och rött med värden på högra axeln. Norrvattens mätdata vid Görväln S vid 20 meter är i rött och Norrvattens råvattendata är i orange.

I Figur 10 visas turbiditet i Görväln under åren 2000–2001 med Norrvattens råvattendata samt Norrvattens mätdata vid Görväln S vid 20 meter tillsammans med flödesdata från Görvälnbas-sängen. De datum för de maximala värdena för respektive dataset är markerade. 2000-12-01 var det maximalt flöde, 2001-03-11 uppmättes maximal turbiditet i mätdata vid Görväln S och 2001-05-07 uppmättes maximal turbiditet i råvattnet.



Figur 10: Turbiditet och flöde åren 2000–2001 i Görväln. Flöde visas i blått med värden på vänstra axeln och turbiditet visas i grönt och olivgrönt med värden på högra axeln. Norrvattens mätdata vid Görväln S vid 20 meter är i olivgrönt och Norrvattens råvattendata är i grönt.

4.3.2 2008–2010

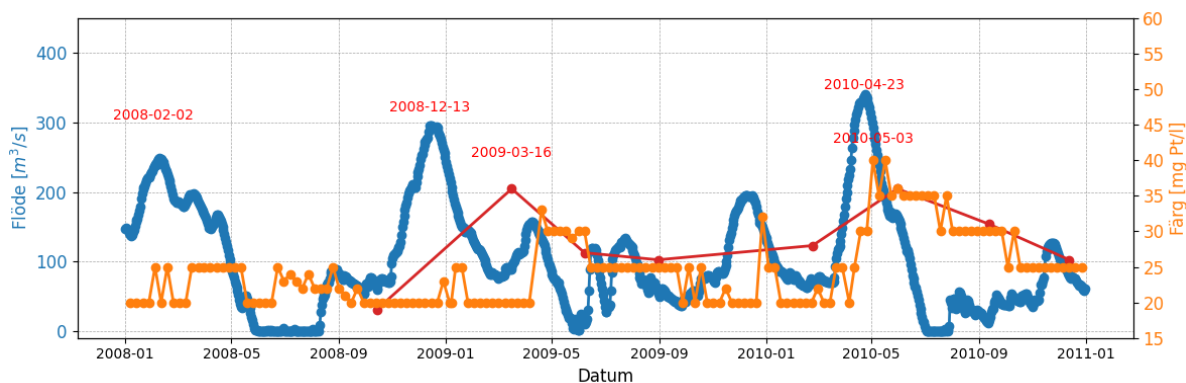
Tabell 4 visar säsongsvisa medelvärden för perioden 2008–2010. Turbiditeten för Norrvattens råvatten är mer än 10 % över medel för hela perioden och färgen över över medel ett antal gånger under perioden. Nederbörden är över medel minst en säsong per år och det samma gäller för flödet. Stor nederbörd samma period eller perioden innan ger högt flöde samma period eller perioden efter.

Tabell 4: Säsongsvisa medelvärden samt procentuella skillnader för åren 2008, 2009 och 2010 jämfört med beräknad normalperiod för respektive dataset som visas inom parentes. Skillnader över 10 % har markerats med rött.

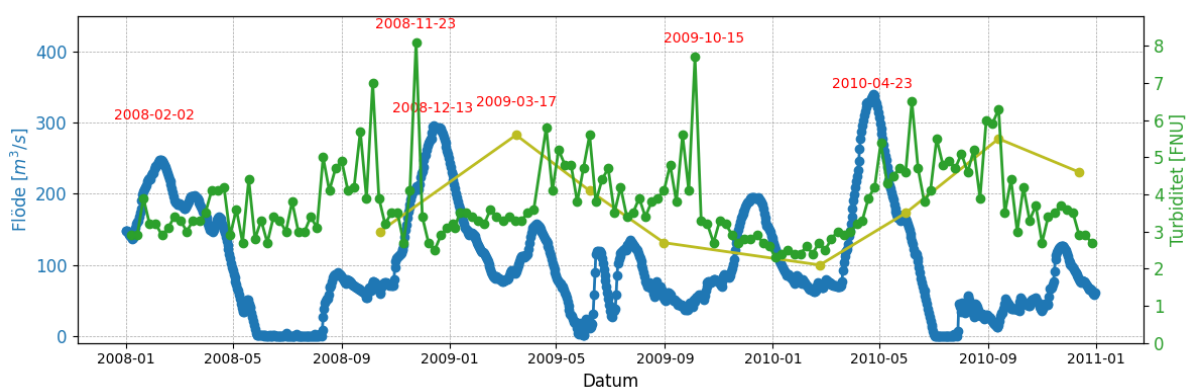
Nederbörd är medelvärde på månatligt nederbörd från mätvärden från SMHI vid Adelsö. Lufttemperatur är mätvärden från SMHI vid Adelsö. Flöde är modellerat flöde från SMHI i Görvälnbassängen. Färg och turbiditet kommer både från Norrvattens mätdata vid Görväln vid 20 meter samt från Norrvattens råvattendata.

Säsong	Vinter 2008	Vår 2008	Sommar 2008	Höst 2008
Nederbörd [mm]	54,7 (-33,9)	86,1 (+8,38)	231 (+31,6)	135 (+4,72)
Lufttemperatur	1,77 (-231)	3,00 (+12,6)	12,9 (-0,61)	6,20 (-9,38)
Flöde [m ³ /s]	185 (+30,1)	124 (-2,18)	16,2 (-44,2)	102 (+82,9)
Färg [mg Pt/l]	-	-	-	19 (-14,3)
NV Görväln S				
Färg [mg Pt/l]	20,8 (-1,19)	23,5 (-3,93)	22,5 (-7,85)	20,9 (-4,28)
NV råvatten				
Turbiditet [FNU]	-	-	-	3 (+23,6)
NV Görväln S				
Turbiditet [FNU]	2,88 (+39,6)	3,48 (+37,4)	3,52 (+23,7)	4,52 (+72,9)
NV råvatten				
Säsong	Vinter 2009	Vår 2009	Sommar 2009	Höst 2009
Nederbörd [mm]	40,4 (-51,2)	46,4 (-41,6)	230 (+30,9)	146 (+13,7)
Lufttemperatur	-1,29 (-4,22)	3,00 (+14,8)	12,4 (-4,96)	7,03 (+2,66)
Flöde [m ³ /s]	186 (+30,8)	90,1 (-30,0)	79,7 (+173)	74,3 (+32,8)
Färg [mg Pt/l]	-	36 (+39,1)	26,5 (+27,1)	-
NV Görväln S				
Färg [mg Pt/l]	20,9 (-0,74)	25,2 (+3,04)	25,7 (+5,49)	22,0 (+3,67)
NV råvatten				
Turbiditet [FNU]	-	5,6 (+111)	3,4 (+49,8)	-
NV Görväln S				
Turbiditet [FNU]	3,2 (+54,9)	4,06 (+61,2)	3,85 (+42,7)	2,56 (+47,3)
NV råvatten				
Säsong	Vinter 2010	Vår 2010	Sommar 2010	Höst 2010
Nederbörd	40,5 (-51,0)	89,7 (+12,9)	224 (+27,7)	34,6 (-11,3)
Lufttemperatur	-5,93 (+340)	2,08 (-20,6)	13,8 (+6,07)	4,75 (-30,6)
Flöde [m ³ /s]	116 (-18,3)	197 (+55,3)	42,9 (+46,9)	54,5 (-2,54)
Färg [mg Pt/l]	28 (+8,59)	36 (+39,1)	-	31 (+39,8)
NV Görväln S				
Färg [mg Pt/l]	21,8 (+3,55)	28,8 (+17,9)	32,7 (+34,1)	26,9 (+26,4)
NV råvatten				
Turbiditet [FNU]	2,1 (-13,0)	3,5 (+31,6)	-	5,5 (+127)
NV Görväln S				
Turbiditet [FNU]	2,56 (+23,8)	3,73 (+47,7)	4,07 (+72,4)	3,94 (+50,5)
NV råvatten				

Flödet har tre toppar under denna period; 2008-02-02, 2008-12-13 samt 2010-04-23. Färgen från Norrvattens råvatten uppnår maximalt värde 2010-05-03 och turbiditeten från samma dataset uppmäter maximalt värde 2008-11-23 samt 2009-10-15. Norrvattens mätvärde vid Görväln S uppmäter maximal färg 2009-03-16 och maximal turbiditet 2009-03-17, se Figur 11 och 12.



Figur 11: Färg och flöde åren 2008–2010 i Görväln. Flöde visas i blått med värden på vänstra axeln och färg från Görväln visas i orange och rött med värden på högra axeln. Norrvattens råvattensdata är i orange och Norrvattens mätdata från Görväln S vid 20 meter i rött.



Figur 12: Turbiditet och flöde åren 2008–2010. Flöde visas i blått med värden på vänstra axeln och turbiditet från Görväln visas i olivgrönt och grönt med värden på högra axeln. Norrvattens råvattensdata är i grönt och Norrvattens mätdata vid Görväln S vid 20 meter i olivgrönt.

4.3.3 2012–2013

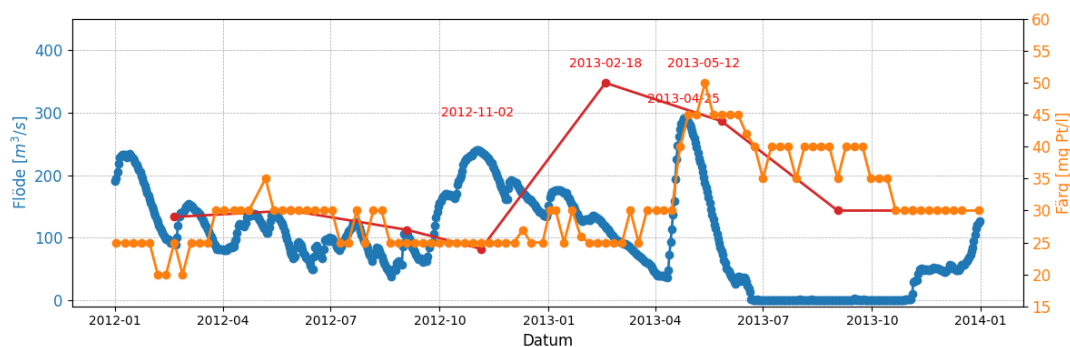
Tabell 5 visar säsongsvisa medelvärden för perioden 2012–2013. Generellt är det värden över medel på många av parametrarna. Färg och turbiditet uppmätte värden över normalt för alla säsonger i perioden. Nederbörd och flöde uppmätte generellt värden över medel under hela 2012.

Tabell 5: Säsongsvisa medelvärden samt procentuella skillnader för åren 2012 och 2013 i Görväln jämfört med beräknad normalperiod för respektive dataset som visas inom parentes. Skillnader över 10 % har markerats med rött.

Nederbörd är medelvärde på månatligt nederbörd från mätvärden från SMHI vid Adelsö. Lufttemperatur är mätvärden från SMHI vid Adelsö. Flöde är modellerat flöde från SMHI i Görvälnbassängen. Färg och turbiditet kommer både från Norrvattens mätdata vid Görväln vid 20 meter samt från Norrvattens råvattendata.

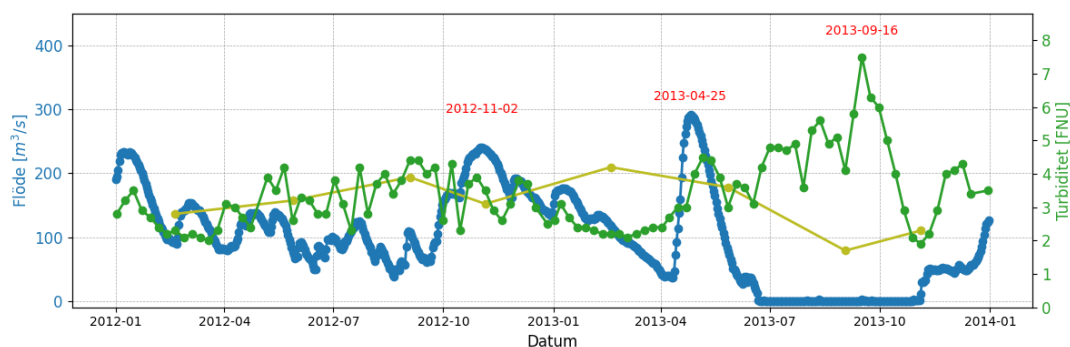
Säsong	Vinter 2012	Vår 2012	Sommar 2012	Höst 2012
Nederbörd [mm]	65,6 (-20,7)	92,1 (+15,9)	280 (+59,3)	145 (+12,5)
Lufttemperatur	-1,44 (+7,0)	3,71 (+41,3)	12,16 (-6,6)	7,01 (+2,3)
Flöde [m ³ /s]	153 (+7,5)	115 (-9,3)	81 (+178)	164 (+193)
Färg [mg Pt/l] NV Görväln S	29 (+12,5)	30 (+15,9)	-	25,5 (+15,0)
Färg [mg Pt/l] NV råvatten	23,5 (+11,3)	29,2 (+19,4)	28,1 (+15,2)	25,0 (+17,4)
Turbiditet [FNU] NV Görväln S	2,8 (+16,0)	3,2 (+20,3)	-	3,5 (+44,2)
Turbiditet [FNU] NV råvatten	2,83 (+37,0)	2,83 (+12,0)	3,32 (+16,7)	3,53 (+34,9)
Säsong	Vinter 2013	Vår 2013	Sommar 2013	Höst 2013
Nederbörd [mm]	38,7 (-53,3)	60,8 (-23,5)	127 (-27,6)	126 (-2,29)
Lufttemperatur	-3,82 (+183)	0,99 (-62,4)	13,17 (+1,1)	6,85 (± 0)
Flöde [m ³ /s]	147 (+3,8)	130 (+2,1)	7 (-75,2)	13 (-75,9)
Färg [mg Pt/l] NV Görväln S	50 (+93,9)	44 (+70,0)	-	30 (+35,2)
Färg [mg Pt/l] NV råvatten	26,4 (+25,1)	36,2 (+48,0)	40,2 (+64,7)	33,8 (+58,9)
Turbiditet [FNU] NV Görväln S	4,2 (+74,0)	3,6 (+35,4)	-	2 (-17,6)
Turbiditet [FNU] NV råvatten	2,70 (+30,7)	3,07 (+21,3)	4,48 (+57,5)	4,21 (+60,8)

I Figur 13 visas flödet samt färg för perioden 2012–2013 i Görväln. De datum för de maximala värdena för respektive dataset är markerade. 2012-11-02 samt 2013-04-25 var det maximalt flöde, 2013-02-18 uppmättes maximal färg i mätdata vid Görväln S och 2013-05-12 uppmättes maximal färg i råvattnet.



