



Vattenkvalitet och plankton i Vallentunasjön 2019



Vattenkvalitet och plankton i Vallentunasjön 2019

Författare: Ulf Lindqvist

måndag 3 februari 2020

Rapport 2020:

Naturvatten i Roslagen AB

Norr Malmavägen 33

761 73 Norrtälje

0176 – 22 90 65

Sammanfattning	5
Inledning	6
Övervakningsprogram.....	6
Metoder Sjöprovtagning	7
Provtagning och näringstransporter i vattendrag ...	7
Resultat & Diskussion	8
Vattenföring	8
Näringsämnen i tillflöden och utloppet	9
Fosfor- och kvävehalter	9
Fosfor- och kvävemängder.....	10
Näringsämnen och plankton i sjön	13
Lösta näringsämnen	13
Totalfosfor och -kväve.....	15
Klorofyll, organiskt material och siktdjup.....	16
Växtplankton.....	18
Djurplankton.....	21
Ekologisk status med historisk återblick	24
Totalfosfor	24
Växtplankton.....	25
Siktdjup.....	26
Sammanfattande slutsatser	27
Vallentunasjöns miljötillstånd	27

Effekter av genomförd biomanipulering	29
Fortsatt åtgärdsinriktat arbete	29
Referenser	30
Bilaga 1. Vallentunasjön - provplatser.	33
Bilaga 2. Analysresultat 2007-2019.....	34

Sammanfattning

I syfte att följa effekterna av Vallentunasjöns restaurering genom så kallad biomanipulering har sjöns vattenkemi och planktonsammansättning undersökts sedan 2007. Åtgärden innebär utfiskning av så kallad vitfisk med målsättningen att driva Vallentunasjön mot ett ekosystem som karakteriseras av klarare vatten, en större andel rovfisk och mer undervattensvegetation på de grunda bottenarna. Biomanipulering av Vallentunasjön inleddes 2010. Övervakning av sjöns miljötillstånd 2019 utfördes liksom tidigare år av Naturvatten AB på uppdrag av Täby och Vallentuna kommuner.

År 2019 uppvisade Vallentunasjön fortsatt en mycket tydlig övergödning i form av höga näringshalter, samt symptom på övergödning i form av dåliga siktdjup, stora växtplanktonmängder och tidvis stora mängder cyanobakterier. Både vattenkvalitet och plankton uppvisar variationer för aktuell undersökningsperiod (2007-2019), men inte någon generell utveckling i vare sig positiv eller negativ riktning. År 2019 var jämförbart med ett normalår (1961-1990) vad gäller framförallt vattenflöden. Undantaget var december månad då flödet var ca 300% jämfört med ett normalår.

Totalfosforhalterna i sjöns vattenmassa ökade i likhet med tidigare år kraftigt och successivt till sensommaren. Medelhalten under tillväxtsäsongen (april-oktober) de senaste fem åren (2015-2019) var dock 15% lägre jämfört med de fem föregående åren (2010-2014). De höga klorofyllhalterna och växtplanktonmängderna visar att fosfortillgången alltjämt var tillräcklig för att driva en kraftfull primärproduktion under större delen av året. År 2019 utmärkte sig genom höga växtplanktonmängder och cyanobakteriobiomassor i september. Bland cyanobakterierna dominerade liksom flertalet tidigare år det potentiellt toxinbildande och kvävefixerande släktet *Aphanizomenon*.

Utmärkande för år 2019 var även de mycket låga djurplanktonmängderna i slutet av juni och mitten av september. Biomassan i september var den lägsta som registrerats i september sedan undersökningarna inleddes.

För att komma tillrätta med Vallentunasjöns övergödning och omfattande algblomningar krävs att tillförseln av löst fosfat reduceras ytterligare. Sjöns återhämtning kan påskyndas genom åtgärder som minskar det omfattande fosforläckaget från sedimenten.

Inledning

I syfte att följa effekterna av Vallentunasjöns restaurering genom så kallad biomanipulering har sjöns vattenkemi och planktonsammansättning undersökts med start i augusti 2007. Den aktuella biomanipuleringen innebär utfiskning av så kallad vitfisk (mört, björkna, braxen m.fl. arter) med målsättningen att driva Vallentunasjön mot ett ekosystem som karakteriseras av en större andel rovfisk, mer undervattensvegetation på de grunda bottarna och klarare vatten. Reducerade bestånd av mört och braxen minskar predationstrycket på större djurplankton. Tanken är att därigenom bland annat uppnå ett ökat betningstryck på växtplankton vilket i sin tur ger ett klarare vatten och andra positiva följd effekter. Men mekanismer bakom en lyckad biomanipulering är mer komplicerade än så.

Biomanipulering genom utfiskning av vitfisk inleddes i Vallentunasjön 2010 med trålfiske under den isfria perioden. År 2012 och framåt fiskades istället med bottengarn under en mer koncentrerad period från islossning till juni/juli. 2017 och 2018 har 7 st bottengarn, som består av en öppen nätbox, använts för att samla in fisken. På grund av den högre effektiviteten fiskades det med 14 bottengarn med öppen nätbox 2019 medan de mer traditionella redskapen inte användes.

År 2019 togs sammantaget 12,6 ton vitfisk ur sjön. För ytterligare information om utfiskning och fångster hänvisas till fiskeverksamhetens årsrapporter.

Föreliggande rapport redovisar och diskuterar resultat från 2019 års övervakningsprogram och jämför dem med resultat från tidigare år. Undersökningar och utvärdering utfördes liksom tidigare år av Naturvatten AB på uppdrag av Täby och Vallentuna kommuner.

Övervakningsprogram

Övervakningsprogrammet omfattar årliga undersökningar av fysikalisk-kemiska förhållanden, växt- och djurplanktonsamhällets säsongsvariation samt import och export av näringsämnen via sjöns båda huvudsakliga tillflöden Ormstaån och Karbyån respektive utloppet Hagbyån. Undersökningarna ger information om sjöns ekosystem och näringsdynamik och utgör ett förklaringsunderlag för bedömningar av orsaker till eventuella förändringar av sjöns miljötillstånd. Övervakningsprogrammet har pågått sedan 2007 (Rydin mfl 2010, Rydin 2011, Gustafsson mfl 2012, Gustafsson & Rydin 2013, Gustafsson & Rydin 2014, Gustafsson & Rydin 2015, Gustafsson mfl 2016, Gustafsson mfl 2017, Gustafsson mfl 2018 och Gustafsson mfl 2019).

Metoder Sjöprovtagning

För ett representativt vattenprov från sjön användes en integrerad, volymviktad, provtagning (Blomqvist 2001). Metoden omfattar fem provtagningsstationer, se bilaga 1, för en sjö av Vallentunasjöns storlek, och innebär att vattenmassan delas upp i enmetersskikt. De olika skiktens bidrag till blandprovet står i proportion till de olika skiktens andel av sjövolymen.

Sjöprovtagningen utfördes med Ramberggrör. Vattenanalyserna utfördes vid Erkenlaboratoriet, Uppsala universitet, som är ett SWEDAC- ackrediterat laboratorium. Proverna analyserades med avseende på suspenderat material (totalt och organisk andel), ammoniumkväve, nitrit- och nitratkväve, totalkväve, fosfatfosfor, totalfosfor, klorofyll a, växtplankton och djurplankton. I den djupaste delen av sjön, station ”VA2”, mättes temperatur, siktdjup, och syrgasprofiler.

Provtagning och näringstransporter i vattendrag

Näringsämneshalten i de två större tillflödena Ormstaån (Inlopp 1) och Karbyån (Inlopp 2) samt i utloppet Hagbyån undersöktes månadsvis. Beräkning av transporter av näringsämnen baserades på uppmätta halter och uppgifter om veckovattenflöden från SMHIs PULS-modell (SMHI 2020). Ormstaån och Karbyån omfattas inte av SMHIs flödesberäkningar. För dessa vattendrag beräknades flödet baserat på data för ett närliggande vattendrag (totalt flöde för Hargsån, delavrinningsområde 660793-162259). De omvandlingsfaktorer som användes var 0,483 för Ormstaån och 0,777 för Karbyån. Transporterad mängd beräknades genom att multiplicera flödet med motsvarande koncentration som i sin tur erhöles genom linjär interpolering av värden från de olika mättillfällena. Viktigt att notera är att de båda undersökta tillflödena enbart avvattnar cirka 60 procent av Vallentunasjöns totala tillrinningsområde och att övrig kringliggande mark bidrar till ytterligare näringsbelastning. I denna rapport användes dygnsvisa medeltransporter från Ormstaån och Karbyån för övriga kringliggande marker. För en fullständig fosforbudget för Vallentunasjön hänvisas till en utredning som utfördes 2017 på uppdrag av Täby och Vallentuna kommuner (Rydin & Lindqvist 2017).

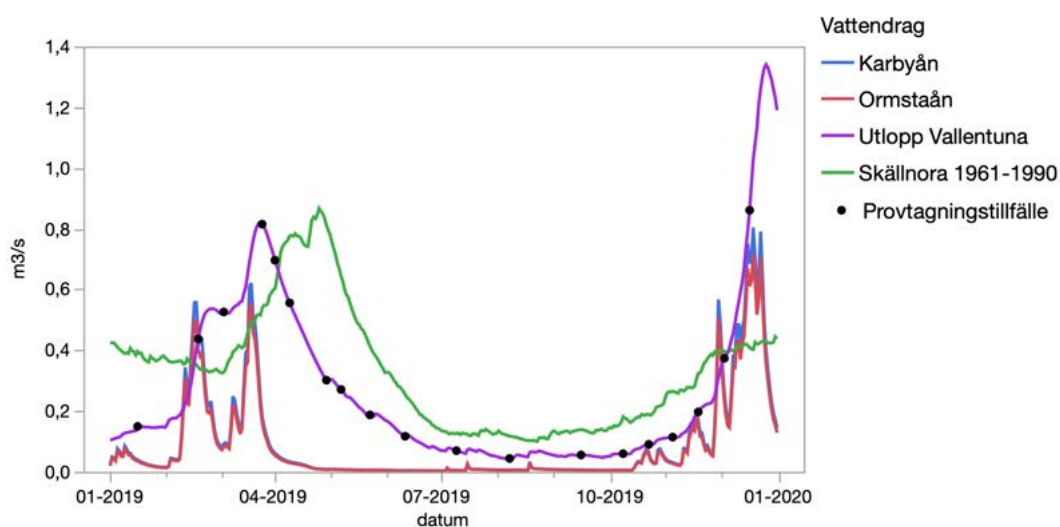
Resultat & Diskussion

Vattenföring

Vattenflödets årsvariation i Vallentunasjöns utlopp var under större delen av 2019 jämförbar med normalflödena vid Skällnora (1961-1990), se figur 1. Flödesstoppen under våren inträffade något tidigare jämfört med ett normalflödesår och medelflödet var lägre under större delen av sommaren och hösten. I december ökade dock flödet och årsmaximum i Vallentunasjöns utlopp uppmättes den 25 december till 1,34 m³/s, ca 300% mer än normalflödet.

Skällnora mätstation ligger ca 3 km nedströms utloppet och flödet vid stationen är i medeltal ca 15% högre jämfört med Vallentunasjöns utlopp.

Under vintermånaderna januari-mars uppmättes två flödestoppar i inloppen Ormstaån och Karbyån. Flödet i utloppet från Vallentunasjön följde dessa flödestoppar men var utjämnat till följd av Vallentunasjöns magasinerade effekt. Under april var nederbörden mycket låg och flödet minskade snabbt i tilloppen Ormstaån och Karbyån. På grund av Vallentunasjöns magasinande effekt minskade flödet i utloppet långsammare. Under sommaren 2019 var vattenflödena i tilloppen mycket låga då stora delar av nederbörden togs upp av växtsamhällena i avrinningsområdena. I november ökade åter flödena och i december var flödet mycket högt i alla tillrinande vattendrag och i utloppet från Vallentunasjön.



