



Skogsbranden i Västmanland 2014 - Utvärdering av effekter på vattenkvalitet och vattenlevande organismer i och runt brandområdet

**Avrapportering av resultat för perioden höst 2014-vår
2017**

Stephan J. Köhler, Karin Wallman och Brendan McKie

SLU, Vatten och miljö: Rapport 2017:8

Referera gärna till rapporten på följande sätt:

Köhler, S., Wallman, K., McKie, B. (2017) Skogsbranden i Västmanland 2014-Utvärdering av effekter på vattenkvalitet och vattenlevande organismer i och runt brandområdet. Avrapportering av resultat för perioden höst 2014 – vår 2017. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö; Rapport 2017:8

Omslagsfoto: Notblomster i Märresjön 2014 (Foto: Stina Drakare)

Tryck: Uppsala

Tryckår: 2017

Kontakt

Stephan.Kohler@slu.se

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

Innehåll

Förord.....	5
Sammanfattning	6
Summary	7
1 Introduktion.....	8
2 Provtagningsprogram	9
2.1 Provplatser	9
2.2 Hydrologisk information och flödesförhållanden.....	11
2.2.1 Installation av tryckgivare	11
2.2.2 Flygelmätningar.....	11
2.2.3 Provtagning av rinnande vatten och i sjöar	11
2.2.4 Installation av sensorer i två utvalda områden	12
2.3 Biologiska analyser.....	15
2.3.1 Fytoplankton i sjöar.....	15
2.3.2 Makrofyter.....	15
2.3.3 Bentiska kiselalger i vattendrag.....	15
2.3.4 Evertebrater (bottenfauna) i vattendrag.....	16
2.3.5 Ekosystemfunktion: lövnedbrytning.....	16
3 Väder och vattenföring.....	17
4 Analysresultat.....	18
4.1 Surhetspåverkan.....	18
4.2 Ammonium utlakning	22
4.3 Organiska ämnen och vattenfärg	23
4.4 Metaller.....	24
4.5 Aluminium.....	27
4.6 Sensordata.....	28
4.7 Tryckgivardata, flygelmätningar och S-HYPE beräknade flöden	30
5 Preliminära slutsatser	32
Referenser.....	33
Bilagor.....	34

Förord

Författarna vill tacka för ett mycket gott samarbete med Länsstyrelsen i Västmanlands län. Med hjälp av länsstyrelsen har provplatser kunnat väljas ut och utan det smidiga och effektiva samarbetet med länsstyrelsen hade provtagningen inte heller kunnat äga rum. Vi vill särskild tacka Magnus Svensson och Katharina Agné Anderson för deras insatser och intresse i arbetet.

Sammanfattning

Under sommaren 2014 bröt den största skogsbranden ut i modern svensk historia. Branden startade i närheten av Sala och totalt brann cirka 14 000 ha. Ett övervakningsprogram lades efter branden upp som initialt hade en hög upplösning i tid och rum, men som i takt med ökande kunskap och avklingande effekter inriktade sig på färre lokaler. Syftet med programmet var att studera de kort- och långsiktiga vattenkemiska och biologiska effekterna av skogsbranden.

Inom programmet provtogs 8 vattendrag och 13 sjöar i och i utkanten av brandområdet. Som referenser provtogs 6 vattendrag. Både kemiska, fysikaliska och biologiska parametrar undersöktes. I två av områdena installerades sensorer som mätte ett större antal parametrar med hög tidsupplösning.

Provtagningen kom igång mycket snabbt efter branden och i och med det kunde stora kemiska variationer mätas. I samtliga vattendrag inom brandområdet som provtogs var halterna av baskatjoner och anjoner högre månaderna efter branden jämfört med efterföljande år och jämfört med referenserna.

Sulfathalterna ökade på grund av en oxidation av organiskt bundet svavel till svavelsyra (H_2SO_4) vid förbränningen av växter och organisk jord. Snabbaste responsen erhöles i Myckelmossbäcken som saknar sjöar uppströms. Halterna avklingade och var efter ett år tillbaka på samma nivå som innan branden. Katjoner (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+) som varit bundna till jonbyteskomplex eller i växterna omvandlades till basisk aska som i kontakt med vatten ökade halterna av katjoner i vattnet. Även katjonerna ökade snabbast i Myckelmossbäcken.

Efter bränder förekommer ofta surstötter i rinnande vatten. Beroende på förhållandet mellan mängden svavelsyra och aska som bildas kan buffringsförmågan sjunka eller stiga. Buffringsförmågan i de undersökta vattendragen i brandområdet påverkades inte tydligt av branden utan surstöten buffrades bort av basiska katjoner. I Gärnsjöbäcken har det dock sedan branden inte förekommit aciditet (negativ alkalinitet) vilket det gjorde innan branden och pH ligger på en högre nivå än innan branden. Eftersom buffringskapaciteten beräknad med ANC ej förändrades så måste halten organiska syror ha minskat.

Kadmium-, kobolt-, nickel- och zinkhalterna i vattendragen och sjöarna påverkades av branden och var högre hösten 2014 än vid senare mätningar. I Myckelmossbäcken ökade halterna av kadmium, kobolt, nickel och zink kraftigt. Ökningen var dock kortvarig och efter några månader var halterna tillbaka på en stabil nivå som kan antas vara den samma som innan branden.

I och med att inte samtliga biologiprover är färdiganalyserade kommer de biologiska resultaten att redovisas i nästa rapport.

Summary

During the summer of 2014, the largest forest fires broke out in modern Swedish history. The fire started near Sala and a total of about 14,000 ha burned. A monitoring program was launched after the fire, which initially had a high resolution in time and space, but, in line with increasing knowledge and declining effects, focused on fewer test points. The purpose of the program was to study the short and long term water chemical and biological effects of forest fires.

Within the program, 8 watercourses and 13 lakes were tested in and on the outskirts of the fire area. As references, 6 watercourses were tested. Chemical, physical and biological parameters were investigated. In two of the areas, sensors were installed which measured a larger number of parameters with high time resolution.

Sampling was started very quickly after the fire and with that large chemical variation could be measured. In all streams of fire in the area tested, the levels of base cations and anions were higher months after the fire compared to the following year and compared to the references.

The sulfate levels increased due to the oxidation of organically bound sulfur to sulfuric acid (H_2SO_4) in the combustion of plants and organic soil. The fastest response was obtained in Myckelmossbäcken, which lacks lakes upstream. The concentrations declined and were after one year at the same level as before the fire. Cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+) which were bound to ion exchange complexes or in the plants were converted into alkaline ashes that in contact with water increased the levels of cations in the water. The cations also increased fastest in Myckelmossbäcken.

The acidity in streams and lakes are often affected after fires. Depending on the ratio of sulfuric acid and alkaline ashes that are formed the buffer capacity may decrease or increase. The buffer capacity in the investigated streams in the fire area was not clearly affected by the fire. However, alkalinity and pH in Gärsjöbäcken has increased slightly after the fire. Since the buffering capacity calculated with the ANC has not changed, the level of organic acids must have decreased.

The cadmium, cobalt, nickel and zinc concentrations in the streams and lakes were affected by the fire and higher in autumn 2014 than in later measurements. In Myckelmossbäcken the levels of cadmium, cobalt, nickel and zinc increased sharply. However, the increase was short-lived and after a few months, the levels returned to a stable level, which may be assumed to be the same as before the fire.

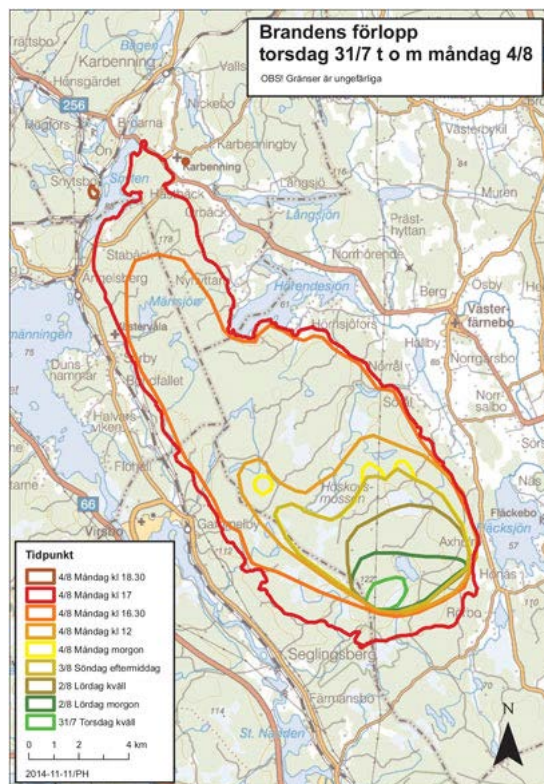
As not all biologic samples are analyzed, the biological results will be reported in the next report.

1 Introduktion

Sommaren 2014 inträffade den största okontrollerade skogsbranden i Sverige sedan andra världskriget. Stora arealer skogsmark (> 12000 ha; Figur 1) har drabbats hårt. Från tidigare brandhändelser som berörde mindre ytor både i Norge (Lydersen et al 2014; 2600 ha), Sverige (Eriksson 2002; 450 ha) och i andra varmare länder (Stephens et al 2002; Tahoe et al 2004) är det känt att dessa typer av bränder kan ha en betydande inverkan på vattenkvaliteten (Eriksson 2002; Smith et al. 2011; Lydersen et al. 2014) och ekosystemet. Klimatförändringarna kommer troligen leda till att antalet okontrollerade bränder kommer att öka ytterligare i Sverige (Seidel et al. 2014). Detta kan medföra ett stort antal direkta effekter på skogsbruket och kolbalansen på landskapsnivå (Seidel et al. 2014), men även indirekta effekter som påverkar förutsättningarna för ekosystemtjänster och kvalitén av yt- och grundvatten. Det är därför viktigt att följa och utvärdera kort- och långsiktiga effekter av skogsbränder på akvatiska ekosystem.

Studier visar på stora men möjligen kortvariga effekter (1-5 år) efter en skogsbrand. De viktigaste kända vattenkemiska effekterna är en ökad export av sediment och en mobilisering av metaller och näringsämnen. De flesta av dessa förändringar behöver studeras mycket snabbt efter branden. Stora förändringar i pH, export av toxiskt aluminium och förhöjda halter av metaller har dokumenterats från tidigare studier (Eriksson 2002, Smith et al. 2011, Lydersen 2014). Det är dock oklart om detta beror på att havsvatten använts vid släckningsarbete eller om det är ett generellt mönster. Detta är särskilt intressant i det nuvarande brandområdet i Västmanland med historiskt mycket omfattande gruv- och metallindustri som har resulterat i att uppströms liggande områden redan har förhöjda metallhalter och att området är påverkat av förorening.

Även för vattenlevande organismer och ekosystemens struktur förväntar vi oss att påverkan är relativt kortvarig. Till exempel visar resultat från Stensjön i Tyresta (NV 2006) att totalbiomassa och art sammansättningen i växtplanktonsamhället påverkades mycket kraftigt under året efter branden, men att det snabbt återgår till att likna förhållandena innan branden. Effekter av skogsbrand på de akvatiska ekosystemens funktion är däremot mindre kända. Man kan på goda grunder anta att vattendrag i skogen tidigare har varit huvudsakligen alloktona. När skogen brunnit ner ökar tillgången på ljus och näringsämnen och temperaturen höjs, vilket sannolikt kommer att stimulera den autoktona produktionen till dess att den omkringliggande skogen vuxit upp. Sådana långsiktiga förändringar är inte nödvändigtvis kopplade till motsvarande långsam dynamik i organismsamhällets struktur.



