



Fokus på Mälaren 2021

Sammanfattande resultat från miljöövervakning och
forskningsprojekt knutna till samarbetet mellan SLU och
Mälarens vattenvårdsförbund

Stina Drakare, Karin Wallman & Joel Segersten

SLU, Vatten och miljö: Rapport 2022:3



Referera gärna till rapporten på följande sätt:

Drakare, S., Wallman, K., Segersten, J. 2022. Fokus på Mälaren 2021: Sammanfattande resultat från miljöövervakning och forskningsprojekt knutna till samarbetet mellan SLU och Mälarens vattenvårdsförbund. Rapport/ Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö 2022:3

Omslagsfoto: Ingrid Nygren, SLU

Tryck: endast digital upplaga

Tryckår: 2022

Kontakt

stina.drakare@slu.se

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

Innehåll

Sammanfattning	1
Summary	2
1 Introduktion	3
2 Beskrivning av det pågående samarbetet under 2021	3
2.1 Provtagningar 2021	5
2.2 Plan för 2022	6
3 Väder och vattenstånd 2021 i Mälaren	8
4 Resultat från miljöövervakningen 2021	10
4.1 Temperatur och syrgasförhållanden	10
4.2 Vattenkemi	12
4.2.1 Näringsämnen	12
4.2.2 Siktdjup	14
4.3 Biologiska parametrar	15
4.3.1 Växtplankton	15
4.3.2 Djurplankton	20
4.3.3 Bottenfauna på djupbottnar	21
4.3.4 Pelagisk fisk 2020	22
4.4 Syntes av miljöövervakningen 2021	23
5 Forskningsresultat	25
5.1 Hur fosfor transporteras från land till vatten	25
5.2 Restaurering av övergödda sjöar	25
5.3 Tekniker för renare dricksvatten	26
5.4 Förbruning har avstannat	26
5.5 En första bedömning av antibiotikaresistens	26
5.6 Nyheter från forskning om organiska miljöföroreningar	27
6 Resultat från studentarbeten	27
6.1 Två studier i anlagda våtmarker i Mälardalen	28
6.2 Utvärdering av mockning av hagar som metod att minska fosforläckage från hästhagar	29
6.3 Vid vilka förhållanden frodas kvävefixerande cyanobakterier i Mälaren?	29
6.4 Tidigt varningssystem för algblomning	30
Referenser	30
Appendix	32

Sammanfattning

Mälarens vattenvårdsförbund och Sveriges lantbruksuniversitet fortsätter att samarbeta med fokus på Mälaren. Under 2021 påverkade pandemin möjligheten att ses under årsstämman på våren men Mälarseminariet på hösten kunde hållas som hybridmöte med ungefär 40 deltagare på plats på SLU i Uppsala och lika många deltog via videolänk. Digitala Mälarinariet hölls vid fyra tillfällen och var även de välbesökta. Faruk Djodjic är ny kontaktperson tillsammans med Stina Drakare från SLU.

Vid vinterprovtagningen hade alla stationer is vilket är första gången sedan detta samarbete startade 2017. Nederbördsrika månader blev maj och augusti och sommarmånaderna juli och augusti var varma. Statusbedömningen visar att stationer med måttlig status dominerar och att det finns flera stationer med otillfredsställande (7) och dålig status (5). Bara två stationer hade god status och ingen hade hög status. Antalet stationer med bra status växlar mellan två och fyra stycken mellan åren vilket beror på vilka stationer ingår just det året. Dessa statusbedömningar kopplar främst till övergödningsproblematik vilket provtagningsprogrammet är designat för att följa.

Tre doktorander med ämnen som berör Mälaren har försvarat sina avhandlingar under perioden. Två av dem berör just övergödningsproblematik och behandlade ämnen som bra verktyg för att minska transport av näringsämnen som fosfor från land till Mälaren och för att inaktivera fosfor på sjöbottnar för att minska internbelastning från botten sediment. Den tredje avhandlingen gav verktyg för att förbättra dricksvattenrening när man har problem med organiska miljöföroreningar.

Andra vetenskapliga publikationer av intresse för Mälaren som presenteras kortfattat är t.ex. ett verktyg för att identifiera potentiella högrisksubstanser i akvatisk miljö kopplat till påverkan från avloppsreningsverk, att förbruning av våra vatten verkar ha avstannat där det finns en tydlig brytpunkt år 2010. Ytterligare en publikation visar med en första studie att antibiotikaresistensgener är vanliga och täcker in flera typer av antibiotika i vatten runt Västerås, Uppsala, Eskilstuna och Stockholm.

Årets kandidatarbeten gjordes i våtmarker med fokus på sådana som används som fosforfällor och i hästhagar för att ta reda på om näringsläckage från dessa kan minskas genom att mocka i hagen. På masternivå handlade det om att ta reda på vid vilka förhållanden kvävefixerande cyanobakterier trivs och att mäta algblomningar med sensorer för högre tids- och djupupplösning.

Summary

Mälaren's Water Conservation Association (MVVF) and the Swedish University of Agricultural Sciences are continuing their collaboration with focus on Lake Mälaren. In 2021, the pandemic affected the opportunity to meet during the MVVF Annual General Meeting in Spring but the yearly Lake Mälaren Seminar in the Autumn was possible to attend both physically at SLU in Uppsala and via video link with about half, about 40, attending in Uppsala. Four well attended webinars, called Mälarinars, was also presented to the members of the MVVF. A new contact person at SLU, Faruk Djodjic, are now leading the project together with Stina Drakare.

During the winter sampling, all stations had ice, which is the first time since this collaboration started in 2017. May and August had high precipitation and the summer months of July and August were warm compared to the long term mean. The status assessment shows that stations with moderate status dominate (13) and that there are several stations with poor (7) and bad status (5). Only two stations were assessed to good status and none to high status. The number of stations with good status varies between two and four between the years, which depends on which stations are included in that particular year. These status assessments are mainly related to eutrophication problems, which the sampling program is designed to follow.

Three doctoral students with subjects that concern Lake Mälaren have had dissertations during the period. Two of them concern the eutrophication problem and subjects such as a tools for reducing the transport of phosphorus from land to Lake Mälaren and tools for inactivating phosphorus on lake bottoms to reduce internal load from bottom sediments. The third dissertation provided tools for improving drinking water purification when there is a problem with organic environmental pollutants.

Other scientific publications of interest for Lake Mälaren presented briefly in the report are e.g. a tool for identifying potential high-risk substances in the aquatic environment linked to impacts from sewage treatment plants, and that the brownification of our waters seems to have stopped with a turning point in 2010. Another publication shows with a first study that antibiotic resistance genes are common and cover several types of antibiotics in water around Västerås, Uppsala, Eskilstuna and Stockholm.

This year's bachelor projects were done in wetlands with a focus on those used as phosphorus traps and in horse paddocks to find out if nutrient leakage from these can be reduced by mocking. At the master level, projects finding out the conditions under which nitrogen-fixing cyanobacteria thrive and measuring algal blooms with sensors for higher time and depth resolution are presented.

1 Introduktion

Samarbetet mellan Mälarens vattenvårdsförbund, MVVF, och SLU fortsätter som planerat med målsättningen att öka utbytet mellan forskning och samhällsintressen kring Mälaren. På SLU är det Institutionen för vatten och miljö som utför miljöövervakningen och kopplar forskningsprojekt på SLU till viktiga frågeställningar som samarbetet identifierar i Mälarens avrinningsområde.

MVVF är en ideell förening som syftar till att bidra till ett bättre underlag för samhällsplanering och annan verksamhet av betydelse för miljöförhållandena i Mälaren, bland annat genom att se till att miljöövervakning sker. Vattenvårdsförbundet har ökat på med 6 medlemmar under 2021 och består nu av 60 medlemmar, en blandning av representanter från kommuner, länsstyrelser, andra vattenvårdsförbund, olika företag samt ideella organisationer.

I denna rapport presenteras samarbetet under 2021 och vad som planeras under 2022. Rapporten presenterar utvalda resultat från miljöövervakningen under 2021, forskningsresultat med anknytning till Mälaren, samt resultat från studentarbeten. År 2024 kommer en mer utförlig rapport med trendanalyser och statusbedömningar från miljöövervakningen samlad för perioden 2017-2023.

En förändring som skett under våren 2021 är att Faruk Djodjic har ersatt Stephan Köhler som en av SLU:s kontaktpersoner (se kontaktinfo nedan). Faruks expertområde är processer och verktyg för att minska transporten av näringsämnen från land till vatten, vilket passar samarbetet då MVVF kommer jobba aktivt med åtgärder i avrinningsområdet under kommande år för att förbättra Mälarens vattenkvalitet. Stephan fortsätter att bidra med sin expertkunskap om vattenkvalitet, hydrologiska processer och dricksvattenfrågor men inte just som kontaktperson.

Kontaktpersoner SLU, Institutionen för vatten och miljö:

Stina Drakare (projektledare), stina.drakare@slu.se, 018-67 31 02

Faruk Djodjic, faruk.djodjic@slu.se, 018-67 31 36

Kontaktperson MVVF:

Ingrid Hägermark (förbundschef), ingrid.hagermark@lansstyrelsen.se, 010-224 93 72

2 Beskrivning av det pågående samarbetet under 2021

Webbsidan Fokus på Mälaren (<https://www.slu.se/malaren>) samlar precis som tidigare information om publikationer, övervakning, forskning, Mälarinariet (webbinariet) och studentprojekt med koppling till Mälaren och dess avrinningsområde. I

webbsidans kalendarium fyller vi på med tider för Mälarinariet och Mälarseminarium vartefter de bestäms.

Mälarinarium nr 5-8, alltså fyra stycken, hölls under 2021 som videomöten enligt plan den 11 mars, 7 maj, 24 september och 6 december. De spelas in av MVVF och går att titta på i efterhand via länkar från <https://www.slu.se/malaren>. I mars handlade Mälarinariet om:

- Årets examensarbeten,
- Forskningsprojektet DiCyano, som vill bygga en digital plattform för att övervaka och minska risk för algtoxiner i dricksvatten av Jing Li, Lunds universitet.
- Presentation av ny rapport av Stefan Köhler och Claudia von Brömssen, SLU vilken är en sammanställning av långsiktiga vattenkemiska förändringar i Mälaren med en övergripande analys av möjliga drivvariabler och trender (Köhler & von Brömssen 2021).

Maj:

- Farledsmuddring för större fartyg av Magnus Svensson, Länsstyrelsen i Västmanland
- Tidsintegrerad provtagning av organiska ämnen av Ove Jonsson, SLU

September:

- Modeller av avrinningsområden, av Faruk Djodjic, SLU, för att beräkna erosion, ytavrinning, fosforförluster, översvämningar och behov av våtmarker

December:

- SLU Vattenforum av Jens Olsson, SLU
- Antibiotikaresistens och behov av kartläggning av detta i Mälaren av Stefan Bertilsson, SLU.

Årets Mälarrapport presenterades på Mälarens vattenvårdsförbunds **årsstämma** den 21 maj via videolänk pga. pandemin. Däremot lyckades vi genomföra ett hybridmöte vid **Mälarseminariet** den 11 november då ca 40 personer deltog fysiskt på Campus Ultuna i Uppsala och ungefär lika många deltog via länk. Presentationerna hölls främst på plats och allt fungerade mycket bra. Förutom aktuellt från årets miljöövervakning och Mälarens vattenvårdsförbund var det presentationer från både forskare och studenter om projekt i och kring Mälaren:

- Sensorer för att mäta vattenkvalitet – Jens Fölster, SLU
- Mikroplaster i Mälarens sediment – Anna Rotander, Örebro universitet
- Vandarmusslor i Ekoln som hjälpredor – Willem Goedkoop, SLU
- Översyn av krav på övervakning av miljögifter i Mälaren – Suzanne Faxneld, Naturhistoriska riksmuseet
- En ny förvaltningsplan för fisket i Mälaren – Alfred Sandström, SLU
- Mätningar av cyanobakteriesediment i Ullfjärdarna – Harald Löf, studentprojekt, Uppsala universitet/SLU

- Studie av metoder att reducera den invasiva växten sjögull – Jonas Beretta-Piccoli, studentprojekt, Uppsala universitet
- Två år med CyanoAlert, dvs. satellitövervakning av algblomning nära badplatser – Petra Philipson, Brockmann Geomatics Sweden
- Multifunktionella våtmarker som åtgärd i Mälarens avrinningsområde – Pia Geranmayeh, SLU.