Figur 13: Färg och flöde åren 2012–2013 i Görvåln. Flöde visas i blått med värden på vänstra axeln och färg visas i orange och rött med värden på högra axeln. Norrvattens mätdata vid Görvåln S vid 20 meter är i rött och Norrvattens råvattendata är i orange.

I Figur 14 visas flödet samt turbiditet för perioden 2012–2013 i Görvåln. De datum för de maximala värdena för respektive dataset är markerade. 2012-11-02 samt 2013-04-25 var det maximalt flöde, 2013-09-16 uppmättes maximal färg i mätdata vid Görvåln S det uppmättes ingen extrem topp i turbiditeten i råvattendatan.



Figur 14: Turbiditet och flöde åren 2012–2013 i Görvåln. Flöde visas i blått med värden på vänstra axeln och turbiditet visas i olivgrönt och grönt med värden på högra axeln. Norrvattens mätdata vid Görvåln S vid 20 meter är i olivgrönt och Norrvattens råvattendata är i grönt.

4.3.4 2019–2020

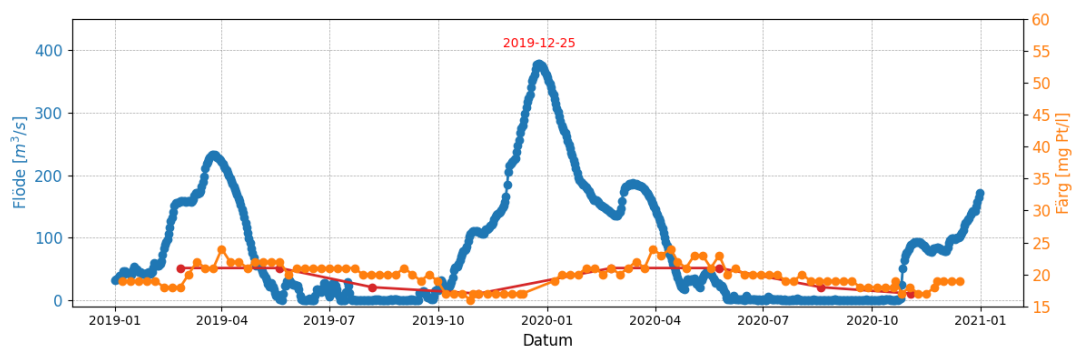
I Tabell 6 visas säsongsvisa medelvärden för perioden 2020–2021 i Görvåln. Flöde uppvisade värden över medel för vinter 2020 samt sommar och höst 2021. Turbiditeten för Norrvattens mätdata vid Görvåln S uppmätte värden över medel för vinter 2020. Nederbörden var över medel våren 2021.

Tabell 6: Säsongsvisa medelvärden i Görvåln samt procentuella skillnader för åren 2019 och 2020 jämfört med beräknad normalperiod för respektive dataset som visas inom parentes. Skillnader över 10 % har markerats med rött.

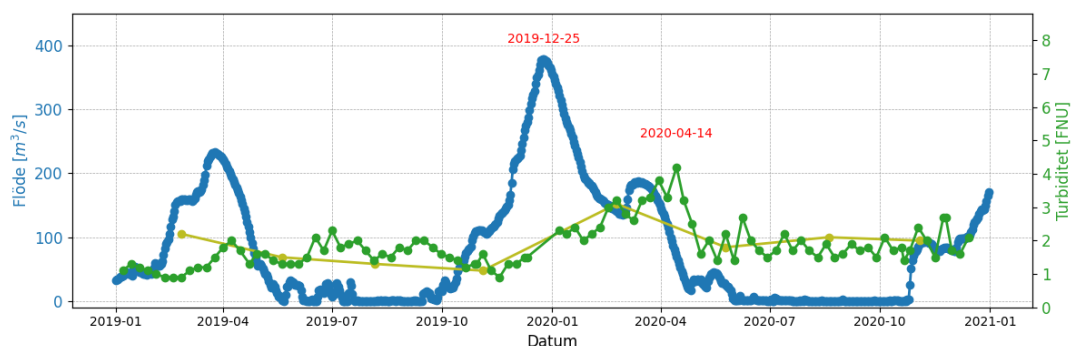
Nederbörd är medelvärde på månatligt nederbörd från mätvärden från SMHI vid Adelsö. Lufttemperatur är mätvärden från SMHI vid Adelsö. Flöde är modellerat flöde från SMHI i Görvålnbassängen. Färg och turbiditet kommer både från Norrvattens mätdata vid Görvåln vid 20 meter samt från Norrvattens råvattendata.

Säsong	Vinter 2019	Vår 2019	Sommar 2019	Höst 2019
Nederbörd [mm]	42,2 (-51,4)	91,4 (+15,0)	153 (-15,0)	148 (+15,0)
Lufttemperatur	-0,398 (-70,5)	3,35 (+27,8)	13,6 (+4,28)	6,94 (+1,25)
Flöde [m ³ /s]	198 (+39,5)	230 (+81,5)	10,6 (-63,7)	28,7 (-49,5)
Färg [mg Pt/l]	21 (-18,6)	21 (-18,8)	18 (-13,7)	17 (-23,3)
NV Görvåln S				
Färg [mg Pt/l]	18,8 (-10,7)	21,6 (-11,5)	20,6 (-15,4)	17,9 (-15,8)
NV råvatten				
Turbiditet [FNU]	2,2 (-8,87)	1,5 (-43,5)	1,3 (-42,6)	1,1 (-54,7)
NV Görvåln S				
Turbiditet [FNU]	1,18 (-42,7)	1,46 (-42,2)	1,74 (-38,9)	1,48 (-43,5)
NV råvatten				
Säsong	Vinter 2020	Vår 2020	Sommar 2020	Höst 2020
Nederbörd [mm]	53,2 (-35,7)	78,1 (-1,69)	150 (-14,7)	122 (-4,70)
Lufttemperatur	2,68 (-2)	3,20 (+22,2)	13,05 (+0,2)	8,71 (+27,1)
Flöde [m ³ /s]	247 (+73,7)	91,2 (-28,1)	0,880 (-97,0)	32,3 (-42,3)
Färg [mg Pt/l]	21 (-18,6)	21 (-18,6)	18 (-13,7)	17 (-23,4)
NV Görvåln S				
Färg [mg Pt/l]	19,4 (-8,2)	22,2 (-9,3)	19,6 (-19,4)	18,1 (-14,9)
NV råvatten				
Turbiditet [FNU]	3,1 (+28,4)	1,8 (-32,3)	2,1 (-7,5)	2 (-17,6)
NV Görvåln S				
Turbiditet [FNU]	2,18 (+5,6)	2,78 (+9,8)	1,79 (-37,0)	1,91 (-27,1)
NV råvatten				

I Figur 15 respektive 16 visar grafer på flöde tillsammans med färg respektive turbiditet för perioden 2019–2020 i Görvåln. Flöde uppmätte maximalt värde 2019-12-25. Färgen hade inga höga värden under denna period. De högsta värden för turbiditeten 2020-04-14 för råvattendatan och mätdata vid Görvåln S uppmätte inga ovanligt höga värden.

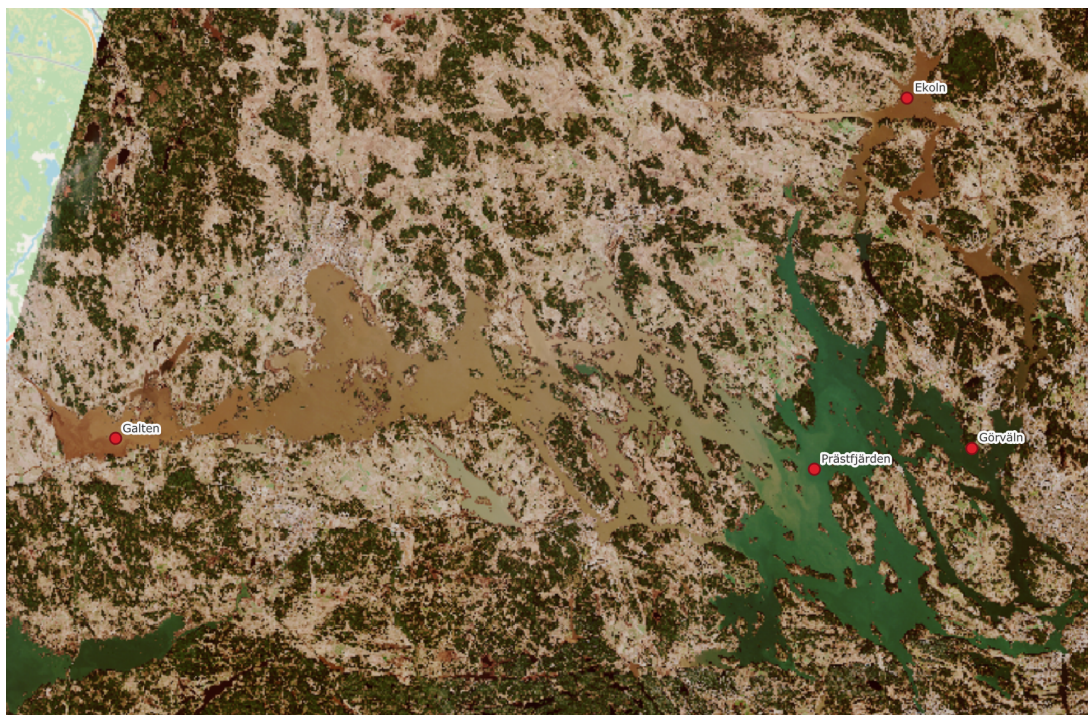


Figur 15: Färg och flöde åren 2019–2020 i Görväln. Flöde visas i blått med värden på vänstra axeln och färg visas i orange och rött med värden på högra axeln. Norrvattens mätdata vid Görväln S vid 20 meter är i rött och Norrvattens råvattendata är i orange.



Figur 16: Turbiditet och flöde åren 2019–2020 i Görväln. Flöde visas i blått med värden på vänstra axeln och turbiditet visas i orange och rött med värden på högra axeln. Norrvattens mätdata vid Görväln S vid 20 meter är rött och Norrvattens råvattendata är i orange.

I Figur 17 visas ett satellitfoto över Mälaren 3 mars 2020. Fyra mätstationer från SLU är utpekade; Ekoln, Görväln, Prästfjärden samt Galten. Vid Ekoln och Galten var vattnet brunt och grått. Vid Görväln och Prästfjärden var vattnet mer grönt och inte brunt och grått som vid de andra mätstationerna.



Figur 17: Satellitfoto över mälaren 3 mars 2020. Fyra av SLU mätstationer är utpekade; Görvaln, Ekoln, Prästfjärden och Galtén. Källa: SYKE 2024

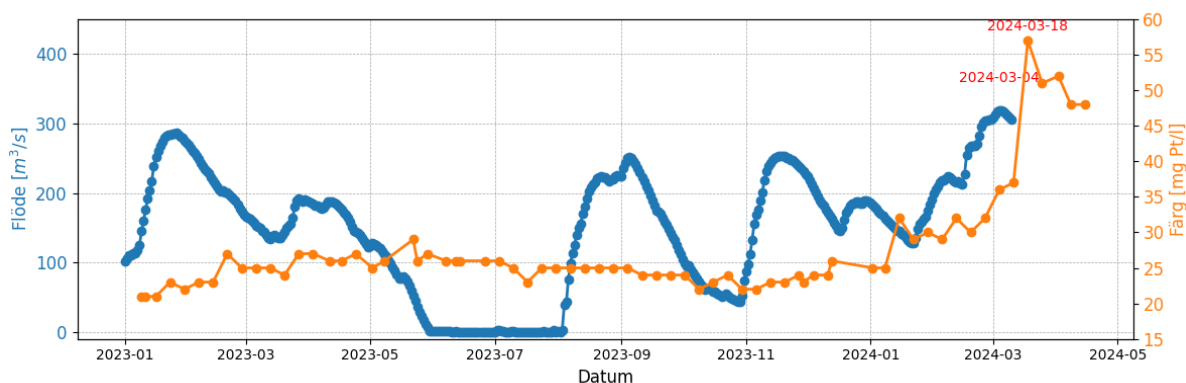
4.3.5 2023–2024

Tabell 7 visar de säsongsvisa värdena för 2023. Data från 2024 har inte hunnit hämtas för denna studie. Sommar och höst var nederbördsrik och flödet var mycket över medel under samma period.