Figur 1: Karta över brandens utbredning (SGU)

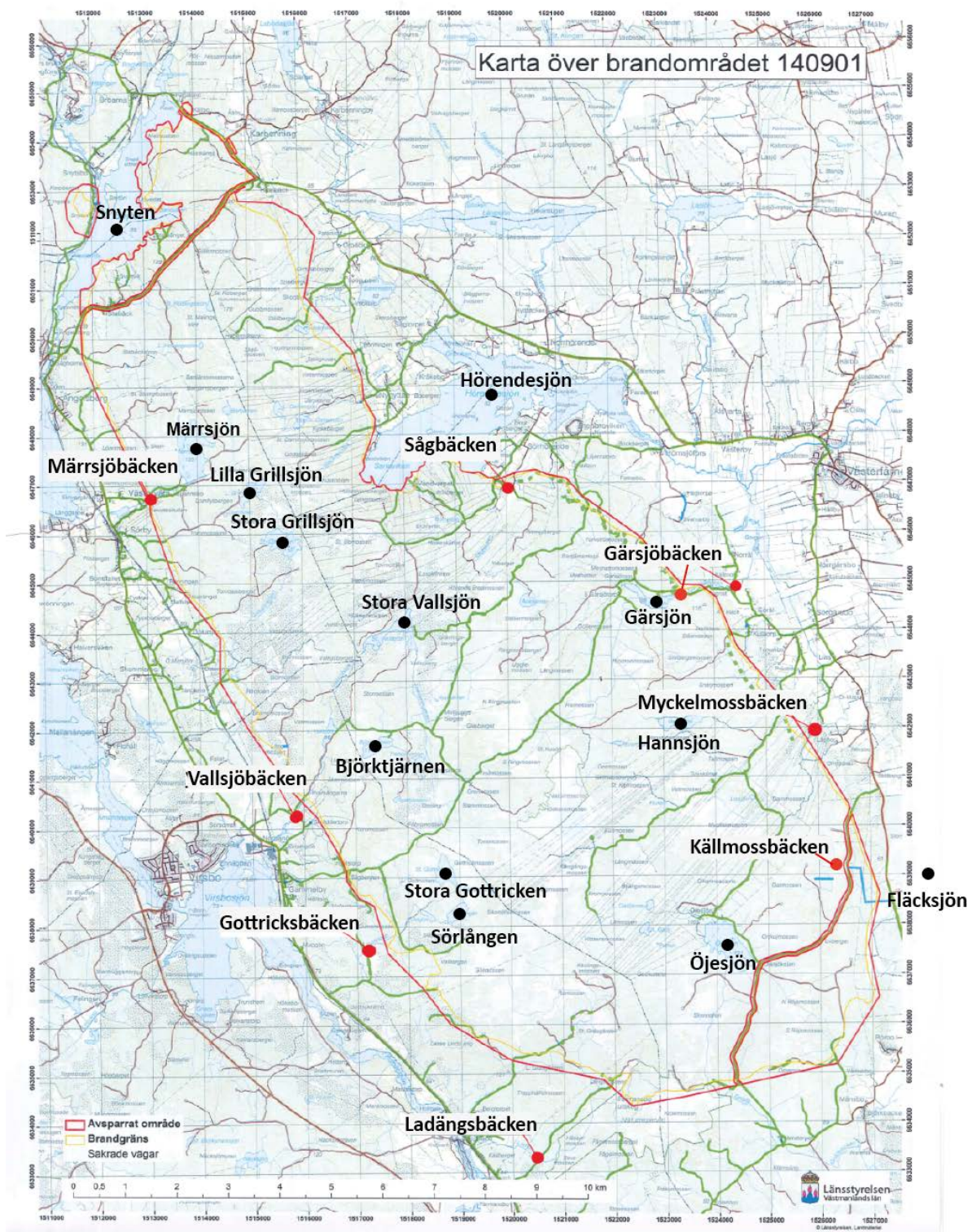
Ett övervakningsprogram lades efter branden i Västmanlands län upp som initialt hade en hög upplösning i tid och rum, men som i takt med ökande kunskap och av klingande effekter inriktade sig på färre lokaler. Syftet med programmet var att studera de kort- och långsiktiga vattenkemiska och biologiska effekterna av skogsbranden.

De vattenkemiska resultaten från första halvåret efter branden rapporterades i en delrapport 2015 (Köhler et.al. 2015). Flera examensarbeten har utförts vid Institutionen för vatten och miljö där data från övervakningsprogrammet har använts. Landahl (2015) studerade brandhårdhetens påverkan på vattenkemiska effekter relaterade till eutrofiering och försurning. McNeice (2015) studerade brandens påverkan på DOC i vattendragen och hur sensorer bäst kan användas för att studera DOC. Johansson (2016) studerade om och i så fall hur vattenföringen påverkades i brandskadad och avverkad skog.

2 Provtagningsprogram

2.1 Provplatser

Utifrån kartan över brandens utbredning, befintliga mätserier och de föreslagna ekonomiska ramarna valdes ett antal provplatser fram för övervakning (Figur 2). Området domineras av skog och samtliga av vattendragen och sjöarna är påverkade av skogsbruk. I bilaga 1 redovisas samtliga provplatser med koordinater samt marktäckedata för vattendragen respektive sjövolymen för sjöarna.



Figur 2. Sjöar ● och vattendrag ● inom brandområdet som ingått i provtagningsprogrammet (källa: Länsstyrelsen i Västmanlands län). Den röda linjen visar avspärrat område efter branden och den gula linjen brandgränsen. Svartån, Svanå och referensen Sollentorpsbäcken ligger söder om kartan. Referensen Bjurforsbäcken ligger norr om kartan. Referenserna Säckenbäcken, Dammenbäcken och Transjöån ligger väster om kartan. För Gärsjöbäcken finns det två provplatser, den initiala som användes innan skogsvägen öppnades och den slutgiltiga.

2.2 Hydrologisk information och flödesförhållanden

2.2.1 Installation av tryckgivare

I fem bäckar inom brandområdet och i en referensbäck installerades tryckgivare som ger kontinuerliga mätningar av vattennivån (Tabell 1). Dessa mätningar gör det möjligt att utvärdera hur representativ den vattenkemiska provtagningen varit för olika flödessituationer. Detta möjliggör även att genomföra en enklare massbalans i kombination med kemiska data.

Tabell 1: Vattendrag där tryckgivare installerades samt tidsperioden under vilken data förekommer.

Vattendrag	Tidsperiod
Gärsjöbäcken	2014-09-10 tom 2016-07-20
Ladängsbäcken	2014-09-11 tom 2016-06-30
Myckelmossbäcken	2014-09-10 tom 2016-11-09
Sågbäcken	2014-09-10 tom 2016-11-08
Säckenbäcken	2014-09-11 tom 2015-11-10
Vallsjöbäcken	2014-09-11 tom 2016-11-08

2.2.2 Flygelmätningar

Flygelmätningar gjordes vid tre tillfällen i de vattendrag där tryckgivare installerats. Vid en flygelmätning mäts vattnets hastighet och i kombination med nivåmätningar kan vattenföringen beräknas.

Om de rätta hydromorfologiska förutsättningarna finns kan ett samband upprättas mellan nivå och flöde och de kontinuerliga nivåmätningarna kan med hjälp av detta samband då räknas om till flöden. Kemiska analyser

2.2.3 Provtagning av rinnande vatten och i sjöar

Gärsjöbäcken, Vallsjöbäcken och Myckelmossbäcken valdes ut för att provtas mer frekvent och Ladängsbäcken och Märrsjöbäcken med lägre frekvens i en synoptisk provtagning. Sågbäcken och Gottricksbäcken provtogs endast under hösten 2014 och början av 2015. Provtagningen avslutades i Sågbäcken eftersom det ansågs att de uppmätta höga halterna för näringsämnen och den höga turbiditeten inte återspeglade de andra beskogade områden. Gottricksbäcken avslutades pga. det är ett kalkat område.

De stora säkerhetsmässiga riskerna med att arbeta i brandpåverkade skogar medförde att provtagningen i Gärsjöbäcken till en början efter branden inte kunde ske vid den ordinarie provplatsen utan provtogs vid Gärsjöbäcken nedre (6644930-1524574).

Två referensområden valdes ut. Båda områdena domineras av skog och Solltorpsbäcken är som många av områden inom brandområdet mycket påverkad av skogsbruk. Säckenbäcken provtogs endast under hösten av 2014 och början av 2015 medan Solltorpsbäcken har ingått i synoptisk provtagning under hela perioden. Säckenbäcken är ett mycket litet och svårtillgängligt område därför prioriterades detta område ner.

Provtagningen har mestadels utförts av länsstyrelsen. Proverna har analyserats vid geokemiska laboratoriet, Institutionen för vatten och miljö, SLU. Frekvensen och analyserna som utförts redovisas i Tabell 2.

Inom det nationella övervakningsprogrammet sjöomdrev möjliggjordes att man till en relativt låg kostnad kunde provta vattenkemi i sjöar inom brandområdet samtidigt som helikoptern provtog för det nationella programmet. I brandområdet provtogs alla 13 sjöar > 0,1 km² den 28 oktober 2014, 28 oktober 2015 och 1 december 2016 (bilaga 1).

2.2.4 Installation av sensorer i två utvalda områden

I två av vattendragen installerades sensorer för kontinuerlig registrering av turbiditet, konduktivitet, TOC, pH och temperatur. Mätningarna medger att följa snabba förändringar av vattenkvalitet som ofta förekommer i samband med högflöden och som därmed kompletterar den ordinarie provtagningen av vattenkemi. Den ena bäcken var Gärsjöbäcken som valdes ut för att den har en lång tidsserie av vattenkemi före branden och som därför är särskilt lämpad för att studera effekterna av branden. Den andra bäcken var Myckelmossbäcken som valdes ut för att den saknar sjöar i avrinningsområdet och därmed ger en direkt respons på flödesförändringar. Myckelmossbäcken ligger också nära Gärsjöbäcken vilket underlättar tillsyn och datauttag.

Inom brandskadad skog förväntas att erosion av partiklar från marken ökar under högflödesperioder. Detta kan möjligen leda till uttransport av aska, metaller eller försurande ämnen. Syftet med sensorerna var att kvantifiera denna effekt (turbiditetsmätning) samt att bestämma om detta skulle leda till surstötter (pH sonden).

Institutionen för vatten och miljö

Tabell 2: Provtagningsprogram inom brandprojektet. Gråmarkerade områden avser bara insamling av prov dock ej analys av kostnadsskäl.

Provplats	Typ	Frekvens Antal gångar per månad	n	Kemi baspaket ^{\$}	Halter Kol och metaller	Klorofyll	Suspenderat material	Löst orga- niskt Kol och halter lösta metaller	PAH	sediment
TYP				ANALYS				PROV		
Gärsjöbäcken	Vattendrag	2 ^{#1}	16	x	x		x	x	x	x
Märrsjön	Sjö	2 ^{#1}	8	x	x	x		x	x	x
Svartån Svanå*	Vattendrag	2 ^{#2}	16	x	x		x	x	x	x
Vallsjöbäcken + Myckelmoss- bäcken	Vattendrag	2	15	x	x		x	x	x	x
Synoptisk ^{#4}	Vattendrag	15 gånger totalt	48	x	x		x	x	x	x

\$: baspaket inkluderar pH, alkalinitet, katjoner, anjoner, näringsämnen och absorbanter.

^{#1} I början oftare och sedan mindre. Provplatser 1,2 provtas i ett annat program och kommer att komplettera denna serie.

^{#2} ALCONTROL ansvarar för provtagning och analys.

^{#4} Gärsjöbäcken, Vallsjöbäcken, Myckelmossbäcken, Märrsjöbäcken, Ladängsbäcken, Gottricksbäcken, Sågbäcken, Säckenbäcken, Solltorpsbäcken

2.3 Biologiska analyser

2.3.1 Fytoplankton i sjöar

Fytoplankton har provtagits i tre olika sjöar som ligger i eller i närheten av brandområdet (Tabell 3). Dessa prover ger en ”integrativ” bild av påverkan av branden på ekosystemen i sjön i varje avrinningsområde. Fytoplanktonproven togs från en större yta centralt i sjön. Ytan anpassades i viss mån till sjöns storlek och form. Först uppskattades epilimnionskiktets djup med en temperaturmätning och därefter avgjordes lämplig provnivå som omfattade 75–80 % av epilimnion. Det kvantitativa provet konserverades omedelbart efter provtagning med jodjodkalium.

Provtagning av fytoplankton utfördes av personal från Institutionen för vatten och miljö.

Som referenssjöar användes data från tre sjöar som provtagits inom andra provtagningsprogram (Långsjön, Fläckesjön, Öjesjön).

Tabell 3: Provtagning av fytoplankton 2014-2017.

Sjö	Provnivå [m]	Provtagen
Hörendesjön	0-6	aug-15
Märrsjön	0-5,0-2 resp 0-6	aug-14, okt-14 resp aug-16
Snyten	0-6 resp 0-9	aug-15 resp aug-16

2.3.2 Makrofyter

Vattenväxter (kärlväxter, mossor, makroskopiska alger), s.k. makrofyter undersöktes i tre vattendrag. Makrofytprovtagningen utfördes av personal från Institutionen för vatten och miljö under sommaren 2015 och 2017. De utvalda vattendragen var Gärsjöbäcken nedre, Myckelmossbäcken och Vallsjöbäcken (Figur 2). Dessa vattendrag valdes ut därför att de ansågs vara de mest intressanta samt att det i dessa vattendrag redan pågick många andra studier.