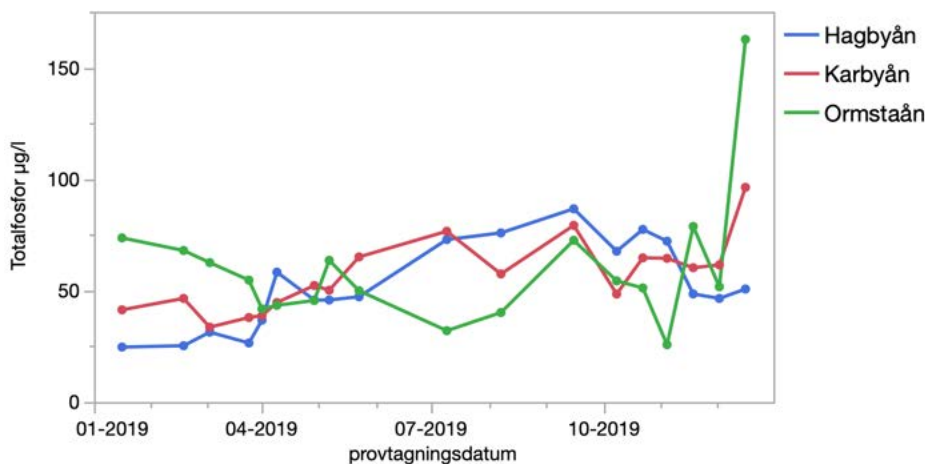
Figur 1. Vattenföring (m³/s) i Vallentunasjöns tillflöden Ormstaån och Karbyån samt utflödet Hagbyån 2019. Provtagningsstillfällena visas med punkter.

Näringsämnen i tillflöden och utloppet

Fosfor- och kvävehalter

Totalfosforhalten var liksom tidigare år (2011–2018) i genomsnitt högre i Ormstaån (59 µg/l) än i Karbyån (58 µg/l), se figur 2 och bilaga 2. Skillnaden mellan åarna var dock den minsta som uppmätts under hela den undersökta perioden. Halterna i Ormstaån och Karbyån 2019 var lägre än genomsnittet för hela undersökningsperioden.

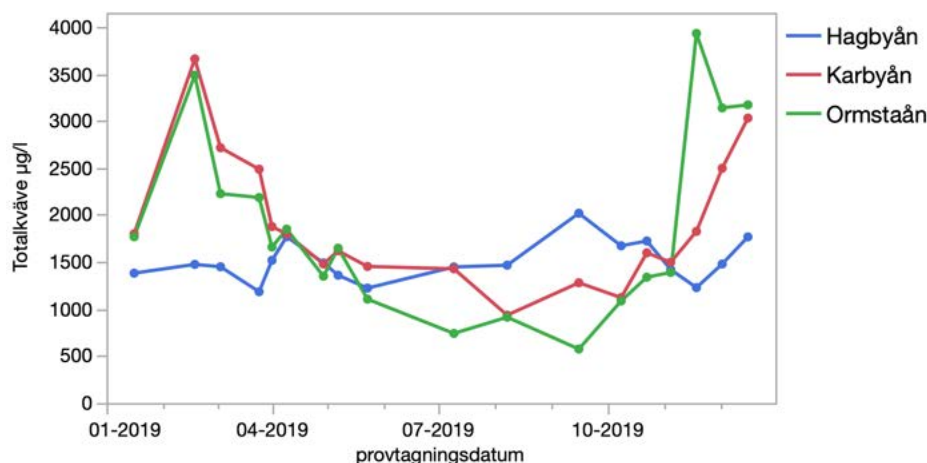
I Ormstaån uppmättes i mitten av december en extremt hög fosforhalt (160 µg/l). Halterna var vid samma tillfälle höga (96 µg/l) även i Karbyån. Vid provtagningstillfället var flödet i vattendragen mycket högt med hög partikeltransport och stor grumling. Variationen under 2019 var måttlig i båda åarna och cirka 50% av fosfor förelåg som fosfatfosfor. I Ormstaån uppmättes de högsta halterna totalfosfor i samband med höga flöden under vår och senhöst/vinter medan halterna i Karbyån hade en ökande trend under året.



Figur 2. Totalfosforhalter (µg/l) i Vallentunasjöns tillflöden Ormstaån och Karbyån samt utflödet Hagbyån 2019.

Totalfosforhalterna i utloppet Hagbyån låg i snitt på 53 µg/l vilket motsvarar medelvärdet för hela undersökningsperioden. Haltvariationen var måttlig. I början av året och fram till och med början av april låg totalfosforhalten kring 20–30 µg/l. Halterna ökade därefter successivt till en högsta halt av 87 µg/l i mitten av september. Därefter minskade totalfosforhalten till ca 50 µg/l i november och december. Halter och haltutveckling är i stora delar jämförbara med föregående år (2018) dock med ett senare haltmaximum. Totalfosforhalterna i utloppet avspeglade i stort haltdynamiken i Vallentunasjön. Precis som tidigare år låg fosforhalterna i utloppet med få undantag under detektionsgränsen och var alltså mycket låga.

Totalkvävehalten i Ormstaån och Karbyån uppmättes till i medeltal 1830 µg/l respektive 1890 µg/l vilket var högre än genomsnittet under perioden 2011-2019. De högsta totalkvävehalterna uppmättes i samband med höga flöden i januari-mars och november-december, se figur 3. Under dessa höglödesperioder frigjordes stora mängder löst kväve (nitratkväve) från kringliggande marker och utgjorde uppemot 80% av totalkvävehalten i både Ormstaån och Karbyån. Ammoniumkvävehalterna var generellt lägre och utgjorde ca 5-10% av totalhalten.



Figur 3. Totalkvävehalter (µg/l) i Vallentunasjöns tillflöden Ormstaån och Karbyån samt utflödet Hagbyån 2019.

I utloppet Hagbyån uppgick totalkvävehalten till i medeltal cirka 1500 µg/l vilket är något högre jämfört årsmedelhalten för hela den undersökta perioden 2011-2019. Variationen över året var liten och visade inget samband med nitrat- och ammoniumkväve som på årsbasis stod för cirka 8 respektive 17 procent vardera av totalhalten. Ammonium- och nitratkvävehalterna var högst i mars-april och december.

Fosfor- och kvävemängder

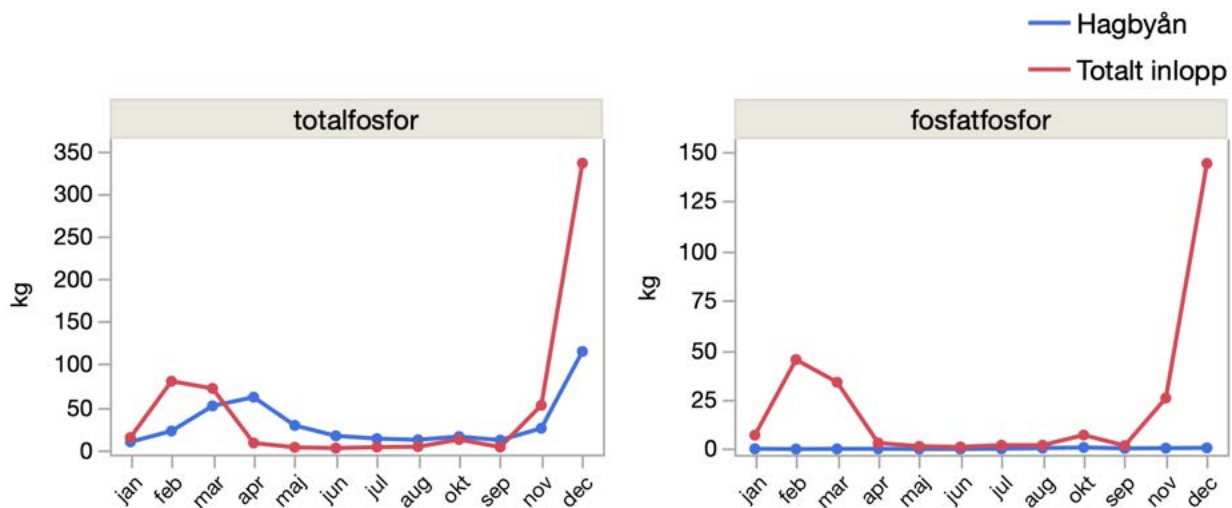
Transporten av fosfor och kväve till Vallentunasjön år 2019 via Ormstaån, Karbyån och övriga mindre vattendrag visas tillsammans med exporten via Hagbyån i tabell 1. Näringstransporter visas även i figur 4 och 5 samt i bilaga 2.

Tabell 1. Import och export av näringsämnen (mängder i kg) till Vallentunasjön via inloppen Ormstaån och Karbyån samt övriga små tillflöden respektive utloppet Hagbyån 2019. Retentionen anger hur stora mängder av tillförd belastning som kvarhålls i Vallentunasjön samt vad det motsvarar i andel (%) av tillförd belastning. En negativ retention innebär en nettoexport av näring.

2019	fosfatfosfor	totalfosfor	ammonium kväve	nitritnitrat kväve	totalkväve
- kg/år -					
Ormstaån	89	198	142	4088	6045
Karbyån	109	224	268	6854	9347
övriga inlopp	77	165	160	4288	6031
totalt inlopp	274	587	570	15230	21423
Hagbyån	4	379	3011	1667	12907
Retention (kg)	270	208	-2441	13563	8516
Retention (%)	99 %	35 %	-428 %	89 %	40 %

I de två huvudtillflödena Ormstaån och Karbyån transporterades ungefär lika stora mängder fosfat- och totalfosfor från respektive å till Vallentunasjön under 2019. Cirka 55-60% av den totala transporten 2019 skedde under december månad då flödet i vattendragen var mycket högt och koncentrationen av fosfat- och totalfosfor var mycket höga, se figur 4. I samband med högflödesperioderna i januari-mars och november-december var importen av totalfosfor högre jämfört med exporten, 553 kg respektive 222 kg. Under övriga delar av året exporterades mer totalfosfor än vad som tillfördes via tillrinningsområdet, 157 kg respektive 34 kg. Jämfört med medeltransporten i tillflödena under åren 2008-2018 (531 kg) var transporten något högre i tillflödena 2019 (587 kg). Motsatta förhållanden visade sig i exporten av totalfosfor från Vallentunasjön där medeltransporten 2008-2018 var 408 kg medan transporten 2019 var 379 kg. Skillnaderna var dock små och beror i första hand på variationer i flöde och halt vid högflödestoppar. Sammanfattningsvis var Vallentunasjön en fosforfälla 2019 och kvarhöll totalt 208 kg totalfosfor, nästan dubbelt så mycket som medelretentionen (122 kg) för perioden 2008-2019.

Under 2019 tillfördes 274 kg löst fosfor (fosfatfosfor) Vallentunasjön via sjöns tillflöden, se figur 4. Huvuddelen av den lösta fosfor förbrukades av sjöns växtsamhällen och endast 4 kg exporterades via Hagbyån 2019. Liknande förhållanden förelåg under perioden 2008-2018.