Dagen efter höll Stina Drakare en snabbkurs i limnologi under **MER-dagen 2021** som riktar sig till tjänstemän och politiker i medlemskommuner i projektet ”Mälaren – en sjö för miljoner”. En sådan föreläsning hade önskats av MVVF. Även denna dag hölls som hybridmöte med den fysiska delen på Campus Ultuna. Flera av presentationerna från MER-dagen finns tillgängliga på Mälarens vattenvårdsförbunds Youtube-kanal: https://www.youtube.com/playlist?list=PL24S-BGi6Y-pxnHQBAGe_qR2Dltc8feFu.

2.1 Provtagningar 2021

Alla provtagningsstationer som ingår är listade i Appendix sist i rapporten. Vid **vinterprovtagningen 2** – 17 februari 2021 var hela Mälaren isbelagd. Det är första gången sedan det nuvarande programmet startade 2017 som även Prästfjärden och Södra Björkfjärden har is vid vinterprovtagningen. Isen på västra och södra Mälaren var bara 7-10 cm tjock. Blacken och Ulvhällsfjärden provtogs därför från hydrokopter för säkerhets skull. Prästfjärden och Södra Björkfjärden provtogs också med hydrokopter. Här var dock isen strax över 10 cm tjock i mitten på februari. För övriga stationer närmare land vandrade vi ut på isen till provtagningspunkten.



*Vinterprovtagning från hydrokopter
Foto: Joel Segersten, SLU.*

Vid första **vårprovtagningen** i april var det strålande väder, solen sken och det var endast svag vind. Hela provtagningen med Ancyclus II kunde därför genomföras på knappa två dagar, 20 – 21 april, vilket är tidsrekord. Från provtagningen, 17 – 20 maj, finns inget anmärkningsvärt att notera. Vid första **sommarprovtagningen** 19 – 21 juli, började stora mudderverk synas på Galten och vid den omfattande augustiprovtagningen, med flest vattenförekomster besökta, pågick muddring på Galten. Vissa dagar i augusti var det tufft väder med regn och friska till hårda vindar samt åska. Brobyviken och Garnsviken provtogs som vanligt från gummibåt som sjösattes från Ancyclus II, pga. trånga grunda sund (Brobyviken) eller låga broar (Garnsviken) där inte den stora båten kan köra in. På väg in i Brobyviken passerar täta bestånd av sjögull men den har ännu inte spritt sig upp i kanalen till Brobyviken. **Höstprovtagningen** 6 – 9 september hade för årstiden relativt medgörligt väder och provtagningen gick planenligt.



Farledsmuddring pågick utanför Köping i Galten sommaren 2021

Foto: Fredrik Pilström, SLU

2.2 Plan för 2022

Övervakningsprogrammet fortsätter som planerat, inga stora förändringar har gjorts. Provtagningsbåten Ancyclus II sjösattes inför provtagningen i slutet av april.

Mälarinarium nr 9 hölls den 15 februari och kommande tillfällen är planerade till 1 juni (justerat datum, nr 10), 20 september (11) och 29 november (12). Exakta tider och möteslänkar skickas till MVVF:s medlemmar via e-post och kommer också att finnas på samarbetets webbsida Fokus på Mälaren (<https://www.slu.se/malaren>).

Årliga Mälarseminariet är planerat till den 10 november 2022 och planen är att fortsätta med hybridvarianten eftersom det fungerade bra. Årets tema kommer att vara avrinningsområdet och hur det påverkar Mälaren.

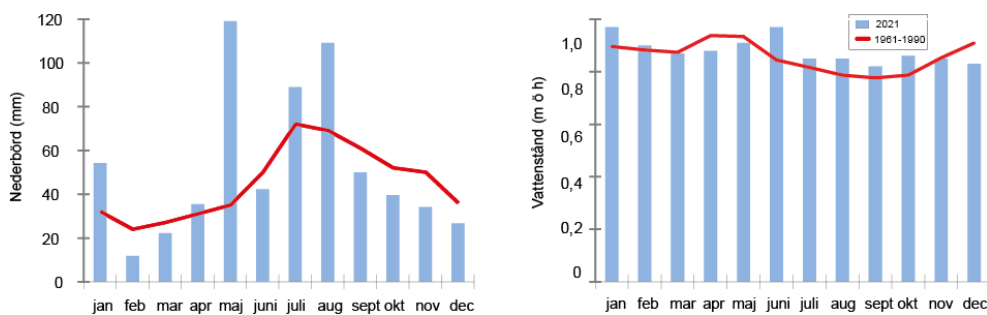
Farledsmuddringarna, särskilt de i Galten, kommer att följas särskilt vid provtagning då lagring av vissa mudderrester planeras till området där bottenfaunaprover i Galten tas. Inga extra prover tas dock.

I övrigt kommer SLU arbeta tillsammans med MVVF om:

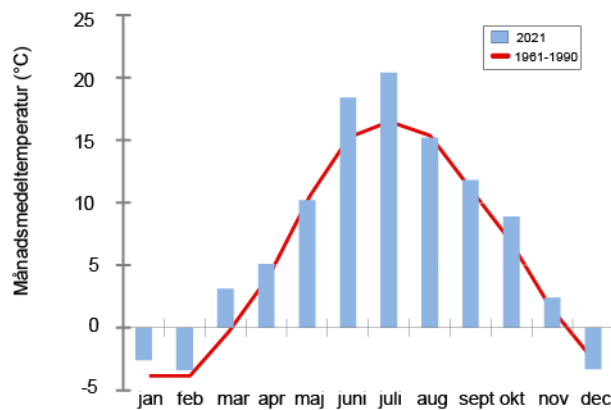
- Dokumentation kring uppkomsten av provtagningsprogrammet i Mälaren på 1960-talet.
- Utökat samarbete och bättre resultatredovisning för fiskövervakning i Mälaren
- Samarbete kring uppföljning av sjögullsbekämpningen.
- Kartläggning av miljöövervakning i tillrinnande vattendrag till Mälaren.
- Hjälp med uppföljning av åtgärder inom det av Havs- och vattenmyndigheten skapade pilotområdet för lokalt engagemang för vatten, LEVA, som MVVF arbetar med i samarbete med åtgärdssamordnare runt Mälaren.
- Undersöka möjligheten till uppföljning av strukturkalkning som metod att minska näringsläckage runt Mälaren och hur det påverkat Mälarens vattenkvalitet.
- Samarbeten om examensarbeten med fokus på Mälaren och avrinningsområdet. Examensarbeten som utreder Mälarens ekosystemtjänster är starkt önskade.

3 Väder och vattenstånd 2021 i Mälaren

I slutet av maj kom ett omfattande regnoväder in över Mälardalen vilket också gav ett högt månadsvärde för maj jämfört med resten. Senast det kom sådan nederbördsmängd vid väderstationen i Västerås under en och samma månad var i juli 2015. I och med den stora nederbörden blev vattenståndet i Mälaren högre än långtidsmedelvärdet (Figur 1). Även juli och augusti månad var nederbörden högre än långtidsmedlet. Under månaderna juni och juli 2021 var lufttemperaturen i Västerås cirka 3 grader varmare än medeltemperaturerna 1961-1990 (Figur 2). Övriga månader var lufttemperaturen på samma nivå som långtidsmedlet.



Figur 1. Nederbördsmängd vid väderstationen i Västerås per månad 2021 och medelnederbörd 1961-1990 respektive månadsmedelvattenståndet i Mälaren 2021 och medelvattenståndet 1961-1990. Källa: SMHI:s väder och vatten.



Figur 2. Månadsmedeltemperaturen i Västerås 2021 och medeltemperaturerna 1961-1990. Källa: SMHI:s väder och vatten.

Sammanfattningsvis visar väderdata att vinterprovtagningen i Mälaren under 2021 skedde under en kall och torr period. Vid vårprovtagningen var det inget speciellt utmärkande. Majprovtagningen skedde under en månad med hög nederbörd men den mesta av nederbörden kom strax efter provtagningen. Juliprovtagningen

skedde under en relativt torr och varm period. Augustiprovtagningen ägde rum under en period med hög nederbörd och septemberprovtagningen efter en period med låg nederbörd.



Provtagning med Ancyclus II med signalflaggan som visar att båten har nedsatt manövrerbarhet. Med automatisk manövrering hålls dock båten stilla exakt över provpunkten med elmotorn i fören vilket underlättar provtagningen betydligt!

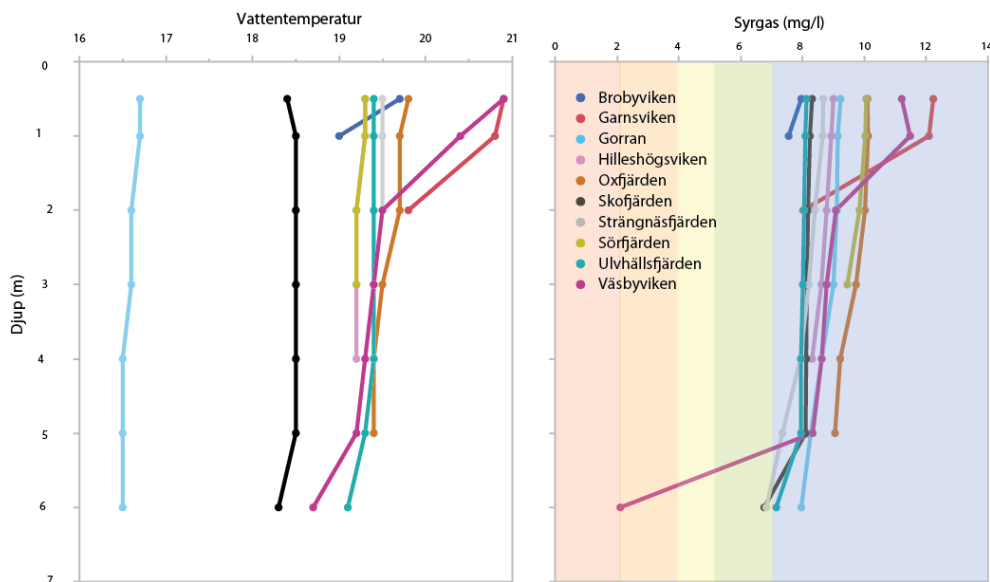
Foto: Ingrid Nygren, SLU.

4 Resultat från miljöövervakningen 2021

Nedan följer en redovisning av ett urval av resultaten från Mälarpровttagningarna 2021 i samt statusklassningar av 2021 års data. Statusklassningarna har gjorts enligt föreskrifterna för bedömningsgrunder (HVMFS 2019:25) med undantaget att bara data för 2021 har använts istället för värden för en hel 6-årsperiod. Analysresultaten i sin helhet finns tillgängliga hos nationell datavärd på SLU via webbportalen Miljödata-MVM. En direktlänk till rådata för just de stationer som ingår finns på forskningssamarbetets webbsida Fokus på Mälaren (www.slu.se/malaren).