Makrofytsamhället i respektive vattendrag studerades på två olika ställen. Dels i en vattendragssträcka belägen nedströms (utanför) det brända området (lokal också för vattenkemi, kiselalger, bottenfauna m.m.) samt vid en vattendragssträcka där skogen och marken brunnit.

De inventerade sträckorna delades in i mindre sektioner (25 meter). Antalet 25-meters sektioner för områdena (bränt/obränt) varierade mellan 4-5 sektioner. Oftast låg sektionerna i direkt anslutning till varandra på respektive område.

Vegetationen bestämdes till art och där funna arter tilldelades en täckningsklass enligt en 5-gradig skala, baserat på respektive arts yt-täckning (< 5%, 5-25%, 25-50%, 50-75% och 75-100%).

Stödparametrar såsom vattendragsbredd, maxdjup, flödestyp, beskuggning, bottenstrukturer och död ved noterades sektionvis.

2.3.3 Bentiska kiselalger i vattendrag

Med bentiska kiselalger avses de alger som växer på olika substrat i sjöar och vattendrag. Provtagning av kiselalger har skett i sammanlagt 10 vattendrag (bilaga 2). Prov togs från en ca 10 m lång provtagningssträcka, som var representativ för lokalen när det gäller bottenstrukturer, vegetation, vattendjup och

vattenhastighet. För att få ett representativt prov av kiselalgssamhället används minst fem stenar, som är tillräckligt stora för att inte flyttas under normala strömförhållanden. Stenarna lyfts från botten och sköljs försiktigt så att löst sedimenterat material fås bort. Därefter borstas den övre ytan av stenarna med ny/väl rengjord tandborste och materialet sköljs ner i en plastvanna. De sista proverna (från 2016) förväntas vara färdigbehandlade (artbestämda) under hösten 2017.

2.3.4 Evertebrater (bottenfauna) i vattendrag

Bottenfaunaprovtagning har utförts i sammanlagt 10 vattendrag under oktober 2014, 2015 och 2016 av personal från Institutionen för Vatten och Miljö (bilaga 2). Bottenfauna prov från rinnande vatten tas med s.k. sparkprover (kicksampling) med håv. Proverna tas från en 10-meters sträcka med relativt lugnt forsande vatten, där fem prover å en meter vardera tas under en minuts sparkande. Proverna hålls normalt isär för att man skall få en uppfattning om den statistiska spridningen. De sista proverna (från 2016) kommer att vara färdig sorterade och identifierade till slutet av september 2017.

2.3.5 Ekosystemfunktion: lövnedbrytning

För karakterisering av ett vattendrags ekosystem i sin helhet krävs information om både struktur och funktion. Ekosystemstruktur syftar till artsammansättningen och organisationen i ett ekosystem medan ekosystemfunktion kan definieras som summan av processer associerade med t.ex. näringsomsättning och nedbrytning av organiskt material. För övervakning av ekosystemfunktion är nedbrytningsförsök med löv den metod som hittills är bäst dokumenterad. Lövnedbrytningsprocessen är känslig för förändringar i miljön och spelar en central roll i näringsvävarna i vattendrag.

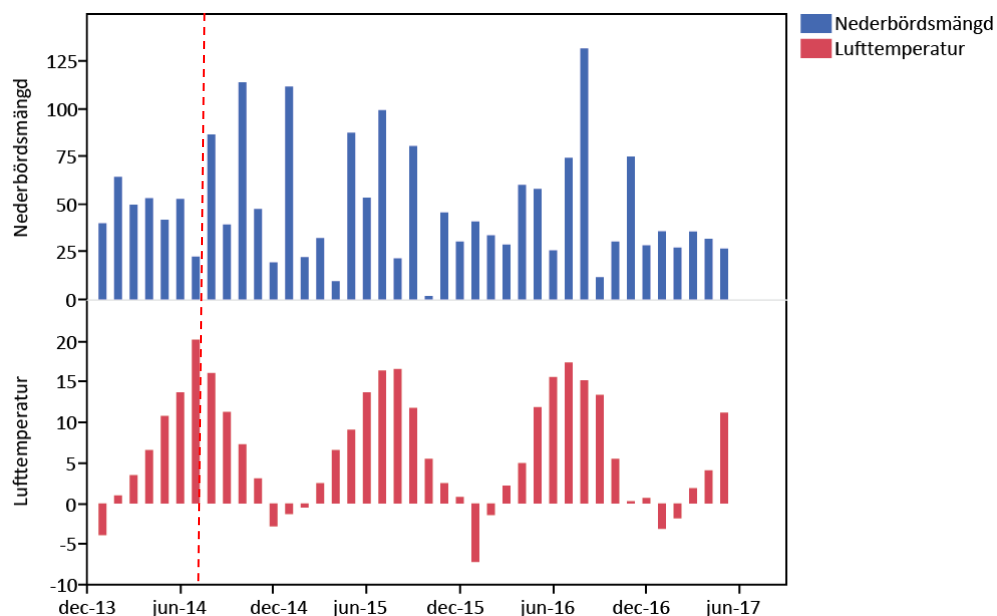
Lövnedbrytning mättes i sammanlagt 13 vattendrag under oktober-november 2014 och 2015 av personal från Institutionen för Vatten och Miljö, med den så kallade "lövpåsemetoden" (bilaga 2). För nedbrytningsförsöket exponerades 10 stycken "lövpåsar" i varje vattendrag, varav 5 finmaskiga (0,5 mm) och 10 grovmaskiga (5 mm). Syftet med de olika maskstorlekarna är att kontrollera tillgång till löven av olika organism grupper - bara mikroorganismer kan ta sig in i finmaskiga påsar, medan de grovmaskiga hade större hål som även släpper igenom till exempel löv-ätande vatteninsekter. Påsarna fylldes med 4,0 ($\pm 0,02$) g lufttorkade björklöv (*Betula pendula*) som hade insamlats under lövfällningsperioden och rensats från bladskaft och partier angripna av svamp. Påsarna fästes vid en 10 m lång kedja med hjälp av buntband och kedjan spändes upp mellan två armeringsjärn. Efter 6 veckor togs alla lövpåsar upp och placerades omedelbart i individuella återförslutningsbara plastpåsar och transporterades till laboratoriet i kylboxar varefter de frystes. Under maj tinades påsarna upp, och därefter sköljde man sediment, bottenfauna och annat material försiktigt av lönnlöven i en vattenfylld vanna. Löven torkades i ugn (50°C, 48 h), och sedan vägdes de efter att de svalnat till rumstemperatur. Hastighetskoefficienten kunde med hjälp av lövens vikt före utsättning och den slutgiltiga vikten beräknas enligt nedanstående formel:

K (nedbrytningshastighet) = $\ln(\text{återstående löv vikt}/\text{initial löv vikt})/\text{tid}$.

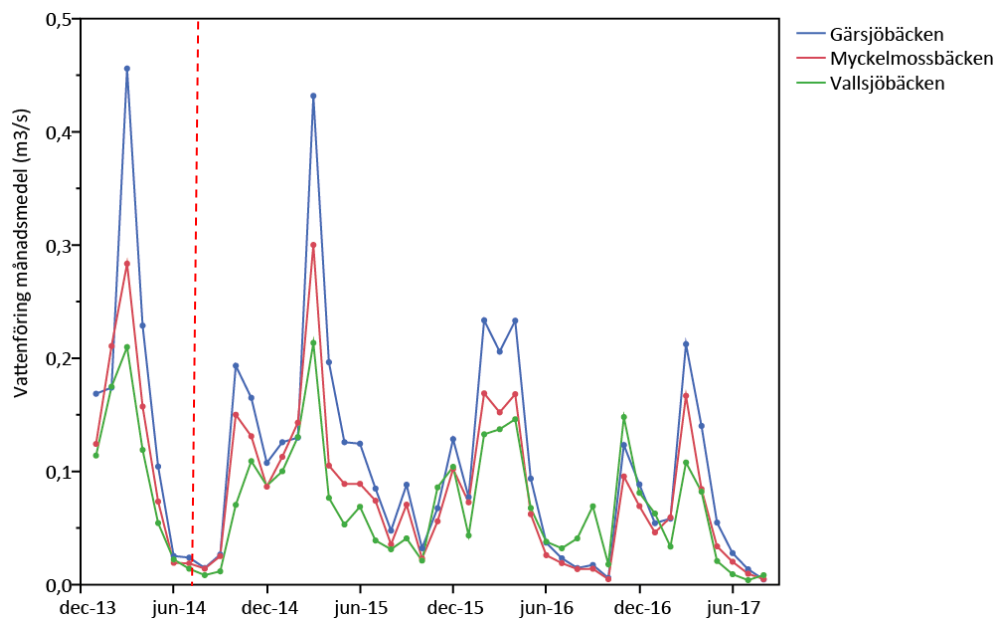
Utöver mätningen av lövnedbrytningen så gjordes andra mätningar av ekosystem funktion under juni 2015 såsom mätning av tillväxthastigheten och närsaltupptag av biofilmer (bilaga 2).

3 Väder och vattenföring

Den närmsta väderstation till brandområdet finns i Avesta (källa SMHI). Juli 2014 var varmare än 2015 och 2016 (Figur 3). I Avesta var det inte anmärkningsvärt liten nederbörds mängd sommaren 2014 men däremot visar vattenföringen i Gärsjöbäcken, Myckelmossbäcken och Vallsjöbäcken att det var låg vattenföring under sommaren 2014 (Figur 4).



Figur 3: Nederbörds mängd respektive månadsmedellufttemperatur vid Avesta väderstation 2014 tom maj 2017 (källa SMHI). Den röda vertikala linjen markerar tidspunkten för branden (31 juli 2014).



Figur 4: Månadsmedelvattenföring i Myckelmossbäcken, Gärsjöbäcken och Vallsjöbäcken 20140101 tom 20170830 (källa SMHI S-hype modellering). Den röda vertikala linjen markerar tidspunkten för branden (31 juli 2014).

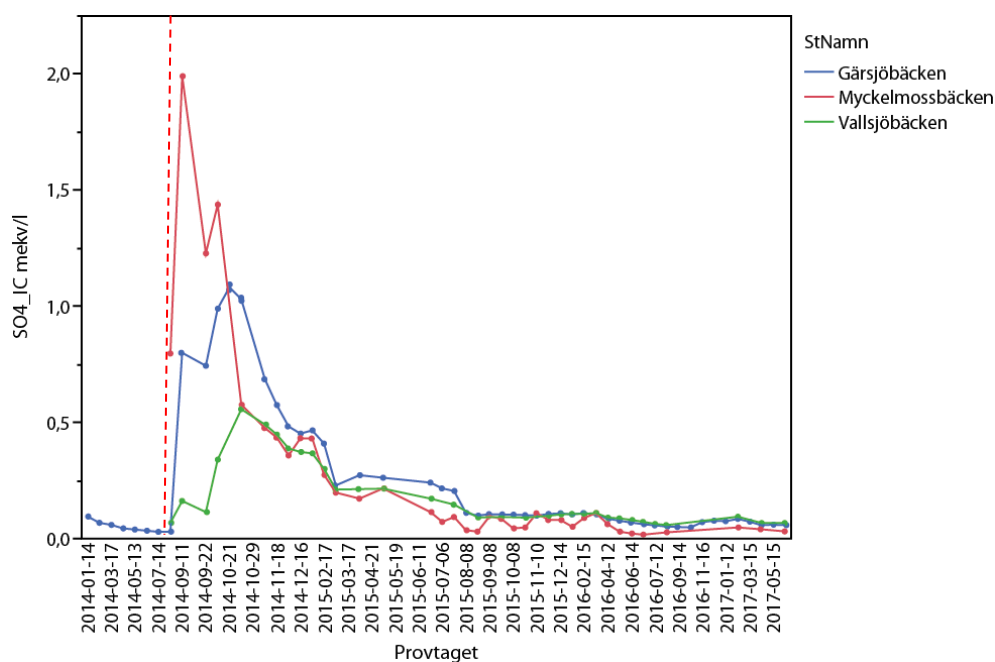
4 Analysresultat

Nedan redovisas vattenkemiska resultat från brandprojektet. Gärsjöbäcken ingick innan branden i den regionala miljöövervakningen och data fr.o.m 2007 är inkluderade i rapporten. Till och med december 2013 ansvarade Alcontrol för provtagning och analys av Gärsjöbäcken. Från och med januari 2014 ansvarar geokemilaboratoriet vid institutionen för Vatten och Miljö, SLU, för de vattenkemiska analyserna medan länsstyrelsen ansvarar för provtagningen.