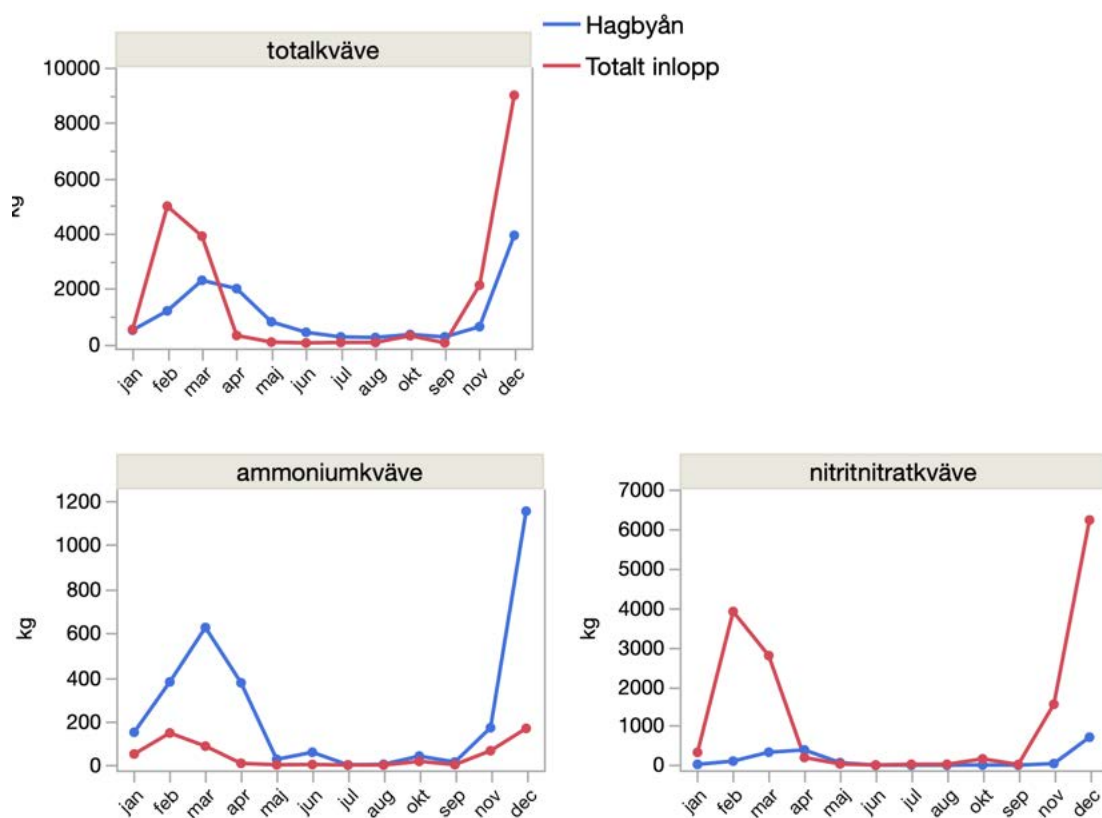


Figur 4. Transporterade totalfosfor- och fosfatfosformängder (kg/månad) i Vallentunasjöns inlopp visat som summan av de båda huvudinloppen Ormstaån och Karbyån samt övriga mindre tillflöden respektive utloppet Hagbyån 2019.

Den totala kväveimporten via de båda undersökta tillflödena och övriga mindre tillflöden uppgick till cirka 21 ton, nio ton tillfördes via Karbyån och sex ton via Ormstaån. Totalmängden var betydligt högre än genomsnittet (ca 13 ton/år, 2008–2018), något som huvudsakligen förklaras av höga halter i samband med högflöden. Precis som för fosfor importerades huvuddelen, cirka 95 procent, av kvävet under februari-mars och november-december då flöden och halter var höga, se figur 5. Exporten via utloppet uppgick till cirka 13 ton med huvuddelen fördelad till perioden februari-april och december. De exporterade mängderna var ett drygt ton mer än snittet för samtliga undersökningsår. Ovanstående data tyder på att Vallentunasjön kvarhöll kväve motsvarande 8,5 ton eller en retention av ca 40%. Den näringsbudget som upprättats för sjön indikerar en kväveretention av i genomsnitt 13 procent (Rydin & Lindqvist 2017). Att sjön utgör en kvävefälla var tydligt år 2011, 2016, 2017 och 2019 då enbart importen via de båda huvudtillflödena Ormstaån och Karbyån översteg exporten. Omfattningen av kväveutbytet med luften (kvävefixering och denitrifiering) är okänd, processer som kan förklara skillnader i kväveretention mellan åren.

Importen av nitratkväve 2019 var 15 ton vilket är ungerfär dubbelt så mycket som snittet för samtliga undersökningsår (7,4 ton). Ammoniumkvävebelastningen uppgick till cirka 570 kilo vilket är något mindre än medeltransporten 2008-2018 (714 kg). Att transportererna av ammoniumkväve var förhållandevis låga trots den höga vattenföringen förklaras främst av ovanligt låga halter i december. Av nitrat- och ammoniummängderna stod Karbyån liksom tidigare för huvuddelen, 6,8 ton respektive 270 kg. Via utloppet lämnade cirka 1,7 ton nitratkväve och 3,0 ton ammoniumkväve sjön.

Uttransporten av ammonium har vanligen varit betydligt högre än uttransporten av nitrat. Undantag är år 2016 och 2018 då mängderna var lika stora, och år 2017 då nitrittransporten överskred ammoniumtransporten. De största mängderna löst oorganiskt kväve, nästan 90 procent, exporterades i februari-april och december. Sammantaget fungerade Vallentunasjön, liksom tidigare år, som en fälla för nitrat. I likhet med huvuddelen av tidigare undersökningsår, men till skillnad från år 2016 och 2017, utgjorde sjön en betydande källa till ammoniumkväve, nettoläcket beräknades till cirka 2400 kilo år 2019.



Figur 5. Transporterade totalkväve- mängder (kg/månad) i Vallentunasjöns inlopp visat som summan av de båda huvudinloppen Ormstaån och Karbyån samt övriga mindre tillflöden respektive utloppet Hagbyån 2019.

Näringsämnen och plankton i sjön

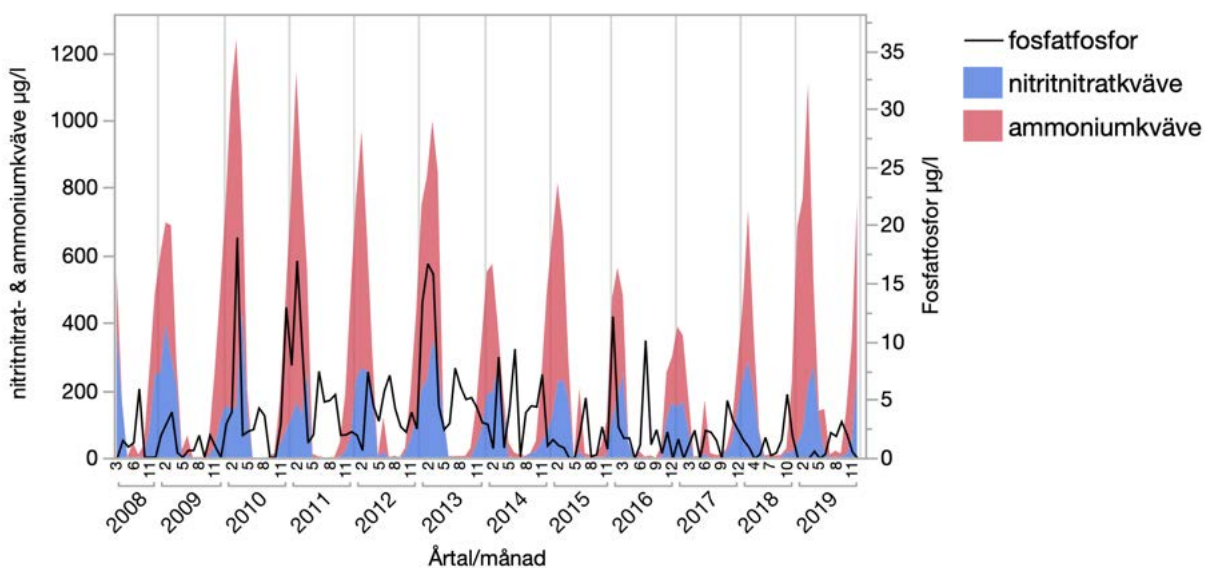
Lösta näringsämnen

Lösta näringsämnen (fosfat, ammonium och nitrat) i vattenmassan ger viktiga indikationer om vilket näringsämne som begränsar primärproduktionen det vill säga tillväxten av fotosyntetiserande organismer som växtplankton, cyanobakterier och även vattenväxter. Mycket låga halter av något av dessa lösta näringsämnen under en period visar att upptaget mot-

svarar tillförseln, och att ämnet sannolikt begränsar primärproduktionen. Tillförsel av lösta näringsämnen sker via de båda tillflödena, via flera mindre inlopp, via diffus avrinning från kringliggande marker och delvis också via nederbörd på sjöytan. I Vallentunasjön sker dock tillförseln av lösta näringsämnen förmodligen i huvudsakligen genom den kontinuerliga omsättningen av organiskt material, framförallt växtplankton. Samma näringsämnen kan komma att användas till växtplanktonproduktion flera gånger under en säsong. Organismer som cyanobakterier kan också använda luftkväve för sin produktion och på så vis addera till Vallentunasjöns kväveupplag.

Halten av direkt växttillgänglig fosfor – fosfatfosfor - var som för flertalet tidigare år mycket låga hela 2019, se figur 6 och bilaga 2. Fosfathalterna var $<5 \mu\text{g/l}$ (detektionsgräns $6 \mu\text{g/l}$) under hela året. Liksom föregående år rådde en kraftig algblooming under perioden mars-november. Endast vid provtagningen i februari, då is förhindrade att ljus nådde vattenmassan, var klorofyllhalten låg. Att fosfatfosfor aldrig förekom i mätbara halter förklaras av det snabba upptaget av växtplankton. De överlag mycket låga halterna indikerar att fosfor var begränsande för primärproduktionen hela året.

Även lösta kvävehalter nära noll registrerades längre perioder, nämligen ifrån slutet av juni till mitten av september. Vid dessa tillfällen var växtplanktonproduktionen sannolikt sambegränsad på så vis att fosfor och kväve alternerade som begränsande näringsämne. Situationer med tydlig kvävebegränsning noterades inte år 2019. Det innebär att kvävefixerande cyanobakterier, exempelvis släktet *Aphanizomenon*, troligen inte hade någon större konkurrensfördel gentemot andra växtplankton. Att med säkerhet uttala sig om vilket ämne som begränsar produktionen kan vara vanskligt med tanke på att data avspeglar halterna i hela vattenmassan där de djupare delarna är ljusbegränsade.



Figur 6. Lösta näringsämnen i Vallentunasjöns vattenmassa 2007–2019 (månadsmedel).

Sammanfattningsvis var Vallentunasjöns primärproduktion strikt fosforbegränsad under årets början och slut och sannolikt sambegränsad från mitten av juni till slutet av september. Sett till hela undersökningsperioden har Vallentunasjöns primärproduktion sommartid varit sambegränsad 2007–2010 samt 2014–2019. År 2011–2013 förefaller kväve ha varit primärt begränsande för växtplanktonproduktionen, liksom även i juli 2016.

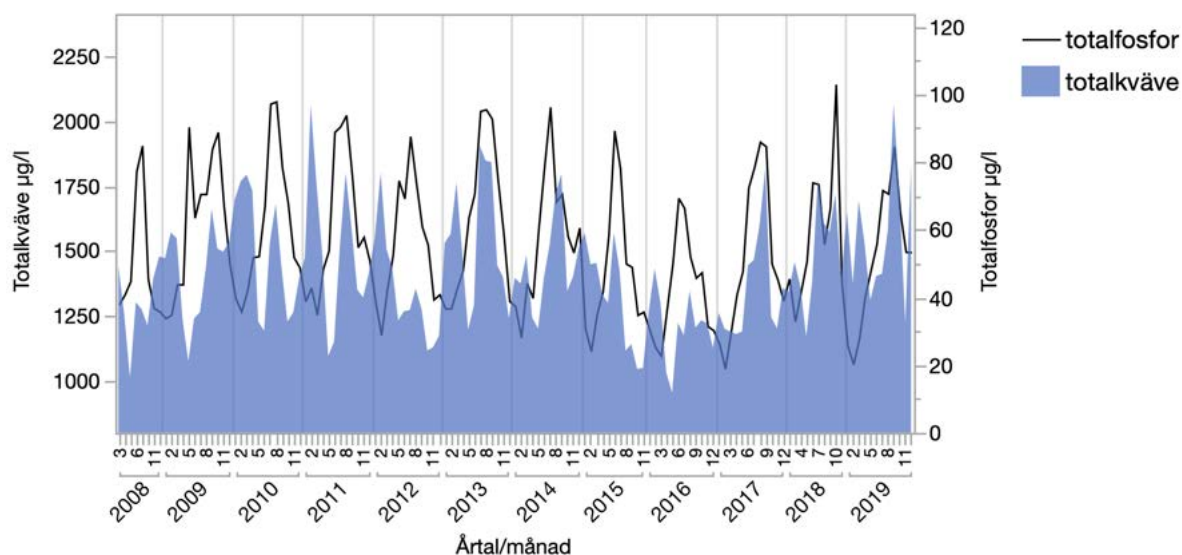
De tendenser till successiv ackumulering av fosfat under vintern som registrerats vissa år (2010, 2011, 2013) sågs inte 2019. Halterna låg under detektionsgränsen ($6 \mu\text{g/l}$) för analysen under hela året. Att något fosfatförråd inte byggdes upp ens under vintern beror på att växtplanktonproduktion pågick även under denna årstid. En ökning av halterna av löst kväve sågs från januari till mars. Ammoniumhalterna byggdes upp även i slutet av året då tillförseln till vattenmassan var högre än växtplanktonupptaget. Från slutet av oktober år 2018 till mitten av mars år 2019 ökade ammoniumkvävehalten från nära noll till cirka $890 \mu\text{g/l}$. Koncentrationsökningen motsvarar cirka 13,4 ton ammoniumkväve i sjöns vattenmassa vilket är dubbelt så mycket som 2018 (6,8 ton). Under perioden 2010-2018 varierade ammoniumkvävet i sjöns vattenmassa (januari-mars) mellan 3,6-16,4 ton. Under vintern 2018-2019 (november-mars) tillfördes ca 0,4 ton ammoniumkväve via Vallentunasjöns tillflöden. Tillförseln stod således endast för ca 2-3% av det totala ammoniumkväveinnehållet i Vallentunasjöns vattenmassa i mars 2019. Anledningen till att ammoniumkväve ackumuleras i vattenmassan under vinterperioden är främst utläckage från bottnarna till följd av nedbrytningsprocesser i sedimentet. Att förhöjda halter normalt sett inte noterats under sommaren förklaras av att näringen snabbt omsätts av växtplankton.