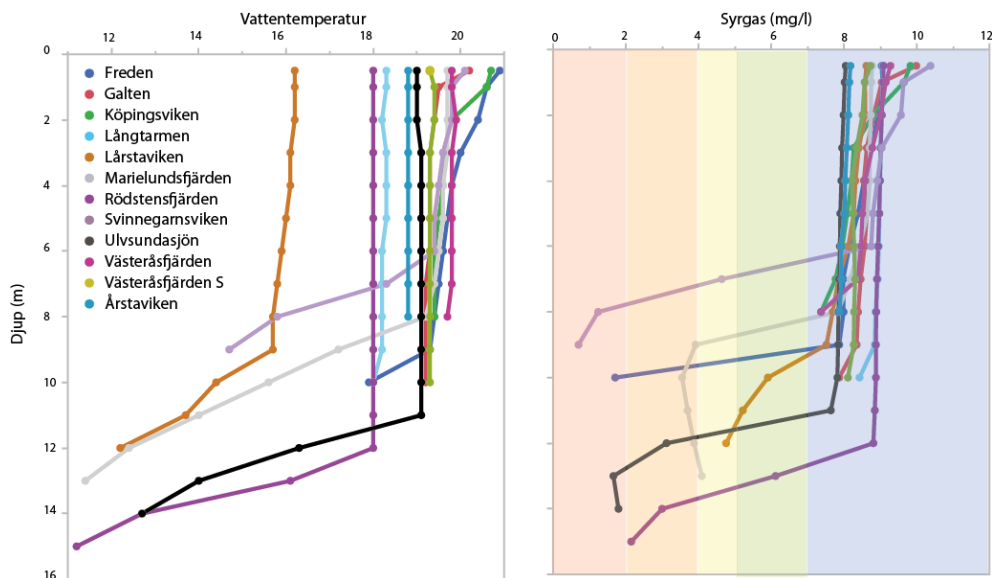
4.1 Temperatur och syrgasförhållanden

Temperatur- och syrgasprofiler från augusti 2021 för de tio grundaste stationerna (maxdjup vid provpunkt < 8m) visas i Figur 3. Temperaturskiktning saknas eller är svag då vinden lyckas röra om vattenmassan hela vägen till botten. Syrgashalten motsvarar generellt hög status, utom i Väsbyviken där djuphålan har lägre halt samt i Strängnäs-fjärden där djupaste provet visar måttlig status. Små djuphålors låga syrgashalt påverkar dock endast en mycket liten del av sjön yt- och volymmässigt. Vid så här grunda och skiktade stationer är låga syrgashalt dagtid på sommaren ovanliga. Halten kan dock vara lägre nattetid när växterna i vattnet inte bidrar med syrgas samtidigt som nedbrytningsprocesser och celandning fortgår. Syrgashalten kan också vara låg på senvintern under is. Denna typ av information saknas dock för alla grunda stationer utom Ulvhällsfjärden. Just denna fjärd hade dock hög syrgashalt hela året, även under is i februari.



Figur 3: Syrgas- och temperaturprofiler från Mälarens grundaste vikar och fjärdar i augusti 2021.

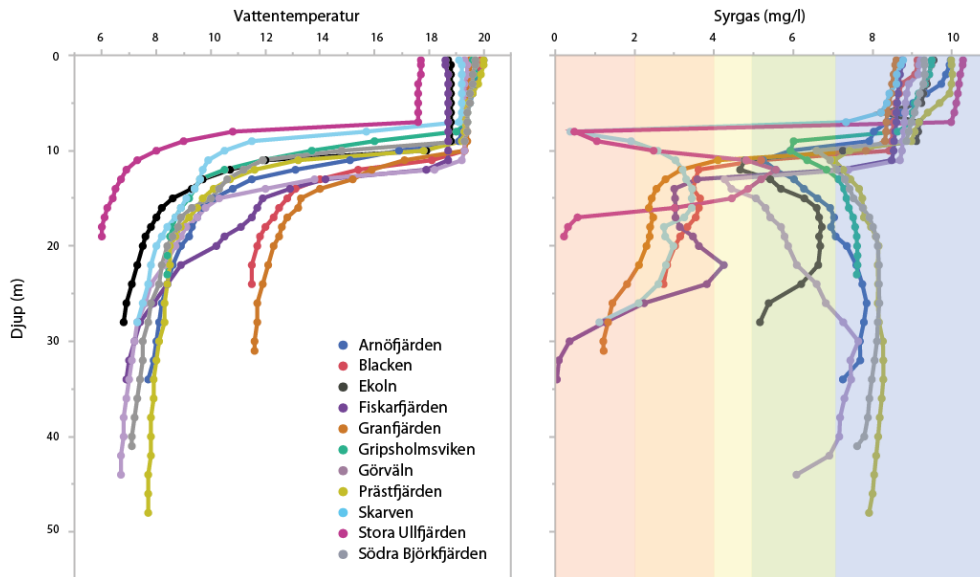
I tolv mellandjupa vikar och fjärdar, med maximalt djup vid provpunkt mellan 8-15 m, visar temperaturprofilerna att endast hälften av dem är temperaturskiktade i augusti och har höga syrgashalter från yta till botten. De sex som har en tydlig temperaturskiktning närmare botten får också en tydlig minskning av syrgashalten. I flera fall går syrgashalten ner till motsvarande otillfredsställande och dålig status. För de flesta av dessa stationer är det en relativt liten bottenyta och vattenvolym som drabbas av de låga syrgashalterna. I Galten var syrgashalten i djuphålan 2,3 mg/l i juli, vilket kan jämföras mot halten under mer blåsiga augusti på 7,9 mg/l (Figur 6). I september när vädret igen var lugnare var syrgashalten i Galtens djuphåla på 10 m däremot endast 0,86 mg/l. Galtens medeldjup på 4 meter innebär att bottenlevande djur generellt har bra syrgasförhållanden. Svinnegarnsviken mäts också sex gånger per år och här visar djupprofilerna att syrgasvärdena mellan på djup mellan 4 och 9 meter är låga från juli till september. Denna vik är generellt djupare så här är det en proportionellt större andel av kallvattensarter i vattnet samt djur på bottenarna som riskerar att drabbas av de låga syrgasvärdena.



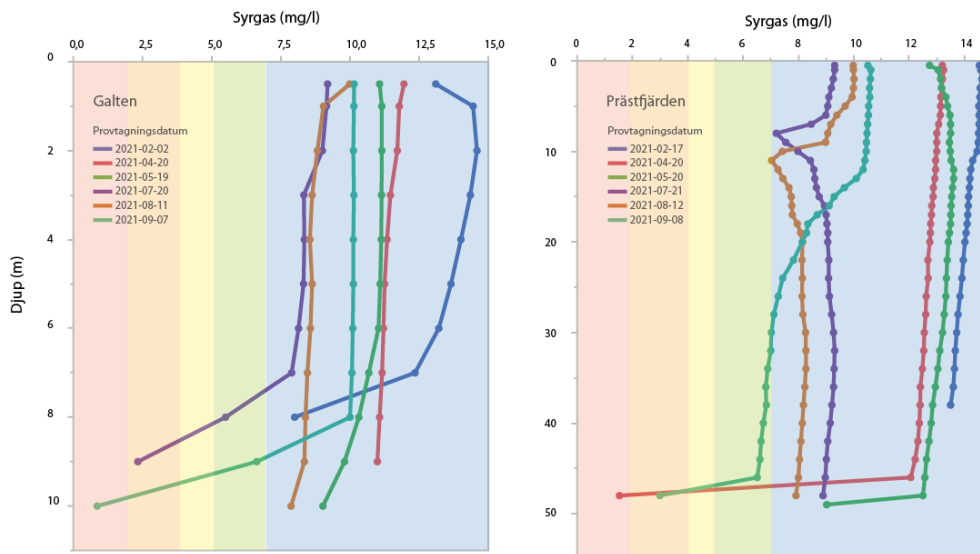
Figur 4: Syrgas- och temperaturprofiler vid Mälarens mellandjupa provtagningsstationer, med maxdjup 8-15 m i augusti 2021.

Vid djupa vikar och fjärdar, med djup på mer än 15 m, var statusen för syrgas samma eller en klass bättre augusti 2021 jämfört med 2020 (Drakare et al. 2021). I augusti 2021 var syrgasstatusen vid sex av elva provpunkter dålig eller otillfredsställande (Figur 5). Sju av de djupaste fjärdarna provtas sex gånger per år. Största skillnaden i syrgashalten var det i Prästfjärden där syrgasminimum erhöles i april (Figur 6). I de övriga provpunkterna erhöles syrgasminimum i september och syrgasstatus var då två klasser lägre i Görvåln (från måttlig till dålig) och en klass lägre i Ekoln (från måttlig till otillfredsställande). I både Görvåln och Prästfjärden fanns det tydliga syrgasminima nära temperaturskiktningen i juli och augusti på 8-10 meters djup i dessa två ca 50 meter djupa bassänger, vilket beror på att sedimen-

terande plankton saktas upp där och påverkar syrgasförhållandena. Under detta område höjs halterna igen (Görväln, Figur 5 samt, juli i Prästfjärden, Figur 6). Även i Stora Ullfjärden är denna process tydlig (Figur 5).



Figur 5: Syrgas- och temperaturprofilerna i Mälarens djupaste vikar och fjärdar augusti 2021.



Figur 6: Syrgasprofilerna i Galten och Prästfjärden 2021 vid alla provtagningstillfällen.

4.2 Vattenkemi

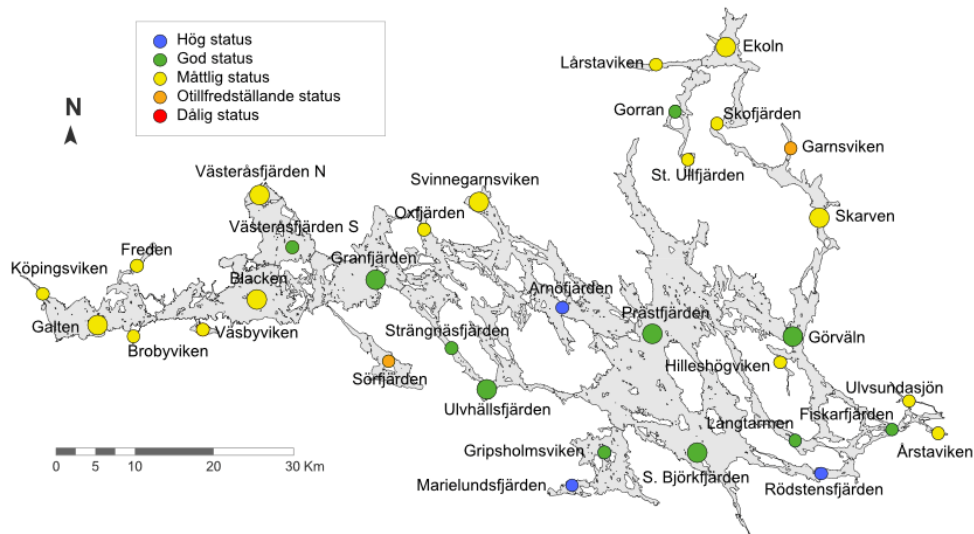
4.2.1 Näringsämnen

Fosfor och kväve är nödvändiga näringsämnen för basen i näringsväven (i sjöar växtplankton, fastsittande alger och större vattenväxter). Förutom en naturlig tillförsel av närsalter från den omgivande marken till vattnet tillförs näringsämnen

också från brukad och gödslad jordbruksmark, reningsverk, industrier, dagvatten och enskilda avlopp. Kväve tillförs även från luften genom atmosfärisk deposition direkt på sjöar och vattendrag.

Förhöjda halter av näringsämnen kan leda till algbloomningar och igenväxta vikar. Vid nedbrytning av alger och vattenväxter förbrukas syre och risken för syrgasbrist i bottenvattnet ökar. Syrgasbrist i bottenvattnet leder till att lagrad fosfor frigörs från sedimenten.

Halterna av näringsämnen är i Mälaren högst i de västra och nordöstra delarna och statusen med avseende på totalfosfor klassades för 2021 års data från otillfredsställande till god (Figur 7). I de mer näringsfattiga sydöstra delarna klassades statusen från måttlig till hög. Klassningen var vid nästan alla provpunkter samma som 2020 eller en klass sämre (Drakare et al. 2021). Undantagen var Gorran, Granfjärden och Ulvhällsfjärden där statusen förbättrades från måttlig till god samt Hilleshögsvikens och Årstavikens där klassningen försämrades från hög till måttlig. En viss förklaring till Hilleshögsvikens försämring beror på att referensvärdet för totalfosfor ändrats från 17,5 µg/l till 15,4 µg/l (www.viss.lansstyrelsen.se). Referensvärdena har i och med förvaltningscykel 3 uppdaterats för merparten av provpunkterna. Vid sju av provpunkterna har detta lett till en försämring i statusklass.