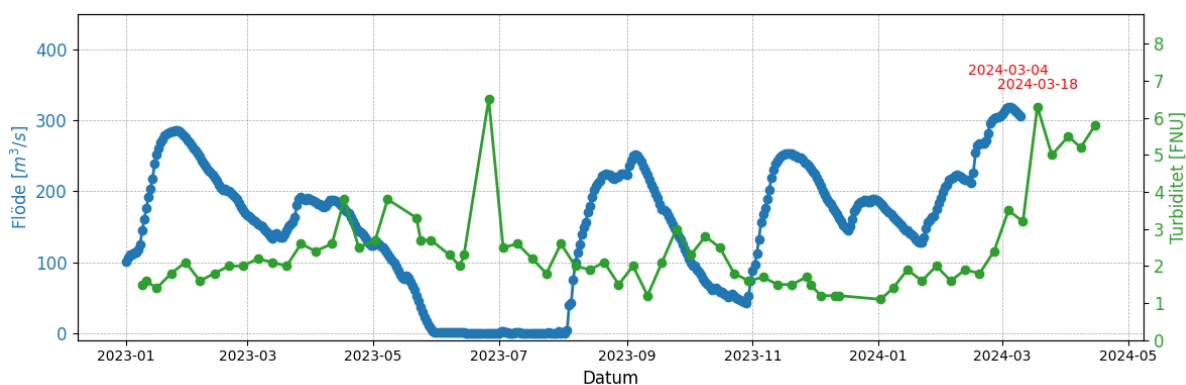
Tabell 7: Säsongsvisa medelvärden samt procentuella skillnader för 2023 i Görvåln jämfört med beräknad normalperiod för respektive dataset som visas inom parentes. Skillnader över 10 % har markerats med rött. Nederbörd är medelvärde på månatligt nederbörd från mätvärden från SMHI vid Adelsö. Lufttemperatur är mätvärden från SMHI vid Adelsö. Flöde är modellerat flöde från SMHI i Görvålnbassängen. Färg och turbiditet kommer både från Norrvattens mätdata vid Görvåln vid 20 meter samt från Norrvattens råvattendata.

Säsong	Vinter 2023	Vår 2023	Sommar 2023	Höst 2023
Nederbörd [mm]	48,6 (-41,2)	63,4 (-20,2)	234 (+33,4)	148 (+15,2)
Lufttemperatur	-0,81 (-40,2)	1,62 (-37,9)	13,2 (+1,63)	6,97 (+1,67)
Flöde [m³/s]	161 (+13,5)	132 (+4,33)	54,5 (+86,9)	156 (+179)
Färg [mg Pt/l] NV Görvåln S	20 (-22,4)	24 (-7,24)	23 (+10,3)	-
Färg [mg Pt/l] NV råvatten	22,1 (+5,02)	26,2 (+7,09)	25,2 (+3,51)	23,4 (+9,68)
Turbiditet [FNU] NV Görvåln S	-	2,4 (-9,75)	1,7 (-25,1)	-
Turbiditet [FNU] NV råvatten	1,81 (-12,5)	2,72 (+7,64)	2,48 (-12,7)	1,94 (-25,8)

I Figurerna 18 respektive 19 visas flöde tillsammans med flöde respektive turbiditet från råvattendata i perioden 2023–2024. Flödet uppmätte det högsta värdet 2024-03-04 och både färgen och turbiditen uppmätte sitt maximala värde 2024-03-18. Juli 2023 för turbiditeten antas inte vara ett extremvärde utan ett mätfel. Notera att graferna inte har med hela 2024 utan endast har mätdata till och med april 2024. Dessa extremvärden kan därför överskridas beroende vad som mäts resten av året.

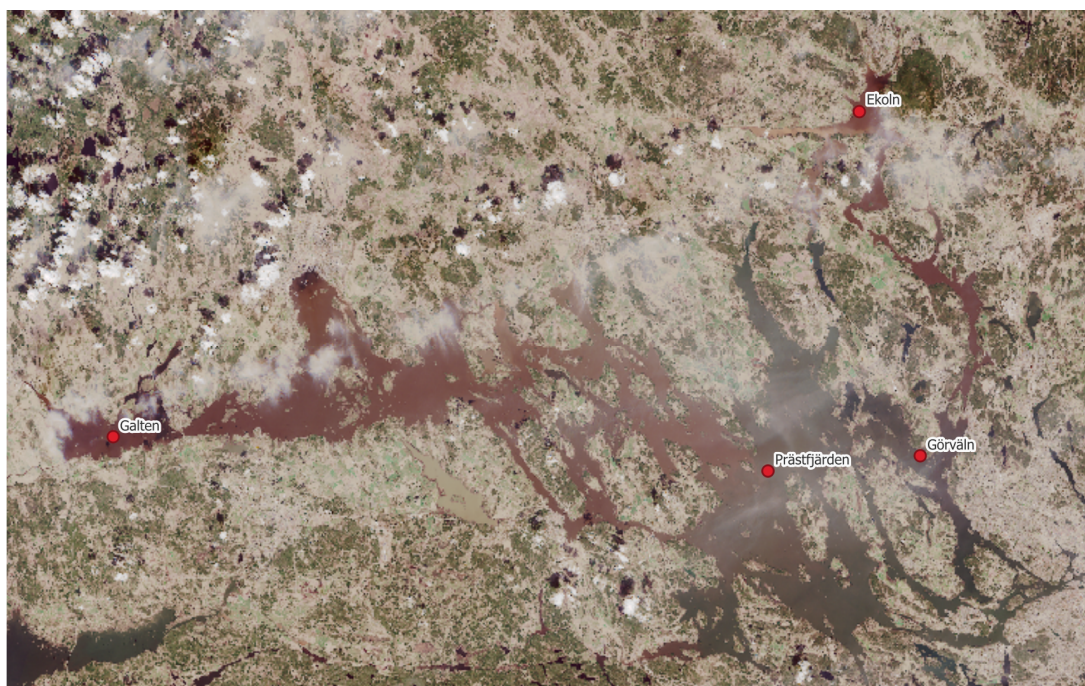


Figur 18: Färg och flöde åren 2023–2024 i Görvåln. Flöde visas i blått med värden på vänstra axeln och färg visas i orange med värden på högra axeln. Norrvattens råvattendata är i orange.



Figur 19: Turbiditet och flöde åren 2023–2024 i Görvåln. Flöde visas i blått med värden på vänstra axeln och turbiditet visas i grönt med värden på högra axeln. Norrvattens råvattendata är i grönt.

I Figur 20 visas ett satellitfoto över Mälaren 30 april 2024 med fyra av SLU mätstationer utpekade; Galten, Prästfjärden, Ekoln och Görvåln. Mälaren har en generell brun färg, där de västra och norra delarna är mer bruna än de centrala delarna, där Prästfjärden och Görvåln är lokaliserade.



Figur 20: Satellitfoto över mälaren 30 april 2024. Fyra av SLU mätstationer är utpekade; Galten, Prästfjärden, Ekoln och Görvåln. Källa: SYKE 2024

4.4 LÅNGSIKTIGA TRENDANALYSER

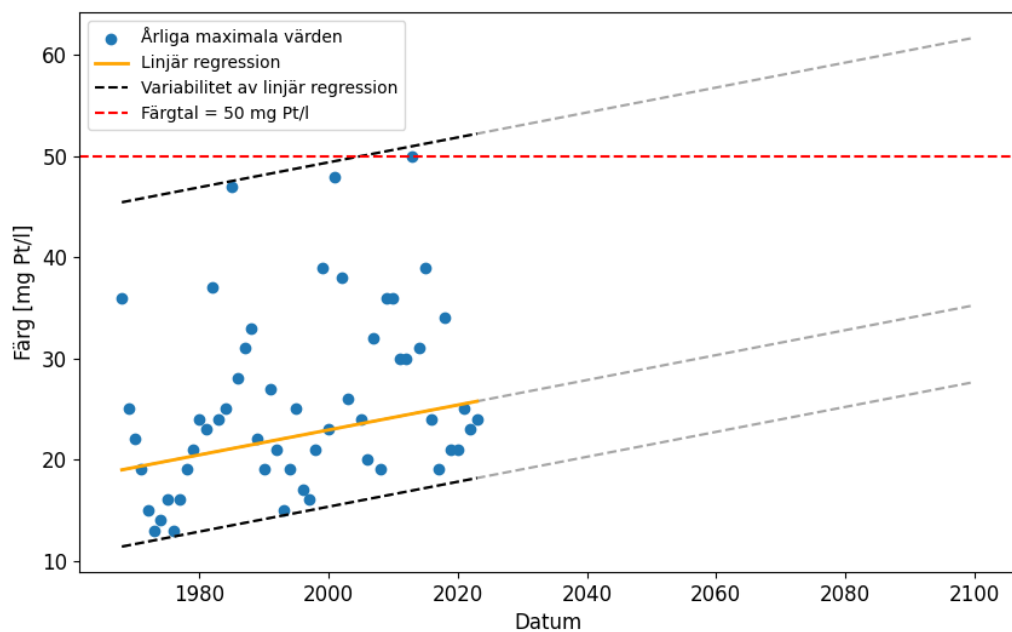
Långsiktiga trendanalyser gjordes på de maximala årsvärdena samt årliga medianerna för färg och turbiditet i Görvåln. De dataset som användes var SLU Görvåln vid 15 meter, Norrvattens mätdata vid Görvåln S vid 20 meter samt Norrvattens råvattendata. Datan som användes var till och med 2023. Först gjordes ett Mann-Kendall test på de maximala värdena och årliga

medianerna, vilket visas i Tabell 8 för färg. Det enda dataset med signifikant ökning för de årliga maximala värdena är Norrvattens mätdata vid Görväln S vid 20 meter, där $p = 0,018$. För de årliga medianerna har Norrvattens mätdata vid Görväln S samt Norrvattens råvattendata en signifikant ökning i färgtal med $p = 0,036$ respektive $p = 0,017$.

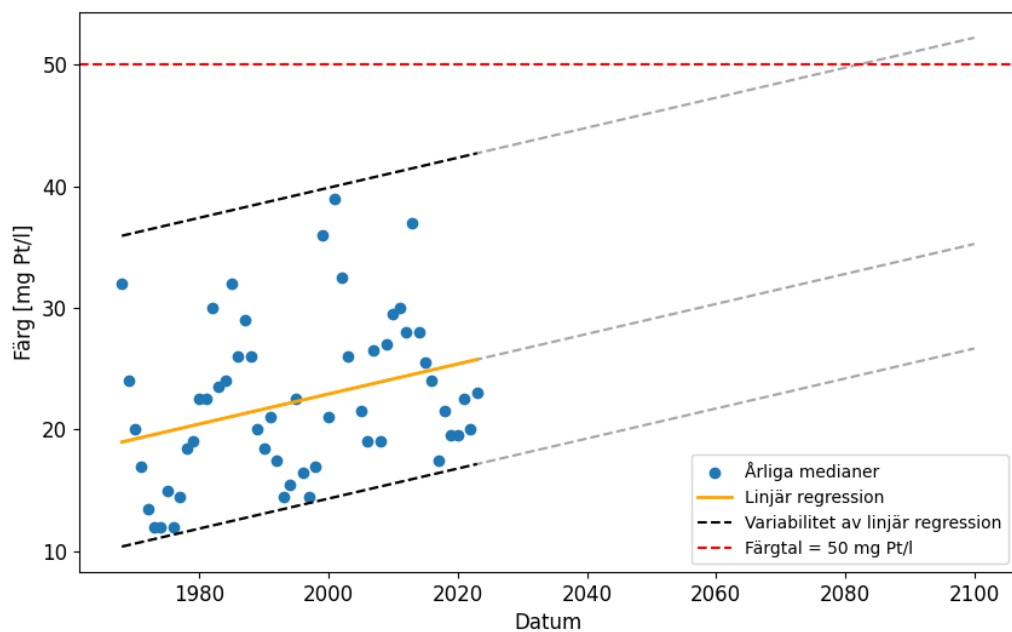
Tabell 8: p-värden från Mann-Kendall tester för färg i Görväln med tre olika dataset med olika längd på tidsserier; SLU (64–23), Norrvatten mätdata vid Görväln S (68–23) samt Norrvatten råvattendata (90–23). Från SLU-data är värden från 15 meters djup utvalda och för Norrvattens mätdata från Görvälnverket användes data från 20 meters djup. Grön färg betyder att det finns en uppåtgående trend. Vit betyder att det inte finns någon trend. Testerna gjordes på de maximala färgtalen för varje år i tidsserien.