Totalfosfor och -kväve

Halten av totalfosfor och -kväve visas för perioden 2007–2019 i figur 7. Precis som tidigare undersökningsår sågs en kraftfull ökning av fosforhalterna från våren till sommaren. År 2019 ökade halten successivt från en lägsthalt av $20 \mu\text{g/l}$ i slutet av februari till ett maximalt värde av $89 \mu\text{g/l}$ i mitten av september. Denna halt ligger på samma nivå som den högsta halt som registrerades år 2016-2018. Även om dessa halter generellt är att betrakta som mycket höga är det glädjande att konstatera att de är lägre än de högsta halter som registrerats för flertalet tidigare undersökningsår ($97-105 \mu\text{g/l}$ perioden 2007-2015). Ser man endast till medelhalten totalfosfor för tillväxtsäsongen april-oktober var medelhalten åren 2010-2014 $74 \mu\text{g/l}$. Under de senaste fem åren (2015-2019) var medelhalten $63 \mu\text{g/l}$, en minskning med 15%.

Höga totalkvävehalter upprätthölls under vintern januari-mars på grund av höga halter löst kväve. Under april minskade andelen löst kväve (ammonium- och nitratkväve) medan andelen organiskt bundet kväve ökade i samband med vårblomningen av växtplankton. Från slutet av april till början av maj minskade totalkvävehalten tydligt ($1230 \mu\text{g/l}$), möjligen som en

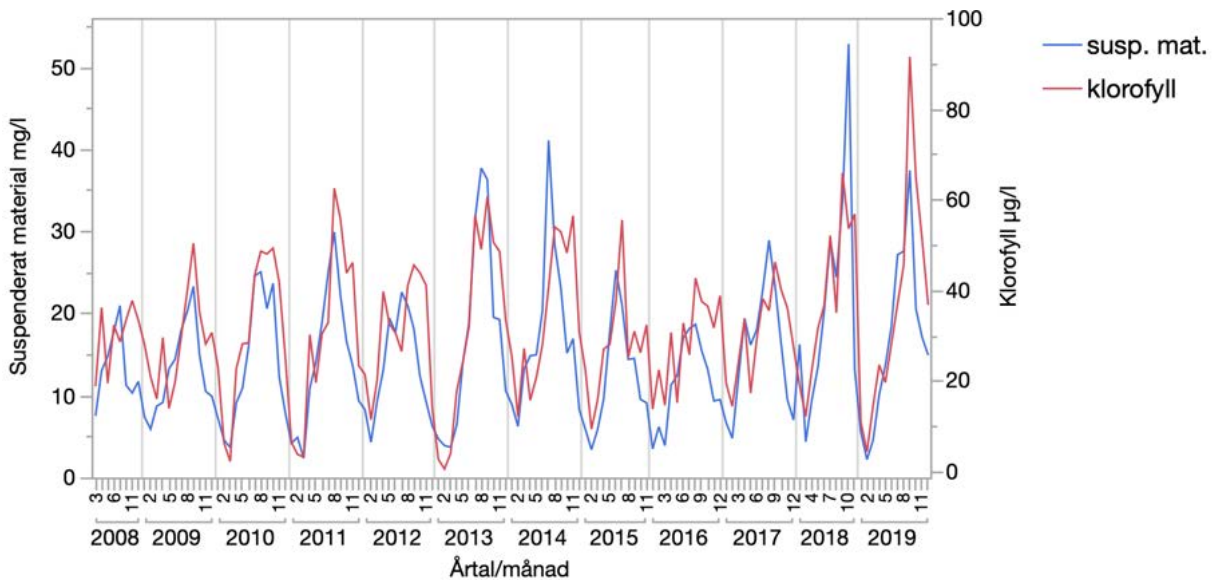
effekt av eventuellt utsedimenterande vårblooming. Från slutet av maj ökade halten och fortsatte i princip öka successivt till mitten av september då sommarens högsta halt (2170 $\mu\text{g/l}$) noterades, en av de högsta uppmätta halterna under perioden 2007-2019. Under hösten minskade åter halterna till ca 1200 $\mu\text{g/l}$. I december ökade totalkvävehalterna i samband med ökande halter löst kväve (ammonium- och nitratkväve).



Figur 7. Totalhalter ($\mu\text{g/l}$) av fosfor och kväve i Vallentunasjön 2007–2019 (månadsmedel).

Klorofyll, organiskt material och siktdjup

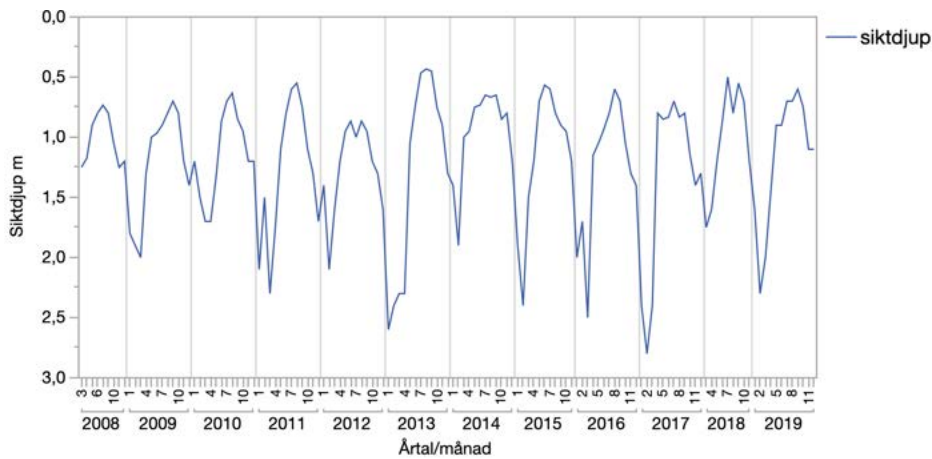
Halten av klorofyll a ger ett indirekt mått på växtplanktonmängden och visas tillsammans med mängden suspenderat organiskt material i figur 8. Klorofyllhalterna var liksom tidigare år generellt att betrakta som höga vilket visar att växtplanktonproduktionen pågick under större delen av året. Den lägsta klorofyllhalt som registrerades år 2019 (4 $\mu\text{g/l}$), i slutet av februari, var låg jämfört med perioden 2015-2018 och jämförbar med de låga halter som uppmättes vid samma tid år 2010, 2011 och 2013. Från mars ökade halterna till början av maj för att åter minska under senare delen av maj i samband med att vårbloomingen av växtplankton minskade. Från mitten av juni (20 $\mu\text{g/l}$) ökade halterna i princip successivt till mitten av september då årets högsta halt uppmättes till 95 $\mu\text{g/l}$, den högsta uppmätta klorofyllhalten för hela perioden 2007-2019. I juli och augusti varierade halterna mellan ca 30-40 $\mu\text{g/l}$. Under oktober och november minskade halterna till ca 50 $\mu\text{g/l}$ för att uppmätas till ca 35 $\mu\text{g/l}$ i december. Medelhalten klorofyll under tillväxtsäsongen april-oktober uppmättes till 43 $\mu\text{g/l}$, den högsta uppmätta halten under perioden 2010-2019.



Figur 8. Klorofyll a ($\mu\text{g/l}$) suspenderat organiskt material (mg/l) i Vallentunasjön 2007–2019 (månadsmedel).

Suspenderat material ger ett totalt mått på mängden partikulärt material i vattnet och samvarierar ofta med klorofyllhalten, särskilt i näringsrika sjöar, så ofta även i Vallentunasjön, se figur 8 (ovan). Detta samband var generellt tydligt även år 2019. Mängden klorofyll per mängd suspenderat material (kvoten klorofyll/susp. mat.) var högre under vinter och höst då försämrade ljusförhållanden medförde att produktionen av klorofyll per partikel (växtplankton) ökade. Medelhalten suspenderat material under tillväxtsäsongen (april-oktober) 2019 var 23 mg/l , vilket var i paritet med medelhalten för perioden 2010–2018 (21 mg/l).

Klorofyllhalten och partikelmängderna avspeglar sig i Vallentunasjöns siktdjup, se figur 9, som liksom tidigare år stod i omvänd proportion till dessa variabler. Årets största siktdjup, 2,3 meter, registrerades i februari och var likvärdigt 2018, sämre än 2015–2017 men bättre än år 2014 och undersökningsperiodens början. Efter årets toppnotering försämrades siktdjupet successivt till slutet av maj ($0,8 \text{ m}$). I juni skedde en viss uppkläring i vattenmassan ($1,1 \text{ m}$) i samband med att vårblomningen avtog. Från mitten av juni till och med oktober var siktdjupet mindre än en meter. Årets minsta siktdjup ($0,6 \text{ m}$) noterades vid ett flertal tillfällen under perioden juli-oktober. Medelsiktdjupet under tillväxtsäsongen (april-oktober) 2019 beräknades till $0,85 \text{ m}$, i likhet med medelsiktdjupet för perioden 2010–2018.