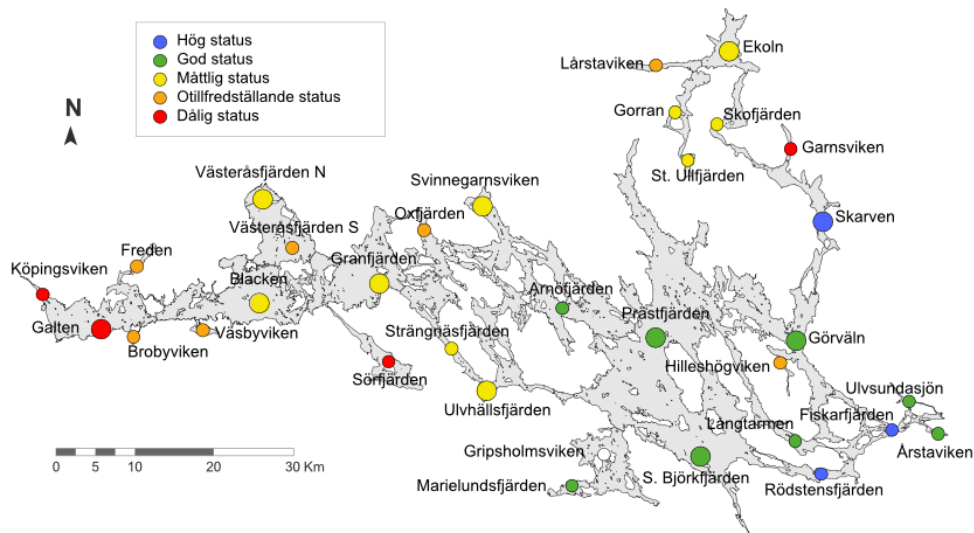


Figur 7. Statusklassning av totalfosfor i Mälaren 2021. Referensvärdena har hämtats från VISS. Årsmedelvärden har använts för bedömning av de stationer som provtas sex gånger om året (stora punkter) och resultaten från augusti för de provplatser som enbart provtas i augusti (små punkter).

4.2.2 Siktdjup

Siktdjup ger en samlad information om vattnets färg, grumlighet samt mängden växtplankton i vattnet. I de västra och nordöstra delarna var statusen med avseende på siktdjup dålig till måttlig med undantag för Skarven där den var hög (Figur 8). I de sydöstra delarna var statusen god till hög med undantag för Hilleshögviken där den var otillräcklig (Figur 8). I Hilleshögviken har klassningen gett otillräcklig till måttlig status sedan provtagningen startade vid denna station 2017.

Klassningen var vid nästan alla provpunkter samma som 2020 eller en klass lägre (Drakare et al. 2021). Undantagen var Gorran, Granfjärden, Skofjärden och Ulvhällsfjärden där statusen förbättrades från otillräcklig till måttlig, Brobyviken där statusen förbättrades från dålig till otillfredsställande samt i Skarven där statusen förbättrades från måttlig till hög.



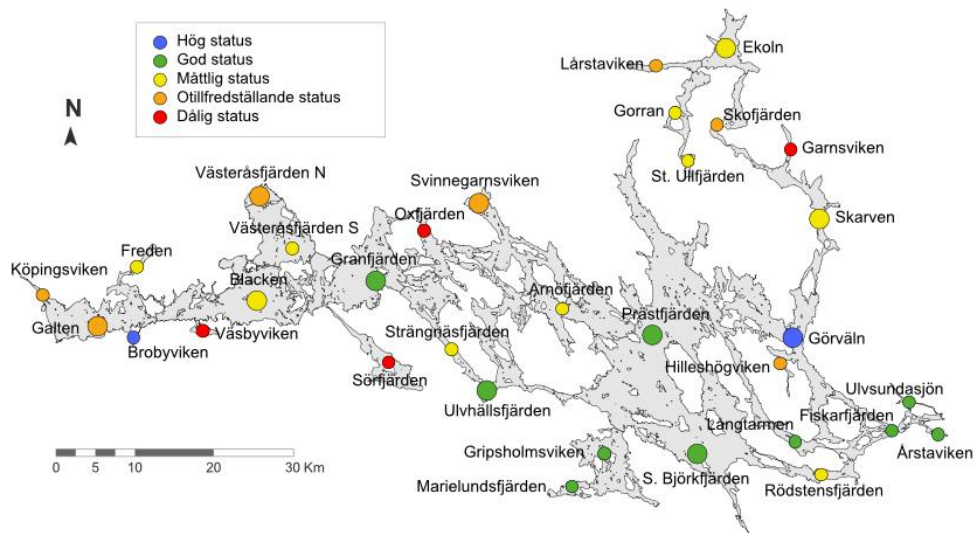
Figur 8. Statusklassning av siktdjupet i Mälaren 2021. Referensvärdena har hämtats från VISS. Medelvärdet för maj-september har använts för de stationer som provtas sex gånger om året (stora punkter) och resultaten från augusti har använts för de provplatser som enbart provtas i augusti (små punkter).

4.3 Biologiska parametrar

4.3.1 Växtplankton

4.3.1.1 Klorofyll *a*

Klorofyll *a* är ett av växternas pigment som möjliggör fotosyntes, vilket gör att halten av klorofyll *a* är ett indirekt mått på hur mycket växtplankton det finns i vattnet. Klorofyllanalyser som indirekt mått på växtplankton är billigare än att räkna växtplankton i mikroskop vilket möjliggör prover från fler provplatser eller tillfällen, även om växtplanktonanalyser ger mer information. I de flesta fjärdarna och vikarna var status med avseende på klorofyll 2021 samma eller en sämre än 2020 (Drakare et al. 2021). I likhet med året innan var det endast 12 av 33 provpunkter som hade god eller hög status (Figur 9).

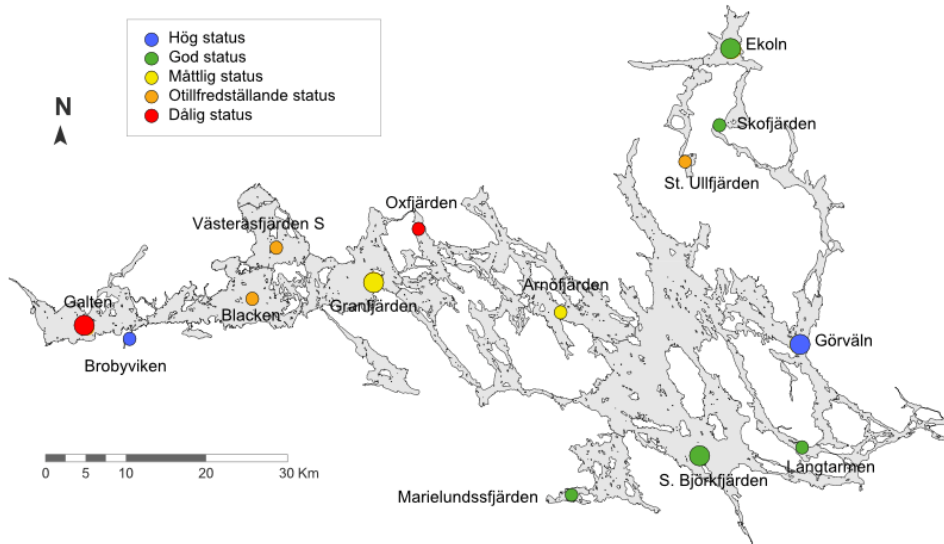


Figur 9. Statusklassning av klorofyll i Mälaren 2021. Referensvärdena har hämtats från HVMFS 2019:25 tabell 1.2. Medelvärden för juli-augusti har använts för de stationer som provtas sex gånger om året (stora punkter) och resultat från augusti för de provplatser som enbart provtas då (små punkter).

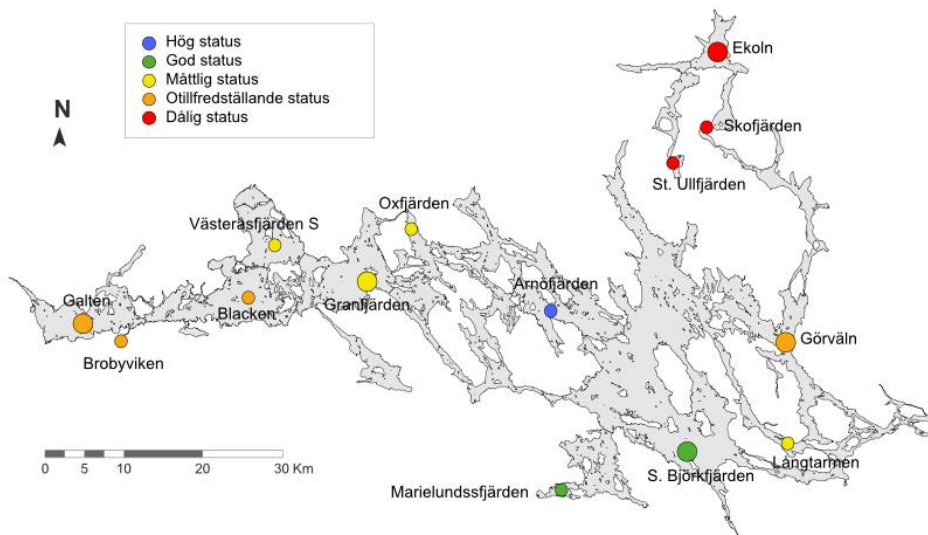
4.3.1.2 Totalbiovolym, PTI samt sammanlagd status för växtplankton

Detaljerade provtagningar av växtplankton med taxonomisk analys i mikroskop utförs vid 22 stationer i Mälaren. Fem stationer provtas varje år, två gånger på våren i april-maj, två gånger på sommaren i juli-augusti och en gång tidig höst i september. Övriga 17 stationer provtas varannat år i augusti för att kunna beräkna index och bedöma ekologisk status för kvalitetsfaktorn växtplankton vid tre tillfällen under en 6-årig förvaltningscykel. I år provtogs åtta av dessa. Totalbiomassan visade god och hög status vid flera stationer i norra och östra Mälaren (Figur 10) men när man tar hänsyn till vilka arter det är som dominerar med planktontrofiskt index,

PTI (Figur 11) var statusen dålig vid flera stationer. Det är särskilt cyanobakterier som försämrar statusen. Den sammanlagda statusen bedömd med växtplankton visar att det är de centrala delarna av Mälaren som får god status (Granfjärden, Arnöfjärden, Marielundsfjärden, Södra Björkfjärden och Görvål) medan övriga får måttlig eller otillfredsställande status och de tre stationerna i norra delen i år får dålig status (Figur 13).



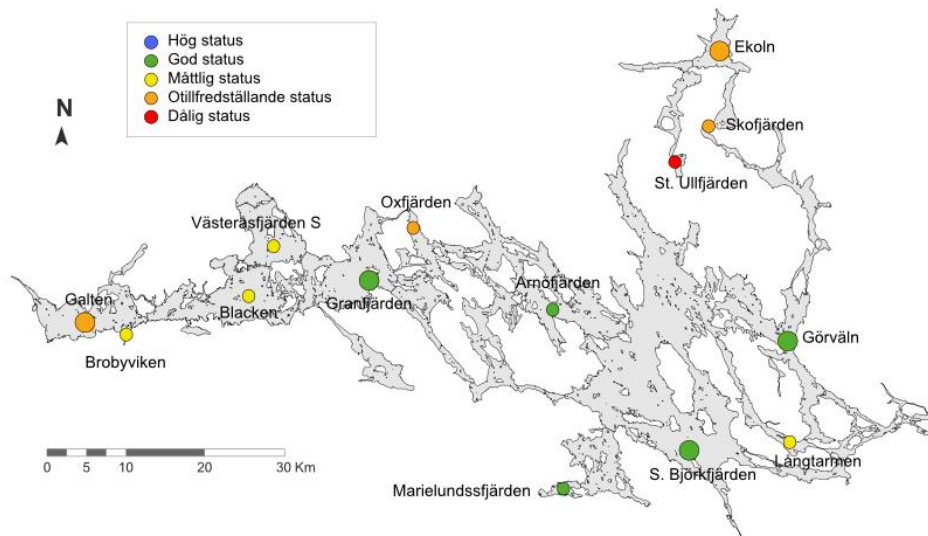
Figur 10. Statusklassning av växtplanktonbiovolym i Mälaren 2021. Medelvärde juli-augusti har använts för Galten, Granfjärden, S. Björkfjärden, Görvål och Ekoln (stora punkter) medan övriga stationer enbart baserar sig på resultat från provtagning i augusti (små punkter).



Figur 11. Statusklassning växtplankton plankton trofiskt index (PTI) i Mälaren 2021. Medelvärde juli-augusti har använts för Galten, Granfjärden, S. Björkfjärden, Görvål och Ekoln (stora punkter) medan övriga stationer enbart baserar sig på resultat från provtagning i augusti (små punkter).