4.1 Surhetspåverkan

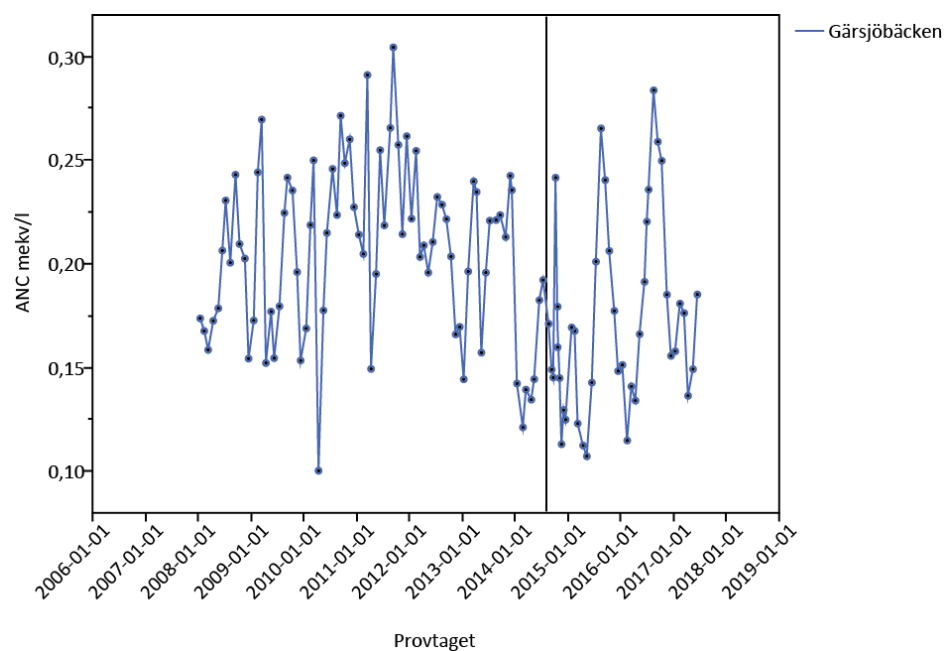
Efter bränder förekommer ofta surstötter i rinnande vatten. Förbränning av växter och organisk jord leder till en oxidation av organiskt bundet svavel till svavelsyra (H_2SO_4). Katjoner (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+) som varit bundna till jonbyteskomplex eller i växterna omvandlas till basisk aska. I kontakt med vatten löses askan upp och neutraliserar den bildade svavelsyran. Beroende på förhållandet mellan mängden svavelsyra och aska som bildas kan buffringsförmågan sjunka eller stiga.

Sulfathalterna ökade kraftigt direkt efter branden för att senare minska under det kommande året (Figur 5). Myckelmossbäcken är det vattendrag med tydligast respons redan vid första provtagningen efter branden vilket beror på att det saknas sjöar uppströms Myckelmossbäcken. I Vallsjöbäcken och Gärsjöbäcken fanns större sjöar med beräknade uppehållstider kring 45 respektive 26 dagar (Landahl, 2015) och sulfattoppen observerades ca en månad efter toppen i Myckelmossbäcken. De maximala halterna i dessa två bäckar var lägre vilket troligen berott på sjöarnas utspädning.



Figur 5: Tidsserie av uppmätta sulfatvärden (SO_4 , mekv/l) i Myckelmossbäcken, Gärsjöbäcken och Vallsjöbäcken 20140101 till 20170630. Den röda vertikala linjen markerar tidspunkten för branden (31 juli 2014).

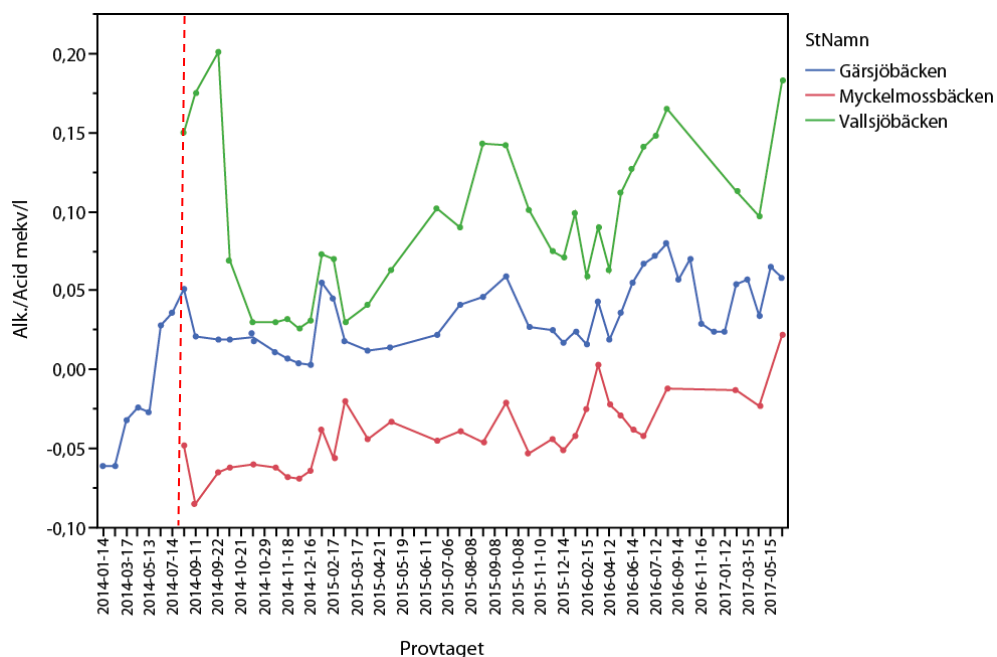
I Gärsjöbäcken har buffringsförmågan, här kvantifierat som ANC¹, legat på i stort sett samma nivå före och efter branden (Figur 6). Direkt efter branden sjönk ANC men i och med nederbörden som kom i början av oktober urlakades mer basiska katjoner och buffertförmågan ökade kortvarigt för att sedan sjunka igen.



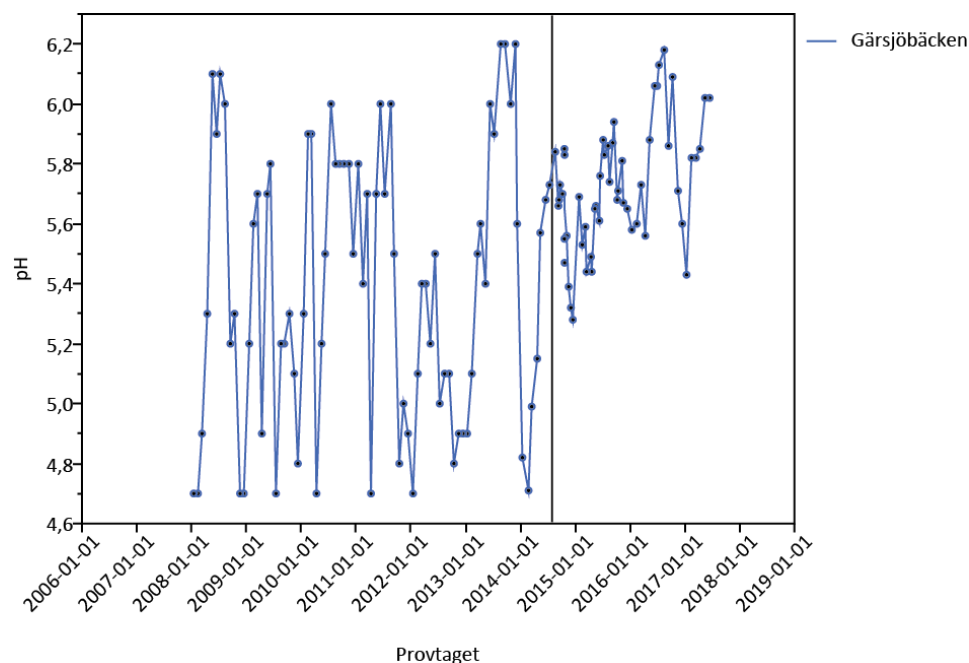
Figur 6: Tidsserie av buffringsförmågan (ANC = Acid neutralizing capacity, mekv/L) i Gärsjöbäcken. Den svarta vertikala linjen markerar tidspunkten för branden (31 juli 2014).

¹ANC = 2[Ca²⁺] + 2[Mg²⁺] + [Na⁺] + [K⁺] + [NH₄⁺] - 2[SO₄²⁻] - [Cl⁻] - [NO₃⁻] - [F⁻]

Alkaliniteten påverkades inte tydligt av branden utan surstöten buffrades bort av basiska katjoner (Figur 7). I Gärsjöbäcken har det dock sedan branden inte förekommit aciditet (negativ alkalinitet) vilket det gjordes innan branden och pH ligger på en högre nivå än innan branden (Figur 8).



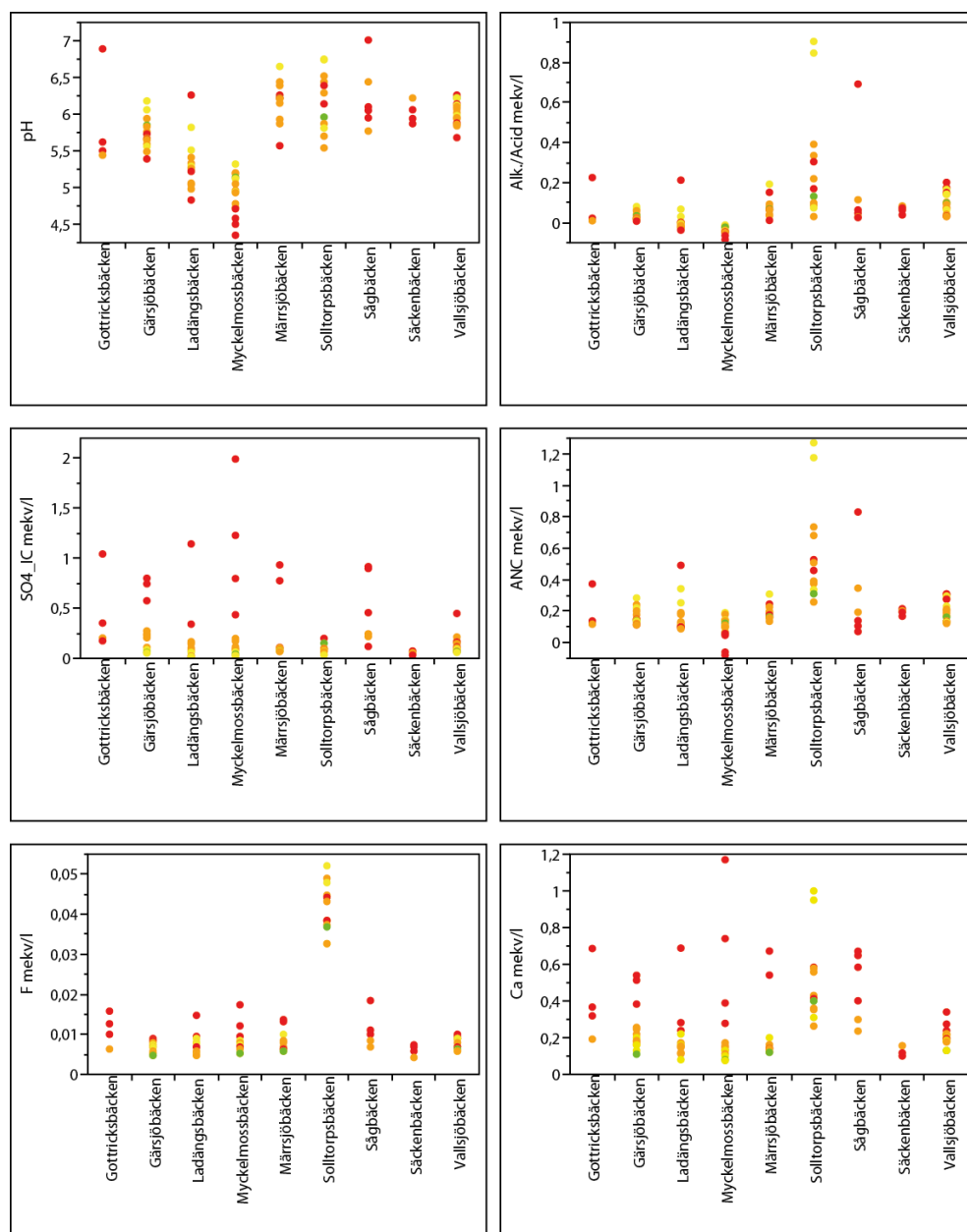
Figur 7: Alkalinitet/aciditet i Gärsjöbäcken, Myckelmossbäcken och Vallsjöbäcken 20140101 tom 20170630. Den röda vertikala linjen markerar tidspunkten för branden (31 juli 2014).