	Görväln SLU-data	Görväln NV Görväln S	Görväln NV råvatten
Maximala årsvärden	0,27	0,018	0,22
Median årsvärden	0,062	0,036	0,017

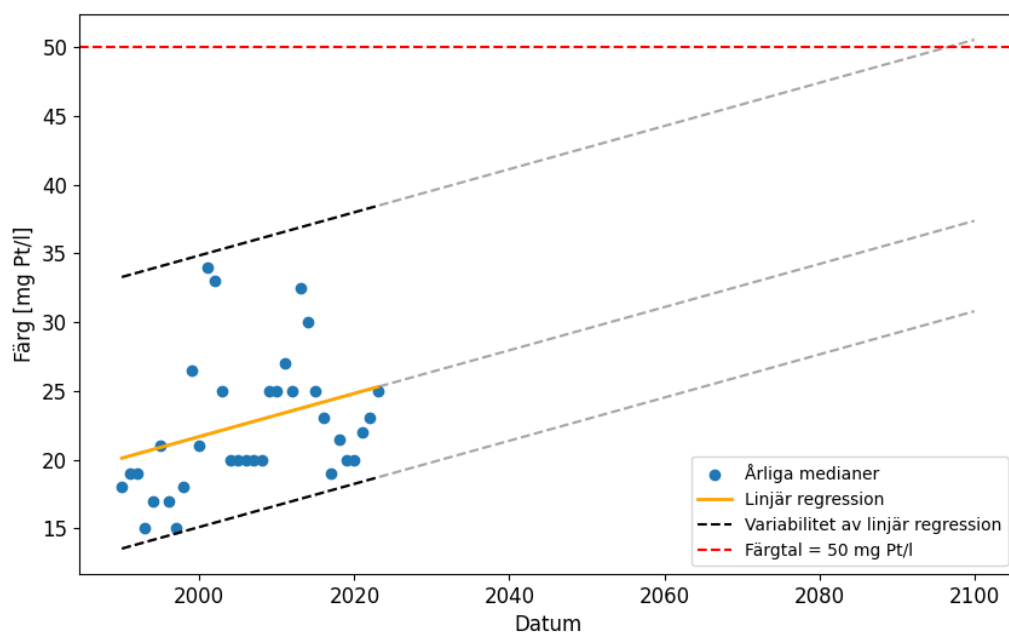
Därefter gjordes det en linjär regression på de årliga maximala färgtalen Norrvattens mätdata vid Görväln S vid 20 meter samt en linjär regression för de årliga medianerna för Norrvattens mätdata vid Görväln S och Norrvattens råvattendata till och med år 2100, se Figur 21 för de årliga maximala värdena och Figur 22 och 23 för de årliga medianerna. I Figurerna är även Norrvattens interna krav för ingående råvatten inritat, ett färgtal på 50 mg Pt/l. Den linjära regressionen för de årliga maximala färgtalen visar att Norrvattens interna krav redan är överskridet för de maximala årliga färgtalen och det kommer fortsätta öka om man antar att det är ett linjärt samband framåt i tiden. De linjära regressionerna för de årliga medianerna visar att Norrvattens interna krav för ingående råvatten kommer överskridas kring år 2090.



Figur 21: Årliga maximala värden (blåa prickar) och linjär regression (orange linje) för vattenfärg över tid för Norrvattens mätdata vid Görväln S vid 20 meters djup. De streckade svarta linjerna är variabiliteten av den linjära regressionen. De gråa streckade linjerna är den linjära regressionen till år 2100.



Figur 22: Årsmedianer (blåa prickar) och linjär regression (orange linje) för vattenfärg över tid för Norrvattens mätdata vid Görväln S vid 20 meters djup. De streckade svarta linjerna är variabiliteten av den linjära regressionen. De gråa streckade linjerna är den linjära regressionen till år 2100.

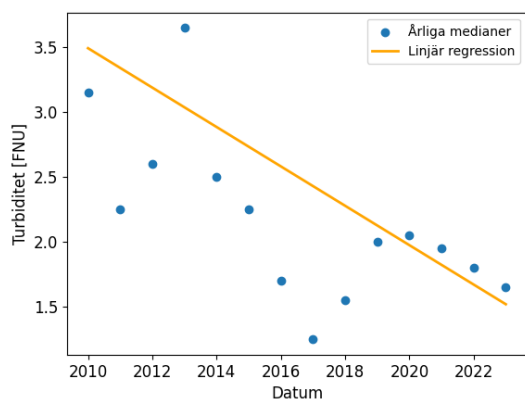


Figur 23: Årsmedianer (blå prickar) och linjär regression (orange linje) för vattenfärg över tid för Norrvattens råvattendata. De streckade svarta linjerna är variabiliteten av den linjära regressionen. De gråa streckade linjerna är den linjära regressionen till år 2100.

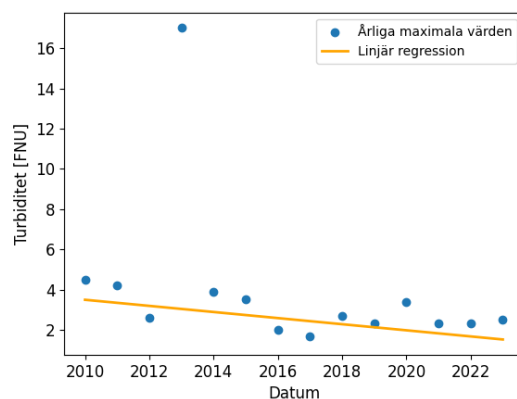
Tabell 9 visar Mann-Kendall test för turbiditeten för Görväl. Testet visar att det endast är SLU-data som har en signifikant nedåtgående trend med resultat från Mann Kendall test för maximala årsvärden; $p = 0,03$ och för årliga medianer $p = 0,010$. Linjära regressioner gjordes på SLU-data, vilket visas i Figur 24 och 25. Regressionerna har en nedåtgående trend för båda testerna.

Tabell 9: p-värden från Mann-Kendall tester för turbiditet i Görväl. Görväl med tre olika dataset med olika längd på tidsserier; SLU (10–23), Norrvatten mätdata vid Görväl S (76–23) samt Norrvatten råvattendata (90–23). Från SLU-data är värden från 15 meters djup utvalda och för Norrvattens mätdata användes data från 20 meters djup. Röd färg betyder att det finns en nedåtgående trend. Vit betyder att det inte finns någon trend. Testerna gjordes på de maximala färgtalen för varje år i tidsserien samt medianen för varje år.

	Görväl SLU-data	Görväl NV Görväl S	Görväl NV råvatten
Maximala årsvärden	0,03	0,90	0,15
Median årsvärden	0,010	0,50	0,25



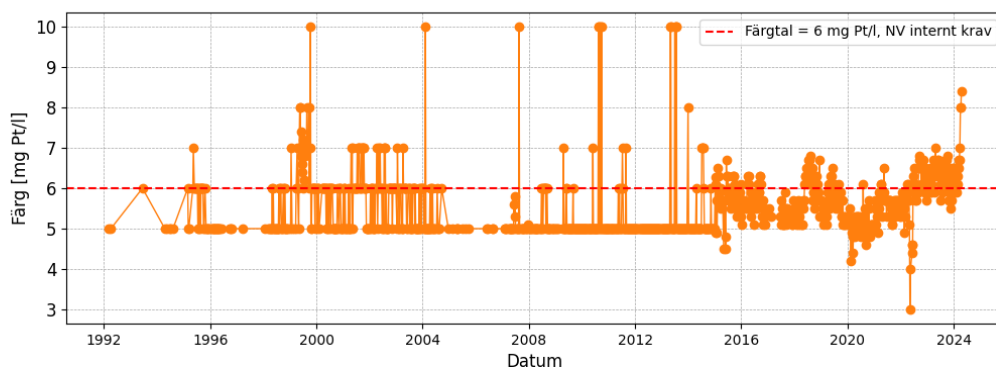
Figur 24: Årsmedianer (blå prickar) och linjär regression (orange linje) för turbiditet över tid för SLU data i Görväln vid 15 meters djup.



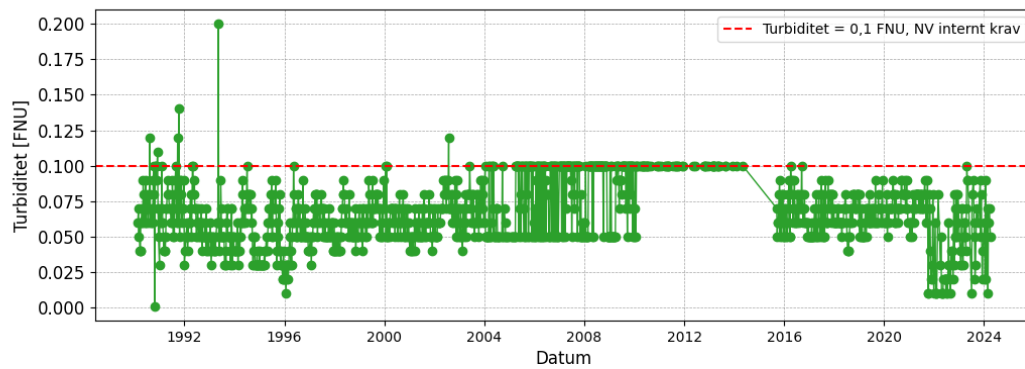
Figur 25: Årliga maximala värden (blå prickar) och linjär regression (orange linje) för turbiditet över tid för SLU data i Görväln vid 15 meters djup.

4.5 UTGÅENDE DRICKSVATTEN VID GÖRVÄLNVERKET

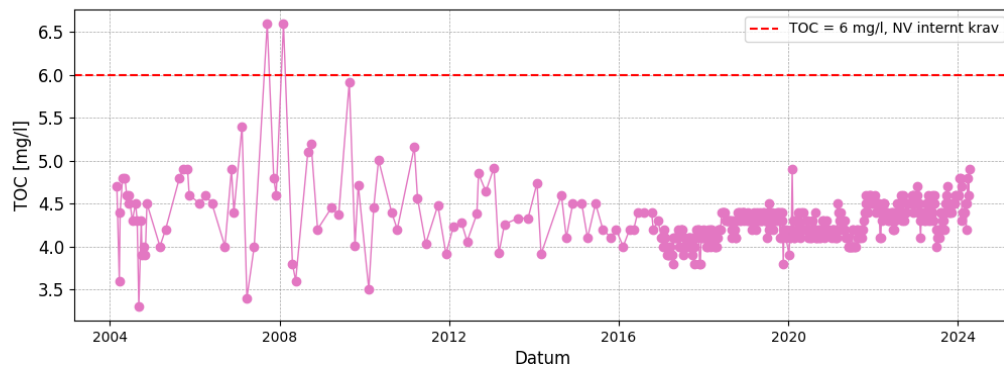
Figur 26, 27 och 28 visar det utgående dricksvattnet från Görvälnverket; färgtal, turbiditet samt TOC-halt. Norrvattens interna krav för utgående dricksvatten är utritat i rött i varje graf; 6 mg Pt/l, 0,1 FNU samt 6 mg TOC/l. Figur 26 visar färgen i det utgående dricksvattnet sedan år 1990. Det är vid många tillfällen som det interna kravet för färg har överskridits under hela mätperioden. Under 2023–2024 överskrids det interna kravet ofta. I Figur 27 visas turbiditeten i det utgående dricksvattnet från år 1990 och det interna kravet överskrids endast några gånger i början av mätperioden. TOC i det utgående dricksvattnet sedan år 2004 visas i Figur 28 där överskrids det interna kravet endast två gånger, i början av perioden.



Figur 26: Färg i utgående dricksvatten från Görvälnverket. Norrvattens interna krav för utgående dricksvatten är markerat i rött, färgtal = 6 mg Pt/l.



Figur 27: Turbiditet i utgående dricksvatten från Görvålnverket. Norrvattens interna krav för utgående dricksvatten är markerat i rött, turbiditet = 0,1 FNU.



Figur 28: TOC i utgående dricksvatten från Görvålnverket. Norrvattens interna krav för utgående dricksvatten är markerat i rött, TOC-halt = 6 mg TOC/l.

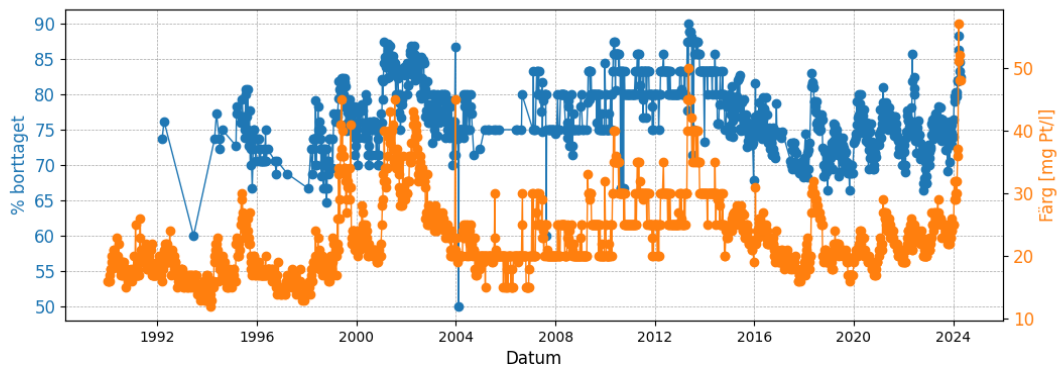
Antal gånger som Norrvattens interna krav överskrids för färgtal, turbiditet och TOC för Görvålnverkets utgående dricksvatten visas i Tabell 10. TOC har endast två tillfällen där det överskrider det interna kravet, dock hände dessa överskridelser under en extrempå period, 2008. Turbiditeten överskrids några fler gånger, speciellt på 90-talet. Färgtalet överskrids många gånger under hela tidsperioden, men med högre frekvens på 2010-talet.

Livsmedelverkets gränsvärden är 15 mg Pt/l för färg och 0,5 FNU för turbiditet (SLVFS 2001:30.). Dessa gränsvärden för färg och turbiditet överskrids aldrig för det utgående dricksvattnet från Görvålnverket, utan det är endast Norrvattens interna krav som överskrids.