Figur 12. Ceratium hirundinella, en stor dinoflagellat som var vanlig i Oxkfjärden augusti 2021. Foto: Eva Herlitz. SLU.

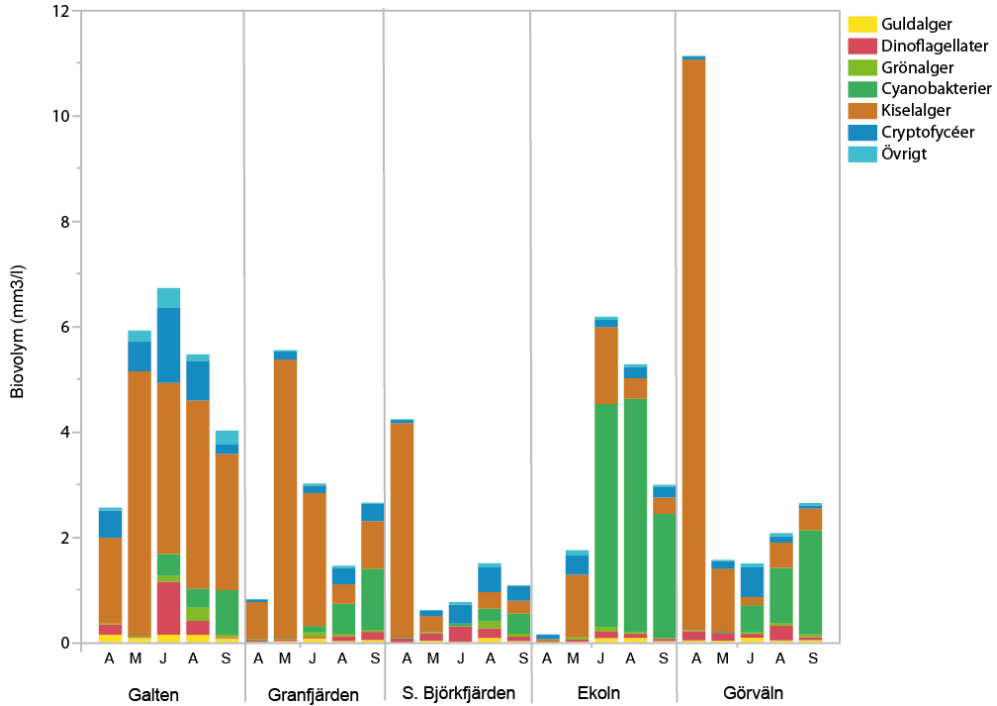


Figur 13. Sammanvägd bedömning växtplankton i Mälaren 2021. Beräknad utifrån PTI, växtplankton och biomassa. Medelvärde juli-augusti har använts för Galtén, Granfjärden, Södra Björkfjärden, Görväln och Ekoln (stora punkter) medan övriga stationer enbart baserar sig på resultat från provtagning i augusti (små punkter).

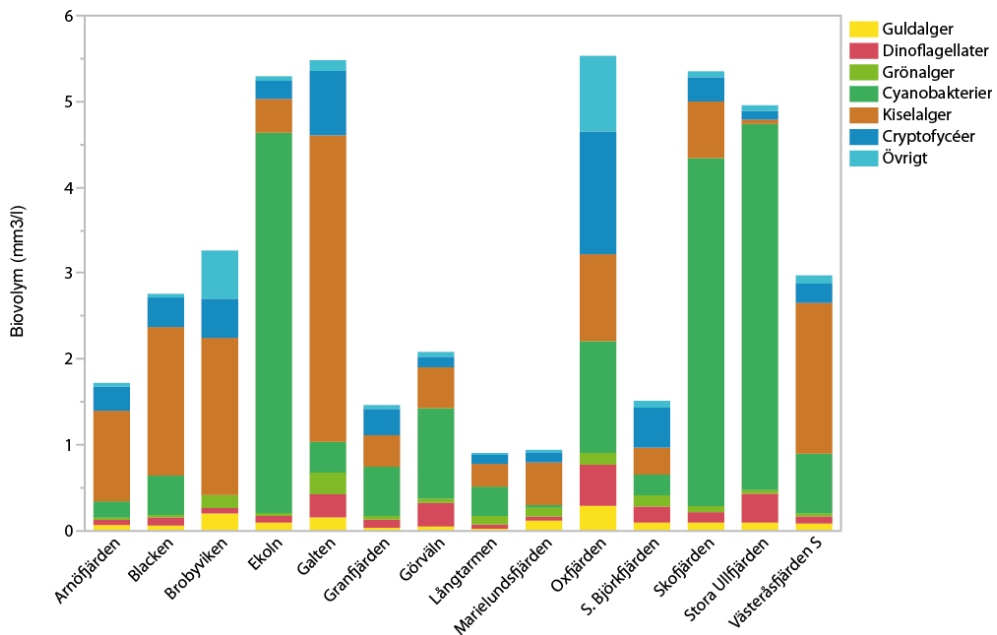
4.3.1.3 Växtplanktonsamhällets sammansättning

Den säsongsmässiga variationen av växtplankton visar att cyanobakteriemängderna ofta var högre i september än de månader, juli och augusti, som används för statusbedömning (Figur 14). I Galtén dominerar kiselalger som vanligt hela växtsäsongen pga. att de trivs vid fullständig omblandning av vattenmassan, vilket det är i denna relativt grunda del av Mälaren. Vid de andra stationerna gör temperaturskiktningen att kiselalger främst dominerar vår och höst då det är just sådan omblandning. Med sista provtagning för säsongen så tidigt som i september missas dock hösttoppen av kiselalger, men på våren var den tydlig i alla stationer utom Ekoln. Juni månad saknar enligt upplägget provtagning vilket gör att det är svårt att säga om det finns cyanobakterier även i juni. Perioden med cyanobakterier är minst juli till september och 2021 är det höga halter främst i Ekoln, men även i september i Görväln. Då används gränsen $2 \text{ mm}^3/\text{l}$ som hög halt cyanobakterier kopplat till förhöjd risk för hälsoeffekter enligt WHO (2003).

Vid en jämförelse av alla stationer som provtogs i augusti är det förutom Ekoln även Skofjärden och Stora Ullfjärden som har höga halter av cyanobakterier. Vid flera andra stationer domineras växtplanktonsamhället i augusti istället av kiselalger vilket beror på att de är grunda vilket gynnar kiselalger. Oxfjärden hade stor biomassa av den stora Eiffeltornslänkande *Ceratium hirundinella* (Figur 12). Även Cryptofycéer i form av *Cryptomonas* spp. var vanliga i Oxfjärden. Båda dessa har flageller och kan därmed reglera sin höjd i vattenmassan för att hitta optimala förhållanden mellan ljus och näringsämnen.



Figur 14. Biovolym för vanliga grupper av växtplankton i Mälaren i april (A), maj (M), juli (J), augusti (A) och september (S) under 2021 för de fem stationer som har förtätd provtagning av växtplankton.

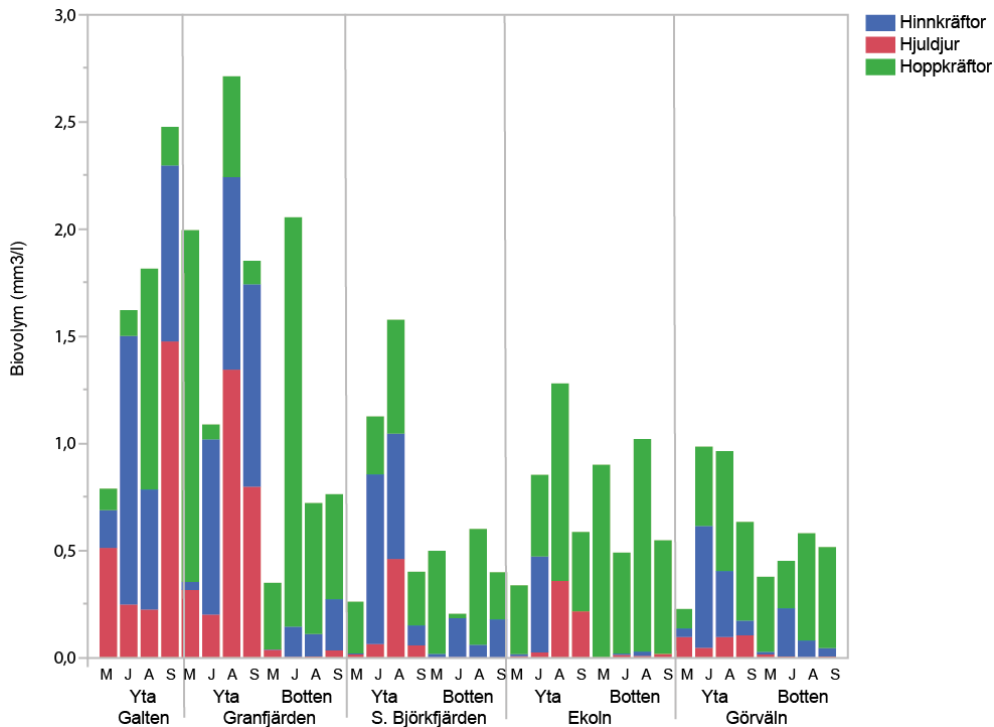


Figur 15. Växtplanktonsamhällets sammansättning vid de tretton stationer i Mälaren som provtogs i augusti 2021.

4.3.2 Djurplankton

Djurplanktonbiomassan var generellt sett låg under 2021. Skalan på y-axeln brukar behöva gå upp till mellan 5 och 10 mm³/l för att täcka in alla prover men årets maximum låg bara på 2,7 mm³/l. Liksom tidigare år är hjuldjur dominerande vid grunda stationer eller i ytnära (epilimnion) prover medan de saknas nästan helt i djupare vattenskiikt. I det djupa vattenskiiktet dominerar oftast hoppkräftor. Totalt hittades 76 taxa av djurplankton. Artrikaste djurplanktongruppen är hjuldjur med 37 taxa totalt. Hoppkräftor och hinnkräftor är ungefär lika artrika i Mälaren med 21 respektive 18 taxa vardera. Granfjärden var artrikast med 53 taxa och Galten hade minst antal, 40 taxa. De fem vanligaste arterna som hittas vid alla fem stationer är: *Mesocyclops leuckarti*, *Polyarthra remata*, *Polyarthra vulgaris*, *Trichocerca porcellus* och *Trichocerca rousseleti*. *Mesocyclops leuckarti* är en hoppkräfta som kopplas till näringsrika förhållanden. Det gör även hjuldjuret *Trichocerca porcellus*. Övriga tre är också hjuldjur utan tydlig dokumenterad roll som indikatorer.