Figur 8: Tidserie pH i Gärsjöbäcken 20070111 tom 20170630. Den svarta vertikala linjen markerar tidspunkten för branden (31 juli 2014).

Myckelmossbäcken har lägst pH och alkalinitet av de vattendrag som ingick i den synoptiska provtagningen (Figur 9). Även i Ladängsbäcken uppmättes lägre pH och alkalinitet än i övriga vattendrag. Dessa vattendrag saknar sjöar uppströms.

Minst spridning i sulfathalten erhöles som förväntat i referenserna Solltorpsbäcken och Säckenbäcken. Anledningen till att ANC har så pass stor variation i Solltorpsbäcken är dess höga halter av bland annat fluorid och kalcium.

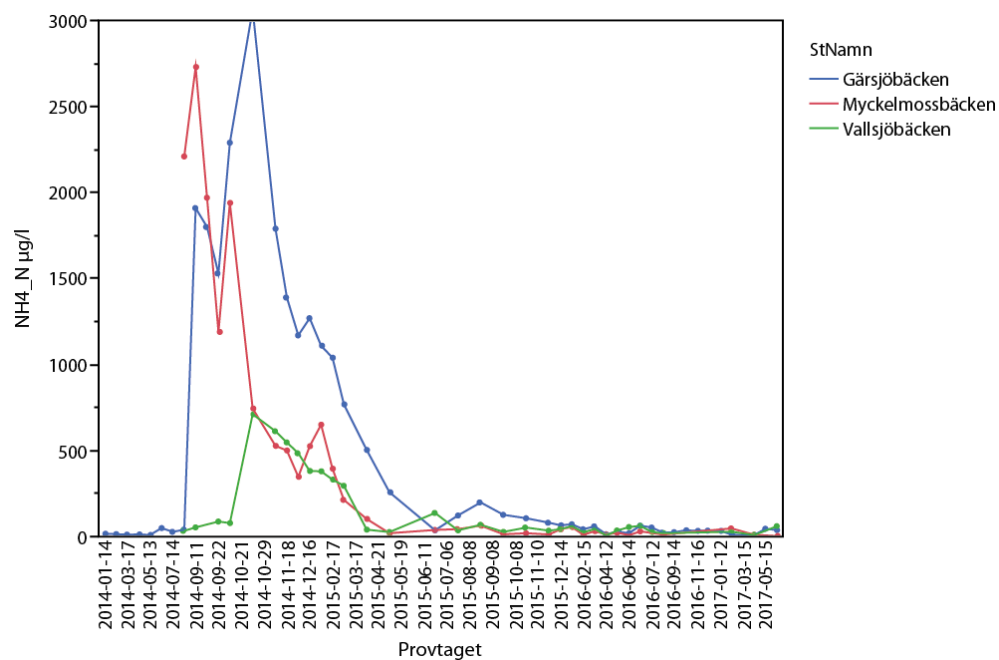


Figur 9: pH, alkalinitet, sulfat, ANC, fluorid och kalcium i den synoptiska provtagningen av vattendrag efter branden. Övriga ingående parametrar som ingår i ANC redovisas i bilaga 3. Säckenbäcken och Solltorpsbäcken är referenser som ligger utanför brandområdet. 2014=röd, 2015=orange 2016=gul 2017=grön

4.2 Ammonium utlakning

Efter branden ökade halterna av ammonium drastiskt (Figur 10). De höga halterna är troligen en kombination av att ammonium bildats i samband med branden och av att det inte längre finns någon vegetation som kan ta upp det ammonium som bildas. Under hösten 2014 minskade halterna men inte förän efter över ett år var halterna nere på samma nivå som före branden i Gärsjöbäcken.

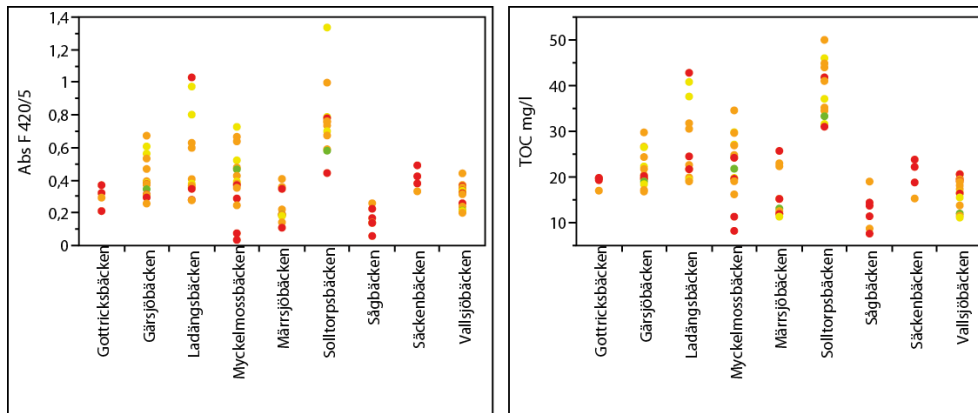
Tydligaste och snabbaste ökningen av ammonium erhöles liksom för sulfat i Myckelmossbäcken följt av Gärsjöbäcken och Vallsjöbäcken. Ammoniumhalterna hade i Gärsjöbäcken ökat först till provtagningen i mitten av september och Vallsjöbäcken först till provtagningen i mitten av oktober.



Figur 10: Tidsserie av ammoniumkväve i Myckelmossbäcken, Gärsjöbäcken och Vallsjöbäcken 20140101 tom 20170630.

4.3 Organiska ämnen och vattenfärg

Ladängsbäcken var det vattendrag i brandområdet, som ingick i den synoptiska provtagningen, med högst vattenfärg och totalt organiskt material (Figur 11).

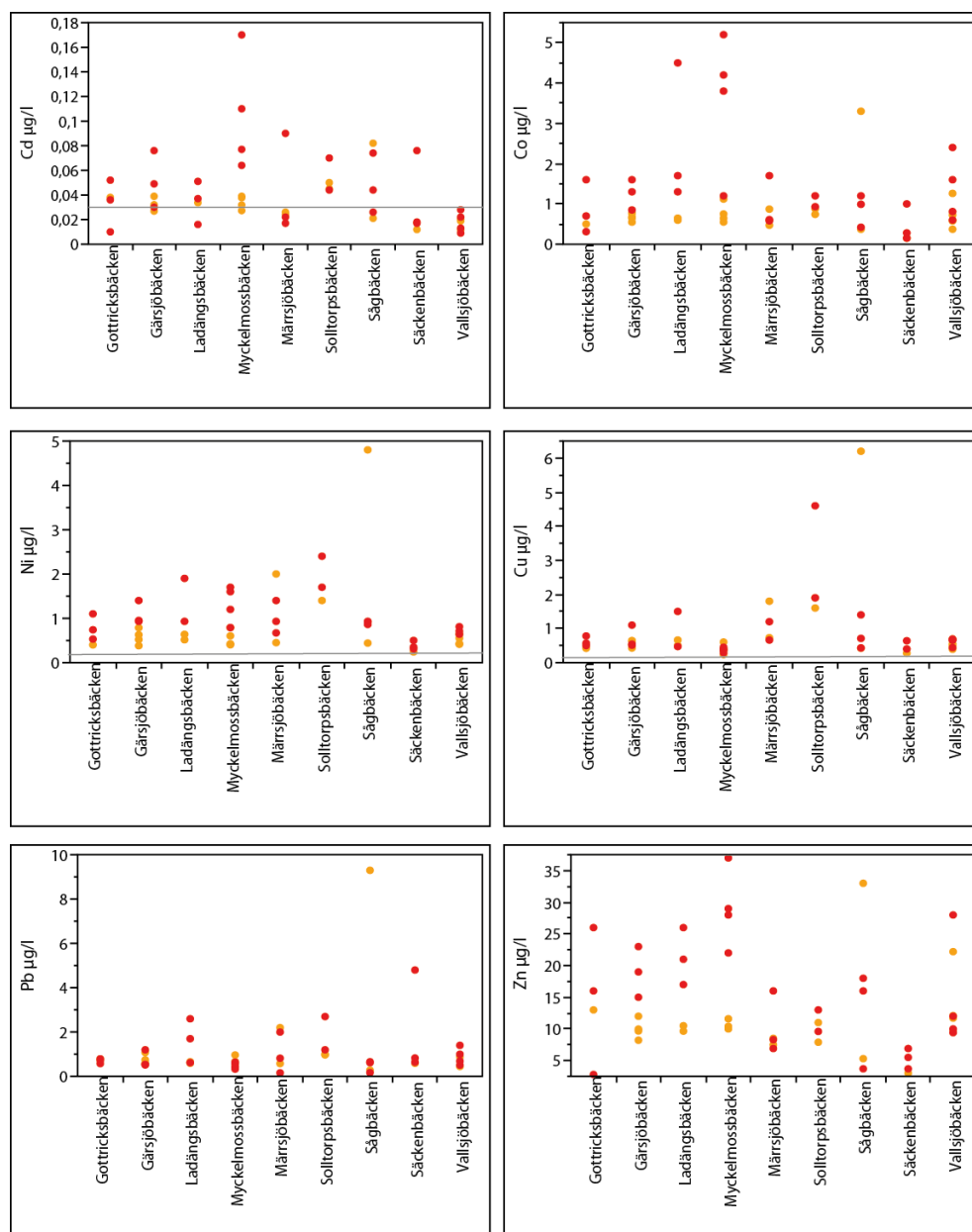


Figur 11: Vattenfärgen mätt som absorbans på filtrerat vatten vid 420 nm och halten organiskt kol (TOC) i den synoptiska provtagningen av vattendrag efter branden. Säckenbäcken och Solltorpsbäcken är referenser som ligger utanför brandområdet. 2014=röd, 2015=orange 2016=gul 2017=grön

4.4 Metaller

Det finns inga tungmetalldata från före branden som kan användas för jämförelse. Året efter branden analyserades tungmetaller och resultaten visade att halterna av kadmium och kobolt hösten 2014 var som högst i Myckelmossbäcken (Figur 12).

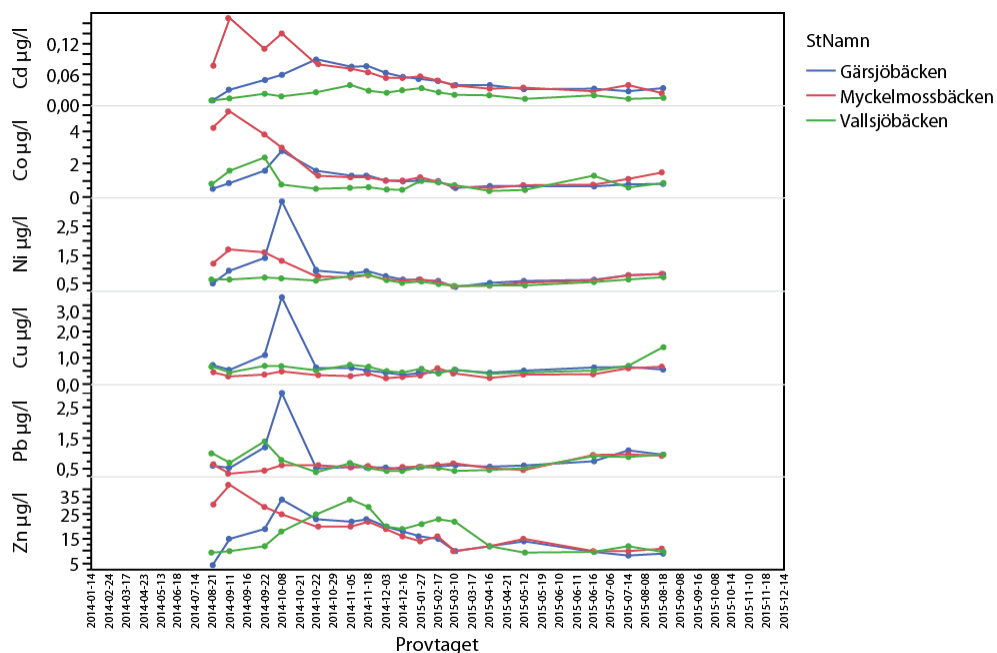
Metallhalterna kan jämföras mot framtagna Q10-percentiler för omdrevssjöar i ekoregion 3 (Köhler m.fl., 2016, tabell 19). Kobolt, nickel, koppar, bly och zink är i samtliga vattendrag högre än omdrevssjöarnas Q10-värden. Omdrevssjöarnas Q10-värden användes för att skatta bakgrundshalterna i svenska sjöar.