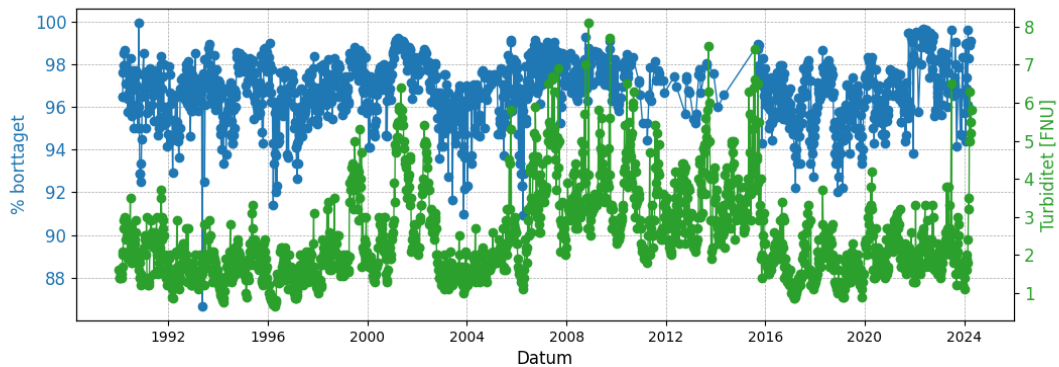
Tabell 10: Antal tillfällen som parametrarna färg, turbiditet och TOC i Norrvattens utgående dricksvatten överskrider Norrvattens interna krav på 6 mg Pt/l, 0,1 FNU samt 6 mg/l.

Antal tidpunkter över Norrvattens interna krav							
År	Färg [mg Pt/l]	Turbiditet [FNU]	TOC [mg/l]	År	Färg [mg Pt/l]	Turbiditet [FNU]	TOC [mg/l]
1990	-	2	-	2008	0	0	1
1991	-	2	-	2009	1	0	0
1992	0	0	-	2010	5	0	0
1993	0	1	-	2011	2	0	0
1994	0	0	-	2012	0	0	0
1995	1	0	-	2013	6	0	0
1996	0	0	-	2014	4	0	0
1997	0	0	-	2015	12	0	0
1998	0	0	-	2016	10	0	0
1999	23	0	-	2017	0	0	0
2000	0	0	-	2018	21	0	0
2001	11	0	-	2019	7	0	0
2002	6	1	-	2020	1	0	0
2003	2	0	-	2021	3	0	0
2004	1	0	0	2022	21	0	0
2005	0	0	0	2023	42	0	0
2006	0	0	0	2024	14	0	0
2007	1	0	1				

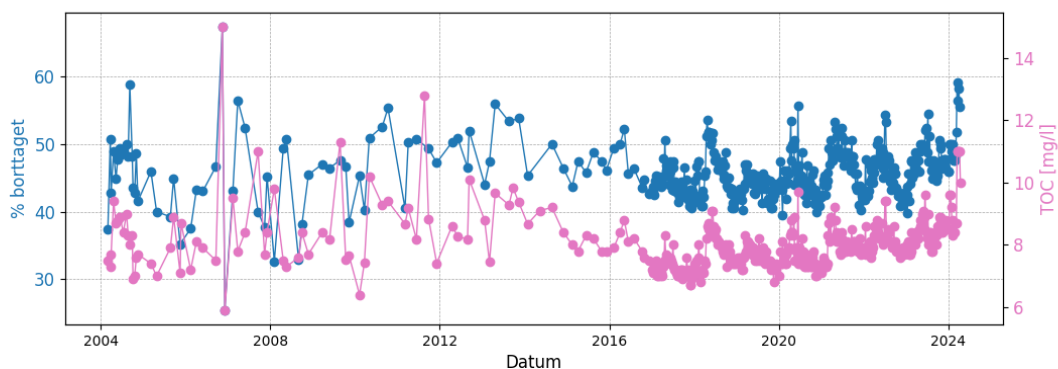
Den procentuella reningen från råvatten till utgående dricksvatten från Görvälnverket visas i Figuren 29, 30 och 31 för färg, turbiditet respektive TOC. Alla parametrar; färg, turbiditet och TOC, följer trender i den procentuella reningen halterna i råvattnet. Om det är höga halter i råvattnet krävs det mer rening och den procentuella reningen går upp. Trots hög procentuell rening så överskrider alltså färgtalet i utgående dricksvatten i förhållande till Norrvattens interna krav.



Figur 29: Den procentuella reningen för färg från råvatten till utgående dricksvatten på Görvälnverket (blått) och har y-axel på vänster sida. Råvatten i orange och har y-axel på höger sida.



Figur 30: Den procentuella reningen för turbiditet från råvatten till utgående dricksvatten på Görvälnverket (blått) och har y-axel på vänster sida. Råvatten i grönt och har y-axel på höger sida.



Figur 31: Den procentuella reningen för TOC från råvatten till utgående dricksvatten på Görvälnverket (blått) och har y-axel på höger sida. Råvatten i rosa och har y-axel på höger sida.

4.6 UTVÄRDERING AV MÄTNINGAR

SLU gör mätningar i februari, april, maj, juli, augusti samt september. De har 11 mätstationer placerade i olika delar av Mälaren. Beroende på djupet av bassängen är mätdjupet olika. I alla

bassänger görs detaljerade analyser av många parametrar i ytvattnet, på 0,5 meters djup. I Galten är den djupaste mätningen på max 10 meter och i Görväln är mätningarna ned till 45 meter.

Norrvatten mäter råvattnet vid intaget för dricksvattenverket en gång i veckan. Generellt är intagsdjupet kring 20 meter, men det varierar beroende om det är is på sjön. Utöver mätningarna av råvattnet mäter Norrvatten vattenkvaliteten på några andra platser i Mälaren under året. Mätningar vid Görväln S sker generellt fyra gånger per år; februari, maj, augusti och november. Norrvatten tar prover på fem platser; Strömsängsudde, Ormsundet, Saltvik, Stäket samt Görväln S. På samma sätt som mätningarna från SLU, beror mätdjupen på djupet på bassängen. I Ormsundet och Stäket tas endast prover i ytvattnet vid 0,5 meter. I Görväln tas prover var femte meter ned till 45 meter, Strömsängsudde har prover ned till 15 meter och i Saltvik tas prover ned till 30 meter.

I Tabell 11 visas vilka månader Norrvatten respektive SLU gör sina mätningar. Norrvatten gör veckovisa mätningar på råvatten året om. Norrvatten gör även mätningar fyra gånger per år i de olika bassängerna och SLU har sex mättillfällen

Tabell 11: Månader för mätningar för SLU samt Norrvattens råvatten och Görväln S.

Månad	Mätningar NV Görväln S	Mätningar NV Råvatten	Mätningar SLU
Januari	-	X	-
Februari	X	X	X
Mars	-	X	-
April	-	X	X
Maj	X	X	X
Juni	-	X	-
Juli	-	X	X
Augusti	X	X	X
September	-	X	X
Oktober	-	X	-
November	X	X	-
December	-	X	-

5 DISKUSSION

I följande avsnitt diskuteras resultatet från studien; hur ett normalår ser ut och hur färgen och turbiditeten har varierat i mälarbassängerna över åren, urvalet av extremp perioderna och anledningar till extrema värden under de perioderna, hur Mälarens vattenkvalitet kan förändras i framtiden, hur dricksvattenreningen påverkas av extremp perioder samt hur Norrvatten kan utveckla sin mätverksamhet.

5.1 NORMALÅR

Färgen och turbiditeten vid Görvälén varierar cykliskt, se Figur 2, där vissa perioder har högre lägsta värden än andra perioder. Cyklerna är ungefär 15 år och 2023–2024 ser ut som att det kan vara en början på en uppgång i en cykel. Inom dessa cykler varierar parametrarna säsongsvist. Utöver detta är det vissa år som är mycket högre än andra år, och dessa extrema år är inte alltid densamma för färgen och turbiditeten. Trots dessa cykliska variationerna i färg och turbiditet har färg en klar ökning över tid från år 1968, se bland annat Figur 22. Turbiditeten har en minskning över tid från år 2010, se bland annat Figur 24.

Dessa cykliska förändringar är idag inte så utforskade. En studie om cyklerna i Mälaren föreslår att cyklerna kan bero på Nordatlantiska oscillationen (NAO), som har en cykel på 22 år och påverkar akvatiska ekosystem. NAO kan ge högre lufttemperaturer, mer vind och mer nederbörd, vilket påverkar vattenkemin i sjöar (Johansson et al. 2010). Cyklerna är intressanta att undersöka vidare.

Många av mälarbassängernas färg varierar mer än i Görvälén, vilket syns i deras säsongsvisa variation, som är större. Även Görvälén har säsongsvisa fluktuationer, se Figur 2, men de har inte lika stor amplitud i fluktuationerna som i andra bassänger. Görväléns toppar i färg har längre periodicitet än till exempel Galten och topparna är något förskjutna framåt i tiden än Galtens toppar. Västerifrån, från Galten och Prästfjärden till Görvälén är denna förskjutning ett år mellan Galten och Görvälén i extremp perioderna 2000–2001 och 2012–2013. Prästfjärden har toppar samtidigt som Görvälén så förskjutningen mellan Prästfjärden och Görvälén är alltså ingen. Norrifrån, från Ekoln och Skarven till Görvälén är denna förskjutning ett år mellan Ekoln och Görvälén och Skarven har en färgtopp samtidigt som Ekoln.

Även turbiditeten följer varandra i de olika mälarbassängerna, se Figur 4. Galten uppmäter de högsta och Prästfjärden och Görvälén uppmäter de lägsta halterna. Topparna i turbiditeten är inte förskjutna, som de är för färgen. Som diskuterats innan, Galten får majoriteten av vattnet till Mälaren, har kort omsättningstid och får därför höga partikelhalter. I avrinningsområdet för Blacken, Granfjärden (B) och Ekoln (D) är det stor area med jordbruksmark, som vid hög avrinning kan bidra med mycket partiklar till Mälaren och ökar turbiditeten.

Eftersom färgen och turbiditeten i Görvälén följer de andra bassängerna i Mälaren men med en liten förskjutning i tid verkar det som att färgen i Görvälén är mer beroende av meteorologiska händelser jämfört med humushalter i bassängerna uppströms. Därför är det inte lämpligt för Görvälénverket att bara lita på att toppar i humusämenen eller partiklar från Görvälén eller Ekoln

påverkar Görvältn efter en transporttid. Det är viktigare att bevaka nederbörd och flöde för att få en indikation om färg eller turbiditet i Görvältn kommer öka eller minska. Vid höga flöden kommer vattnet till Görvältn från de andra bassängerna snabbare vilket påverkar färgen i Görvältn (Köhler & von Brömssen 2021). Köhler och von Brömssen har beräknat att Görvältn får en blandning av vatten från Ekoln och Prästfjärden. Alltså är det också relevant för Norrvatten att ha koll på extrema värden i bassängerna uppströms samt att ha koll på förskjutningen av färgtoppen mellan bassängerna.

Galten uppmäter de högsta färgtalen, på grund av att den bassängen får majoriteten av vattnet från Mälarens avrinningsområde och har en kort omsättningstid (några veckor). I delavrinningsområdet till Galten är det 70 % våtmark och skogsmark, se Tabell 1, vilket är den mark som har den mesta brunifierande effekten på ytvatten (Kritzbeg et al. 2019; Lindqvist 2020). Det är även den första bassängen som vattnet från avrinningsområdet kommer till så färgen har inte hunnit brytas ned av solljus eller humusämnen har inte hunnit sedimenteras (Bertilsson & Tranvik 2000; WSP 2021; Sonesten et al. 2013). I bassängerna mellan Galten och Görvältn minskar färgtalen och generellt blir de lägre och lägre ju närmre bassängen är Görvältn. Även färgtalen i Ekoln är höga, men inte lika höga som Galten. Det kan bero på att Ekolns avrinningsområde är mindre och att det är mindre andel våtmark och skogsmark jämfört med Galten, se Tabell 1. Skarven har lägre färgtal, då humusämnena har sedimenteras eller brutits ned av UV i transporten till bassängen. Prästfjärden och Görvältn har generellt lägsta uppmätta värden för färg. Båda bassängerna har längre omsättningstider än Galten (2 år respektive 5 månader). Görvältn har för det mesta något högre värden då den bassängen får vatten både norrifrån och västerifrån, från Ekoln och från Prästfjärden. 2001 har Prästfjärden högre värden än Görvältn, vilket kan bero på att utbytet mellan Galten och Prästfjärden är snabbare vid kraftig tillrinning till bassängerna. Detta utbytet kan ha varit snabbare än det norrifrån eller att flödesdynamiken till Görvältn förändrades vid hög tillrinning, som därefter gjorde att färgen ökade mer i Prästfjärden än i Görvältn.

5.2 EXTREMPERIODER

De perioder som bedömdes vara extrempperioder är 2000–2001, 2008–2010, 2012–2013, 2019–2020 samt 2023–2024. Vad som är gemensamt mellan perioderna är att de har extrema värden på några parametrarna, men de skiljer sig ändå en del mellan varandra.

Det finns många olika metoder för att identifiera extrema värden och i denna studie identifierades de värden över den 99:one percentilen, och de bedömdes som extrema. Om till exempel den 90:onde percentilen istället skulle användas kan resultatet ha påverkats.