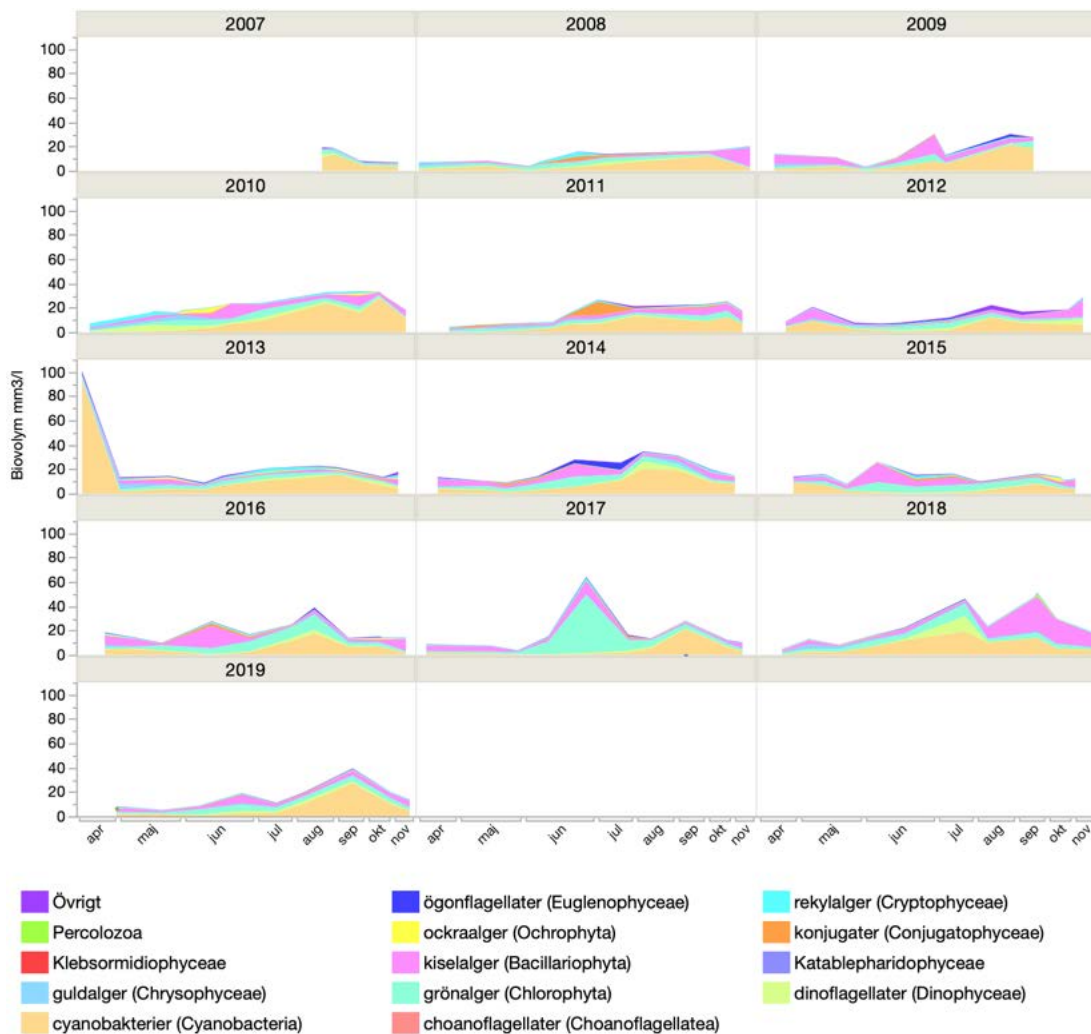


Figur 9. Siktdjup i Vallentunasjön 2007-2019 (månadsmedel).

Växtplankton

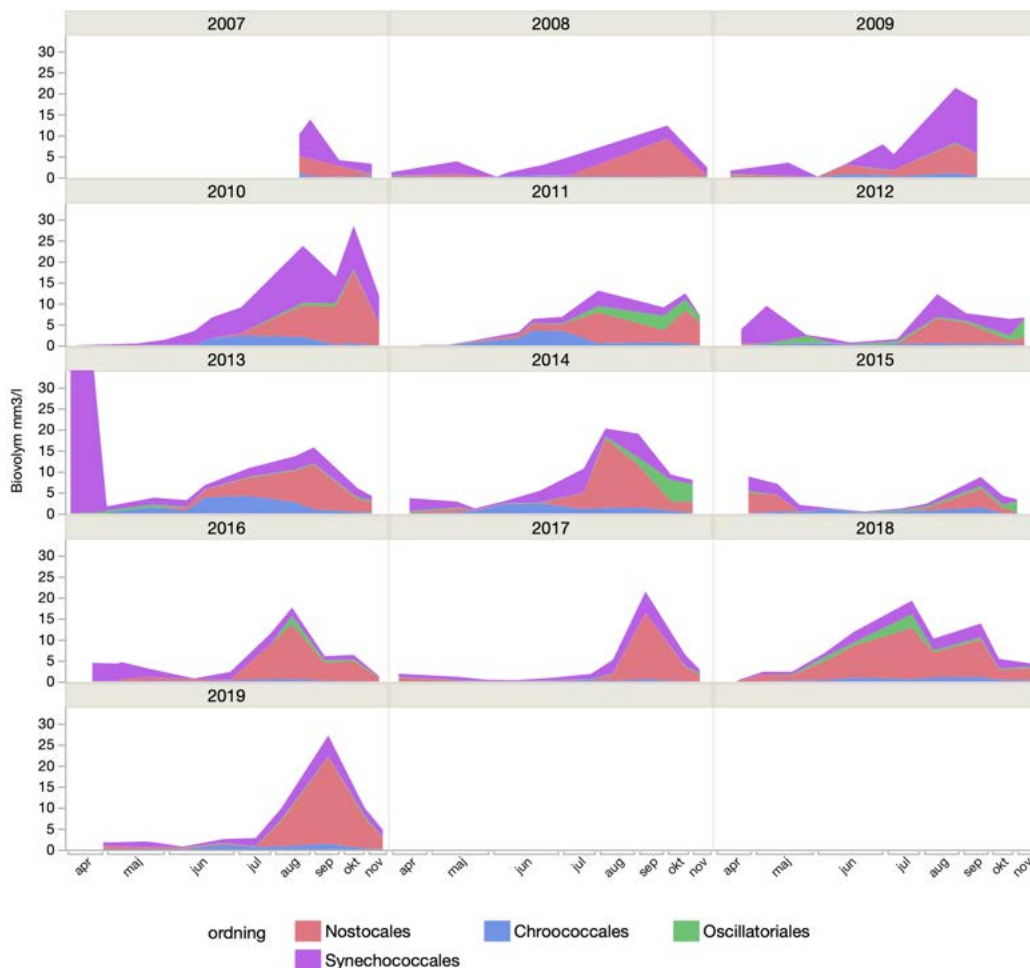
År 2019 förekom växtplankton, mätt som biomassa, liksom tidigare år i mycket höga mängder, se figur 10 och bilaga 2. Under hela undersökningsperioden 2007-2019 har växtplanktonsamhället framförallt dominerats av grönalger, kiselalger och cyanobakterier. Det som utmärkte växtplanktons grupsammansättningen under 2019 var att biomassan grönalger (ca 3-5 mg/l) och kiselalger (ca 2-7 mg/l) var likartad under större delen av året. Extremt hög biomassa uppmättes i september (39 $\mu\text{g/l}$) och artsammansättningen dominerades av cyanobakterier, en vanlig företeelse och jämförbar med de flesta år under perioden 2007-2018.

Under våren (april-maj) var totalbiomassan låg jämfört med tidigare år. Grupsammansättningen var någotsånär jämnt fördelad mellan cyanobakterier, grönalger, kiselalger och rekylalger. I juni och juli dominerade grönalger och kiselalger medan cyanobakterierna successivt ökade under sommaren och upptog >50% av totalbiomassan i augusti. Även under perioden juni-augusti var totalbiomassan jämförelsevis låg 2019 jämfört med de flesta år under perioden 2007-2018. Cyanobakterierna ökade i slutet av sommaren och upptog 70% av totalbiomassan den 15 september, då årets högsta biomassa uppmättes. Under de följande månaderna, oktober och november minskade mängden cyanobakterier medan biomassan för grönalger och kiselalger var ca 3-5 mg/l under hela hösten.



Figur 10. Växtplanktonbiomassa (mg/l) i Vallentunasjön 2007-2019.

Under 2019 dominerades cyanobakteriernas biomassa av ordningen Nostocales och släktet *Aphanizomenon*, se figur 11. Släktet *Aphanizomenon* har varit vanligt förekommande under hela den undersökta perioden 2007-2019. Massutvecklingen av släktet började dock först i augusti och nådde sin topp i mitten av september. Under våren dominerade ordningen Synechococcales och släktet *Planktolyngbya*. Även under sensommaren i augusti-september var släktet *Planktolyngbya* vanligt förekommande och utgjorde ca 10% av den totala biomassan cyanobakterier. Släktena *Aphanizomenon* och *Planktolyngbya* är tydligt näringsgynnade och räknas som eutrofa släkten.



Figur 11. Cyanobakteriernas biomassa (mg/l) i Vallentunasjön 2007-2019.

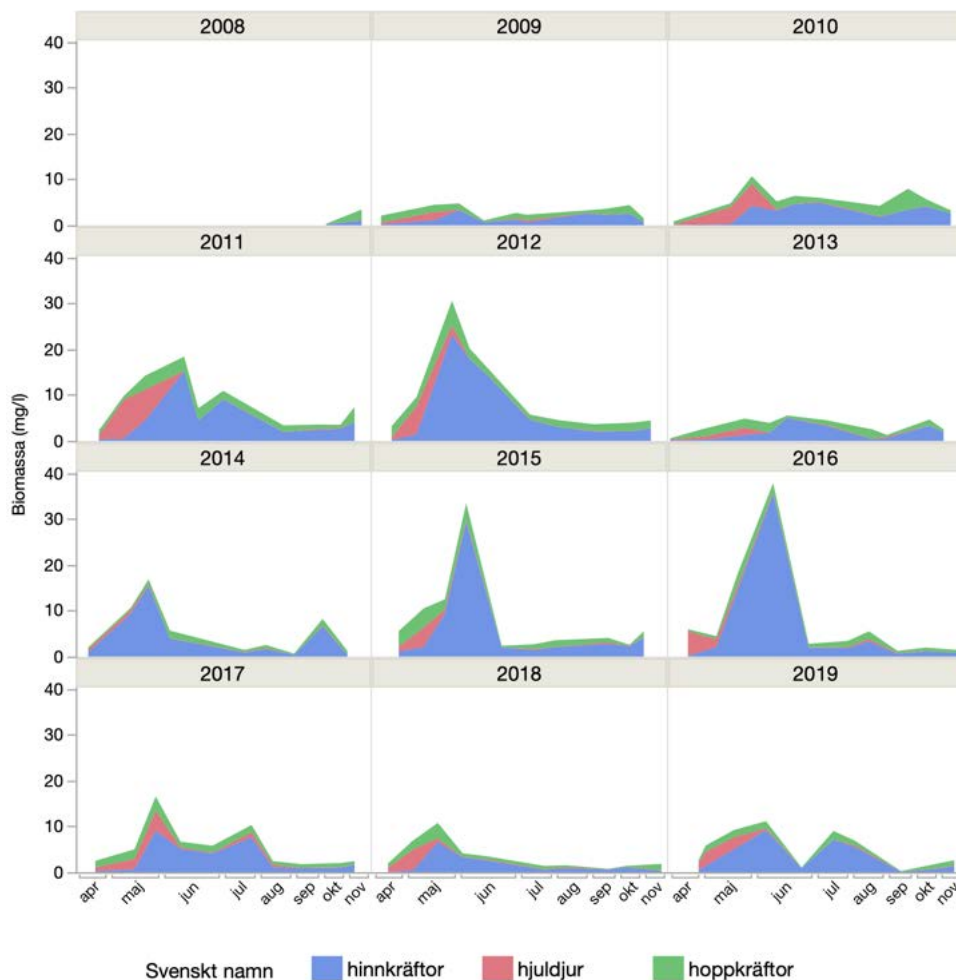
Grönalgerna dominerades 2019 av ordningen Sphaeropleales, vilken även var vanligast förekommande ordning under hela den undersökta perioden 2007-2019. Vanligast förekommande art var *Pseudopediastrum boroyanum* som förekommit rikligt under de senaste fem åren. Släktet *Pseudopediastrum* indikerar mycket näringsrika förhållanden. Under perioden 2007-2011 förekom ordningen Chlorococcales (Chlamydomonadales) rikligt, denna ordning indikerar mindre näringsrika förhållanden.

Bland kiselalgerna var ordningarna Centrales och Fragilariales vanligast förekommande 2019. Ordningen Centrales (Coscinodiscophyceae) var dominant under juni månad medan ordningen Fragilariales dominerade kiselalgernas biomassa under resterande del av året, dominerande släkte var *Fragilaria*. Liknande förekomstdominans var vanlig under större delen av den undersökta perioden 2007-2019 med undantag för åren 2016 och 2017 då släktet *Asterionella* massutvecklades, enligt de nya bedömningsgrunderna (Havs- och Vattenmyndigheten 2019) ett släkte vanligt i mindre näringsrika vatten. Släktet *Fragilaria* indikerar måttligt näringsrika förhållanden medan ordningen Centrales indikerar mycket näringsrika förhållanden.