Figur 12: Tungmetallresultat i den synoptiska provtagningen av vattendrag efter branden. Säckenbäcken och Solltorpsbäcken är referenser som ligger utanför brandområdet. 2014=röd, 2015=orange. Blå linje visar omdrevssjöarnas Q10-percentil (Köhler m.fl., 2016). $Q10_{Co}=0,034$, $Q10_{Pb}=0,07$, $Q10_{Zn}=0,77$

Tidserier över tungmetallhalterna visar på en snabbare ökning av halterna efter branden i Myckelmossbäcken jämfört med i Gärsjöbäcken och Vallsjöbäcken (Figur 13). Myckelmossbäcken är det av de undersökta vattendragen med lägst pH och högst sulfathalter. Surstötten efter branden ledde troligtvis till mobilisering av metaller och ökat läckage.

Vid provtagningen 2014-10-08 i Gärsjöbäcken erhöles höga koncentrationer av Ni, Cu och Pb till följd av att det var ovanligt mycket partiklar i vattnet (turbiditet 150 FNU).

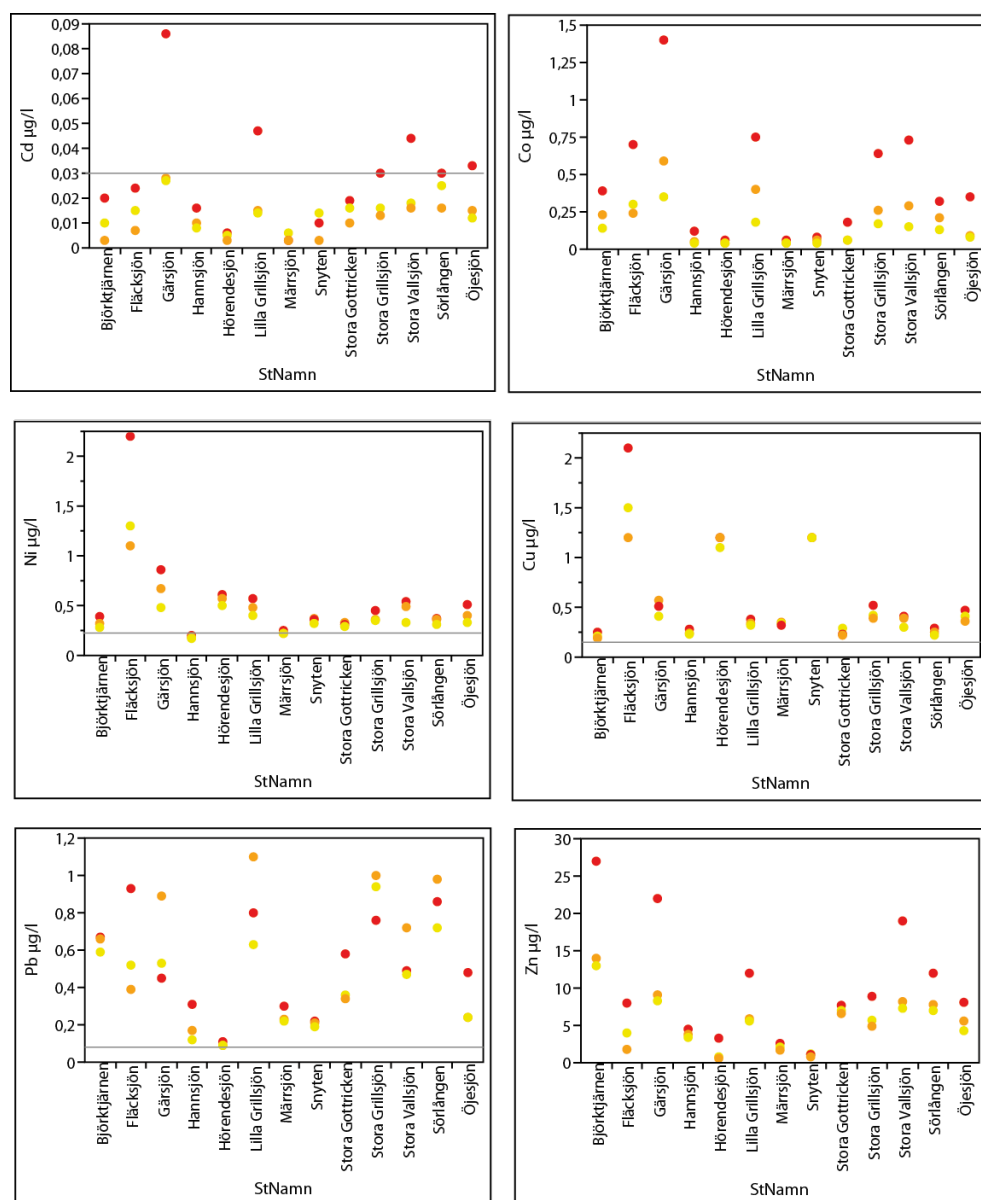


Figur 13: Tidsserie av tungmetaller i Myckelmossbäcken, Gärsjöbäcken och Vallsjöbäcken 20140101 tom 20170630.

Kadmium, kobolt, nickel och zink var i de flesta sjöarna högre hösten 2014 direkt efter branden än hösten 2015 och hösten 2016 (Figur 14). Högst halter av kadmium och kobolt var det i Gärsjön. Högst halter av nickel och koppar var det i Fläcksjön.

Kobolt, nickel, koppar, bly och zink är även i sjöarna i brandområdet högre än omdrevssjöarnas Q10-värden (Köhler m.fl., 2016, tabell 19).

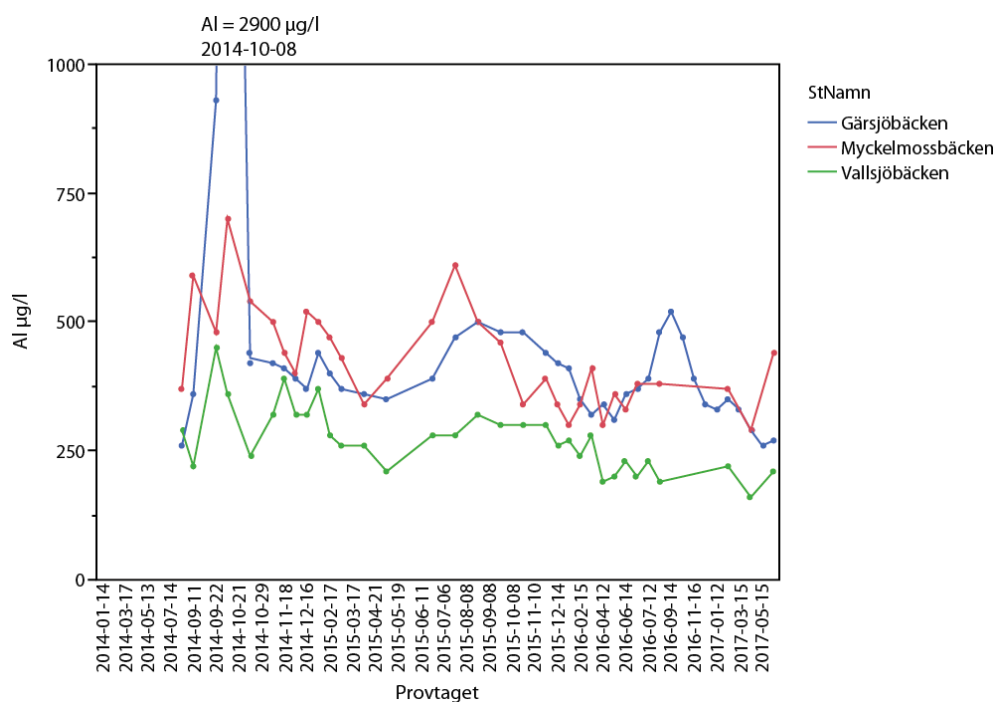
De uppmätta halterna anses dock inte vara extremt höga eller utgöra någon fara för miljön. För metallerna Cd, Co, Ni och Zn observerades sjunkande koncentrationer över tiden. I slutrapporten kommer de uppmätta värden jämföras med andra vattendrag i beskogade områden. Samband mellan andra vattenkemiska parametrar så som pH och sulfat kommer att belysas.



Figur 14: Tungmetaller i sjöar inom brandområdet provtagna hösten 2014 (röd), hösten 2015 (orange) respektive hösten 2016 (gul.). Blå linje visar omdrevssjöarnas Q10-percentil (Köhler m.fl., 2016). $Q10_{Co}=0,034$, $Q10_{Zn}=0,77$

4.5 Aluminium

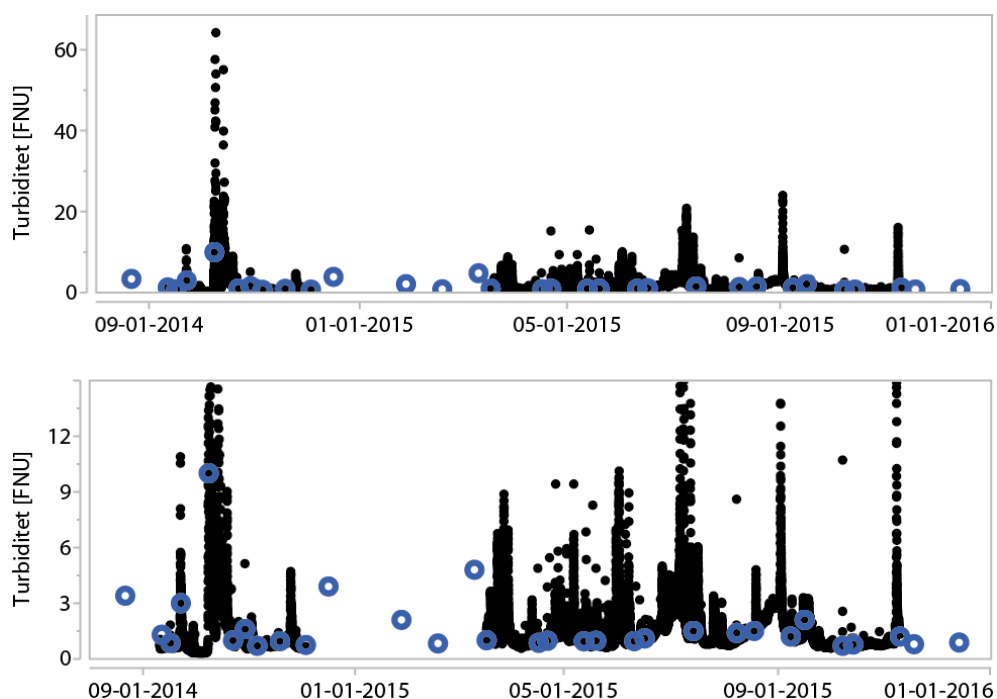
I och med den ökade nederbörden i oktober ökade halten av aluminium i Gärsjöbäcken (Figur 15). Detta sammanfaller med mycket partiklar i vattnet (hög turbiditet) och höga halter av tungmetaller. I Myckelmossbäcken och Vallsjöbäcken har koncentrationerna av aluminium varit oförändrade efter branden. Innan branden saknas data för aluminium. Den högsta uppmätta totalhalten Al i Gärsjöbäcken sammanfaller med ett prov av hög turbiditet (2014-10-08). De sjunkande halterna av Al styrs förmodligen av den långsamt men stadigt ökande alkaliniteten i dessa tre bäckar (Figur 7). I slutrapporten kommer de uppmätta halterna jämföras med uppmätta halter i referensområden från IKEU programmet. Dessutom kommer specieringsberäkningar för halten toxiskt Al (oorganiskt aluminium) genomföras.



Figur 15: Tidserie totalhalter aluminium i Myckelmossbäcken, Gärsjöbäcken och Vallsjöbäcken 20140101 tom 20170630.