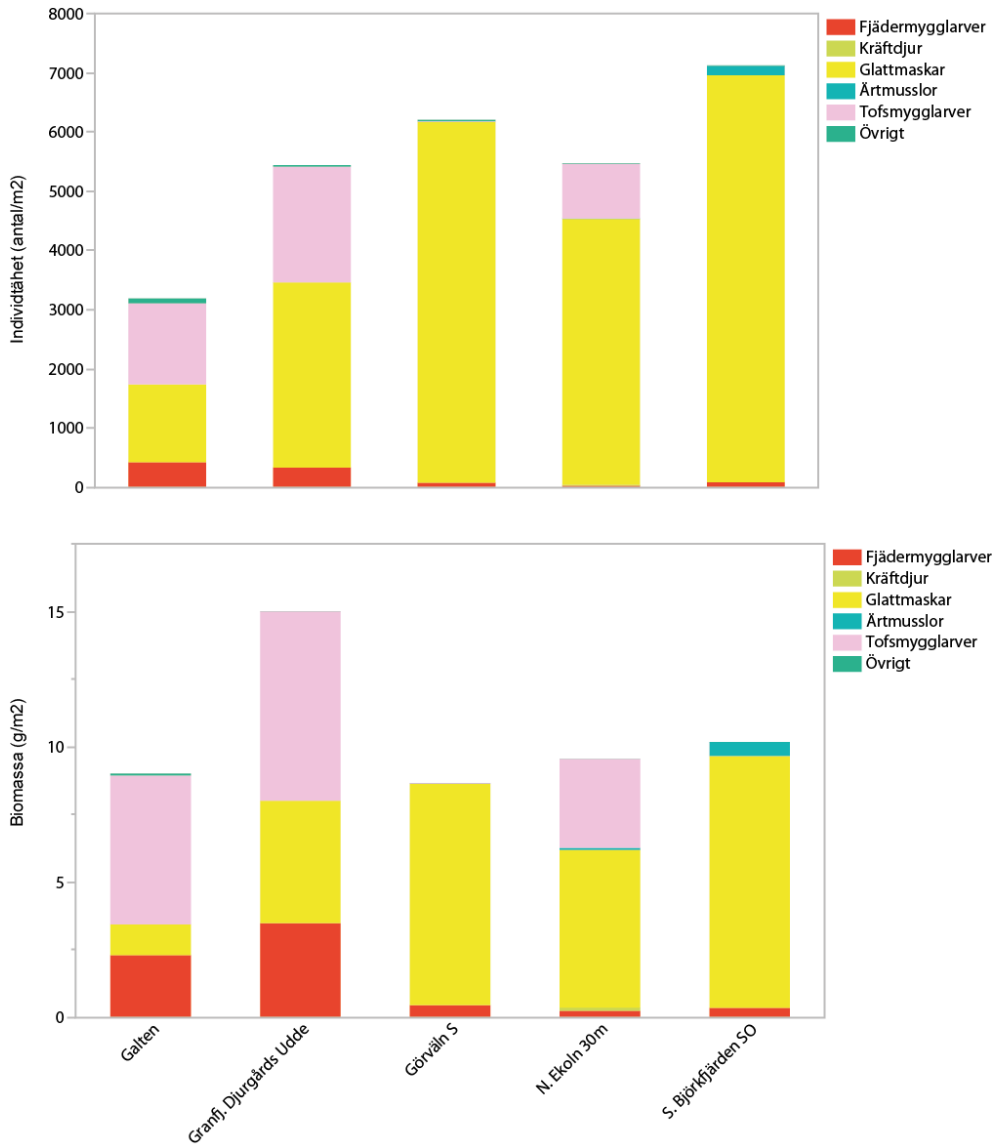
Två glacialrelikter hittades, hoppkräftan *Limnocalanus macrurus* och rotatorien *Notholca caudata*. De föredrar kallt vatten och hittades vid tre respektive fyra stationer. *Limnocalanus macrurus* hittades bara i hypolimnion, dvs. det kalla bottenvattnet. *Notholca caudata* hittades även i grunda Galten, men bara i maj med vattentemperatur mellan 11 och 14 grader. Även kallvattensarten *Keratella hiemalis* hittades vid två stationer, Ekoln och Granfjärden, främst i hypolimnion.



Figur 16. Biovolym av de tre stora djurplanktongrupperna i Mälaren i maj (M), juli (J), augusti (A) och september (S) 2021. Prover togs i ett yligt vattenskiikt 0–10 m samt om möjligt i ett djupare skikt från 15 m ned till 25–40 m beroende på provplatsens vattendjup.

4.3.3 Bottenfauna på djupbottnar

Bottenfauna från djupbottnar identifieras ofta bara till större grupper av djur. Därför blir inte artlistorna så långa. I de fem stationer som provtas på bottenfauna artidentifieras de arter fjädermygglarver som behövs för indexberäkning. I övrigt blir det mer fokus på att ta fram antal och biomassa för större grupper. Sålunda är antalet taxa relativt lågt, 6 – 10 taxa.



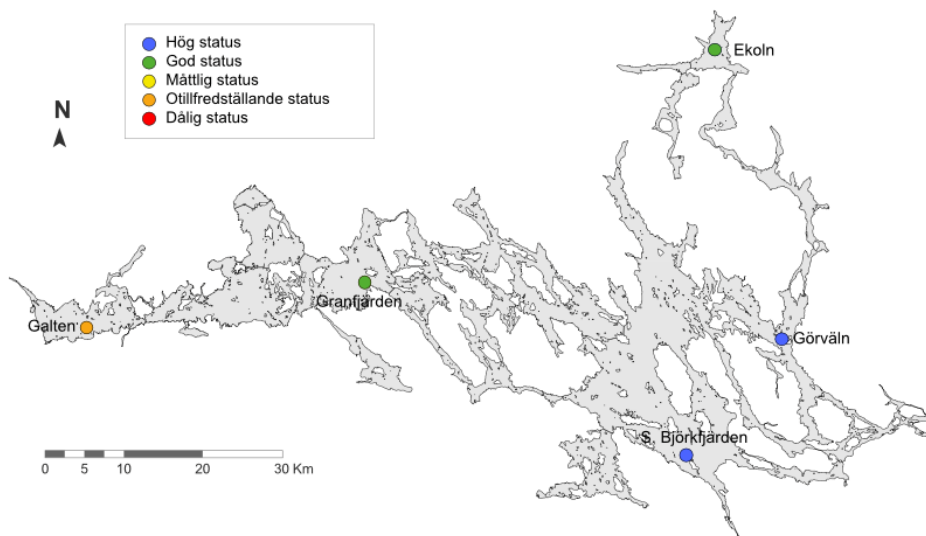
Figur 17. Bottenfaunasamhällets sammansättning på Mälarens djupbottnar i september 2021 med avseende på individtäthet (överst) och biomassa (nederst).

Glattmaskar dominerar numerärt och de lite större fjäder- och tofsmyggorna blir också betydelsefulla med sin biomassa i de lite grundare bassängerna i västra Mälaren (Figur 17). Flera år i rad har det nu saknats märkräftor i Görvåln, de hittades i

år bara i Ekoln. Även punkträkan *Mysis relicta* hittades i Ekoln, en glacialrelikt som föredrar kallt vatten.

4.3.3.1 Bentiskt kvalitetsindex (BQI)

Det bentiska kvalitetsindexet BQI utnyttjar kunskap om hur känsliga olika fjädermygglarver är för låga syrgashalter. År 2021 är statusen med avseende på BQI otillräcklig i Galten i likhet med de senaste 5 åren (Figur 18). Statusen i Görväln var i år hög vilket är en förbättring mot 2019 då den var dålig och 2020 då den var otillfredsställande.



Figur 18. Statusklassning av bottenfauna i Mälaren 2021. Provtagning i september. Referensvärdena har hämtats från HVMFS 2019:25 tabell 4.3.

4.3.4 Pelagisk fisk 2020

De vanligaste pelagiska fiskarna undersöks av institutionen för akvatiska resurser på SLU på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten. Nors, siklöja och följs bland annat med trålning och hydroakustik. Pga. olika uppdragsbeskrivningar passar inte fiskundersökningarnas leveransrapporter Mälarrapportens publiceringsdatum utan rapporteringen blir här från året innan, dvs. 2020 (Axenrot & Rogell 2021). Norsbeståndet var då stabilt med god rekrytering liknande den från medelvärdet över en 10-årsperiod. Siklöjebeståndet minskade något i Präst- och Björkfjärdarna men ökade i Görväln, kanske en effekt av god rörlighet mellan dessa fjärdar. I Ekoln var det efter flera år med dålig rekrytering på nytt lite bättre sådan. Beståndet av siklöja i Ekoln är fysiskt isolerat och beror av starka årsklasser i denna bassäng. De kommersiella landningarna av siklöja i Mälaren var år 2020 under medel för de senaste 30 åren.

Gösen hade en mycket god rekrytering i Granfjärden under 2020 liksom för 2019. I Görväln har mängden gös ökat under 2020 medan den är låg i Präst- och Björkfjärdarna. Medelvärde totalt för Mälaren förändras inte mycket och beror på att gösen flyttar sig mellan fjärdarna för val av bästa habitat och tillgång på bytesfisk. I flera av dessa fjärdar bedrivs yrkesfiske av gös där de kommersiella landningarna är stabila mellan åren på cirka 200 ton. I flera fjärdar bedrivs även omfattande fritidsfiske som dock inte undersöks eller dokumenteras. Ekoln har för gös ett relativt isolerat bestånd som är genetiskt skilt från beståndet i centrala Mälaren (Dannewitz et al. 2010). Här har beståndet varit relativt stabilt 2018-2020. Ingen rekrytering av gös i Ekoln noterades för 2020, senaste mätbara sådan var 2018.

4.4 Syntes av miljöövervakningen 2021

I Tabell 1 visas en sammanställning av de kvalitetsfaktorer som statusbedömdes i Mälaren under 2021 och vilken sammanvägd status det skulle vara om bara dessa parametrar användes. Precis som tidigare år dominerar stationer med måttlig status. Det varierar något vilka det är mellan år beroende på vilka stationer som ingått med mer detaljerad analys, t.ex. fullständig provtagning av växtplankton som i många fall är utslagsgivande och tydligt visar effekten av näringspåverkan. Av de 33 stationerna är det endast två provplatser som visar god status under 2021 med de kvalitetsfaktorer som mätts, Gripsholmsfjärden och Södra Björkfjärden, vilket innebär att åtgärdsarbetet behöver fortsätta. Fullständig statusbedömning görs för en hel sexårscykel och bör även inkludera kvalitetsfaktorerna större vattenväxter (makrofyter), fisk och särskilt förorenande ämnen.

Den sammanvägda bedömningen görs enligt ett flödesschema (Naturvårdsverket 2007). Biologiska kvalitetsfaktorer styr statusbedömningen helt vid måttlig eller sämre status (t.ex. Arnöfjärden). Vid god status kopplas fysikalisk-kemiska in i bedömningen och om dessa visar hög eller god blir statusen god (t.ex. Södra Björkfjärden). Om istället god status för biota kopplas till sämre status än god för fysikalisk-kemiska kvalitetsfaktorer blir sammanvägda statusen måttlig (t.ex. Granfjärden). Vid hög status på de biologiska kvalitetsfaktorerna kan fysikalisk-kemiska kvalitetsfaktorer sänka sammanvägda statusen till god. Vid hög status på dessa kopplas hydromorfologiska kvalitetsfaktorer in. Det har inte gjorts i årets bedömning. Inte heller har särskilt förorenade ämnen räknats med.

Tabell 1. Sammanfattande tabell med de kvalitetsfaktorer som statusbedömdes 2021 vid de 33 provtagna stationerna i Mälaren och en sammanvägd bedömning baserad på dessa. För fullständig bedömning behöver provtagning under en hel förvaltningscykel på sex år inkluderas. H=hög status, G=god status, M=måttlig status, O=otillfredsställande status, D=dålig status. Åtgärder behöver sättas in om statusen är sämre än god.

Station	Fysikalisk-kemiska kvalitetsfaktorer			Biologiska kvalitetsfaktorer			Total status
	Syrgas	Totalfosfor	Siktdjup	Växtplankton - klorofyll	Växtplankton - fullständig	Bottenfauna	
Köpingsviken	H	M	D	O			O
Galten	D	M	D	O	O	O	O
Brobyviken	H	M	O	H	M		M
Freden	D	M	O	M			M
Väsbyviken	D	M	M	D			D
Blacken	D	M	M	M			M
Västeråsfjärden N	M	M	O	O			O
Västeråsfjärden S	H	G	M	M	M		M
Granfjärden	D	G	M	G	G	G	M
Sörfjärden	H	O	D	D			D
Oxfjärden	H	M	O	D	O		D
Strängnäsfiärden	G	G	M	M			M
Ulvhällsfjärden	D	G	M	G			M
Svinnegarnsviken	D	M	M	O			O
Arnöfjärden	G	H	G	M	G		M
Marielundsfjärden	O	H	G	G	G		M
Gripsholmsfiärden	G	G		G			G
Prästfiärden	D	G	G	G			M
Södra Björkfiärden	G	G	G	G	G	H	G
Långtarmen	H	G	G	G	M		M
Rödstensfiärden	O	H	H	M			M
Stora Ullfiärden	D	M	M	M	D		D
Gorran	H	G	M	M			M
Lärstaviken	M	M	O	O			O
Ekoln	O	M	M	M	O	G	O
Skofjärden	G	M	M	O	O		O
Garnsviken	H	O	D	D			D
Skarven	D	M	H	M			M
Görvån	D	G	G	H	G	H	M
Hilleshögviken	H	M	O	O			O
Fiskarfjärden	D	G	H	G			M
Ulvundasjön	D	M	G	G			M
Årstaviken	H	M	G	G			M

5 Forskningsresultat

Tre disputationer från institutionen på vatten och miljö, SLU, som kan vara av intresse för Mälaren presenteras: två kopplade till näringsämnen och en kopplad till tekniker säkert dricksvatten utan organiska miljöföroreningar. Tre övriga publikationer från forskningsprojekt presenteras: att förbruningen verkar ha avstannat, en första bedömning av antibiotikaresistens i Mälurvatten samt verktyg för att göra riskbaserad bedömning av organiska miljöföroreningar.