Flödesdatan är modellerat flöde vid utloppet till bassängerna, från SMHI. Under många av de analyserade perioderna går flödet ned till noll under perioder, speciellt under sommarmånader, se bland annat Figur 9 för flödet under sommaren 2001 eller Figur 13 för flödet under sommaren och hösten år 2013. Då det är utflödet från bassängerna kan detta bero på om slussarna i Mälaren är öppna eller inte. Om de är stängda påverkas utflödet från bassängerna och kan gå ned till noll. Detta skapar en osäkerhet i analyserna med flödet. Flödesdatan är som sagt modellerade, vilket även det skapar en osäkerhet jämfört om datan skulle vara uppmätt data.

5.2.1 2000–2001

2000–2001 var en nederbördsrik period. Sommaren och hösten 2000 var ovanligt blöta, med 23 % respektive 49 % mer nederbörd än referensperioden. Även delar av 2001 var ovanligt blöt, våren hade 79 % mer nederbörd och hösten hade 43 % mer nederbörd än referensperioden. Flödet var över normalt från och med sommar 2000 till höst 2001, med undantag för sommar 2001. Färgen var hög hela 2001. Den långa och intensiva nederbördsperioden 2000, två säsonger efter varandra, sommar och höst 2000, med nederbörd över referensperioden, bidrar till de höga färgtalen och turbiditeten och de halterna håller sig höga en längre period, hela 2001 (Weyhenmeyer 2005).

Flödestoppen 2000 uppnås 1 december. Toppen för färg uppnås 15 juli 2001 för Norrvattens råvatten och 12 mars 2001 för Norrvattens mätdata vid Görväln S, se Figur 9. Turbiditeten uppnådde ett maximalt värde 7 maj Norrvattens råvatten och 11 mars 2001 för Norrvattens mätdata vid Görväln S, se Figur 10. Färgtoppen uppnåddes 3–7 månader efter flödestoppen och toppen i turbiditet uppnåddes 3–5 månader efter flödestoppen. Nederbörden var under sommar–höst år 2000 23–49 % högre än normalt vilket resulterade i färgtal vinter–höst 2001 32–68 % högre än normalt samt turbiditet 14–143 % högre än normalt.

5.2.2 2008–2010

Turbiditeten under hela perioden var minst 20 % högre än normalt för Norrvattens råvatten och det samma gäller för mätdata vid Görväln S med undantag för vinter 2010, se Tabell 4. Flödet har tre toppar, en varje år och toppen år 2010 är den högsta under perioden. För varken färg eller turbiditet finns det något mönster av en flödestopp följt av en topp av färg eller turbiditet, se Figur 11 och 12. Det är olika höga toppar eller olika tid efter flödestoppen som det är en topp i färg eller turbiditet. Denna period är en del av en period med högre grundhalter av färg och turbiditet, se Figur 2. Det kan därför vara en felkälla och de toppar som har identifierats istället inte är extrema värden utan endast lite högre värden i en period med höga grundnivåer.

5.2.3 2012–2013

2012 och 2013 var extrema år med avseende på både färg och turbiditet och var minst 10 % över medel för både 2012 och 2013, se Tabell 5. Det var nederbördsrikt vår–höst 2012, så det var en långvarig period med mycket nederbörd då det var tre säsonger efter varandra med 12,5–59,3 % mer nederbörd än referensperioden, vilket påverkade halterna i färg och turbiditet. Flödet var högt under 2012, främst i slutet av året.

I mitten av april 2013 blev vädret milt och snösmältningen startade vilket ökade flödet i snabb takt (SMHI 2018). Även nederbörd under nästan hela 2012 bidrog till höga flöden. Under denna period är det två flödestoppar; 2 november 2012 samt 25 april 2013. Färgen hade en topp en månad efter flödestoppen och turbiditeten hade topp en 5 månader efter flödestoppen. Färgen var 48–59 % högre än normalt och turbiditeten 21–61 % högre än normalt efter vårfloden. Över hela perioden var flödet 178–193 % över normalt sommar–höst 2012. Färgen 11–93 % och turbiditeten 16–74 % över normalt.

Vintern 2012 var det isfritt på Mälaren, se Figur 2. När det inte är is på sjön påverkar vinden och skapar vågor vilket gör att partiklar resuspenderas och en högre turbiditet kan uppmätas (Almroth Rosell 2011). Resuspension kan vara en delförklaring till höga värden för turbiditet vintern 2012. En isfri period kan också indikera att det är mindre snö och att marken ligger oskyddad från erosion vilket medför att en större mängd lerpartiklar kan sköljas ut under vinter och vårmånaderna. Om det hade funnits mer tid för denna studie hade lufttemperatur och snödjup i relation till turbiditet i Görväln kunnat studerats närmre.

Halterna uppmätta vid Görväln S och de från råvattendatan skiljer sig från varandra relativt mycket för både turbiditet och färg, speciellt på vintern där Norrvattens mätdata vid Görväln S uppmäter högre värden än råvattendatan. De borde följa varandra då de är mätta på in princip samma plats med generellt samma djup. Den period då det är is, när råvattnet in till Görvälnverket tas på 4 meter istället för 22 meter, kan råvattendatan visa andra värden än mätdata vid Görväln S, då de tas från olika djup. Norrvattens råvattendata är även filtrerad innan mätning. Filtrering bör inte påverka mycket, men det kan ha en liten påverkan på de uppmätta halterna för råvatten.

5.2.4 2019–2020

25 december 2019 var uppmättes det maximala värdet för flöde för denna period, se Figur 15. Under vinter och vår var flödet 40 % respektive 82 % högre än referensperioden. I Görväln är det inga extrema värden för färg under hela perioden och turbiditeten uppnår ett värde på 29 % över medel vintern 2020, annars är det inga höga värden för turbiditeten. Hösten 2019 var nederbördsrik, vilket bidrar till flödestoppen i december samma år. Flödestoppen kommer i december istället på våren i samband med en eventuell vårflood kan vara på grund det milda vädret med nederbörd som regn istället för snö. Det höga flödet gjorde att jordbruksmark och fastigheter svämmades över (SMHI 2022). Under vintern när det inte är grödor på jordbruksmarkerna sker det mer läckage av jordpartiklar än när det är växtlighet på jordarna (Kyllmar et al. 2020). Det höga flödet och mycket nederbörd på bar mark för med sig jordpartiklar till Mälaren, vilket höjer turbiditeten. Turbiditeten ökar inte så mycket i Görväln jämfört med andra mälarbassänger. Det kan bero på att det är större andel jordbruksmark i avrinningsområdena i de delarna jämfört med Görväln, se Tabell 1. Galten har lägst andel jordsbruksmark i avrinningsområdet, men har ändå hög turbiditet. Den höga turbiditeten i Galten kan därför istället bero på dess korta omsättningstid och stora avrinningsområde. Detta tillsammans med högt flöde ger hög turbiditet i Galten. Denna skillnad i turbiditet mellan bassängerna kan ses i Figur 17. De västra och nordöstra delarna är gråbruna, vilket indikerar en hög partikelhalt. De centrala delarna är inte gråbruna, och de har inte en lika hög partikelhalt. Partiklarna har hunnit sedimentera innan de hinner komma till Görväln.

Under vintern 2020 var det ingen is på Mälaren, se Figur 2. De höga partikelhalterna i delar av Mälaren kan även bero på resuspension i sjön i och med den isfria vintern samt eventuell högre erosion från land i och med mindre snö på land som kan leda till att mer lerpartiklar kan transporteras till Mälaren.

Färgen var inte hög i denna period till skillnad från turbiditeten. Den största förändringen i färg

beror på långvarig nederbörd, till skillnad från kortvarig mer intensiv nederbörd (Weyhenmeyer 2005). Denna period hade kortvarig nederbörd, endast nederbörd över medel vår och höst 2019 och inte nederbörd över medel i flera säsonger efter varandra, som påverkade flödet och i förlängningen turbiditeten, men det påverkade inte färgen på samma sätt.

5.2.5 2023–2024

Sommar och höst 2023 var ovanligt blöt och flödet var över normalt för hela 2023 förutom våren, se Tabell 7. Denna långvariga nederbördsperiod, nederbörd 15–33 % över medel i två säsonger efter varandra, bidrar till de höga färgtalen och turbiditeten under 2024. Färgen, från Norrvattens råvatten uppnår det maximala värdet den 18 mars 2024 och flödet uppnår det maximala värdet 4 mars 2024. Även turbiditeten uppnår det maximala värdet 18 mars 2024. Dessa maximala värden är beräknade till och med 15 april 2024, och parametrarna kan potentiellt uppnå högre värden senare under 2024. Det är svårt att estimerar hur lång tid efter flödestoppen toppen i färg eller turbiditet kommer då det inte finns tillgång av data för hela 2024.

Den bruna färgen i Mälaren för 2024 visas i Figur 20. De västra och nordöstra delarna är mycket bruna och de centrala delarna har mindre brun färg. Färgen i denna bild är mer brun än färgen uppvisad i Figur 17, då år 2020 var det lägre färgtal och turbiditeten dominerade istället.

5.2.6 Sammanfattning av extremprioderna

Hög nederbörd ger högt flöde samma eller perioden efter. 2000, 2012 och 2023 var det långvarig nederbörd, med minst två säsonger efter varandra med nederbörd mycket över referensperioden. Om det var hög nederbörd på hösten ett år påverkas färgen och turbiditeten vintern efter och håller sig ofta hög en period. 2000 var nederbörden 23–49 % över referensperioden sommar–höst, 2012 var nederbörden 13–59 % över referensperioden vår–höst och 2023 var nederbörden 15–33 % över referensperioden sommar–höst. Dessa långvariga nederbörd påverkade Mälaren och extrema värden av färg och turbiditet uppmättes i den följande säsongen. Andra faktorer som påverkar extrema perioder av turbiditet är milda vintrar med hög vårflod och ingen is på Mälaren.

5.3 LÅNGSIKTIGA TRENDANALYSER

Den linjära regressionen för de årliga maximala värdena för färg visar att det är en uppåtgående trend och att Norrvattens interna krav för ingående råvatten redan är uppnått, se figur 21. Detta innebär att Norrvatten behöver vara förberedda att få färgtal högre än 50 mg Pt/l vid perioder med höga färgtal. Även den linjära regressionen för de årliga medianerna har en uppåtgående trend för färg och den visar att ett färgtal på 50 mg Pt/l kommer uppnås kring 2090, se Figur 23 och 22. I Köhler och von Brömssens analys från 2019 kom de fram till att årsmedianen av färgtalen ska uppnås 50 mg Pt/l 2060. Deras analys har mätvärden till och med 2018. Median-färgtalen mellan 2019–2023 är relativt låga jämfört med tidigare mätvärden, vilket gör att lutningen av den linjära regressionen blir mindre brant och interna krav bedöms uppnås senare jämfört med analysen från Köhler och von Brömssen.

Turbiditeten har en nedåtgående trend för både de årliga medianerna samt för de maximala årliga

värdena, se figur 24 och 25. Från den linjära regressionen kommer turbiditeten nå noll inom några år, vilket inte är troligt. Detta betyder att sambandet för turbiditet troligen inte är linjärt. Turbiditeten har stor säsongvis varians samt cykliska långvariga högre eller lägre värden, se figur 2, vilket kan påverka sambandet. För att beräkna turbiditetens trend i framtiden bör därför andra metoder än linjär regression användas. Det finns idag inte så mycket forskning kring turbiditetens trender i sjöar. Kratzer m fl. (2017) undersökte en Walesisk sjö och de hittade en uppåtgående trend i turbiditeten, men trenden var inte signifikant (Kratzer et al. 2017). Ekholm och Mitikka (2006) beräknade att turbiditeten i 20 finska sjöar har ökat mellan åren 1976–2002 (Ekholm & Mitikka 2006). I en studie med 76 kinesiska sjöar så uppmätte 65 % av sjöarna en nedåtgående trend mellan åren 2000–2014. (Hou et al. 2017). I ytterligare en studie om kinesiska sjöar hittades en nedåtgående trend i turbiditeten. Studien kom fram till att den nedåtgående trenden beror på hög ytavrinning vid snösmältning, vilket gör att sjövattnet späds ut av ytavrinningen. Andra förklaringar kan vara ökad andel urbana områden i avrinningsområdet och minskad vindhastighet och därför minskad resuspension i sjön (Zhang et al. 2022). Det finns alltså inget enhetligt svar på hur turbiditeten i sjöar kommer förändras och vilken trend den har, så turbiditetens trend i framtiden och anledningar till trenderna kan därför vara intressant att studera mer.

Det är intressant att inte alla tre analyserade dataset från Görvältn har samma signifikanta ökning eller minskning för varken färg eller turbiditet samt att alla trender inte är signifikanta även fast de är mätta vid ungefär samma djup och plats. En sak som skiljer dataseten är tidpunkterna för mätningarna, vilket kan vara en anledning till skillnaderna. En annan anledning kan vara att dataseten har olika längd, vilket kan påverka trendanalysen.

5.4 MÄLAREN I FRAMTIDEN

Som diskuterats innan, färgen förväntas bli högre i Mälaren i framtiden. Det finns mycket forskning på hur andra förhållanden kring Mälaren kommer förändras i framtiden. Tiden då det är is på Mälaren kommer att minska (Eklund et al. 2018; Stensen et al. 2017, Sjökvist et al. 2015; Ohlsson et al. 2015). Resuspensionen från botten kan öka med isfria år, och den uppmätta turbiditeten i vattnet kan därför öka. Vintertillrinningen kommer öka och tillrinningen på vår och sommar kommer minska (Eklund et al. 2018). I denna studie var det vintertillrinningen som hade en stor påverkan på färg och turbiditet i Mälaren.