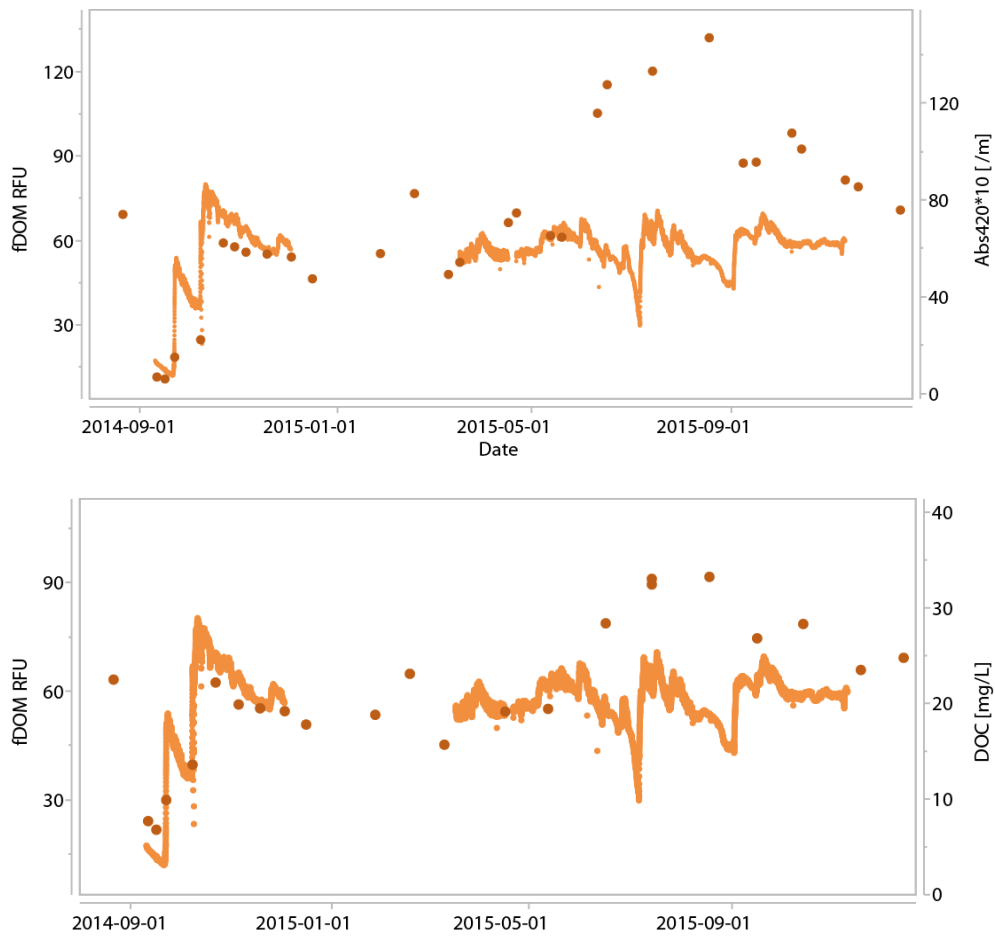
4.6 Sensordata

Mätningarna med sensorer i Myckelmossbäcken visade på stora toppar av turbiditet vid högflöden som inte täcktes av den vanliga provtagningen varannan vecka (Figur 16). Medianvärden för turbiditeten ligger på 1.62 FNU och varierade mellan 0.9 och 160 (95% av värdena låg inom intervallet 0.97 och 5.9) för sensordata. Under de 11 provtagningar som ägde rum i samma period varierade turbiditeten mellan 1.4 och 3.8 FNU (median 1.8 och 95% mellan 1.4 och 3.8 FNU). Detta betyder att de 10% allra högsta värden inte fångades under det vanliga provtagningsprogrammet. Detta redovisas nedan. Under provtagningen 2015 och framåt skulle ingen av de observerade topparna i turbiditet hade observerats utan tillgång till en sensor. Observerade förändringar i turbiditet kommer kopplas till flödesmätningar i slutrapporten.



Figur 16: Turbiditet mätt med sensor (●) och i det ordinarie provtagningsprogrammet (○) i Myckelmossbäcken. Det övre diagrammet innehåller samtliga data medan det nedre diagrammet visar turbiditet lägre än 15 FNU.

Överensstämmelsen mellan löst organiskt material (DOM) mätt med sensor överensstämde i början bra överens med absorbans och DOC analyserat inom det ordinarie provtagningsprogrammet (Figur 17). Under sista halvåret av 2015 blev dock resultaten analyserade på geokemiska laboratoriet högre än uppmätta halter med sensorn. Orsaken till detta ska undersökas vidare.



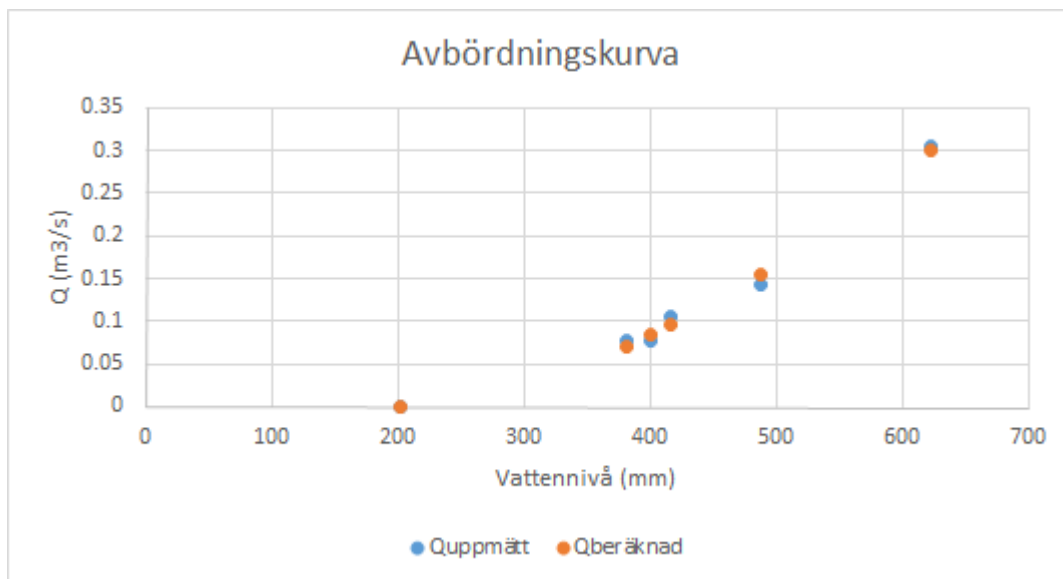
Figur 17: DOM (dissolved organic matter) mätt med sensor (-) samt absorbans respektive DOC (•) analyserat i det ordinarie provtagningsprogrammet.

4.7 Tryckgivardata, flygelmätningar och S-HYPE beräknade flöden

Resultaten från flygelmätningarna redovisas i bilaga 4. Den första utvärderingen av rådata av tryckgivardata i två områden redovisas nedan. I ett par av områdena finns det S-HYPE beräknade värden. Dessa kan jämföras med tryckgivardata. Här presenteras resultat från Gärrsjöbäcken och Vallsjöbäcken. I området Vallsjöbäcken gjordes de flesta flödesmätningarna. Detta område är mest lämpligt för kalibrering. Tryckgivardata och flöden kan omvandlas enligt nedan.

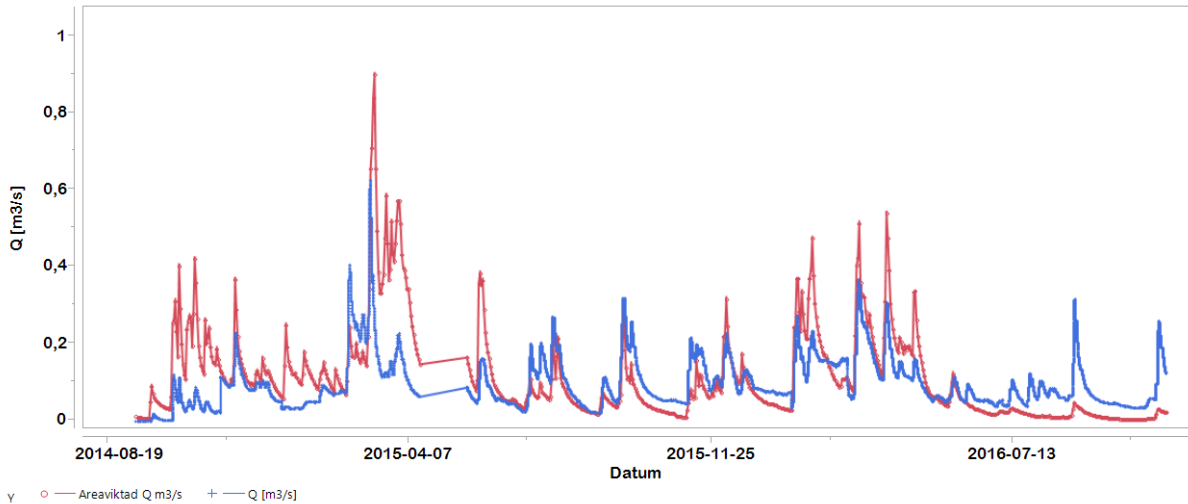
$$Q = a(h - h_0)^n$$

Resultat för en anpassning i området Vallsjöbäcken visas nedan.



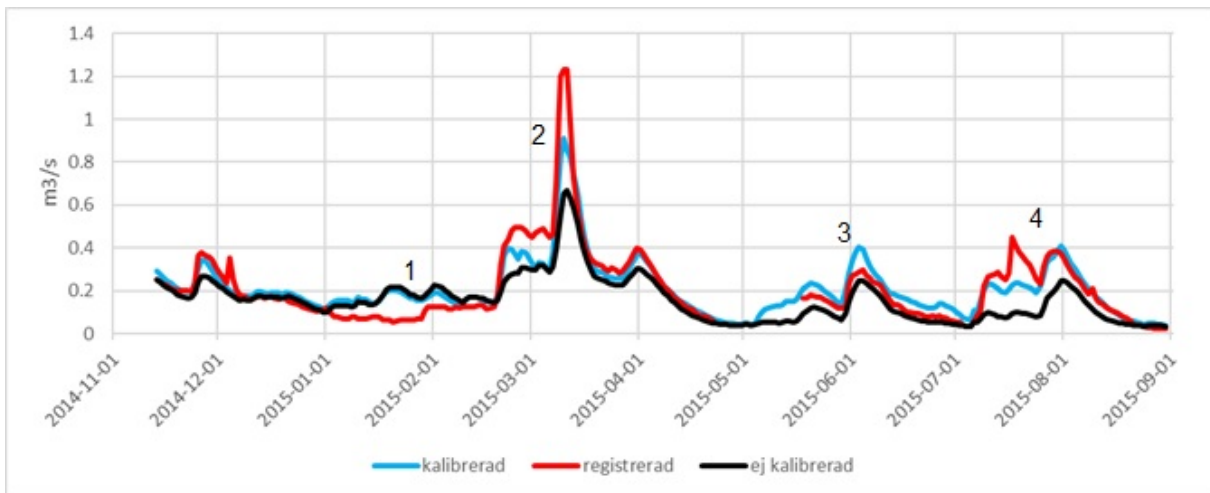
Figur 18: $Q_{\text{uppmätt}}$ är de flöden som är uppmätta i fält och $Q_{\text{beräknad}}$ är de flöden som erhöles efter att ovanstående ekvation anpassades till de uppmätta flödena. (Johansson, R 2016)

Samma typ av samband kan användas för att göra en anpassning mellan modellerat flöde från S-Hype och tryckgivardata (Figur 19).



Figur 19: Jämförelse mellan beräknade flöden baserade på tryckgivardata samt S-Hype beräknade flöden i området Gärrsjöbäcken.

För området Valsjöbäcken gjordes det även en omkalibrering av Hype modellen. En djupare analys av detta kommer att presenteras i sista rapporten. Här vill vi redovisa skillnaderna mellan de uppmätta värden och de modellerade S-Hype samt omkalibrerade S-Hype värden (Figur 20).



Figur 20: Modellen överskattar flödet under januari och februari, (1). Vid (2) erhålls ett betydligt större flöde efter kalibreringen. Vid punkt (3) överskattas flödet efter kalibreringen men detta vägs upp av en bättre anpassning med större flöde vid (4). (Johansson, R 2016)

I en tidigare rapport visade vi att det fanns en acceptabel överensstämmelse mellan tryckgivardata och S-HYPE modellerade dygnsvärden (Gärrsjöbäcken och Valsjöbäcken). I nästa rapport kommer vi att undersöka hur avvikande områdesstorlek och markanvändning kan påverka avvikelser i alla andra områden samt presenterar slutgiltiga flödesdata.