Djurplankton

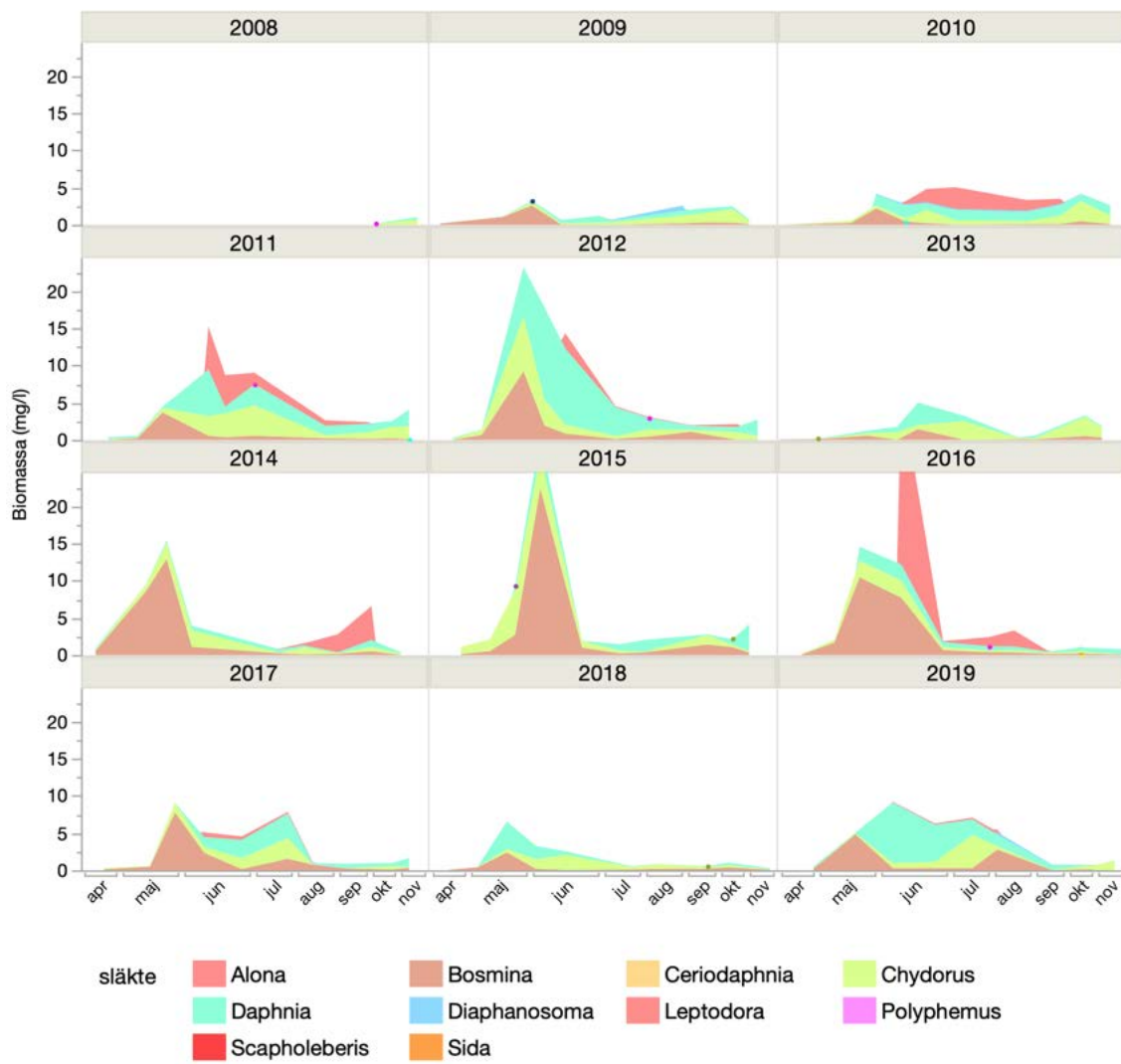
Djurplanktonmängderna år 2019 (medelbiomassa 5,1 mg/l) var jämförbar med tidigare undersökningsperiod 2007-2018 (medelbiomassa 6,1 mg/l), se figur 12. Under försommaren sågs i likhet med tidigare undersökningsår, undantaget år 2009 och 2013, en förhöjd biomassa. Årets topp var, likt 2018, blygsam (ca 11 mg/l) och betydligt lägre än flertalet tidigare år (15-35 mg/l). I slutet av juni minskade mängden djurplankton snabbt för att åter öka i mitten av juli. Liknande förändringar i djurplanktonsamhället har påvisats under hela den undersökta perioden 2009-2018, mängden djurplankton i slutet av juni 2019 var dock ovanligt låg (1,0 mg/l). Under juli-augusti 2019 var mängden djurplankton hög jämfört med medelbiomassan juli-augusti 2009-2018. I samband med den extrema cyanobakterieblomning i september 2019 minskad djurplanktbiomassan och uppmättes till endast 0,3 mg/l, den lägsta uppmätta biomassan i september under hela den undersökta perioden 2009-2019. Under oktober och november ökade åter mängden djurplankton, dock var biomassan lägre 2019 jämfört med medelvärdet för hela perioden 2009-2018.

Under slutet av april och början av maj dominerades biomassan av hjuldjur som utgjorde ca 50-60% av den totala biomassan. I slutet av maj till mitten av juni ökade biomassan och hinnkräftorna dominerade djurplanktonsamhället, den 11 juni utgjorde hinnkräftorna 82% av den totala biomassan. I slutet av juni minskade djurplanktonsamhället snabbt, grupp-sammansättningen var dock likartad och dominerades av hinnkräftor (82%). Under sommarmånaderna juli och augusti fortsatte hinnkräftorna dominera djurplanktonsamhället och utgjorde ca 80% av den totala biomassan, hoppkräftorna utgjorde ca 15%. I mitten av september, då cyanobakterier massutvecklades, minskade mängden djurplankton snabbt, andelen hinnkräftor minskade medan andelen hoppkräftor ökade. Under oktober och november ökade åter mängden djurplankton långsamt och dominansen delades lika mellan hinn- och hoppkräftor. Dominansförhållandenas årsvariation mellan hinnkräftor, hjuldjur och hoppkräftor har varit likartad hela den undersökta perioden 2009-2019.



Figur 12. Djurplankton (biomassa, mg/l) i Vallentunasjön 2009-2019.

Sett till enbart den generellt dominerande gruppen hinkkräftor var biomassan i slutet av april låg och dominerades av släktena *Bosmina* och *Daphnia*, se figur 13. I mitten av maj ökade hinkkräftorna och dominerades helt av släktet *Bosmina* (96%). I mitten av juni minskade mängden *Bosmina* snabbt medan släktet *Daphnia* tillväxte starkt och utgjorde 88% av den totala biomassan. Den 25 juni hade alla hinkkräftor av släktena *Bosmina* och *Daphnia* dött eller blivit uppätta och släktet *Chydorus* dominerade helt hinkkräftornas släktsammansättning, så även i juli. I augusti ökade åter mängderna *Bosmina* och *Daphnia* medan mängden *Chydorus* minskade. I augusti påträffades även den relativt storvuxna arten *Leptodora kindtii* och släktet *Diaphanosoma*. I mitten av september minskade djurplanktonsamhället och endast mycket små mängder hinkkräftor påträffades. I oktober och november ökade åter mängden hinkkräftor och dominerades av släktet *Chydorus*. Under de senaste tre åren (2017-2019) har mängden hinkkräftor av släktet *Leptodora* varit låg. Detta relativt storvuxna släkte är ett begärligt byte för fisk och en låg förekomst kan vara ett tecken på högt betningstryck.



Figur 13. Hinnkräftor (biomassa, mg/l) i Vallentunasjön 2009-2019.

Ekologisk status med historisk återblick

Till 2014 års redovisning sammanställdes uppgifter om vattenkvalitetens utveckling i Vallentunasjön sedan 60-talet (Gustafsson & Rydin 2015). Sammanställningen gjordes i syfte att belysa hur sjöns miljösituation har utvecklats under de senaste fyra decennierna och fram till idag och omfattade data för de tre nyckelvariablerna totalfosfor, klorofyll och siktdjup under sommaren (augusti). Data har kompletterats med mätvärden för de senaste fyra åren (2015–2019) och visas mot bakgrund av de intervall som gäller de fem klasserna för ekologisk status enligt Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2013:19), se figurer 14–17 (nedan). Observera att klassning i flera fall ska baseras på medelvärden från minst tre år. En fullständig bedömning av näringspåverkan avseende växtplankton baseras enligt den reviderade föreskriften på en sammanvägning av klorofyllhalt, biomassa och planktontrofiskt index (PTI). En sådan redovisning görs för perioden 2007–2019 för vilken data finns från fullständig planktonanalys. Referensvärden för de olika variablerna hämtades från VISS (VISS 2020) där Länsstyrelsen i Stockholms län utfört samtliga beräkningar.

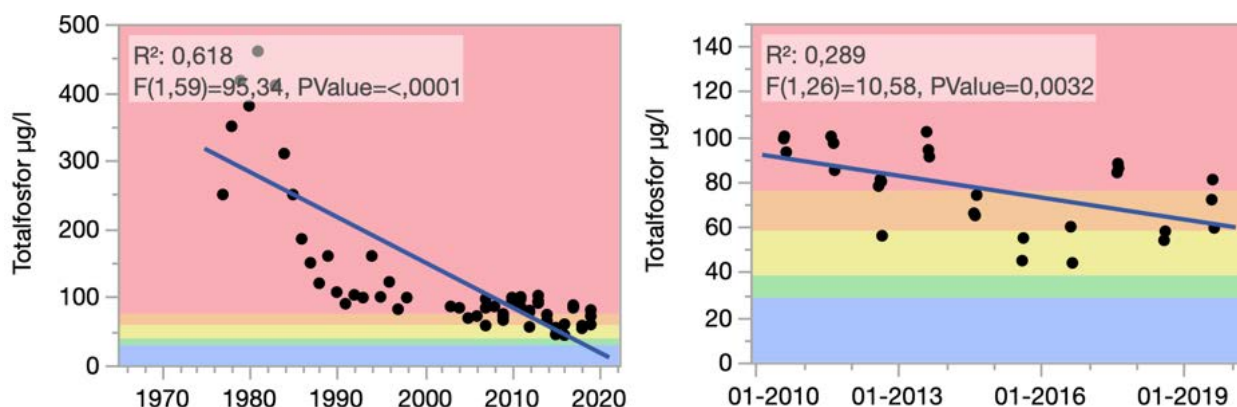
För samtliga variabler - näringsämnen, klorofyll och siktdjup - uppvisar Vallentunasjöns miljötillstånd tydliga förbättringar fram till 2000-talet (F-test, $p < 0,0001$, $R^2 = 0,557-0,704$). Under de senaste tio åren uppvisade klorofyll och totalfosfor en svag statistiskt förbättring (F-test, $p = 0,03$, $R^2 = 0,163$ respektive $R^2 = 0,289$). För siktdjup kunde inga statistiskt signifikanta trender påvisas under den senaste 10-års perioden.

Totalfosfor

En jämförelse av medelvärdet för totalfosfor i augusti för perioderna 1977–1989, 1990–1998 och 2009–2019 visar att halterna minskat från cirka 330 $\mu\text{g/l}$ till cirka 110 $\mu\text{g/l}$ under 90-talet och slutligen till drygt 75 $\mu\text{g/l}$ under den senaste tioårsperioden, se figur 14. Det kan jämföras med målhalt (gränsen mellan god och måttlig status) vilken uppgår till 38 $\mu\text{g/l}$ enligt länsstyrelsens sammanställning. Den mycket kraftiga haltminskningen till trots motsvarar inte mer än en förändring från dålig till otillfredsställande status. Ett omfattande förbättringsbehov kvarstår således innan Vallentunasjön kan nå miljökvalitetsnormen god status 2027. Som framgår av figuren nedan var totalfosforhalterna år 2019 ca 60-80 $\mu\text{g/l}$, motsvarande otillfredsställande eller dålig status. Lägre halter uppmättes 2015, 2016 och 2018 (ca 50 $\mu\text{g/l}$). Dock noterades betydligt högre halter under andra delar av sommaren, så även år 2019.