Det utmärkande är att höst och vintertillrinningen kommer att öka med upp till 50 % enligt RCP 4,5 och upp till 75 % enligt RCP 8,5 i de största tillrinningsområdena (Sjökvist et al. 2015; Ohlsson et al. 2015). Det kan därför medföra förväntad ökad färg i vattnet och toppar med färg borde kunna förväntas att öka eftersom ökad långvarig avrinning ger högre frisättning av organiskt material enligt Weyhenmeyer (2005).

5.5 UTGÅENDE DRICKSVATTEN VID GÖRVÄLNVERKET

De år med höga färgtal vid Görvältn korrelerar inte alltid med de år som det utgående dricksvattnet från Görvältnverket överstiger Norrvattens interna krav, se Figur 26. Dock överskrider färgen det interna kravet minst en gång under de extrema perioderna. Från 2020 ökar antal överskridelser,

vilket kan bero på de höga färgtal 2023–2024 eller att reningsverket inte klarar av så höga färgtal (Lavonen et al. 2018). Reningen av turbiditet påverkas inte av extrema värden, och Norrvattens interna krav har endast överskridits ett fåtal gånger från 1990, se Figur 27, och dessa tillfällen korrelerar inte med extrema år med avseende på turbiditet. TOC-halterna överskrider interna krav två gånger, 2007 och 2008, i övrigt ligger halterna långt under det interna kravet. 2008 var det hög färg i Görväln, vilket kan ha påverkat de höga värdena av dricksvattnet samma år. TOC analyserna har blivit mer precisa efter år 2012, så värden innan och efter 2012 är inte helt jämförbara vilket påverkar denna analys och förhöjda TOC halter innan 2012 kan vara osäkra. För att få en mer tillförlitlig analys kan värden för kemisk syreförbrukning (COD) istället användas i framtida analyser. COD mäts också av Norrvatten i råvattenintaget. 2015 ändrades doseringen av ALG i Görvälnverket, vilket påverkar de utgående halterna av färg och turbiditet och jämförelsen av halterna innan och efter 2015 är därför påverkade ².

Den procentuella reningen för dricksvattnet följer halterna för färg, turbiditet och TOC. När det är höga halter är den procentuella reningen hög och vice versa för att om det är höga halter behöver man rena bort mer för att komma under det interna kravet. Så den procentuella reningen blir inte sämre när det är extrema värden, men den är inte alltid tillräcklig, vilket diskuterats ovan.

5.6 UTVÄRDERING AV MÄTNINGAR

Norrvatten har mätningar vid Görväln S över hela året, fyra gånger per år, vid flera djup än som redovisas i denna rapport. De har mätningar även i Skarven, Prästfjärden samt i inflödet till Görväln; Stäket och Ormsundet. Detta skapar en helhetsbild över halterna över året men det skapar också luckor i mätdata. Färgtal och turbiditeten har generellt maximala värden under våren, och där har Norrvatten endast en mätpunkt, i maj. SLU har mätningar även i april. Om Norrvatten vill ha mer övervakning på färg och turbiditet kan det vara bra att lägga till en mätning i mars, och även i januari för att se om någon uppåtgående trend kan upptäckas redan då. Det finns en fördel för Norrvatten att ha egna mätningar i april eftersom de behöver mätdata snabbt då det tar några månader för SLU att publicera resultatet från deras miljöövervakning. Utöver SLU:s miljöövervakning kan Norrvatten använda sig av fyrisonline.se. Det är Uppsala universitet som mäter bland annat vattenstånd, vattenföring och turbiditet varje timme i Fyriskan i Uppsala.

Något som Norrvatten kan tillägga i deras data är djupet på intaget för råvatten. Idag finns inte någon sådan kolumn, men intagsdjupet skiftar om det är isläggning eller ej. Vad som även kan finnas med är om det är isläggning eller inte, då skiktningen av sjön påverkas av om det är is eller inte.

SLU mäter färgtal i 254 nm från och med 2018. Färg i 254 nm används för att få fram den specifika UV-färgen, SUVA. SUVA korrelerar med reningen av NOM och är därför relevant för dricksvattenverket (Lavonen et al. 2018). Denna studie har inte fått tillgång till data om NOM för att göra jämförelsen mellan NOM och färg i 254 nm. Norrvatten mäter inte färgtal i 254 nm

²Daniel Hellström, Norrvatten, personlig kommunikation, 2024-05-30

vid Görväln S så det kan vara relevant för Norrvatten att mäta färg i 254 nm för att komplettera med fler mätpunkter under året.

5.7 FÖRSLAG FÖR YTTERLIGARE STUDIER

Det finns inte mycket flödesmätningar i Mälaren, denna studie använde modellerad data. Det hade varit intressant med flödesmätningar, både magnitud samt riktning för att få en bredare bild på hur vattnet i Mälaren transporteras. Utöver det är det intressant att ytterligare utforska omsättningstiden vid långa perioder av nederbörd samt undersöka transporterna mellan mälarbassängerna. Något annat som kan vara bra att fortsätta undersöka är relationen mellan färg och turbiditet; under vilka förhållanden blir det mer färg respektive turbiditet.

6 SLUTSATS

Det finns inget enskilt svar på hur väderförhållanden påverkar färg och turbiditet vid Görväln i Mälaren, men det finns några likheter mellan de utvalda extremprioderna. Det finns även intressanta trender i Mälaren och hur de olika bassängerna i Mälaren relaterar till varandra. Halterna av färg och turbiditet i Mälaren har en 15-års cykel med högre eller lägre värden. 2024 verkar vara början på en cykel med högre värden. Mälarbassängerna samvarierar, men Görvälnbassängen har en förskjutning i höga värden av färg med ett år jämfört med Galten och Ekoln.

Nederbörd är en faktor som påverkar mycket. 2000–2001, 2012–2013 och 2023–2024 hade långvariga nederbördsperioder, minst två säsonger efter varandra med hög nederbörd, och dessa korrelerade med höga toppar i både färg och turbiditet. 2012, 2020 samt perioden 2008–2010 var det ingen is på Mälaren, vilket kan ha påverkat de höga värdena i turbiditet. Även stark vårflod har ett samband med höga värden för färg och turbiditet.

Färg i Görväln har en uppåtgående trend för de årliga maximala färgtalen och Norrvattens interna krav för inkommande råvatten överskreds år 2010. Även färg i Görväln för de årliga medianerna har en uppåtgående trend. Norrvattens interna krav för inkommande råvatten beräknas överstigas kring år 2090 för de årliga medianerna. Turbiditeten i Görväln har en nedåtgående trend, men denna analys är inte tillräcklig då turbiditeten troligen inte har en linjärt samband i tiden.

Dricksvattenreningen i Görvälnverket påverkas av höga inkommande halter av färg och turbiditet. Turbiditet och TOC-halterna påverkas i utgående dricksvatten är fortsatt stabila trots de extrema halter i råvattnet av färgtal och turbiditet som uppmätts och endast ett fåtal tillfällen under 2007–2008 överskreds Norrvattens interna krav för TOC. Färgen i det utgående dricksvattnet påverkas av höga halter av färg i det ingående råvattnet. Norrvattens interna krav har överskridits många gånger 1990–2024, bland annat under de perioder som denna studie pekat ut som extremprioder.

Norrvatten kan förändra deras övervakning av Mälaren genom att lägga till mätpunkter under våren, lägga till en kolumn med mätdjup och om det är is eller ej i deras mätdata.

REFERENSER

- Almroth Rosell, E. (2011). *Influence of resuspension on sediment-water solute exchange and particle transport in marine environments*. Diss. Göteborgs universitet.
- Asp, M., Berggreen-Clausen, S., Berglöv, G., Björck, E., Johnell, A., Axén Mårtensson, J., Nylén, L., Ohlsson, A., Persson, H. & Sjökvist, E. (2015). *Framtidsklimat i Stockholms län - enligt RCP-scenarier*. (2015:21). SMHI, Klimatologi.
- Bertilsson, S. & Tranvik, L. (2000). Photochemical transformation of dissolved organic matter in lakes. *Limnology Oceanography*. 45(4). 753–762. <https://doi.org/10.4319/lo.2000.45.4.0753>.
- Bydén, S., Larsson, A. & Olsson, M. (2003). *Mäta vatten*. 3:e upplagan, Göteborgs universitet. https://www.matavatten.se/Mata_Vatten_3.pdf.
- de Wit, H., Valinia, S., Weyhenmeyer, G., Futter, M., Kortelainen, P., Austnes, K., Hessen, H., Raike, A., Laudon, H. & Vuorenmaa, J. (2016). Current Browning of Surface Waters Will Be Further Promoted by Wetter Climate. *Environmental Science & Technology Letters*. 3(12). 430–435.
- Ekholm, P. & Mitikka, S. (2006). Agricultural lakes in Finland: Current water quality and trends. *Environmental Monitoring and Assessment*. 116(1–3). 111–135. <https://doi.org/10.1007/s10661-006-7231-3>.
- Eklund, A., Stensen, K., Alavi, G. & Jacobsson, K. (2018). *Sveriges stora sjöar idag och i framtiden - Klimatets påverkan på Vänern, Vättern, Mälaren och Hjälmaren. Kunskapssammanställning februari 2018*. (2018:49). SMHI, Klimatologi.
- EPA (2021). *Turbidity*. [Broschyr]. EPA. https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-07/parameter-factsheet_turbidity.pdf [2024-05-08].
- Health Canada (2019). *Guidance on Natural Organic Matter in Drinking Water*. <https://www.canada.ca/en/health-canada/programs/consultation-organic-matter-drinking-water/document.html#a1> [2024-05-10].
- Heldt, D. (2021). *Dimensionerande Förutsättningar - Kvalitet*. (2021-14). Norrvatten. https://www.norrvatten.se/globalassets/1.-dricksvatten/forskning-och-utveckling/forsknings--och-utvecklingsrapporter/2021/2021-14-kvalitetskrav_dricksvatten.pdf.
- Hou, X., Feng, L., Duan, H., Chen, X., Sun, D. & Shi, K. (2017). Fifteen-year monitoring of the turbidity dynamics in large lakes and reservoirs in the middle and lower basin of the Yangtze River, China. *Remote Sensing of Environment*. 190. 107–121. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.12.006>.
- Jiménez Ledesmaa, J. (2011). *Dynamics of color and organic carbon within the Mälaren catchment – a modeling approach*. Sveriges Lantbruksuniversitet. Environmental Pollution and Risk Assessment.
- Johansson, L., Temnerud, J., Abrahamsson, J. & Kleja, D. B. (2010). Variation in Organic Matter and Water Color in Lake Mälaren During the Past 70 Years. *Ambio*. 39(2). 116–125. <https://doi.org/10.1007/s13280-010-0019-2>.

- Kratzer, S., Buchan, S. & Bowers, D. G. (2017). Testing long-term trends in turbidity in the Menai Strait, North Wales. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 56(2). 221–226. [https://doi.org/10.1016/S0272-7714\(02\)00159-2](https://doi.org/10.1016/S0272-7714(02)00159-2).
- Kritzberg, E. (2017). Centennial-long trends of lake browning show major effect of afforestation. *Limnology and Oceanography Letters*. 2(4). 105–112. <https://doi.org/10.1002/lol2.10041>.
- Kritzberg, E., Maher Hasselquist, E., Škerlep, M., Löfgren, S., Olsson, O., Stadmark, Valinia, S., L, H. & Laudon, H. (2019). Browning of freshwaters: Consequences to ecosystem services, underlying drivers, and potential mitigation measures. *Ambio*. 49. 375–390. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01227-5>.
- Kyllmar, K., Fölster, J., Aronsson, H., Berglund, K., Djodjic, F., Etana, A., Geranmayeh, P. & Wesström, I. (2020). *Åtgärder i jordbruket mot övergödning – förslag till system för uppföljning av effekt*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. (Ekohydrologi, 167).
- Köhler, S. & von Brömssen, C. (2021). *Sammanställning av långsiktiga vattenkemiska förändringar i Mälaren och övergripande analys av möjliga drivvariabler och trender*. (2021:5). Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö. https://pub.epsilon.slu.se/22747/1/k%C3%B6hler_sj_et_al_210311.pdf.
- Lavonen, E., Bodlund, I., Dahlberg, K., Eriksson, U., Andersson, A., Bertilsson, S., Frösegård, C., Franke, V., Golovko, O. & Ahrens, L. (2018). *Dricksvattenberedning med nya reningstekniker – en pilotstudie*. (2018-07). Svenskt Vatten. https://vav.griffel.net/filer/svu-rapport_2018-07.pdf.
- Lindqvist, K. (2020). *Brunifiering av Mälaren- Effekter av ändrad markanvändning och klimatförändringar*. Umeå Universitet. Kandidatprogrammet i biologi och geovetenskap.
- Miljöstatistik (u.å.). *Olika variabeltyper (datatyper) – olika metoder*. <https://miljostatistik.se/datatyper.html> [2024-06-01].
- Mälarens Vattenvårdsförbund (u.å.[a]). *Dricksvatten*. <https://www.malaren.org/malaren/nyttjande-och-paverkan/dricksvatten/> [2024-01-25].
- Mälarens Vattenvårdsförbund (u.å.[b]). *Fakta om Mälaren*. <https://www.malaren.org/fakta-om-malaren> [2024-01-25].
- Mälarens Vattenvårdsförbund (u.å.[c]). *Kort fakta*. <https://www.malaren.org/malaren/malaren-och-dess-naromrade/kort-fakta/> [2024-05-08].
- Nationalencyklopedin (u.å.). *Dricksvatten*. <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/enkel/dricksvatten> [2024-05-22].
- Norrvatten (2024a). *DV, Görvälnverket 1990-2023*. [Internt material].
- Norrvatten (2024b). *Mälarresultat Görväln 1968-*. [Internt material].
- Norrvatten (2024c). *Rå, Görvälnverket 1990-2023*. [Internt material].
- Norrvatten (u.å.[a]). *Dricksvattenproduktion*. <https://www.norrvatten.se/dricksvatten/dricksvattenproduktion/> [2024-05-08].
- Norrvatten (u.å.[b]). *Reningsprocessen*. <https://www.norrvatten.se/dricksvatten/dricksvattenproduktion/reningsprocessen/> [2024-02-09].