5.1 Hur fosfor transporteras från land till vatten

Emma Lannergård disputerade den 10 december 2021. Hon har som doktorand studerat detaljer i hur fosfor transporteras från land till vatten för att det ska bli möjligt att arbeta för att minska dessa flöden och minska övergödningen våra vatten. Genom att ha Sävjaån som undersökningsområde, en del av Mälarens avrinningsområde som mynnar i Fyrisån och senare Ekoln, studerade hon i detalj var fosfor kommer ifrån, när och hur transporten från land till vatten sker och modellerade även hur förändrade förhållanden kan påverka transporten av fosfor i landskapet. Mycket fosfor fanns lagrat i sjösediment vilket är känt sedan länge, men stora mängder fanns också lagrade i åarnas sediment vilket var ny och viktig kunskap för att kunna ta bättre beslut om när och hur diken får rensas. Emma använde sensorer för att kunna mäta vid vilka tidpunkter transporten i vattnet sker och visade att det är viktigt med tät provtagning vid högt vattenflöde eftersom det är då mycket av fosfortransporten sker, även under is vintertid. Vid högflöden blev vattnet snabbt grumligt i åarna vilket tyder på att partiklarna kommer från flodbanken och bäcknära zonen, vilket visar hur viktigt det är att behålla växtlighet där under stora delar av året för att minska risken att partiklar och fosfor kommer till vattendraget. Avhandlingen ([Lannergård 2021](https://pub.epsilon.slu.se/26171/1/lannergard_e_e_211119.pdf)) finns att läsa här: https://pub.epsilon.slu.se/26171/1/lannergard_e_e_211119.pdf.

5.2 Restaurering av övergödda sjöar

Oskar Agstam-Norlin försvarade sin avhandling den 28 januari 2022. Oskar har fokuserat på hur sjöars fosforrika sediment kan hindras från att läcka tillbaka näringen till vattnet. Den i över 50-år använda metoden att tillsätta aluminium för att binda fosfor kvar i sedimentet undersöktes i detalj med ny kunskap om vilka former som behöver bindas för att göra metoden effektiv liksom förbättringar som att tillsätta aluminium på sedimentytan istället vid vattenytan för att förbättra såväl varaktighet och effektivitet av behandlingen särskilt i sjöar med brant sluttande sedimentbottnar. Oskar visade också att former av fosfor man trott varit immobil inte alltid är det och därför bör inkluderas vid beräkning av aluminiumdos. Det finns nu en utvecklad doseringsmodell som planeringsverktyg vid denna typ av sjörestaurering. Avhandlingen ([Agstam-Norlin 2022](https://pub.epsilon.slu.se/26660/1/agstam-norlin_o_220105.pdf)) finns att läsa här: https://pub.epsilon.slu.se/26660/1/agstam-norlin_o_220105.pdf.

5.3 Tekniker för renare dricksvatten

Malin Ullbergs disputation hölls den 8 april 2022 och handlade om hur granulärt aktivt kol fungerar i reningsprocessen för att ta bort organiska miljöföroreningar vid produktion av dricksvatten. Genom aktivering av kol vid hög temperatur ökas kolets yta som gör att stora mängder miljöföroreningar fäster och avlägsnas från vattnet. Även goda bakterier fäster sig efter en tid vid granulatet och denna biofilm hjälper också till att ta bort organiska miljöföroreningar genom att bryta ner dem. Detta sker när förmågan att adsorbera molekyler direkt på kolytan minskat. När och var i vattenreningsprocessen olika reningssteg behövs har Malin studerat genom pilotexperiment hos vattenreningsverk i Stockholm och Uppsala. Ozonbehandling av vattnet gjorde organiska ämnen mer tillgängliga för mikrober och ökade effekten på filtren när de nått fasen biologiskt filter medan ozon minskade effekten i den första adsorptionsfasen. Den ökade kunskapen om prestandan hos filter med aktivt kol gör att vattenbehandlingsalternativen nu kan designas ännu mer optimalt och resurseffektivt för ett säkert dricksvatten. Avhandlingen ([Ullberg 2022](https://pub.epsilon.slu.se/27278/1/ullberg_m_220309.pdf)) finns att läsa här: https://pub.epsilon.slu.se/27278/1/ullberg_m_220309.pdf.

5.4 Förbruningen har avstannat

Mälarens vatten är relativt humusrikt och förbruningen av inlandsvattnet har ökat vilket t.ex. kan vara en utmaning för dricksvattenproducenter. Nu har tidsserier från 1990 till nuläge i 164 vattendrag från hela Sverige analyserats ([Eklöf et al. 2021](#)) och eftersom flera av vattendragen rinner till Mälaren blir det intressant även i ett Mälarfokus. De använde parametrar som visar på brunt vatten som t.ex. totalt organiskt kol i vattnet (TOC, för att humusämnen är kolföreningar) och absorptionsvid våglängden 420 nm (själva färgen). TOC visade sig öka i många vattendrag med en topp runt 2005-2008. Vid ungefär år 2010 var det en brytpunkt när ökande TOC-halter endast uppmättes i 20 % av vattendragen. Under perioden 2012 – 2017 minskar TOC i en mindre del av vattendragen. För absorptionsvid ligger toppen mycket tidigare, redan under perioden 1995-2000 då som mest ca 30 % av vattendragen fick ökande halter. Efter 2012 är det bara ca 10 % av vattendragen som fortfarande har ökande färg medan den största andelen vatten har stabil färgvärde. Från kartor i studien kan man se att vattendragen runt Mälaren ökade sin TOC-halt under perioden 1990-2010 och men att halten varken ökar eller minskar i de flesta av dem under perioden 2011-2020. Kemister och statistiker samarbetade i denna studie, bland annat Karin Eklöf och Claudia von Brömssen från SLU, vilken går att läsa i sin helhet här: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117544>.

5.5 En första bedömning av antibiotikaresistens

Antibiotikaresistens hos bakterier som gör att mediciner blir verkningslösa är ett växande problem. Ett område där kunskap saknas är hur antibiotikaresistensen sprids till naturen från urbana områden. Avloppsreningsverk riskerar t.ex. att sprida en mix av antibiotika i naturen. Bakterier med antibiotikaresistens har gener som

bryter ner antibiotikan istället för att döda bakterien. Bakterier kan relativt lätt ta upp gener från varandra vilket gör att även antibiotikaresistens hos ofarliga och nyttiga bakterier i t.ex. sjövattnen kan sprida resistens mot mediciner. En studie av hur vanliga antibiotikaresistensgener (ARG) är gjordes därför i vatten runt fyra städer runt Mälaren: Västerås, Uppsala, Eskilstuna och Stockholm (Yin Lai et al. 2021). Provtagningspunkter låg både uppströms och nedströms reningsverken. Studien visade att ARG täckte in fler typer av antibiotika vid de provtagningspunkter som var mest urbana. Några ARG som bryter ner antibiotika som sulfonamid, trimethoprim och amphenicol har inte hittats tidigare i sötvatten. ARG som bryter ner florfenicol, quinolone och vancomycin hittades bara i vatten nära Uppsala, vilket visar att mångfalden hos ARG var olika vid olika städer. Studien kompletteras nu med flera för att ta reda på säsongvariation, för att kunna spåra ARG och deras antibiotikakällor med målet att hitta verktyg för att minska antibiotikaresistens. Från SLU var Foon Yin Lai, Lutz Ahrens och Karin Wiberg inblandade i studien som går att läsa i sin helhet här: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117651>.

5.6 Nyheter från forskning om organiska miljöföroreningar

Ett projekt finansierat av Naturvårdsverket har tagit fram ett nytt optimerat verktyg för att identifiera potentiella högrisksubstanser i akvatisk miljö kopplat till påverkan från avloppsreningsverk (Figuière et al. 2022). Verktuget gör att riskbedömningen kan göras platsspecifik och är tänkt att användas av myndigheter för att kunna bedöma olika organiska miljöföroreningars effekt. Då kan riskområden identifieras för att minimera effekterna på de akvatiska ekosystemen. Från SLU var Romain Figuière, Lutz Ahrens och Oksana Golovko inblandade i studien som finns att läsa i sin helhet här: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.128302>.

Det har också kommit ut en publikation i en vetenskaplig tidskrift på engelska baserad på tidigare svenska rapporter om organiska miljöföroreningar i Sveriges tre största sjöar och deras inlopp och utlopp. Resultat som presenterats på bland annat Mälarseminarer. Titeln på publikationen är: Occurrence and mass flows of contaminants of emerging concern (CECs) in Sweden's three largest lakes and associated rivers (Malnes et al. 2022) (<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133825>).

6 Resultat från studentarbeten

I årets kull blev tre kandidatarbeten färdiga och två på masternivå:

6.1 Två studier i anlagda våtmarker i Mälardalen

Eftersom anlagda våtmarker är bra som fosforfällor för att minska näringsläckage till sjöar som Mälaren presenterar vi här upp två kandidatarbeten i miljövetenskap som studerat sådana i Mälarens jordbrukslandskap. En typisk fosfordamm börjar med en djupare del utan övervattensvegetation följt av en grundare del med övervattensvegetation. Fosforhaltigt sediment från åkrar kan då sedimentera i dammen utan att återgå i lösning (internbelastning) eller virvla upp från botten så att det riskerar att spolats ut till närliggande vatten. Med tiden fylls dammen upp och därför är det viktigt att kunna mäta djupet liksom att kunna beräkna hur stor internbelastningen är vid olika förhållanden. I den ena studien beräknades internbelastningsrisken i 21 anlagda våtmarker och i den andra utvärderades olika sätt att mäta djupet och formen, dvs. batymetrin, i 10 av dessa våtmarker eftersom det är en utmaning med alla vattenväxter.

Sofie Michelsens studie med titeln *Internbelastningsrisk från våtmarkssediment* (Michelsen 2021), visade att den maximala beräknade internbelastningen varierade mellan 4-20 mg per kvadratmeter och dygn. Variationen påverkades av totala massan fosfor och andelen järnbunden fosfor. Labil organiskt bunden fosfor inkluderades inte i modellen vilket gör att internbelastningen i denna studie riskerar att underskattas. Våtmarker utformade i syfte att vara fosforfällor hade högre halt fosfor och därmed högre risk för internbelastning. Andelen jordbruksmark och lerinnehållet hade liten eller ingen effekt. Studien föreslår ytterligare mätningar av särskilt flödesrelaterade parametrar för bättre förståelse av hur externa faktorer påverkar internbelastningen och finns att läsa i sin helhet här: https://stud.epsilon.slu.se/17125/3/michelsen_s_210831.pdf.

Gordon Lindau jämförde två relativt enkla metoder att mäta vattendjup för att göra en topologisk karta under vattenytan i våtmarker. Ekolod var ett sätt som testades, då användes ett kastbart ekolod som antingen kastades från land med ett fiskespö eller släpades efter en kajak. Ekolodet mätte sin position i landskapet med GNSS. Ekolodet jämfördes med att mäta med mätsticka genom att vada i våtmarken eller från kajak utefter transekter där positionen i landskapet mättes med GNSS från medhavd mobiltelefon. Ekolodet fastnade ofta i vegetationen eller gav helt orimliga värden (både på djup och koordinater) och var inte användbart vid djup mindre än 0,6 m vilket gjorde att det i praktiken var mätsticka som kunde användas för att bestämma våtmarkernas batymetri. Ekolodet stördes av grumligt vatten och mycket växter. Med hjälp av mätsticka, vadarbyxor, lägesbestämning med mobiltelefon producerade studien batymetriska kartor av 10 våtmarker som varierade i volym mellan 150m³ och 5800 m³, med maximalt djup mellan 0,46 och 1,6 m där djup på 2-4 dm ofta dominerade ytmässigt. Gordon Lindaus kandidatarbete med titeln *Våtmarksbatymetri – djupmätning av 10 anlagda våtmarker i Mälardalen* (Lindau 2021) med kartor över våtmarkernas batymetri finns att läsa här: https://stud.epsilon.slu.se/17504/3/lindau_g_220203.pdf.