Statusklassningen som indikeras i figur 14 avser enbart halter i augusti. Vattenmyndigheten (VISS 2020) bedömer statusen av näringsämnen med årsmedelhalten för totalfosfor (55 $\mu\text{g/l}$, geometriskt medelvärde) perioden

2013-2017. Vattenmyndighetens bedömning visar på måttlig status för näringsämnen. Vallentunasjöns vattenmassa påverkas i första hand av internbelastning av näringsämnen från bottarna. Belastningen styrs av vattentemperatur och ljusförhållanden och pågår under tillväxtsäsongen april-oktober. Det geometriska medelvärdet för perioden 2010-2014 (april-oktober) var $72 \mu\text{g/l}$. Det geometriska medelvärdet för de senaste fem åren (2015-2019) var $60 \mu\text{g/l}$, en minskning med ca 15%.

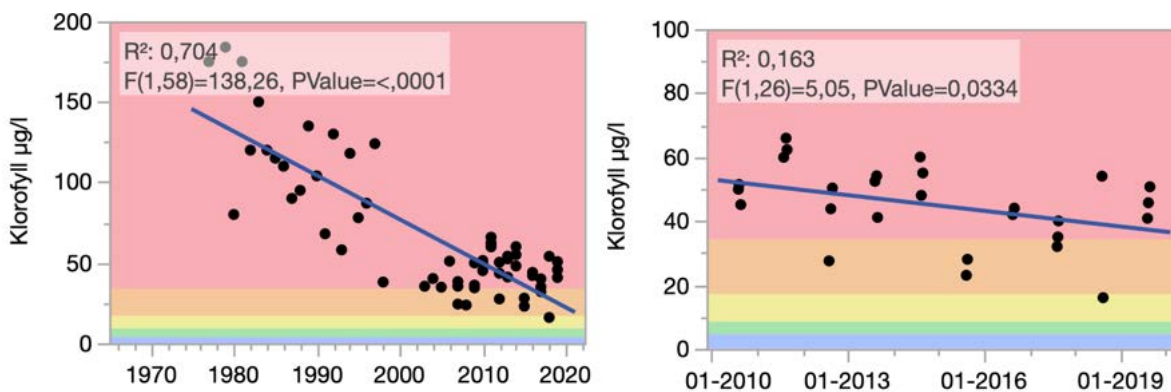


Figur 14. Totalfosfor ($\mu\text{g/l}$) i Vallentunasjön under augusti 1968–2019 och 2010–2019 visas mot bakgrund av statusklasser enligt HVMFS 2013:19. Målhalten (gränsvärdet mellan god och måttlig status) är $38 \mu\text{g/l}$ (VISS 2020).

Växtplankton

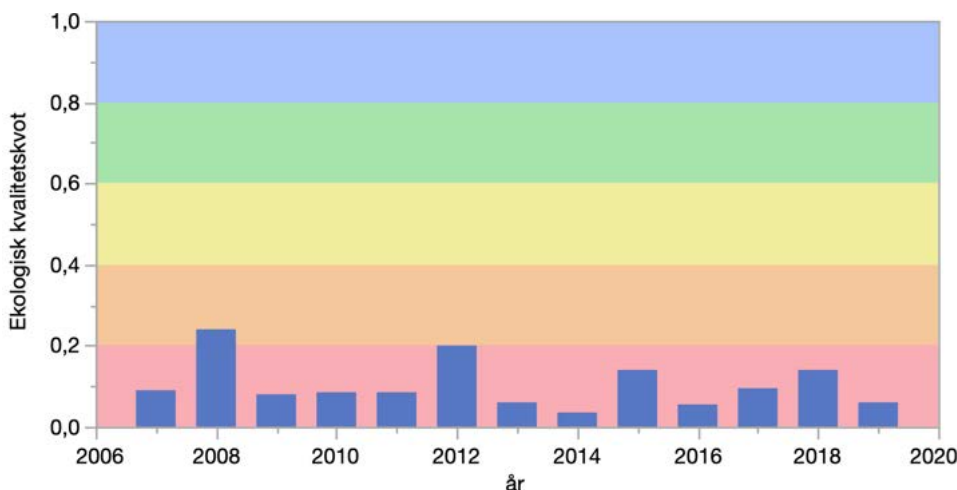
Motsvarande jämförelse för klorofyll, ett indirekt mått på växtplanktonmängd, visar generellt en stor variation sedan mätningarna inleddes på 70-talet, se figur 15. En statistiskt signifikant minskning liknande den som visats för totalfosfor kan ändå beläggas till och med 1997. Halterna har minskat från i snitt cirka $130 \mu\text{g/l}$ vid undersökningsperiodens början till cirka $90 \mu\text{g/l}$ under 90-talet och vidare till cirka $45 \mu\text{g/l}$ de senaste tio åren. Klassningen utfördes enligt Vattenmyndighetens nya föreskrifter (Havs- och Vattenmyndigheten 2019), tillämpat referensvärde för klorofyll var $2,7 \mu\text{g/l}$ och målhalten $8,6 \mu\text{g/l}$. Den minskning i totalfosforhalt som påvisades under tillväxtsäsongen april-oktober perioden 2015-2019 jämfört med 2010-2014 var inte lika tydlig vad gäller klorofyll.

Utöver den positiva utvecklingen med avtagande halter som kan ses sedan mätningarna inleddes i slutet av 70-talet, kan dock även en svag statistiskt trend (F-test, $p < 0,03$ och $R^2 = 0,163$) beläggas för perioden 2010-2019.



Figur 15. Klorofyll a ($\mu\text{g/l}$) i Vallentunasjön augusti 1968–2019 och 2010–2019 visas mot bakgrund av statusklasser enligt HVMFS 2013:19. Målhalten (gränsvärdet mellan god och måttlig status) är $8,6 \mu\text{g/l}$.

En sammanvägd statusklassning baserat på data från fullständig växtplanktonanalys 2007–2019 visas i figur 16. Klassningen grundar sig i en sammanvägd bedömning av klorofyll, totalbiomassa och planktontrofiskt index (PTI) för juli och augusti (medelvärde). Som framgår av figur 16 uppvisade Vallentunasjön, med få undantag, genomgående dålig status vad gäller näringsämnespåverkan på växtplanktonsamhället.



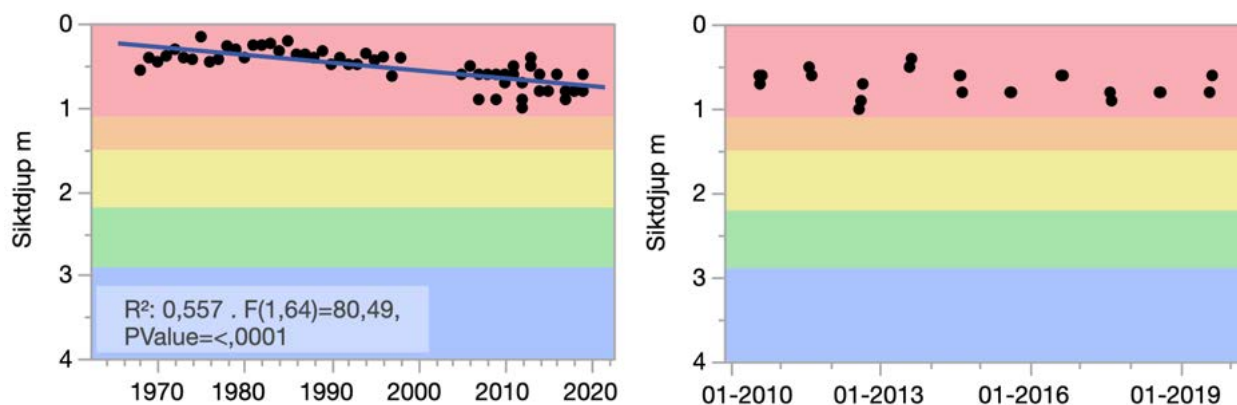
Figur 16. Sammanvägd statusklassning avseende näringsämnespåverkan för växtplankton i Vallentunasjön juli- augusti 2007–2019 visas mot bakgrund av statusklasser enligt HVMFS 2013:19. Klassningen baseras på klorofyll ($\mu\text{g/l}$), totalbiomassa (mg/l) samt planktontrofiskt index (PTI).

Siktdjup

För siktdjup är dataunderlaget något större än för totalfosfor och klorofyll och här jämfördes perioderna 1968–1989, 1990–98 och 2009–2019. Jämförelsen visar att siktdjupet under dessa tre perioder ökat från i snitt $0,34$ meter till $0,45$ meter under 90-talet och slutligen $0,70$ meter under det senaste decenniet, se figur 17. Fortfarande är Vallentunasjöns ljusförhållan-

den så försämrade jämfört med referenstillståndet att de genomgående klassas som dålig status. Tillämpat referensvärde är 4,4 m (VISS 2020) vilket innebär att siktdjupet måste vara 2,2 m eller bättre om god status ska uppnås.

En positiv utvecklingen med ökande siktdjup kan ses sedan mätningarna inleddes i slutet av 60-talet, under den senaste 10-års perioden kunde inga statistiskt signifikanta trender påvisas.



Figur 17. Siktdjup (m) i Vallentunasjön augusti 1968–2019 och 2010–2019 visas mot bakgrund av statusklasser enligt HVMFS 2013:19. Målvärdet (gränsen mellan god och måttlig status) är 2,2 m.

Sammanfattande slutsatser

Vallentunasjöns miljötillstånd

År 2019 uppvisade Vallentunasjön liksom tidigare för undersökningsperioden (2007–2018) en mycket tydlig övergödning i form av höga näringshalter samt symptom på övergödning i form av dåliga siktdjup, stora växtplanktonmängder och tidvis höga biomassor cyanobakterier. Nedanstående punkter sammanfattar läget år 2019. Jämförelser relaterar vanligen till undersökningsperioden 2007–2019. För djurplankton finns data för perioden 2009–2019.

Totalhalterna av fosfor ökade i likhet med tidigare år kraftigt och successivt från tidig vår till sommar, under 2019 uppmättes den högsta halten i mitten av september. Glädjande är att den högsta fosforhalten (89 µg/l) låg på i princip samma relativt sett låga nivå som föregående tre år (2016-2018). Ser man endast till medelhalten totalfosfor för tillväxtsåsongen april-oktober var medelhalten åren 2010-2014 74 µg/l. Under de senaste fem åren (2015-2019) var medelhalten 63 µg/l, en minskning med 15%.

Klorofyllhalterna 2019 var liksom tidigare år höga och en kraftig växtplanktonproduktion pågick under större delen av året. Den högsta klorofyllhalten, 95 µg/l, var den högsta uppmätta klorofyllhalten för hela perioden 2007-2019.

Växtplankton förekom liksom tidigare i mycket höga mängder. År 2019 utmärkte sig med likartad biomassa grönalger och kiselalger under större delen av året.

I likhet med flertalet tidigare år, men till skillnad från år 2015 och 2017, var cyanobakterier tongivande under sommaren. Utmärkande för år 2019 var extremt höga cyanobakterimängder i september (27 mg/l). Bland cyanobakterierna dominerade liksom oftast tidigare år den potentiellt toxinbildande och kvävefixerande cyanobakterien *Aphanizomenon sp.* De höga mängderna motiverar toxinanalys i syfte att undersöka potentiella hälsorisker relaterade till cyanobakterier.

Växtplanktonproduktionen var fosforbegränsad under årets början och slut och sambegränsad från slutet av juni till mitten av september (begränsad av omväxlande fosfor och kväve) 2019. Även flertalet tidigare år har primärproduktionen varit sambegränsad sommartid. År 2011–2013 förefaller kväve dock ha varit primärt begränsande för växtplanktonproduktionen, liksom även i juli 2016.

Årets minsta siktdjup (0,6 m) noterades vid ett flertal tillfällen under perioden juli-oktober. Medelsiktdjupet under tillväxtsåsongen (april-oktober) 2019 beräknades till 0,85 m, i likhet med medelsiktdjupet för perioden 2010-2018.