- Ohlsson, A., Asp, M., Berggreen-Clausen, S., Berglöv, G., Björck, E., Johnell, A., Axén Mårtensson, J., Nylén, L., Persson, H. & Sjökvist, E. (2015). *Framtidsklimat i Västmanlands län enligt RCP-scenarier*. (2015:19). SMHI, Klimatologi.
- Olsson, J., Berg, P., Eronn, A., Simonsson, L., Södling, J., Wern, L. & Yang, W. (2017). *Extremregn i nuvarande och framtida klimat - Analyser av observationer och framtidsscenarier*. (2017:47). SMHI, Klimatologi.
- Sillanpää, K. (2015). *Natural Organic Matter in Water - Characterization and Treatment Methods*. (First edition.). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-19213-6>.
- Sjökvist, E., Asp, M., Axén Mårtensson, J., Berggreen-Clausen, S., Berglöv, G., Björck, E., Johnell, A., Nylén, L., Ohlsson, A. & Persson, H. (2015). *Framtidsklimat i Uppsala län enligt RCP-scenarier*. (2015:20). SMHI, Klimatologi.
- SLU (2003). *Vattnens färg. Klimatbetingad ökning av vattnens färg och humushalt i nordiska sjöar och vattendrag*. [Broschyr]. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- SLU (2023). *Turbiditet/grumlighet*. <https://www.slu.se/institutioner/vattenmiljo/laboratorier/vattenkemiska-laboratoriet/detaljerade-metodbeskrivningar/turbiditet/> [2024-02-09].
- SLU (u.å.). *Miljödata MVM*. <https://miljodata.slu.se/mvm/Query?sites=335,336,337,338,339,340,341,342,343,344,347,4002&startdate=1941-01-01&enddate=2030-12-31> [2024-05-05].
- SLVFS 2001:30 (.). *Statens livsmedelsverks föreskrifter om dricksvatten*.
- SMHI (2018). *April 2013 - Höga flöden i Uppland, Gästrikland och Hälsingland*. <https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/manadens-vader-och-vatten-sverige/laget-i-sveriges-sjoar-och-vattendrag/april-2013-hoga-floden-i-uppland-gastrikland-och-halsingland-1.29932> [2024-05-20].
- SMHI (2022). *Vattenflöden 2019*. <https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/arets-vatten/vattenfloden-2019-1.159465> [2024-05-20].
- SMHI (2023a). *Dricksvatten*. <https://www.klimatanpassning.se/hur-samhället-paverkas/vatten-och-avlopp/dricksvatten-1.90973> [2024-05-08].
- SMHI (2023b). *Extrem nederbörd*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/nederbörd/extrem-nederbörd-1.23060> [2024-05-29].
- SMHI (2023c). *Extremt väder*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/extremer/extremt-vader-1.5779> [2024-05-29].
- SMHI (2023d). *Vad är normalperioder?*: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/normaler/vad-ar-normalperioder-1.4087> [2024-06-01].
- SMHI (2023e). *Vattentemperatur i sjöar*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/sveriges-sjoar/vattentemperatur-i-sjoar-1.172778> [2024-03-15].
- SMHI (2024). *Sveriges klimat*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/sveriges-klimat/> [2024-05-10].

- SMHI (u.å.[a]). *Ladda ner hydrologiska observationer*. <https://www.smhi.se/data/hydrologi/ladda-ner-hydrologiska-observationer#param=iceFreezeBreak,stations=core> [2024-04-11].
- SMHI (u.å.[b]). *Ladda ner meteorologiska observationer*. <https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/#param=precipitation24HourSum,stations=core> [2024-03-11].
- SMHI (u.å.[c]). *Ladda ner meteorologiska observationer*. <https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/#param=airtemperatureMean24h,stations=core> [2024-03-11].
- SMHI (u.å.[d]). *Modelldata per område*. <https://vattenwebb.smhi.se/modelarea/> [2024-03-12].
- Sonesten, L., Wallman, K., Axenrot, T., Beier, U., Drakare, S., Ecke, F., Goedkoop, W., Köhler, S., Segersten, J. & Vrede, T. (2013). *Mälaren. Tillståndsutvecklingen 1965–2011*. (2013:1). Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö. https://pub.epsilon.slu.se/11297/17/sonesten_l_et_al_140929.pdf.
- Stensen, K., Tengdelius-Brunell, J., Sjökvist, E., Andersson, E. & Eklund, A. (2017). *Vattentemperaturer och is i Mälaren - Beräkningar för dagens och framtidens klimatförhållanden*. (2017:46). SMHI, Klimatologi.
- SYKE (2024). *TARKKA. Helsingfors, Finland: Finnish Environment Institute (SYKE)*. <https://tarkka.syke.fi/eo-tarkka/?ver=0&lang=en> [2024-05-27].
- USGS (2018). *Turbidity and Water*. <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/turbidity-and-water> [2024-02-09].
- Wallin, M., Andersson, B., Johnson, R., Kvarnäs, H., G, P., Weyhenmeyer, G. & Willén, E. (2000). *Mälaren - miljötillstånd och utveckling 1965-1998*. Mälarens vattenvårdsförbund.
- Wallin, M. & Weyhenmeyer, G. (2001). *Mälarens grumlighet och vattenfärg – effekter av det extremt nederbördsrika året 2000*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för miljöanalys.
- Weyhenmeyer, G. (2005). *Automatiska mätningar av löst organiskt material i Mälarens inflöden*. (2005:7). Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för miljöanalys.
- WSP (2021). *Övergripande riskanalys av Mälaren som råvattentäkt och ekosystem*. (2021:5). Mälarens vattenvårdsförbund.
- Zhang, L., Xin, Z., Feng, L., Hu, C., Zhou, H., Wang, Y., Song, C. & Zhang, C. (2022). Turbidity dynamics of large lakes and reservoirs in northeastern China in response to natural factors and human activities. *Journal of Cleaner Production*. 368. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133148>.

A Data använd i studien

Tabell A1: Använd data för studien och beskrivning av tidsperiod, datakälla, datafrekvens, eventuellt mätdjup och enhet.

För de bassänger med olika tidsperioder för datan är de utskrivna i samma cell. För Galten i SLU data användes mätdjupet 0,5 meter, till skillnad från resten av bassängerna där mätdjupet 15 meter användes.

Variabel	Tidsperiod	Datakälla	Datafrekvens	Använt mätdjup	Enhet
Temperatur	Adelsö: 95-12-15–24-01-01 Uppsala: 85-06-01–24-01-01 Eskilstuna: 90-11-01–24-01-01	SMHI mätvärden	Dygn	-	°C
Flöde	91-01-01–24-03-10	SMHI modellerade	Dygn	-	m ³ /s
Nederbörd	Adelsö: 95-12-14–20-08-23 Uppsala: 1836-01-01–23-11-30 Kolsva D: 45-01-01–23-11-30	SMHI mätvärden	Dygn	-	mm
Färg NV Görväln S	1968-04-01–23-08-15	Norrvatten	4 gånger/år	20 m	mg Pt/l
Färg NV Råvatten	90-01-02–24-04-15	Norrvatten	Vecka	22 m eller 4 m	mg Pt/l
Färg NV Dricksvatten	90-01-02–24-04-15	Norrvatten	Vecka	-	mg Pt/l
Färg SLU	64-09-02–23-09-14	SLU	6 gånger/år	Görväln: 15 m Ekoln: 15 m Prästfjärden: 15 m Galten: 0,5 m Granfjärden: 0,5 m Blacken: 0,5 m Arnö: 0,5 m Skarven: 0,5 m	ABS ₄₂₀
Turbiditet NV Görväln S	1976-03-25–23-08-15	Norrvatten	4 gånger/år	20 m	FNU
Turbiditet NV Råvatten	90-01-02–24-04-15	Norrvatten	Vecka	22 m eller 4 m	FNU
Turbiditet NV Dricksvatten	90-01-02–24-04-15	Norrvatten	Vecka	-	FNU
Turbiditet SLU	2010-03-05–23-09-14	SLU	6 gånger/år	Görväln: 15 m Ekoln: 15 m Prästfjärden: 15 m Galten: 0,5 m Granfjärden: 0,5 m Blacken: 0,5 m Arnö: 0,5 m Skarven: 0,5 m	FNU

Fortsättning av Tabell A1 från föregående sida

TOC	90-01-02–24-04-15	Norrvatten	Vecka	-	mg/l
NV Dricksvatten					
Islossning och Isläggning	1871-11-20–23-11-28	SMHI mätvärden	-	-	Antal dagar

B Antal gånger över 99:onde percentilen

Tabell B1: Antal gånger vilken variabel överstiger dess 99:onde percentil för respektive år. Variablerna är flöde, nederbörd, färg och turbiditet. Åtta Mälarbassänger användes från SLU data för mätningar av färg och turbiditet. Från Norrvatten användes mätdata vid Görvälverket samt råvattendata för mätningar av färg och turbiditet. För flöde användes fyra Mälarbassänger från SMHI; Görväl, Ekoln, Prästfjärden och Galten. Den nederbördsdata som användes var från SMHI mätstationerna Adelsö, Uppsala och Kolsva D.

Variabel och antal tillfällen över 99:onde percentilen					
År	Variabel och dataset/plats	Antal tillfällen över 99:one percentilen	År	Variabel och dataset/plats	Antal tillfällen över 99:one percentilen
1968	-	-	1997	-	-
1969	-	-	1998	-	-
1970	Färg, SLU Ekoln	1	1999	Flöde, Görväl	1
				Flöde, Ekoln	1
				Flöde, Galten	1
				Färg, SLU Ekoln	1
1971	-	-	2000	Flöde, Görväl	1
				Flöde, Galten	1
				Flöde, Prästfjärden	1
				Nederbörd, Adelsö	1
1972	-	-	2001	Nederbörd, Kolsva D	2
				Flöde, Görväl	1
				Flöde, Prästfjärden	1
				Färg, SLU Görväl	1
				Färg, SLU Galten	1
				Färg, SLU Prästfjärden	7
				Färg, SLU Blacken	1
				Färg, SLU Granfjärden	1
1973	-	-	2002	Färg, SLU Arnö	3
				Färg, SLU, Skarven	1
1974	-	-	2003	Färg, SLU Galten	1
				Nederbörd, Adelsö	1
1975	Färg, SLU Blacken	1	2004	-	-
1976	Färg, SLU Blacken	1	2005	-	-
1977	-	-	2006	Färg, SLU Görväl	1
				Färg, SLU Galten	1
				Färg, SLU Skarven	1
1978	-	-	2007	Färg, SLU Arnö	1
1979	-	-	2008	Nederbörd, Adelsö	1
				Nederbörd, Uppsala	1

Fortsättning av Tabell B1 från föregående sida

1980	-	-	2009	Flöde, Ekoln	1
				Nederbörd, Kolsva D	1
				Turbiditet, NV Görväln S	1
1981	-	-	2010	Flöde, Ekoln	1
				Färg, SLU Galten	1
				Färg, SLU Granfjärden	1
				Turbiditet, SLU Prästfjärden	1
				Turbiditet, SLU Arnö	1
1982	Färg, SLU Görväln	1	2011	Nederbörd, Uppsala	1
	Färg, SLU Skarven	1			
	Färg, SLU Ekoln	1			
1983	-	-	2012	-	-
1984	-	-	2013	Färg, SLU Görväln	1
				Färg, SLU Skarven	3
				Färg, SLU Ekoln	2
				Färg, NV Görväln S	1
				Turbiditet, SLU Görväln	1
				Turbiditet, SLU Prästfjärden	1
1985	Färg, NV Görväln S	1	2014	Turbiditet, SLU Blacken	1
1986	-	-	2015	Nederbörd, Adelsö	1
1987	-	-	2016	-	-
1988	Färg, SLU Skarven	1	2017	-	-
1989	-	-	2018	Färg, NV råvatten	1
1990	-	-	2019	Flöde, Görväln	1
				Flöde, Ekoln	1
				Flöde, Galten	1
				Flöde, Prästfjärden	1
1991	-	-	2020	Turbiditet, SLU Galten	1
				Turbiditet, SLU Skarven	1
1992	-	-	2021	-	-
1993	Färg, SLU Galten	1	2022	Nederbörd, Uppsala	1
1994	-	-	2023	Färg, SLU Galten	2
				Nederbörd, Uppsala	1
				Nederbörd, Kolsva D	1
1995	-	-	2024	Färg, SLU Galten	1
				Färg, SLU Granfjärden	1
				Färg, NV råvatten	1
				Turbiditet, NV råvatten	2
1996	-	-			