6.2 Utvärdering av mockning av hagar som metod att minska fosforläckage från hästhagar

Sofia Nyström utvärderade mockning som åtgärd för att minska fosforläckage från hästhagar samt hästhållares syn på åtgärdsarbete för miljön. Hon läser kandidatprogrammet i miljövetenskap på SLU och arbetet gjordes på institutionen för mark och miljö. Hästhagar som till diffusa utsläpp av kväve och fosfor och bidrar till övergödningssproblem i våra vatten, har blivit alltmer uppmärksammade de senaste åren. Särskilt mindre rast- och vinterhagar riskerar att bidra med relativt stora mängder näringsämnen då de blir upptrampade och saknas växter som kan ta upp näringsämnena. I den här studien studerades hur näringsläckaget förändras över tid – alltså hur ofta man behöver mocka hagen för att effektivt reducera näringsläckaget. Studien gjordes från december till maj och visade att redan efter 1-1,5 vecka hade 43 % av fosforinnehållet gått förlorat till marken. Efter 11 veckor hade 62 % gått förlorat. Studien visade att nederbörd ökade läckaget liksom temperaturer över noll grader. En intervjustudie visade på problematiken att använda mockning av hagar i praktiken, även om daglig mockning av hästhagar skulle vara en effektiv åtgärd att minska näringsläckage. Studien visade också ett behov av tydliga informationskanaler mellan myndigheter och hästhållare. Kandidatarbetet, med titeln *Minskat fosforläckage från hästhagar: utvärdering av mockning som åtgärd och hästhållares syn på åtgärdsarbete för miljön* (Nyström 2021), går att läsa i sin helhet här: <https://stud.epsilon.slu.se/16775/>.

6.3 Vid vilka förhållanden frodas kvävefixerande cyanobakterier i Mälaren?

Elin Flodin använde övervakningsdata från Mälaren för att fokusera på kvävefixerande cyanobakterier och vid vilka förhållanden de frodas i sjön. Både kvävefixerande och cyanobakterier generellt gynnas främst av varm vattentemperatur. För hela gruppen växtplankton var helt andra parametrar kopplade till pH, partikelhalt och kalkhalt mer avgörande och temperatur kom först på tionde plats av de 20 miljövariabler som studerades. Både kvävefixerande och cyanobakterier generellt gynnas av minskande kvot mellan oorganiskt kväve och total fosfor och minskande halt av oorganiskt kväve i vattnet något som är en vanlig säsongsutveckling i Mälarens bassänger. Vid jämförelse mellan Mälarens större bassänger hade Ekoln lägst andel av kvävefixerare vilket stämde bra överens med kvävehalterna är höga här jämfört med de andra bassängerna. Särskilt Galten har låg kvot mellan oorganiskt kväve och totalfosfor och en mycket stor andel av kvävefixerande cyanobakterier på sommaren. I de andra större bassängerna med säsongsprovtagningar av växtplankton gick kvoten ner tillräckligt lågt för att gynna kvävefixerare men dessa bassänger hade inte genomgående höga halter av kvävefixerande cyanobakterier. Den tydliga kopplingen mellan cyanobakterier och varmt vatten tydliggör risken för cyanobakteriedominans i Mälaren under sensommaren kopplat till ett varmare klimat. Elin Flodins examensarbete (Flodin 2021) är det avslutande momentet på fem års studier på civilingenjörsprogrammet miljö- och vattenteknik, ett samarbete

mellan Uppsala universitet och SLU, och finns att läsa i sin helhet här:
<http://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1570829/FULLTEXT01.pdf>.

6.4 Tidigt varningssystem för algblomning

Harald Löf undersökte ett tidigt varningssystem för algblomning i Stora Ullfjärden, en av Mälarens vattenförekomster, som har stora problem med återkommande algblomningar. Studien har titeln: *Undersökning av tidigt varningssystem för algblomning – en studie genom vattenkvalitetsmätningar med EXO2 sond, fjärranalys och vattenprovtagning*. Han jämförde beräknade klorofyllhalter baserade på satellitbilder från projektet CyanoAlert med klorofyllhalter mätta i sjön med en multisensor för att ta reda på vid vilka förhållande det blir höjda klorofyllhalter. Det var vårbloomningen i slutet av maj som undersöktes. Mätningar visade att under våren har parametern turbiditet (partikelhalt) störst påverkan på satellitbildernas noggrannhet. Även siktdjup och halten löst organiskt kol påverkade noggrannheten. Själva algblomningen föregicks av stigande temperatur, bildandet av temperaturskiktning i vattnet och stigande pH. För att få ett tidigt varningssystem för algblomning föreslogs att använda satellitövervakning i kombination med in situ-sensorer för att övervaka bland annat temperatur och pH. Harald Löfs examensarbete ([Löf 2021](#)) är det avslutande momentet på fem års studier på civilingenjörsprogrammet miljö- och vattenteknik, ett samarbete mellan Uppsala universitet och SLU, och finns att läsa i sin helhet på denna länk: <http://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1616571/FULLTEXT01.pdf>.

Referenser

- Agstam-Norlin, O. (2022) Restoration of Nutrient Rich Lakes - Towards Better Understanding of Sediment Phosphorus Availability and Management. Doctoral thesis No. 2022:2. Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences, SLU. https://pub.epsilon.slu.se/26660/1/agstam-norlin_o_220105.pdf.
- Axenrot, T. & Rogell B. (2021) Rapport - det pelagiska fiskesamhället i Mälaren 2008-2020. Rapport till Havs- och vattenmyndigheten, Dnr: SLU.aqua.2020.5.5-223.
- Dannewitz, J., Palm, S., & Prestegaard, T. (2010) Långsiktigt hållbar gösförvaltning. Genetiska data ger ny information om bestånd och effekter av utsättningar. Finfo 2010:3, Fiskeriverket. ISSN 1404-8590.
- Drakare, S., Wallman, K. Almlöf, K. & Segersten J. (2021) Fokus på Mälaren 2020 - Sammanfattande resultat från miljöövervakning och forskningsprojekt knutna till samarbetet med MVVF. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö; Rapport 2021:10. https://pub.epsilon.slu.se/23822/1/drakare_s_et_al_210526.pdf.

- Flodin, E. (2021) Vid vilka förhållanden frodas kvävefixerande cyanobakterier i Mälaren? Examensarbete 30 hp, juni 2021, UPTEC W 21033.
<http://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1570829/FULLTEXT01.pdf>
- HVMFS 2019:25 (2020) Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten. Havs- och vattenmyndigheten, föreskrift 2020:25.
- Köhler, S. J. & von Brömssen, C. (2021) Sammanställning av långsiktiga vattenkemiska förändringar i Mälaren och övergripande analys av möjliga drivvariabler och trender. SLU, Vatten och miljö: Rapport 2021:5.
https://pub.epsilon.slu.se/22747/1/k%C3%B6hler_sj_et_al_210311.pdf
- Lannergård, E. E. (2021) Phosphorus transport in the landscape – Integrating high-frequency monitoring, phosphorus geochemistry and modelling to improve water management. Doctoral thesis No. 2021:84. Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences, SLU. https://pub.epsilon.slu.se/26171/1/lannergard_e_e_211119.pdf.
- Löf H. (2021) Undersökning av tidigt varningssystem för algblomning – en studie genom vattenkvalitetsmätningar med EXO2 sond, fjärranalys och vattenprovtagning. Examensarbete 30 hp, november 2021. UPTEC W 21049.
<http://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1616571/FULLTEXT01.pdf>.
- Naturvårdsverket. (2007) Naturvårdsverket 2007. En handbok om hur kvalitetskrav i ytvattenförekomster kan bestämmas och följas upp. Handbok 2007:4 Utgåva 1.
- Nyström, S. (2021) Minskat fosforläckage från hästhagar: utvärdering av mockning som åtgärd och hästhållares syn på åtgärdsarbete för miljön. Självständigt arbete 15 hp. Kandidatprogram i Miljövetenskap, SLU.
https://stud.epsilon.slu.se/16775/3/nystr%C3%B6m_s_210614.pdf
- WHO (World Health Organisation) 2003. Guidelines for safe recreational water environments. World Health Organisation, Geneva.
- Yin Lai, F., Muziasari, W., Virta, M., Wiberg, K. & Ahrens L. (2021) Profiles of environmental antibiotic resistomes in the urban aquatic recipients of Sweden using high-throughput quantitative PCR analysis. Environmental Pollution 287: 117651. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117651>

Appendix

Lista över provtagningsstationer i Mälaren, med tillhörande vattenförekomstnamn, koordinater samt information om vilka månader och djup som provtas vattenkemiskt. Biologisk provtagning sker inte vid lika många tillfällen eller stationer.

Stationsnamn	Vattenförekomst	SWE99_N	SWE99_E	Provtagningsmånad	Provtagningsdjup (m)
Svinnegarnsviken	Mälaren- Arnöfjärden	6606543	615498	2/3, 4, 5, 7, 8, 9	0,5
Amöfjärden	Mälaren- Arnöfjärden	6593256	626224	8	0,5
Blacken	Mälaren- Blacken	6593806	587499	2/3, 4, 5, 7, 8, 9	0,5
Brobyviken	Mälaren- Brobyviken	6588982	571937	8	0,5
Ekoln	Mälaren- Ekoln	6626576	646548	2/3, 4, 5, 7, 8, 9	0,5; 15; 30
Fiskarfjärden	Mälaren- Fiskarfjärden	6578303	668208	8	0,5
Freden	Mälaren- Freden	6597949	572254	8	0,5
Galten	Mälaren- Galten	6590333	567347	2/3, 4, 5, 7, 8, 9	0,5
Garnsviken	Mälaren- Garnsviken	6613844	654933	8	0,5
Strängnäs-fjärden	Mälaren- Gisselfjärden	6587953	612232	8	0,5
Gorran	Mälaren- Gorran	6618318	640236	8	0,5
Granfjärden	Mälaren- Granfjärden	6596508	602533	2/3, 4, 5, 7, 8, 9	0,5
Gripsholmsviken	Mälaren- Gripsholmsviken	6574968	631783	8	0,5
Görväln	Mälaren- Görväln	6589961	655471	2/3, 4, 5, 7, 8, 9	0,5; 15; 40
Hilleshögsviken	Mälaren- Hillehögsviken	6586654	653931	8	0,5
Köpingsviken	Mälaren- Köpingsviken	6594218	560365	8	0,5
Långtarmen	Mälaren- Långtarmen	6576755	655979	8	0,5
Lärstaviken	Mälaren- Lärstaviken	6624212	637740	8	0,5
Marielunds-fjärden	Mälaren- Marielunds-fjärden	6570747	627753	8	0,5
Oxfjärden	Mälaren- Oxfjärden	6602954	608582	8	0,5
Södra Björkfjärden	Mälaren- Prästfjärden	6575080	643533	2/3, 4, 5, 7, 8, 9	0,5; 15; 40
Prästfjärden	Mälaren- Prästfjärden	6590105	637663	2/3, 4, 5, 7, 8, 9	0,5
Rödstensfjärden	Mälaren- Rödstensfjärden	6572618	659300	8	0,5
Skarven	Mälaren- Skarven	6605057	658667	2/3, 4, 5, 7, 8, 9	0,5
Skofjärden	Mälaren- Skofjärden	6616835	645548	8	0,5
Stora Ullfjärden	Mälaren- Stora Ullfjärden	6612211	641922	8	0,5
Sörfjärden	Mälaren- Sörfjärden	6586220	604316	8	0,5
Ulvhällsfjärden	Mälaren- Tynnelsöfjärden	6582814	616795	2/3, 4, 5, 7, 8, 9	0,5
Ulvundasjön	Mälaren- Ulvundasjön	6581962	670332	8	0,5
Väsbyviken	Mälaren- Väsbyviken	6589947	580696	8	0,5
Västerås-fjärden S	Mälaren- Västerås-fjärden	6600523	591910	8	0,5
Västeråfjärden	Mälaren- Västeråshamn	6607085	587658	2/3, 4, 5, 7, 8, 9	0,5
Årstaviken	Mälaren- Årstaviken	6577895	674099	8	0,5