5 Preliminära slutsatser

- Eftersom provtagningen kom igång mycket snabbt lyckades man fånga stora kemiska variationer inom området.
- Höga halter av organiskt kol förekommer i nästan alla områden. Dessa höga halter organiskt kol har förmodligen bidragit till att surstöten blev mindre än vad som befarades.
- Mycket höga halter av sulfat och ammonium förekom i nästan alla områden efter branden. Halterna avklingade och var efter ett år tillbaka på samma nivå som innan branden.
- Höga halter av SO_4 mättes även i en del av sjöarna hösten 2014.
- Kadmium-, kobolt-, nickel- och zinkhalterna i vattendragen och sjöarna påverkades av branden och var högre hösten 2014 än vid senare mätningar.
- I Myckelmossbäcken ökade halterna av kadmium, kobolt, nickel och zink kraftigt efter branden. Ökningen var dock kortvarig och efter några månader var halterna tillbaka på en stabil nivå som kan antas vara den samma som innan branden.
- Förhöjda halter av aluminium i områden med pH under 6 kan möjligen vara toxiska för fisk. Detta ska undersökas vidare genom modellering.
- Sensorer är ett mycket värdefullt verktyg för utvärdering av variationer i mindre vattendrag.
- Tryckgivardata kan användas i minst två områden för att få fram kontinuerlig flödesdata. Flödesdata och de kemiska analyserna kan sedan användas för att beräkna enklare massbalanser.

Referenser

- Eriksson H. (2002) Vattenkemiska effekter av skogsbrand och brandsläckning – Tyresta Nationalpark, Stockholm, Sverige. Examensarbete ITM Stockholm.
- Johansson, D. (2016) Analys och modellering av effekter på förändrad vattenföring i brandskadad och avverkad skog. Sveriges Lantbruksuniversitet, Examensarbete inom Programmet Miljö- och Vattenteknik
- Köhler, S., Fölster, J., Landahl, A., McKie, B. (2017) Skogsbranden i Västmanland 2014-Utvärdering av effekter på vattenkvalitet och vattenlevande organismer i och runt brandområdet. Avrapportering av resultat för perioden höst 2014 – vår 2015. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö;
- Köhler, S., Klavzar, A., Wallman, K., Huser, B. (2016) Utvärdering av delprogrammet metaller inom miljöövervakning av sjöar. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö; Rapport 2016:8
- Landahl, A. (2015) Kemiska och fysiska effekter i ytvatten efter skogsbranden i Västmanland. Uppsala universitet Examensarbete inom Programmet Miljö- och Vattenteknik. ²
- Lydersen, E., Høgberget, R., Moreno, C. E., Garmo, Ø. A. and Hagen, P.C. (2014) The effects of wildfire on the water chemistry of dilute, acidic lakes in southern Norway. Biogeochemistry 119:109–124
- McNeice, W. (2015) Monitoring dissolved organic carbon in Swedish forest streams after wildfire. Swedish University of Agricultural Sciences (SLU). Independent Masters degree project Aquatic Sciences and assessment.
- Smith H.G, Sheridan G.J. Lane P.N.J. Nyman P. and Haydon S. (2011) Wildfire effects on water quality in forest catchments: A review with implications for water supply. J. of Hydrology 396:170-192
- Stephens, S.L., Meixner, T., Poth, M., McGurk, B and Payne, D. (2004) Prescribed fire, soils and stream water chemistry in a watershed in the Lake Tahoe Basin, California. International Journal of Wildland fire 13 27-35

Bilagor

Bilaga 1 - Provplatser

Tabell A: Översikt över provplatser sjöar i eller i utkanten av brandområdet samt sjövolym (sjöregistret).

Sjö	X_SMHI	Y_SMHI	Sjövolym (Mm ³)
Märrsjön	664715	151400	1,5
Björktjärnen	664174	151789	0,58
Stora Vallsjön	664364	151737	0,37
Stora Gottricken	663883	151910	0,7
Sörlången	663816	151894	0,2
Gärsjön	664473	152342	0,37
Hannsjön	664220	152308	0,55
Lilla Grillsjön	664681	151536	0,12
Stora Grillsjön	664554	151594	0,44
Öjesjön	663723	152444	1,58
Hörendesjön	664773	152324	52
Snyten	665050	151163	21
Fläcksjön	663758	153002	Info saknas

Tabell B: Översikt över provplatser vattendrag i eller i utkanten av brandområdet samt framtagen marktäckning baserad på Corinne markanvändning.

Vattendrag	X_RAK	Y_RAK	Yta (km ²)	% skog	% hygge	% åker+bete	% våtmark	% vatten
Gottricksbäcken	6637575	1517328	5.48	69.4	12.0	0	13.1	5.58
Gärsjöbäcken	6644770	1523700	22.5	72.1	6.97	0	19.3	1.63
Ladängsbäcken	6633297	1520658	14.1	69.4	11.8	0.07	18.7	0
Märrsjöbäcken	6646753	1513214	5.74	74.8	9.74	0.46	5.32	9.71
Myckelmossbäcken	6642045	1526105	9.03	72.7	7.75	0.45	19.1	0
Sågbäcken	6647453	1520247	3.70	70.1	22.3	0.75	5.09	1.76
Vallsjöbäcken	6639795	1515532	17.7	74.9	13.2	0.75	7.9	2.81
Källmossbäcken	6639284	1526678	2.9	76,7	16,7	0	6,3	0

Tabell C: Översikt över referensvattendrag provtagna inom brandprojektet samt framtagen marktäckning baserad på Corinne markanvändning.

Vattendrag	X_RAK	Y_RAK	Yta (km ²)	% skog	% hygge	% åker+bete	% våtmark	% vatten
Säckenbäcken	6643094	1504331	1.82	89.7	0.1	0	1.9	8.3
Solltorpsbäcken	6625401	1530562	10.1	81.3	15.4	1.0	2.3	0
Bjurforsbäcken	6669068	1518290	34.5	76,5	8,0	1,3	7,4	5,2
Transjöbäcken	6637295	1510842	6.6	74,4	6,5	0	11,1	8,0
Venabäcken	6614106	1507763	46.9	70,6	11,8	0,6	5,8	9,3
Dammenbäcken	6640669	1504523	0.6	69,3	23,5	0	4,3	2,8

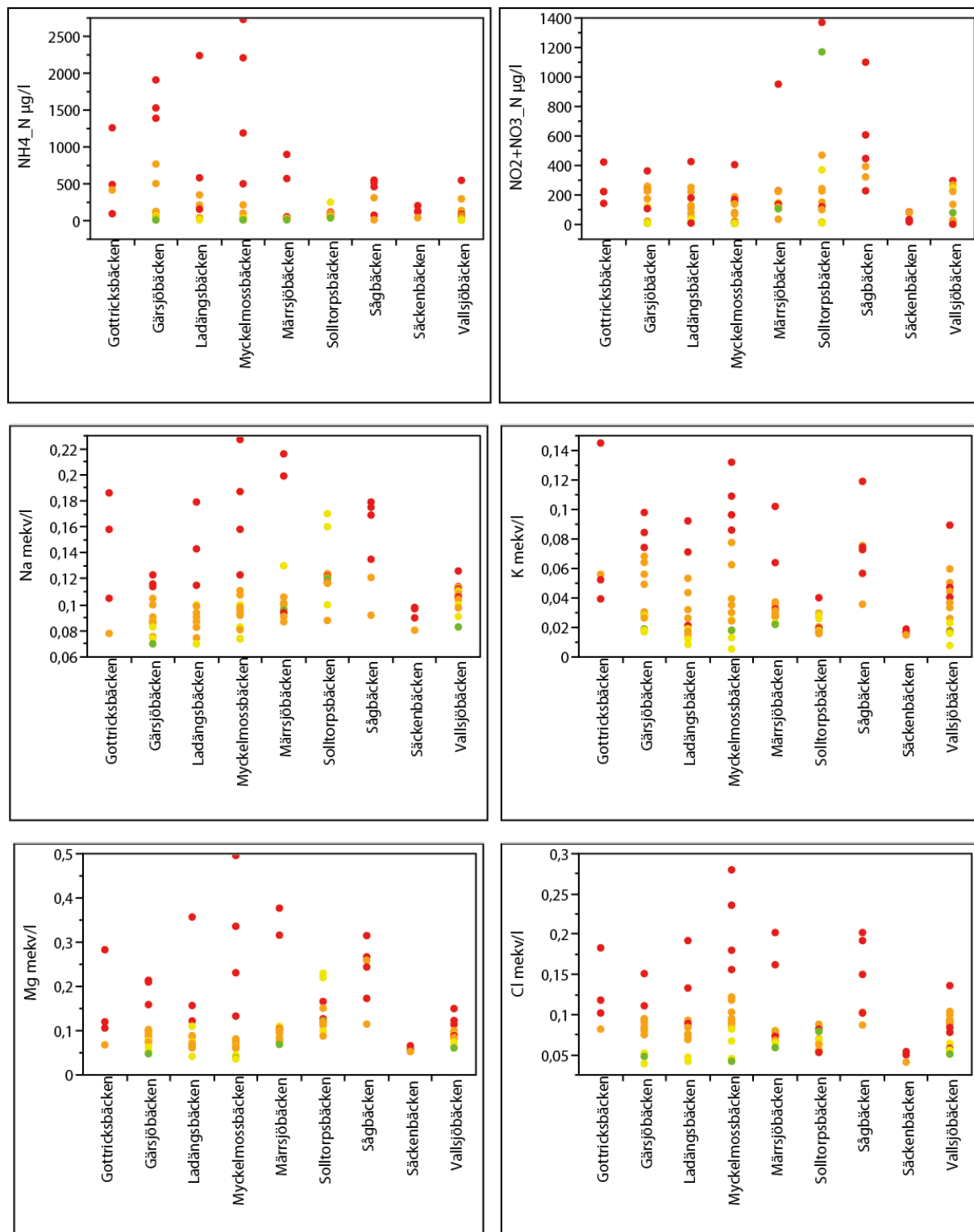
Bilaga 2 - Provtagning biologi

Namn	Tillväxthastighet & närsaltupptag 2015	Bentiska kiselalger 2014	Bentiska kiselalger 2015-2016	Lövned- brytning 2014	Lövned- brytning 2015	X RT90	Y RT90	Kommentar
Bjurforsbäcken			x		x	6668810	1518210	Referens
Solltorpsbäcken	x	x	x	x	x	6625401	1530562	Referens
Säckenbäcken		x		x		6643094	1504331	Referens
Transjöbäcken			x		x	6637295	1510842	Referens
Venabäcken (143)			x		x	6614106	1507763	Referens
Dammenbäcken	x					6640669	1504523	Reserv referens
Gottricksbäcken	x	x		x		6637575	1517328	
Gärsjöbäcken nedre	x	x	x	x	x	6644930	1524574	
Källmossbäcken	x	x	x	x	x	6639284	1526678	
Ladängsbäcken	x	x	x	x	x	6633297	1520658	
Märrsjöbäcken	x	x	x	x	x	6646753	1513214	
Nyckelmossbäcken	x	x	x	x	x	6642045	1526105	
Sågbäcken	x	x		x		6646999	1520157	
Vallsjöbäck	x	x	x	x	x	6640349	1516017	*

*=Annan koordinat än kemiproven

Bilaga 3 - Analysresultat synoptisk provtagning vattendrag

2014=röd, 2015=orange 2016=gul 2017=grön



Bilaga 4 - Resultat flygelmätningar

Vattendrag	Datum	Tid	Nivå (mm)	Q (m ³ /s)
Gärsjöbäcken	2014-12-16	14.15	249	0,056
	2015-03-24	11.15	285	0,090
	2015-04-22	17.15	129	0,009
Ladängbäcken	2014-12-16	10.24	418	0,18
	2015-03-24	15.00	280*	0,28
	2015-04-22	14.54	40	0,027
Myckelmossbäcken	2014-10-21	14.12	976	0,31
	2015-03-24	13.42	917	0,21
Sågbäcken	2014-12-16	14.15	129	0,056
	2015-03-24	11.15	285	0,090
	2015-04-22	17.15	249	0,009
Säckenbäcken	2014-12-15	12.48	214	0,0387
	2015-04-22	11.48	155	0,0229/0,0182
	2015-11-10	13.10		0,0231
Vallsjöbäcken	2014-10-21	16.25	323	0,61
	2015-03-24	15.38	626	0,40
	2015-04-22	12.08	370	0,097

*Havererade. Beräknad.