Djurplanktonmängderna år 2019 (medelbiomassa 5,1 mg/l) var jämförbar med tidigare undersökningsperiod 2007-2018 (medelbiomassa 6,1 mg/l). I samband med den extrema cyanobakterieblomning i september 2019 minskade djurplanktbiomassan och uppmättes till endast 0,3 mg/l, den lägsta uppmätta biomassan i september under hela den undersökta perioden 2009-2019.

En historisk återblick visar att Vallentunasjöns miljö tillstånd har förbättrats väsentligt från 60- och 70-talet till dagens datum. Trots detta kvarstår ett stort förbättringsbehov innan sjön uppnår miljö kvalitetsnormen god status 2027. Precis som tidigare uppvisade totalhalter av fosfor en kraftig ökning till sommaren. De utläckageförsök som genomfördes våren 2015 visar att fosfor initialt frisätts som fosfatfosfor från sedimenten, och att de stegrande fosforhalterna alltså inte kopplas direkt till cyanobakterier som lämnar bottensedimenten (Gustafsson m.fl. 2015).

Äldre data visar att sommarens växtplanktonproduktion i Vallentunasjön tidigare reglerades av tillgången till kväve, åtminstone i slutet av 70-talet. Det framgår av att halterna av växttillgängligt kväve låg nära noll medan fosfatfosforhalterna var höga och successivt ökade i vattenmassan. Under dessa förhållanden skulle alltså varje tillskott av kväve möjliggöra yttre planktonproduktion. Även i nuläget råder tidvis kvävebegränsning under sommaren (2011-2013, delvis 2015 och 2016), dock utan höga fosfatfosforhalter som resultat. Vanligare tycks vara en situation av sambegränsning där växelvis fosfor och kväve eller båda dessa näringsämnen reglerar växtplanktonproduktionen under sommaren (2007-2010, 2014, huvudsakligen 2015-2019). Växtplanktonbiomassorna är alltså mycket höga.

Effekter av genomförd biomanipulering

Enligt vad som framgår ovan står det klart att den biomanipulering som genomförts år 2010–2019 inte gett önskad effekt på siktdjup och algbloomingar. Tänkbara orsaker till att åtgärden inte fått avsedd effekt diskuteras i tidigare årsredovisningar. Värt att beakta i sammanhanget är att det reduktionsfiske som bedrivits 2010-2019 har medfört att fosfor lyfts ur sjön via den karpfisk som tagits upp. Fosformängden i denna fisk (ca 190 ton) kan grovt skattas till 1,9 ton. Det motsvarar nästan tre års fosforbelastning från Vallentunasjöns tillrinningsområde, något som bidrar till sjöns återhämtning.

Fortsatt åtgärdsinriktat arbete

För att komma tillrätta med Vallentunasjöns övergödning och omfattande algbloomingar krävs att tillförseln av fosfor, framförallt löst fosfat, minskas ytterligare. Sjöns återhämtning kan påskyndas genom åtgärder som minskar det omfattande fosforläckaget från sedimenten, så som muddring eller annan fosforbindande åtgärd i den centrala delen av sjön. Att muddring vore en effektiv åtgärd för restaurering av Vallentunasjön indikeras av undersökningar av fosforutbytet mellan sediment och vattenmassa

(Gustafsson m.fl. 2015) samt av den fosforbudget som upprättats för sjön (Rydin & Lindqvist 2017).

Under sommaren 2019 utfördes lågflödesmuddring över en begränsad yta utanför Gustavs udde i Vallentunasjöns norra delar (Rydin & Arvidsson 2019). Sedimentanalyser utfördes före och efter muddringen. Analyserna gav inga tydliga svar på effekten av muddringen då en återsedimentation skett i muddringsområdet. Sammanfattningsvis föreslås att muddringen sker förbi 10 cm sedimentdjup för att avlägsna majoriteten av den internbelastningsdrivande sedimentfosfor.

Under 2019 utfördes även en sedimentundersökning i likhet med den som utfördes 2012 (Arvidsson & Rydin 2012). Någon minskning i sjöns förråd av läckagebenägen fosfor kunde inte beläggas och Vallentunasjön befinner sig av allt att döma i ett jämviktsläge vad gäller införsel och utförsel av fosfor.

Referenser

Arvidsson, M. & E. Rydin. 2012. Sedimentundersökning i Vallentunasjön 2012. Naturvatten i Roslagen AB, Rapport 2012:16.

Blomqvist, P. 2001. A proposed standard method for composite sampling of water chemistry and plankton analyses in small lakes. *Environmental and Ecological Statistics*. 8: 121-134.

Gustafsson, A., U. Lindqvist & E. Rydin. 2012. Vattenkemi och plankton i Vallentunasjön 2011. Fysikalisk-kemiska och biologiska undersökningar. Naturvatten i Roslagen AB, Rapport 2012:7.

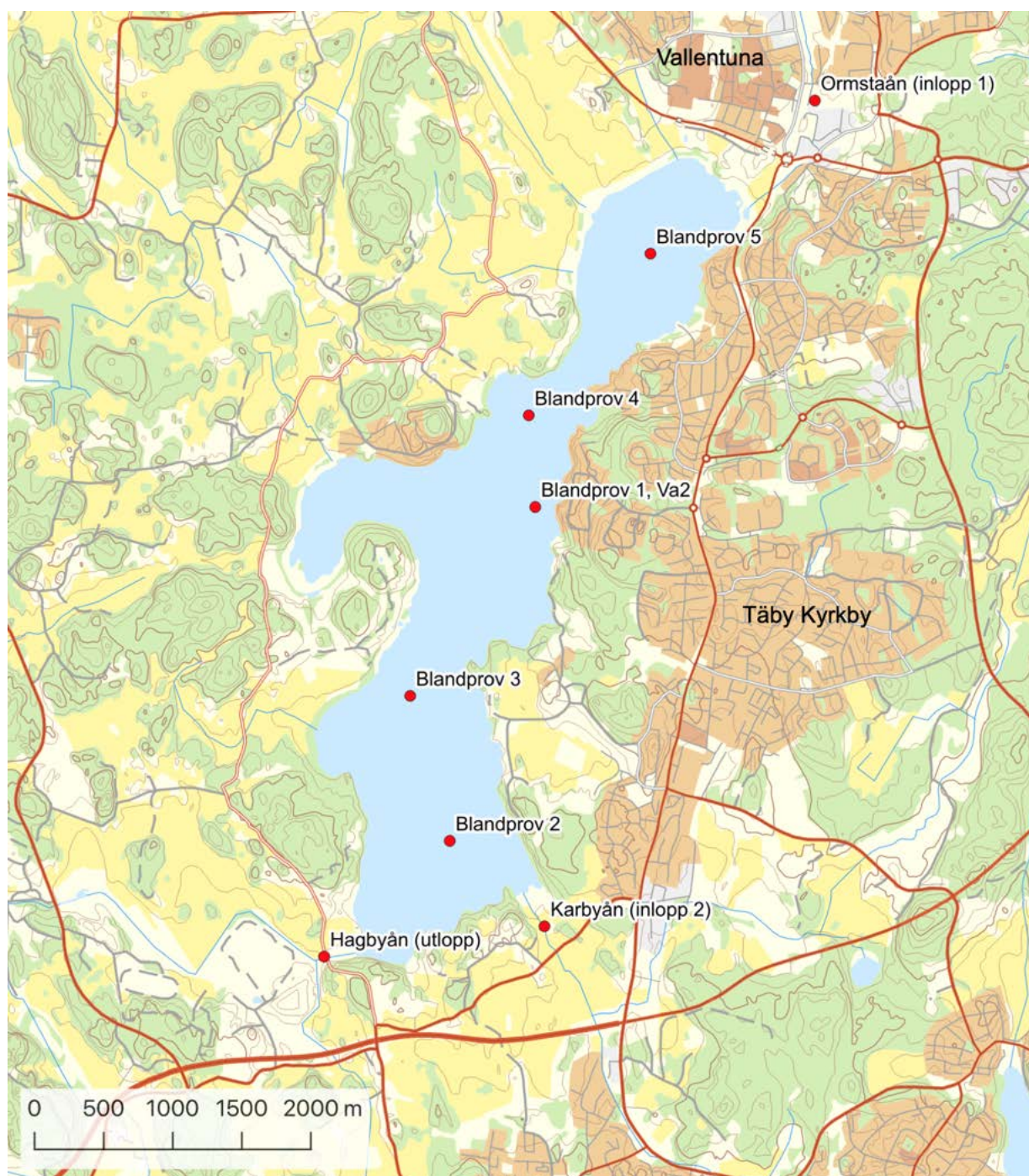
Gustafsson, A. & E. Rydin. 2013. Vattenkvalitet, plankton och vattenväxter i Vallentunasjön 2012. Uppföljning av effekter av biomanipulering. Naturvatten i Roslagen AB, Rapport 2013:6.

Gustafsson, A. & E. Rydin. 2014. Vattenkvalitet och plankton i Vallentunasjön 2013. Uppföljning av effekter av biomanipulering. Naturvatten i Roslagen AB, Rapport 2014:6.

- Gustafsson, A. & E. Rydin. 2015. Vattenkvalitet och plankton i Vallentunasjön 2014. Uppföljning av effekter av biomanipulering och historisk återblick. Naturvatten i Roslagen AB, Rapport 2015:14.
- Gustafsson, A., U. Lindqvist & E. Rydin. 2015. Vallentunasjön – fosforutbyte mellan sediment och vattenmassa. Litteraturstudie och utläckageförsök som underlag för åtgärdsplanering. Naturvatten i Roslagen AB, Rapport 2015:22.
- Gustafsson, A., M. Arvidsson, E. Rydin & U. Lindqvist. 2016. Vattenkvalitet, plankton och vattenväxter i Vallentunasjön 2015. Utvärdering av effekter av biomanipulering samt underlag för fosforbudget. Naturvatten i Roslagen AB, Rapport 2016:16.
- Gustafsson, A., E. Rydin & U. Lindqvist. 2017. Vattenkvalitet, plankton och vattenväxter i Vallentunasjön 2016. Utvärdering av effekter av biomanipulering samt underlag för fosforbudget. Naturvatten i Roslagen AB, Rapport 2017:4.
- Gustafsson, A., E. Rydin & U. Lindqvist. 2018. Vattenkvalitet och plankton i Vallentunasjön 2017. Utvärdering av effekter av biomanipulering. Naturvatten i Roslagen AB, Rapport 2018:4.
- Gustafsson, A., E. Rydin & U. Lindqvist. 2019. Vattenkvalitet och plankton i Vallentunasjön 2018. Utvärdering av effekter av biomanipulering. Naturvatten i Roslagen AB, Rapport 2019:4.
- Havs och vattenmyndigheten. 2019. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten. HVMFS 2013:19, uppdaterad 2019-01-01.
- Rydin, E., M. Arvidsson, A. Gustafsson. 2010. Vallentunasjön 2008-2009. Vattenkemi, plankton och undervattensvegetation. Naturvatten i Roslagen AB, Rapport 2010:2.
- Rydin, E. 2011. Vattenkemi och plankton i Vallentunasjön 2010. Naturvatten i Roslagen AB, Rapport 2011:8.
- Rydin, E. & U. Lindqvist. 2017. Näringsbudget för Vallentunasjön 2011–2016. Naturvatten i Roslagen AB, Rapport 2017:24.
- Rydin, E. & M. Arvidsson. 2019. Uppföljande sedimentundersökning i Vallentunasjön 2019. Naturvatten i Roslagen AB. Rapport 2019:32
- SMHI. 2020. SMHI:s vattenweb. <http://vattenweb.smhi.se>

VISS. 2020. Utdrag från Vatteninformationssystem Sverige, Vallentunasjön. Hemsida <https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA93805689>

Bilaga 1. Vallentunasjön - provplatser.



Bilaga 2. Analysresultat 2007-2019.

Alla analysresultat finns samlade i excel-filen ”Bilaga 2 analysresultat Vallentunasjön 2007-2019”